Plan de Manejo Biótico

Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama

(RCA N°21/2016)”

Monitoreo Invierno 2025 – Verano 2025-2026

Informe Anual N°10



Región de Antofagasta

Agosto de 2026

TABLA DE CONTENIDOS

1 RESUMEN 1

2 INTRODUCCION 34

3 OBJETIVO 50

4 ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME 50

5 GLOSARIO 51

6 FLORA Y VEGETACIÓN 54

6.1 MATERIALES Y MÉTODOS 56
6.1.1 COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT) 56
6.1.2 FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS) 75
6.1.3 DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL – MÉTODO DE IMÁGENES SATELITALES - NDVI 93
6.2 RESULTADOS 103
6.2.1 RESULTADOS COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT) 103
6.2.2 RESULTADOS FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS) 119
6.2.3 RESULTADOS DE DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL - MÉTODO NDVI 156
6.2.4 Límites considerados en la evaluación de la flora y vegetación 162

7 FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES 163

7.1 MATERIALES Y MÉTODOS 164
7.1.1 Descripción del área de estudio 164
7.1.2 Ubicación de puntos muestreo 167
7.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales 174
7.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control 174
7.1.5 Materiales y equipos utilizados 186
7.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro 186
7.2 RESULTADOS 187
7.2.1 Resultados del monitoreo campaña de invierno 2025 187
7.2.2 Resultados del monitoreo campaña de verano 2026 205
7.2.3 Límites considerados en la evaluación 223

8 TAPETES MICROBIANOS 224

8.1 MATERIALES Y MÉTODOS 226
8.1.1 Descripción del Área de Estudio 226
8.1.2 Estaciones de Monitoreo 227
8.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales 229
8.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control 229
8.1.5 Materiales y Equipos Utilizados 233
8.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro 233

8.2 RESULTADOS 234
8.2.1 Resultados Campaña Invierno 2025 234
8.2.2 Resultados Campaña Verano 2026 292
8.2.3 Límites Considerados en la evaluación de Tapetes Microbianos 292

9 SUELO O SUSTRATO 293

9.1 MATERIALES Y MÉTODOS 294
9.1.1 Área de estudio 294
9.1.2 Ubicación de puntos de muestreo 294
9.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales 296
9.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control 297
9.1.5 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro 300
9.2 RESULTADOS 301
9.2.1 Resultados campaña de invierno 2025 (M19) 301
9.2.2 Resultados campaña de verano 2026 (M20) 319
9.2.3 Límites considerados en la evaluación de Suelo o Sustrato 337

10 LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS) 338

10.1 MATERIALES Y MÉTODOS 338
10.1.1 Descripción del área de estudio 338
10.1.2 Ubicación de puntos muestreo 339
10.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales 342
10.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control 343
10.1.5 Materiales y equipos utilizados 349
10.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro 349
10.2 RESULTADOS 351
10.2.1 Caracterización del hábitat durante campañas de invierno 2025 y verano 2026 ... 351
10.2.2 Resultados del muestreo campaña de invierno 2025 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática) 361
10.2.3 Resultados del muestreo campaña de verano 2026 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática) 391
10.2.4 Límites considerados en la evaluación de Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos) 403

11 AREA DE LAGUNAS..... 405

11.1 MATERIALES Y MÉTODOS 409
11.1.1 Descripción del área de estudio 409
11.1.2 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua 411
11.1.3 Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua 411
11.1.4 Materiales y equipos utilizados 422
11.1.5 Metodología de muestreo y/o medición 425
11.1.6 Análisis comparativo para seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua..... 439
11.1.7 Fechas de medición 440
11.2 RESULTADOS 441

11.2.1 Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua 441
11.2.2 Resultados Superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar 446
11.2.3 Límites considerados en el seguimiento de los cuerpos de agua 453

12 NIVEL FREATICO EN LAGUNAS 454

12.1 MATERIALES Y MÉTODOS 455
12.1.1 Área de Estudio 455
12.1.2 Ubicación de Puntos de Monitoreo. 456
12.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables 458
12.1.4 Metodología de Muestreo, Medición y Análisis 458
12.1.5 Materiales y Equipos utilizados 459
12.1.6 Fechas de medición, muestreo y/o análisis. 460
12.2 RESULTADOS 462
12.2.1 Resultados período abril 2025 a marzo 2026 462
12.2.2 Límites considerados en la evaluación 466

13 DISCUSIÓN 467

13.1 En relación con Flora y Vegetación 467
13.1.1 Análisis Vegetación (COT) 467
13.1.2 Análisis Flora y Vegetación (Transectas) 471
13.1.3 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – Método de imágenes satelitales – NDVI 485
13.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres 490
13.2.1 Representatividad del muestreo 490
13.2.2 Riqueza, composición y caracterización de la fauna de vertebrados terrestres 491
13.2.3 Análisis por clase 501
13.2.4 Composición por ambiente 503
13.2.5 Similitud 507
13.2.6 Abundancia y frecuencia (comparación entre campañas) 508
13.2.7 Abundancia por ambiente (densidad, comparación entre campañas) 514
13.2.8 Evolución de Fauna Vertebrados Terrestres 521
13.3 En relación con Tapetes Microbianos 549
13.3.1 Aspectos generales 549
13.3.2 Análisis evolución inviernos 2016 a 2025 550
13.3.3 Estructura de pigmentación y tonalidad de tapetes microbianos 555
13.3.4 Presencia de Microbialitos y Evaporitas en los Sistemas 593
13.3.5 Análisis evolución veranos 2017 a 2026 595
13.3.6 Estructura de pigmentación y tonalidad de tapetes microbianos 599
13.3.7 Presencia de Microbialitos y Evaporitas en los Sistemas 601
13.3.8 Evolución de Parámetros Físicos y Químicos (2016-2026) 604
13.4 En relación con Suelo o Sustrato 612
13.4.1 Análisis de evolución de resultados Sector La Punta - La Brava 612
13.4.2 Análisis de evolución de resultados Sector Peine 645
13.4.3 Análisis de evolución de resultados Sector Tilopozo 678
13.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos) 710
13.5.1 Comparación LB y Monitoreos (evolución en el tiempo) 715

13.6 En relación con Área de Lagunas 773
13.6.1 Comparación de monitoreos con registros históricos 773
13.6.2 Análisis de la validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua 803
13.7 En relación con Nivel Freático en Lagunas 807
13.7.1 Análisis comparativo invierno 2025 y verano 2026 807
13.7.2 Análisis comparativo con valores históricos 807

14 CONCLUSIONES 817

14.1 En relación con Flora y Vegetación 817
14.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres 822
14.3 En relación con Tapetes Microbianos 826
14.4 En relación con Suelo o Sustrato 829
14.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos) 831
14.6 En relación con Área de Lagunas 836
14.7 En relación con Nivel Freático en Lagunas 838

15 REFERENCIAS 840

15.1 En relación con Flora y Vegetación 840
15.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres 843
15.3 En relación con Tapetes Microbianos 849
15.4 En relación con Suelo o Sustrato 851
15.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos) 853
15.6 En relación con Área de Lagunas 857
15.7 En relación con Nivel Freático en Lagunas 863

16 ANEXOS 864

FIGURAS

Figura N° 2-1. Delimitación de las Áreas de Estudio del Plan de Manejo Biótico 35

Figura N° 2-2. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio. Área Norte. Sector Soncor y Quelana (Transectas de vegetación azonal) 45

Figura N° 2-3. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio. Área Sur. Sector La Punta y La Brava, Peine y Tilopozo 46

Figura N° 6-1. Área de estudio Vegetación y Flora 58

Figura N° 6-2. Localización general de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el área de estudio, Salar de Atacama 80

Figura N° 6-3. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en los subsectores La Punta y La Brava, Salar de Atacama 81

Figura N° 6-4. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Peine, Salar de Atacama 82

Figura N° 6-5. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Aguas de Quelana, Salar de Atacama 83

Figura N° 6-6. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Soncor, Salar de Atacama 84

Figura N° 6-7. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Tilopozo, Salar de Atacama 85

Figura N° 6-8. Localización de sectores donde se obtienen los valores de NDVI en el área de estudio, Salar de Atacama 95

Figura N° 6-9. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Invierno de 2025 108

Figura N° 6-10. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Invierno de 2025 109

Figura N° 6-11. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Invierno de 2025 110

Figura N° 6-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Verano de 2026 116

Figura N° 6-13. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Verano de 2026 117

Figura N° 6-14. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Verano de 2026 118

Figura N° 6-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en el sector Peine 129

Figura N° 6-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en sector Tilopozo 130

Figura N° 6-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en sector La Punta y La Brava 131

Figura N° 6-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en sector Aguas de Quelana..... 132

Figura N° 6-19. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 19 (invierno 2025) 135

Figura N° 6-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en el sector Peine 144

Figura N° 6-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en sector Tilopozo 145

Figura N° 6-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en sector La Punta y La Brava (Para M20 no hay registros en T10, T11 y T12) . 146

Figura N° 6-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en sector Aguas de Quelana..... 147

Figura N° 6-24. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 20 (verano 2026)..... 154

Figura N° 7-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y Puntos de Muestreo en tres sectores (líneas discontinuas). 166

Figura N° 7-2. Localización de Puntos y Tipo de Monitoreo del Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres en el área de estudio. 172

Figura N° 7-3. Categorías de conservación de la UICN 182

Figura N° 7-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña invierno 2025. .. 201

Figura N° 7-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña verano 2026. 219

Figura N° 8-1. Ubicación estaciones de monitoreo, Tapetes Microbianos. 228

Figura N° 8-2. Zonación macroscópica utilizada para la caracterización de pigmentación laminar de tapetes microbianos en el área de estudio. 232

Figura N° 8-3. Número de capas ($\bar{x}$) y distribución de tapetes microbianos. 236

Figura N° 8-4. Espesor de tapetes microbianos ($\bar{x}$). 237

Figura N° 8-5. Proporción de Tipologías de tapetes según macro-zonas de pigmentación. (A) Sector Peine, (B) Sector La Punta-La Brava y (C) Área total de estudio. Invierno 2025. 238

Figura N° 8-6. Tipologías de tapetes microbianos (%), por estación de monitoreo en los sectores Peine, La Punta-La Brava. Invierno 2025. 239

Figura N° 8-7. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025. 286

Figura N° 8-8. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025. 287

Figura N° 8-9. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025. 288

Figura N° 8-10. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025. 289

Figura N° 9-1. Localización original y final de calicatas de monitoreo del componente físico – Suelo en el área de estudio, Salar de Atacama. 296

Figura N° 9-2. Resultados Conductividad Eléctrica, Campaña Invierno M19. 303

Figura N° 9-3. Resultados Salinidad, Campaña Invierno M19. 304

Figura N° 9-4. Resultados pH, Campaña Invierno M19. 305

Figura N° 9-5. Resultados Materia Orgánica, Campaña Invierno M19. 308

Figura N° 9-6. Resultados Nitrógeno disponible, Campaña Invierno M19. 309

Figura N° 9-7. Resultados Potasio disponible, Campaña Invierno M19. 311

Figura N° 9-8. Resultados Fósforo disponible, Campaña Invierno M19. 312

Figura N° 9-9. Resultados Conductividad hidráulica, Campaña Invierno M19. 315

Figura N° 9-10. Resultados Humedad, Campaña Invierno M19. 316

Figura N° 9-11. Resultados Clase textural, Campaña Invierno M19. 317

Figura N° 9-12. Resultados Nivel Freático, Campaña Invierno M19. 318

Figura N° 9-13. Resultados Conductividad Eléctrica, Campaña Verano M20. 321

Figura N° 9-14. Resultados Salinidad, Campaña Verano M20. 322

Figura N° 9-15. Resultados pH, Campaña Verano M20. 323

Figura N° 9-16. Resultados Materia Orgánica, Campaña Verano M20. 326

Figura N° 9-17. Resultados Nitrógeno disponible, Campaña Verano M20. 327

Figura N° 9-18. Resultados Potasio disponible, Campaña Verano M20. 329

Figura N° 9-19. Resultados Fósforo disponible, Campaña Verano M20. 330

Figura N° 9-20. Resultados Conductividad hidráulica, Campaña Verano M20. 333

Figura N° 9-21. Resultados Humedad, Campaña Verano M20. 334

Figura N° 9-22. Resultados Clase textural, Campaña Verano M20. 335

Figura N° 9-23. Resultados Nivel Freático, Campaña Verano M20. 336

Figura N° 10-1. Ubicación de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Agua y Sedimentos, Salar de Atacama. 341

Figura N° 10-2. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector La Punta y La Brava (Invierno 2025). 371

Figura N° 10-3. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Tilopozo (Invierno 2025). 372

Figura N° 10-4. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Peine (Invierno 2025). 374

Figura N° 10-5. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector La Punta y La Brava (Invierno 2025). 376

Figura N° 10-6. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Tilopozo (Invierno 2025). 377

Figura N° 10-7. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Peine (Invierno 2025). 379

Figura N° 10-8. Abundancia relativa del zooplancton en Sector La Punta y La Brava (invierno 2025). 381

Figura N° 10-9. Abundancia relativa del zooplancton Sector Tilopozo (invierno 2025). 382

Figura N° 10-10. Abundancia relativa del zooplancton Sector Peine (invierno 2025). 384

Figura N° 10-11. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2025). 385

Figura N° 10-12. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (invierno 2025). ... 387

Figura N° 10-13. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (invierno 2025). 388

Figura N° 10-14. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026). 396

Figura N° 10-15. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026). 398

Figura N° 10-16. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Tilopozo (verano 2026). .. 399

Figura N° 10-17. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (verano 2026). 401

Figura N°11-1. Ubicación sistemas lagunares que conforman el área de estudio para monitoreo y seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua por parte del Proyecto en el Salar de Atacama (PMB). 410

Figura N° 11-2. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - invierno 2025. 414

Figura N° 11-3. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A - invierno 2025. 415

Figura N° 11-4. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - verano 2025-2026. 416

Figura N° 11-5. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A- verano 2025-2026. 417

Figura N° 11-6. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - invierno 2025. 418

Figura N° 11-7. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A - invierno 2025. 419

Figura N° 11-8. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - verano 2025-2026. 420

Figura N° 11-9. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A - verano 2025 -2026..... 421

Figura N° 11-10 .Imagen UVA/dron usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, sector La Punta y La Brava, invierno 2025. 423

Figura N° 11-11 Imagen UVA/dron usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, sector Peine, invierno 2025. 424

Figura N°11-12. Mosaico de imágenes de alta resolución Pleiades - 1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, invierno 2025. 427

Figura N°11-13. Mosaico de imágenes de alta resolución Pleiades - 1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, verano 2025-2026. 428

Figura N°11-14. Imagen Landsat 8 correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio en invierno 2025 (izquierda – RGB) y verano 2025/2026 (derecha - RGB)..... 429

Figura N°11-15. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales. 431

Figura N°11-16. Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (*raster)* a polígonos (*shape*). 439

Figura N°11-17. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta - La Brava. 447

Figura N°11-18. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta - La Brava, agosto y diciembre de 2025. 449

Figura N°11-19. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine. 450

Figura N°11-20. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto y diciembre 2025. 452

Figura N° 12-1. Área de Estudio 456

Figura N° 12-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta - La Brava y Peine 458

Figura N° 12-3. Variación del nivel freático en el Sistema Lagunar La Punta – La Brava 465

Figura N° 12-4. Variación del nivel freático en el Sistema Lagunar Peine 465

Figura N° 13-1. Cobertura promedio de vegetación, rastrojo, otros recubrimientos y riqueza en los sectores 479

Figura N° 13-2. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector Peine 481

Figura N° 13-3. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector Tilopozo 482

Figura N° 13-4. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector La Punta y La Brava 483

Figura N° 13-5. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector Aguas de Quelana 484

Figura N° 13-6. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes (campañas integradas de invierno 2016 a verano 202). 507

Figura N° 13-7. Abundancia (A) y Frecuencia (B) de los reptiles registrados en el monitoreo (invierno 2016 a verano 2026), en toda el área de estudio. 510

Figura N° 13-8. Abundancia (A) y Frecuencia relativas para las aves registradas en el monitoreo (invierno 2016 a verano 2026) en toda el área de estudio. Se muestran sólo las tres especies más abundantes y frecuentes. 512

Figura N° 13-9. Frecuencia relativa de las tres especies más frecuentes de megamamíferos en el periodo de monitoreo (invierno 2016 a verano 2026), en toda el área de estudio. 513

Figura N° 13-10. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo. 534

Figura N° 13-11. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en el sistema lagunar Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo. 538

Figura N° 13-12. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en el sistema lagunar La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo. 543

Figura N° 13-13. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo. 544

Figura N° 13-14. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema lagunar Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo. 545

Figura N° 13-15. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema lagunar de La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo. 546

Figura N° 13-16. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de reptiles registradas en el área de estudio. Los valores son ejemplares contabilizados en 25 transectos para cada especie. 547

Figura N° 13-17. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de micromamíferos registradas en el área de estudio. Los valores son ejemplares capturados en 9 puntos de muestreo (con un total de 180 trampas por 3 noches). 548

Figura N° 13-18. Número de capas promedio de tapetes microbianos, en los sectores Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo. Invierno 2016 a 2025. 552

Figura N° 13-19. Número de capas promedio de tapetes microbianos, por estación de monitoreo. Invierno 2016 a 2025. 555

Figura N° 13-20. Proporción de Tipologías de Tapetes en el Sector La Punta-La Brava. Campañas de Invierno 2016 a 2025. 557

Figura N° 13-21. Proporción de Tipologías de Tapetes en el Sector Peine, Invierno 2016 a 2025. 574

Figura N° 13-22. Número de capas promedio de tapetes microbianos, en los sectores Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo. Verano 2017 a 2026. 597

Figura N° 13-23. Número de capas promedio de tapetes microbianos, por estación de monitoreo. Verano 2017 a 2026. 598

Figura N° 13-24. Variación promedio de temperatura (°C) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 605

Figura N° 13-25. Variación promedio de la conductividad (µS/cm) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 605

Figura N° 13-26. Variación promedio de la salinidad (g/Kg) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 607

Figura N° 13-27. Variación promedio de oxígeno disuelto (mg/L) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 607

Figura N° 13-28. Variación promedio de potencial de Hidrógeno (pH) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 609

Figura N° 13-29. Variación promedio de la alcalinidad ($CaCO_3$_mg/L) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 609

Figura N° 13-30. Variación promedio de la turbiedad (NTU) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 611

Figura N° 13-31. Variación promedio de potencial redox (mV) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026. 611

Figura N° 13-32. Resultados Conductividad Eléctrica Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava. 614

Figura N° 13-33. Resultados de Salinidad Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava. 615

Figura N° 13-34. Resultados Conductividad Eléctrica campaña Verano, Sector La Punta – La Brava. 616

Figura N° 13-35. Resultados de Salinidad Campaña Verano, Sector La Punta – La Brava... 617

Figura N° 13-36. Resultados pH Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava..... 619

Figura N° 13-37. Resultados pH Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava. 620

Figura N° 13-38. Materia Orgánica Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava. 622

Figura N° 13-39. Materia Orgánica Campaña Verano, Sector La Punta – La Brava. 623

Figura N° 13-40. Nitrógeno disponible Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava..... 625

Figura N° 13-41. Nitrógeno disponible Campaña Verano, Sector La Punta – La Brava. 626

Figura N° 13-42. Fósforo disponible Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava. 628

Figura N° 13-43. Fósforo disponible Campañas Verano Sector La Punta – La Brava. 629

Figura N° 13-44. Potasio disponible Campañas Invierno Sector La Punta – La Brava. 631

Figura N° 13-45. Potasio disponible Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava. 632

Figura N° 13-46. Cond. Hidráulica Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava. 634

Figura N° 13-47. Cond. Hidráulica Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava. 635

Figura N° 13-48. Clase Textural Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava. 637

Figura N° 13-49. Clase Textural Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava. 638

Figura N° 13-50. Humedad Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava. 640

Figura N° 13-51. Humedad Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava. 641

Figura N° 13-52. Nivel Freático Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava. 643

Figura N° 13-53. Nivel Freático Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava. 644

Figura N° 13-54. Conductividad Eléctrica Campañas Invierno, Sector Peine. 647

Figura N° 13-55. Salinidad Campañas Invierno, Sector Peine. 648

Figura N° 13-56. Conductividad Eléctrica Campañas Verano, Sector Peine. 649

Figura N° 13-57. Salinidad Campañas Verano, Sector Peine. 650

Figura N° 13-58. Resultados pH Campañas Invierno, Sector Peine. 652

Figura N° 13-59. Resultados pH Campañas Verano, Sector Peine. 653

Figura N° 13-60. Resultados Materia Orgánica Campañas Invierno, Sector Peine 655

Figura N° 13-61. Resultados Materia Orgánica Campañas Verano, Sector Peine 656

Figura N° 13-62. Resultados Nitrógeno disponible Campañas Invierno, Sector Peine. 658

Figura N° 13-63. Resultados Nitrógeno disponible Campañas Verano, Sector Peine. 659

Figura N° 13-64. Resultados Fósforo disponible Campañas Invierno, Sector Peine. 661

Figura N° 13-65. Resultados Fósforo disponible Campañas Verano, Sector Peine. 662

Figura N° 13-66. Resultados Potasio disponible Campañas Invierno, Sector Peine. 664

Figura N° 13-67. Resultados Potasio disponible Campañas Verano, Sector Peine. 665

Figura N° 13-68. Conductividad Hidráulica Campañas Invierno, Sector Peine. 667

Figura N° 13-69. Conductividad Hidráulica Campañas Verano, Sector Peine. 668

Figura N° 13-70. Clase Textural Campañas Invierno, Sector Peine. 670

Figura N° 13-71. Clase Textural Campañas Verano, Sector Peine. 671

Figura N° 13-72. Humedad Campañas Invierno, Sector Peine. 673

Figura N° 13-73. Humedad Campañas Verano, Sector Peine. 674

Figura N° 13-74. Nivel Freático Campañas Invierno, Sector Peine. 676

Figura N° 13-75. Nivel Freático Campañas Verano, Sector Peine. 677

Figura N° 13-76. Conductividad Eléctrica Campañas Invierno, Tilopozo. 679

Figura N° 13-77. Salinidad Campañas Invierno, Tilopozo. 680

Figura N° 13-78. Conductividad Eléctrica Campañas Verano, Sector Tilopozo. 681

Figura N° 13-79. Salinidad Campañas Verano, Sector Tilopozo. 682

Figura N° 13-80. Resultados pH Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 684

Figura N° 13-81. Resultados pH Campañas Verano, Sector Tilopozo. 685

Figura N° 13-82. Resultados Materia Orgánica Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 687

Figura N° 13-83. Resultados Materia Orgánica Campañas Verano, Sector Tilopozo 688

Figura N° 13-84. Resultados Nitrógeno disp. Campañas Invierno, Sector Tilopozo 690

Figura N° 13-85. Resultados Nitrógeno disp. Campañas Verano, Sector Tilopozo. 691

Figura N° 13-86. Resultados Fósforo disponible Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 693

Figura N° 13-87. Resultados Fósforo disponible Campañas Verano, Sector Tilopozo. 694

Figura N° 13-88. Resultados Potasio disponible Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 696

Figura N° 13-89. Resultados Potasio disponible Campañas Verano, Sector Tilopozo. 697

Figura N° 13-90. Conductividad Hidráulica Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 699

Figura N° 13-91. Conductividad Hidráulica Campañas Verano, Sector Tilopozo. 700

Figura N° 13-92. Clase Textural Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 702

Figura N° 13-93. Clase Textural Campañas Verano, Sector Tilopozo. 703

Figura N° 13-94. Humedad Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 705

Figura N° 13-95. Humedad Campañas Verano, Sector Tilopozo. 706

Figura N° 13-96. Nivel Freático Campañas Invierno, Sector Tilopozo. 708

Figura N° 13-97. Nivel Freático Campañas Verano, Sector Tilopozo. 709

Figura N° 13-98. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 718

Figura N° 13-99. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de pH, Alcalinidad total y Bicarbonato en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 719

Figura N° 13-100. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de temperatura, oxígeno disuelto y Clorofila "a" en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 720

Figura N° 13-101. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector Vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 722

Figura N° 13-102. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de pH, Alcalinidad total y Bicarbonato en el Sector Vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 723

Figura N° 13-103. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de temperatura, oxígeno disuelto y Clorofila "a" en el Sector Vegas de Tilopozo. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 724

Figura N° 13-104. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 727

Figura N° 13-105. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de pH, Alcalinidad total y Bicarbonato en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 728

Figura N° 13-106. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de temperatura, oxígeno disuelto y Clorofila "a" en el Sector Peine. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 729

Figura N° 13-107. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 731

Figura N° 13-108. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 733

Figura N° 13-109. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 735

Figura N° 13-110. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector La Punta y La Brava. (Densidad Total mostrada en Escala Logarítmica). A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 738

Figura N° 13-111. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector vegas de Tilopozo (Densidad Total en Escala Logarítmica). A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 741

Figura N° 13-112. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 744

Figura N° 13-113. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 747

Figura N° 13-114. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 750

Figura N° 13-115. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 752

Figura N° 13-116. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 754

Figura N° 13-117. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 756

Figura N° 13-118. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 758

Figura N° 13-119. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 760

Figura N° 13-120. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 762

Figura N° 13-121. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 764

Figura N° 13-122. Rango de variación temporal por estación de monitoreo y LB, de las plantas vasculares acuáticas en el Sector La Punta-La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 767

Figura N° 13-123. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. .. 769

Figura N° 13-124. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano. 772

Figura N°13-125. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector La Punta - La Brava. 778

Figura N°13-126. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PMB e históricas, Sector La Punta - La Brava. 779

Figura N°13-127. Variación intranual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector La Punta - La Brava. 781

Figura N°13-128. Variación histórica Sistema Lagunar La Punta-La Brava, Landsat NDWI (1984-2026). 782

Figura N°13-129. Precipitaciones mensuales y superficie lagunar desde imágenes de alta resolución, sistema Lagunar La Punta - La Brava (superior). Serie histórica de registros Landsat, destacando mediciones de línea base (2006-2025) 784

Figura N°13-130. Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 786

Figura N°13-131. Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8. 787

Figura N°13-132. Registros de superficies lagunares de seguimiento (veranos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 788

Figura N°13-133. Registros de superficies lagunares de seguimiento (veranos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8. 789

Figura N°13-134. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector Peine. 791

Figura N°13-135. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PMB e históricas, Sector Peine. 792

Figura N°13-136. Variación intranual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector Peine. 793

Figura N°13-137. Variación histórica Sistema Lagunar Peine, Landsat NDWI (1984-2026)... 795

Figura N°13-138. Precipitaciones mensuales y superficie lagunar desde imágenes de alta resolución, sistema Lagunar Peine. 797

Figura N°13-139. Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 799

Figura N°13-140. Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8. 800

Figura N°13-141. Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 801

Figura N°13-142. Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8. 802

Figura N° 13-143. Variación del nivel freático en el Pozo BA-05 – Sector LP-LB 809

Figura N° 13-144. Variación del nivel freático en el Pozo BA-07 – Sector LP-LB 810

Figura N° 13-145. Variación del nivel freático en el Pozo BA-16 – Sector LP-LB 811

Figura N° 13-146. Variación del nivel freático en el pozo BA-21 – Sector Peine 814

Figura N° 13-147. Variación del nivel freático en el Pozo BA-22 – Sector Peine 816

TABLAS

Tabla N° 2-1. Fechas de Campañas PMB Invierno 2025, señalando restricciones de acceso al territorio Peine. Se indican entre paréntesis restricciones puntuales durante las campañas. 38

Tabla N° 2-2. Fechas de Campañas PM Verano 2025-2026, señalando restricciones de acceso al territorio Peine. Se indican entre paréntesis restricciones puntuales durante las campañas. 40

Tabla N° 2-3. Detalle de las componentes, variables y estaciones reportadas de acuerdo con el Plan de Manejo Biótico, y al numeral 7 Plan de Seguimiento Ambiental Propuesto en el EIA y sus Adendas de la RCA 21/2016. 42

Tabla N° 2-4. Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis 47

Tabla N° 2-5. Identificación de Considerando de la RCA reportada en base a numeral 7.- Plan de Seguimiento Ambiental propuesto en el EIA y sus Adendas. 48

Tabla N° 6-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2025 y verano 2026 60

Tabla N° 6-2. Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes ... 63

Tabla N° 6-3. Categorías de altura empleadas para la vegetación 63

Tabla N° 6-4. Rango de valores para la cobertura vegetal 63

Tabla N° 6-5. Categorías de posición topográfica 64

Tabla N° 6-6. Caracterización del grado de alteración de la vegetación en las formaciones vegetales 64

Tabla N° 6-7. Categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación en terreno 69

Tabla N° 6-8. Definición de categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones con presencia en el área de estudio 69

Tabla N° 6-9. Ejemplos de codificación de las unidades vegetales homogéneas según análisis de recubrimiento de suelo y tipo de formación según nomenclatura COT 72

Tabla N° 6-10. Ejemplos de la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la codificación de las unidades vegetales (UV) 72

Tabla N° 6-11. Ejemplos comparativos para la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la nomenclatura COT..... 73

Tabla N° 6-12. Ejemplo de agrupación de formaciones vegetales..... 73

Tabla N° 6-13. Ejemplos de descripción de formaciones vegetales: rangos de altura y de cobertura identificados en las unidades descritas y su mediana (valores recurrentes)..... 74

Tabla N° 6-14. Coordenadas de las transectas de monitoreo del Plan de Manejo Biótico del subcomponente Flora y Vegetación, en los sectores de estudio 77

Tabla N° 6-15. Formaciones vegetales y número de transectas por sector 86

Tabla N° 6-16. Contenido de humedad del suelo..... 89

Tabla N° 6-17. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades - 1A-1B 97

Tabla N° 6-18. Umbrales de NDVI por formación vegetal y sector de monitoreo..... 100

Tabla N° 6-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, invierno de 2025 105

Tabla N° 6-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Invierno 2025..... 107

Tabla N° 6-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, verano de 2026 113

Tabla N° 6-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Verano 2026..... 115

Tabla N° 6-23. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo..... 119

Tabla N° 6-24. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 19 (invierno 2025), en cada subsector 121

Tabla N° 6-25. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, en Monitoreo 19 (invierno 2025) 136

Tabla N° 6-26. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 19 (invierno 2025) 136

Tabla N° 6-27. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo. 138

Tabla N° 6-28. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 20 (verano 2026), en cada subsector 139

Tabla N° 6-29. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, en Monitoreo 20 (verano 2026) 155

Tabla N° 6-30. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 20 (verano 2026)..... 156

Tabla N° 6-31. Superficies de vegetación activa (NDVI) por sector, temporada de verano. . 157

Tabla N° 7-1. Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo (PM) de fauna. Sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19. 169

Tabla N° 7-2. Lista sistemática de especies de fauna registradas en la campaña de monitoreo de invierno 2025. Se indica presencia (X) en cada sector..... 189

Tabla N° 7-3. Especies de fauna registradas por ambiente (invierno 2025). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector. 199

Tabla N° 7-4. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. (invierno 2025). 203

Tabla N° 7-5. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. (invierno 2025). 205

Tabla N° 7-6. Lista sistemática de especies de fauna registradas en la vigésima campaña de monitoreo (verano 2026). Se indica, además, la presencia (X) en cada sector. 208

Tabla N° 7-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Vigésima campaña de monitoreo (verano 2026). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector. 217

Tabla N° 7-8. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Vigésima campaña de monitoreo (verano 2026). 221

Tabla N° 7-9. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Vigésima campaña de monitoreo (verano 2026). 222

Tabla N° 8-1. Estaciones y coordenadas de monitoreo, Tapetes Microbianos, PMB. 227

Tabla N° 8-2. Proporción de tapetes expuestos y sumergidos. 235

Tabla N° 8-3. Caracterización macroscópica Tapetes microbianos. 240

Tabla N° 8-4. Caracterización de las capas de tapetes microbianos en la estación de monitoreo LP-23. (S/C: sin capas pigmentadas). 243

Tabla N° 8-5. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos, en la estación de monitoreo LP-23. (S/C: sin capas pigmentadas). 244

Tabla N° 8-6. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LP-24. (S/C: sin capas pigmentadas). 246

Tabla N° 8-7. Caracterización de las capas de tapetes microbianos embebidos coriáceos, en la estación de monitoreo LP-24. (S/C: sin capas pigmentadas). 247

Tabla N° 8-8. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LB-1. (S/C: sin capas pigmentadas). 250

Tabla N° 8-9. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos, en la estación de monitoreo LB-1. (S/C: sin capas pigmentadas). 251

Tabla N° 8-10. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LB-2. (S/C: sin capas pigmentadas). 253

Tabla N° 8-11. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos, en la estación de monitoreo LB-2. (S/C: sin capas pigmentadas). 253

Tabla N° 8-12. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LB-3. (S/C: sin capas pigmentadas). 255

Tabla N° 8-13. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos, en la estación de monitoreo LB-3. (S/C: sin capas pigmentadas). 256

Tabla N° 8-14. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 1, Sector La Punta-La Brava. Campaña invierno 2025. 258

Tabla N° 8-15. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 2, Sector La Punta-La Brava. Campaña invierno 2025. 259

Tabla N° 8-16. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 3, Sector La Punta-La Brava. Campaña invierno 2025. 259

Tabla N° 8-17. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo S-6A. (S/C: sin capas pigmentadas). 263

Tabla N° 8-18. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos en la estación de monitoreo S-6A. (S/C: sin capas pigmentadas). 263

Tabla N° 8-19. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo S-9. (S/C: sin capas pigmentadas). 266

Tabla N° 8-20. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos en la estación de monitoreo S-9. (S/C: sin capas pigmentadas). 266

Tabla N° 8-21. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo S-11. (S/C: sin capas pigmentadas). 269

Tabla N° 8-22. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos en la estación de monitoreo S-11. (S/C: sin capas pigmentadas). 270

Tabla N° 8-23. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo SA-25. (S/C: sin capas pigmentadas). 272

Tabla N° 8-24. Caracterización de las capas de tapetes microbianos asociados a base vegetal en la estación de monitoreo SA-25. (S/C: sin capas pigmentadas). 272

Tabla N° 8-25. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo I-11. (S/C: sin capas pigmentadas). 275

Tabla N° 8-26. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos, en la estación de monitoreo I-11. (S/C: sin capas pigmentadas). 275

Tabla N° 8-27. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo I-17. (S/C: sin capas pigmentadas). 277

Tabla N° 8-28. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos en la estación de monitoreo I-17. (S/C: sin capas pigmentadas). 278

Tabla N° 8-29. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 1, Sector Peine. Invierno 2025. 280

Tabla N° 8-30. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 2, Sector Peine. Invierno 2025. 281

Tabla N° 8-31. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 3, Sector Peine. Invierno 2025. 281

Tabla N° 8-32. Registro de Microbialitos y Evaporitas en las estaciones de monitoreo. Campaña invierno 2025. 283

Tabla N° 8-33. Variables de calidad de agua de relevancia para tapetes microbianos en el sector La Punta-La Brava y Peine. Campaña Invierno 2025. 291

Tabla N° 8-34. Variables de calidad de sedimentos de relevancia para tapetes microbianos en el sector La Punta-La Brava y Peine. Campaña Invierno 2025. 291

Tabla N° 9-1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S). Puntos de muestreo suelo. .. 295

Tabla N° 9-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo. 296

Tabla N° 9-3. Parámetros evaluados y método de análisis para monitoreos M19 y M20. Componente Suelo. 298

Tabla N° 9-4. Conductividad Eléctrica, Salinidad y pH. Monitoreo Invierno 2025. 301

Tabla N° 9-5. Materia Orgánica y Nitrógeno disponible. Invierno 2025 (M19). 306

Tabla N° 9-6. Potasio y Fósforo disponibles. Invierno 2025 (M19). 310

Tabla N° 9-7. Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático. Invierno 2025. 313

Tabla N° 9-8. Código textura. 314

Tabla N° 9-9. Conductividad Eléctrica, Salinidad y pH. Monitoreo Verano 2026. 319

Tabla N° 9-10. Materia Orgánica y Nitrógeno disponible Verano 2026. 324

Tabla N° 9-11. Potasio y Fósforo disponibles. Verano 2026. 328

Tabla N° 9-12. Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático. Verano 2026. 331

Tabla N° 9-13. Código textura. 332

Tabla N° 10-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2025 y verano 2026. 340

Tabla N° 10-2. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de agua. 344

Tabla N° 10-3. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de Sedimentos. 345

Tabla N° 10-4. Escala de tamaño de grano utilizada en base a Wentworth (1922). 345

Tabla N° 10-5. Resumen de metodologías de muestreo de componentes biológicos. 346

Tabla N° 10-6. Instrumentos de medición *in situ* de parámetros del agua 349

Tabla N° 10-7. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática. 349

Tabla N° 10-8. Fechas de muestreo de cada una de las variables evaluadas en las campañas de invierno 2025 y verano 2026. 350

Tabla N° 10-9. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2025. 362

Tabla N° 10-10. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2025. 363

Tabla N° 10-11. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine. Campaña Invierno 2025. 365

Tabla N° 10-12. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2025. 366

Tabla N° 10-13: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2025. 367

Tabla N° 10-14. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2025. 367

Tabla N° 10-15: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2025. 368

Tabla N° 10-16. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine. Campaña invierno 2025. 368

Tabla N° 10-17: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine. Campaña Invierno 2025. 369

Tabla N° 10-18. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (Invierno 2025). 370

Tabla N° 10-19. Comunidad fitobentónica. Sector Tilopozo (Campaña Invierno 2025). 372

Tabla N° 10-20. Comunidad fitobentos, Abundancia (cel/cm^2) y Riqueza en Sector Peine (Campaña Invierno 2025). 373

Tabla N° 10-21. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (Campaña Invierno 2025). 375

Tabla N° 10-22. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (Invierno 2025). 377

Tabla N° 10-23. Comunidad fitoplancton, Abundancia (cel/mL) y Riqueza en Sector Peine (Campaña Invierno 2025). 378

Tabla N° 10-24. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (Campaña Invierno 2025). 380

Tabla N° 10-25. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (Campaña Invierno 2025). 382

Tabla N° 10-26. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (Campaña Invierno 2025). 383

Tabla N° 10-27. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector La Punta y La Brava (Campaña Invierno 2025). 385

Tabla N° 10-28. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector Tilopozo (Campaña Invierno 2025). 386

Tabla N° 10-29. Comunidad de zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector Peine (Campaña Invierno 2025). 388

Tabla N° 10-30. Plantas vasculares acuáticas detectadas en el área de estudio (Invierno 2025). 389

Tabla N° 10-31. Comunidad de Plantas vasculares acuáticas y porcentaje de cobertura en el área de estudio (Campaña invierno 2025). 390

Tabla N° 10-32. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026. 392

Tabla N° 10-33. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026. 393

Tabla N° 10-34: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026. 394

Tabla N° 10-35. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026). 395

Tabla N° 10-36. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026). 397

Tabla N° 10-37. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026. 399

Tabla N° 10-38. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026. 400

Tabla N° 10-39. Plantas vasculares acuáticas detectadas en el área de estudio (Campaña Verano 2026). 401

Tabla N° 10-40. Comunidad de plantas vasculares acuáticas (% cobertura) en el área de estudio. Campaña Verano 2026. 402

Tabla N°11-1. Resumen de Componentes y Variables 406

Tabla N°11-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargada de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control. 407

Tabla N°11-3. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de invierno 2025, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades - 1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares del Salar de Atacama. 412

Tabla N°11-4. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de verano 2025/2026, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades - 1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares del Salar de Atacama. 413

Tabla N°11-5. Características técnicas del sensor Pleiades - 1A. 426

Tabla N°11-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8. 429

Tabla N°11-7. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según Pleiades - 1A y Landsat 8, para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama, agosto y diciembre de 2025. 436

Tabla N°11-8. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades - 1A: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. invierno, 2025. 442

Tabla N°11-9. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. invierno, 2025. 443

Tabla N°11-10. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades - 1A: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. Verano, 2025/2026. 443

Tabla N°11-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. Verano, 2025/2026. 444

Tabla N°11-12. Resultados de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades - 1A y datos obtenidos en el monitoreo 2025 - 2026 (invierno y verano). 446

Tabla N°11-13. Resultados de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos obtenidos en el monitoreo 2025-2026 (invierno y verano). 446

Tabla N° 12-1. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas 457

Tabla N° 12-2. Materiales y Equipos 459

Tabla N° 12-3. Fechas de Medición del Año 461

Tabla N° 12-4. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava 462

Tabla N° 12-5. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine 464

Tabla N° 13-1. Variaciones en la cantidad y tipología de formaciones descritas por monitoreo 467

Tabla N° 13-2. Rangos de variación de superficie relativa por tipo de vegetación desde la línea de base hasta el monitoreo de verano de 2026 468

Tabla N° 13-3. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación con los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector, temporada de verano. 487

Tabla N° 13-4. Superficies de VA (verano) y comparación con registros históricos en formaciones con dominancia de *Schoenoplectus californicus* 489

Tabla N° 13-5. Lista Sistemática Acumulada de especies de fauna registradas a lo largo de las 20 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2026). Se indica, además, la presencia (X) en cada sector. 494

Tabla N° 13-6. Especies de fauna registradas por ambiente. Total acumulado en 20 campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2026. 504

Tabla N° 13-7. Abundancia relativa (ind/ transecto) de reptiles y aves, en cada ambiente, en las 20 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2026). 515

Tabla N° 13-8. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2026. 517

Tabla N° 13-9. Comparación de la riqueza de especies (por clase) entre las campañas de estudio de Línea Base, con las campañas de invierno 2016, verano e invierno 2017, 2018, 2019, invierno 2020, verano e invierno 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y verano 2026. (En toda el área de estudio). 523

Tabla N° 13-10. Comparación de la riqueza y composición de aves en los sistemas acuáticos del área de estudio, para las campañas históricas del PMB (invierno 2014 y verano 2015), y del monitoreo (invierno 2016 a verano 2026). 526

Tabla N° 13-11. Comparación de la riqueza y composición de reptiles y mamíferos en el área de estudio, para las campañas históricas del PMB (abril y julio 2014, verano 2015), y del monitoreo (invierno 2016 a verano 2026). 529

Tabla N° 13-12. Comparación de la abundancia de aves en los sistemas lagunares (La Punta-La Brava y Peine), para los periodos de Línea de Base y monitoreo. 531

Tabla N° 13-13. Comparación de la abundancia de aves en el sistema lagunar Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna), para los periodos de Línea de Base y monitoreo. 536

Tabla N° 13-14. Comparación de la abundancia de aves en el sistema lagunar La Punta y La Brava, para los periodos de Línea de Base y monitoreo. 540

Tabla N° 13-15. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Punta, estación LP-23. Campaña invierno, 2016 a 2025. 559

Tabla N° 13-16. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Punta, estación LP-24. Campaña invierno, 2016 a 2025. 561

Tabla N° 13-17. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Brava, estación LB-1. Campaña invierno, 2016 a 2025. 564

Tabla N° 13-18. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Brava, estación LB-2. Campaña invierno, 2016 a 2025. 565

Tabla N° 13-19. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Brava, estación LB-3. Campaña invierno, 2016 a 2025. 566

Tabla N° 13-20. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Lagunas La Punta. Campaña invierno, 2016 a 2025. 569

Tabla N° 13-21. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Lagunas La Brava. Campaña invierno, 2016 a 2025. 570

Tabla N° 13-22. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 3 en Lagunas La Punta y La Brava. Campaña invierno, 2016 a 2025. 572

Tabla N° 13-23. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna Salada, inviernos 2016 a 2025. 576

Tabla N° 13-24. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna Saladita, inviernos 2016 a 2025. 580

Tabla N° 13-25. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna Interna, inviernos 2016 a 2025. 581

Tabla N° 13-26. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Laguna Salada, inviernos 2016 a 2022. 584

Tabla N° 13-27. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Laguna Saladita, inviernos 2016 a 2025. 585

Tabla N° 13-28. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Laguna Interna, inviernos 2016 a 2025. 586

Tabla N° 13-29. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 3 en Laguna Saladita, inviernos 2016 a 2024. 588

Tabla N° 13-30. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 3 en Laguna Interna, inviernos 2016 a 2025. 589

Tabla N° 13-31. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en el Sector vegas de Tilopozo. Campaña invierno, 2016 a 2025. 590

Tabla N° 13-32. Registro de Microbialitos y Evaporitas en las estaciones de monitoreo. Campañas invierno 2016 a 2025. 594

Tabla N° 13-33. Registro de Microbialitos y Evaporitas en las estaciones de monitoreo. Campaña verano, 2017 a 2026. 603

Tabla N° 13-34. Resumen de especies detectadas en los sectores La Punta, La Brava, vegas de Tilopozo y Peine, en campañas de línea de base y monitoreo. 765

Tabla N°13-35. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales y datos obtenidos en el monitoreo 2025 (invierno y verano), respecto de los registros históricos (Adenda 5 RWL, 2015). 773

Tabla N°13-36. Consolidado de índices *Kappa* de validación del modelo de clasificación para imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8. 804

Tabla N° 13-37. Valores Mínimos y Promedio de la Serie Sector LP-LB 808

Tabla N° 13-38. Valores Mínimos y Promedio de la Serie – Sector Peine 813

FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 6-1. Ejemplo de estaca en el punto inicial de las transectas de monitoreo en el área del Salar 88

Fotografía N° 6-2. Ejemplos de especies en estado fenológico vigoroso versus especies en estado latente y rastrojos 90

Fotografía N° 6-3. Ejemplos de condiciones de sustrato definidas para el muestreo en áreas desprovistas de vegetación 91

Fotografía N° 6-4. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en invierno 2025, en distintas transectas de estudio 123

Fotografía N° 6-5. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en invierno 2025, en transectas de estudio 123

Fotografía N° 6-6. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en invierno 2025, en transectas de estudio 124

Fotografía N° 6-7. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en invierno 2025, en transectas de estudio 124

Fotografía N° 6-8. Fisonomía de matorral de *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa)* en invierno 2025, en transectas de estudio 124

Fotografía N° 6-9. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en invierno 2025, en transectas de estudio 125

Fotografía N° 6-10. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en verano 2026, en distintas transectas de estudio 141

Fotografía N° 6-11. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en verano 2026, en transectas de estudio 141

Fotografía N° 6-12. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en verano 2026, en transectas de estudio 142

Fotografía N° 6-13. Fisonomía de matorral de *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa)* en verano 2026, en transectas de estudio 142

Fotografía N° 6-14. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en verano 2026, en transectas de estudio 143

Fotografía N° 7-1. Ambientes del área de estudio. Ambientes del área de estudio. A) humedal salar (arriba; izquierda); B) humedal pajonal (arriba, derecha); C) herbazal (centro, izquierda); D) matorral (centro, derecha); E) quebrada (abajo,

izquierda) y F) área desprovista de vegetación costra salar (abajo, derecha). 173

Fotografía N° 7-2. Instalación de cámara trampa con atrayente olfativo. 179

Fotografía N° 7-3. Instalación de trampa tipo Sherman cebada. 179

Fotografía N° 7-4. Reptiles del área de estudio: lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, izquierda) y lagartija de Constanza (*L. constanzae*, derecha). Foto tomada en campaña invierno 2025. 193

Fotografía N° 7-5. Aves del área de estudio: A) Parina grande (superior, izquierda), B) Cuervo de pantano de la puna (superior, derecha), C) Gaviota andina (inferior, izquierda) y D) Caití (inferior, derecha). 194

Fotografía N° 7-6. Mamíferos en el área de estudio: Zorro culpeo. A) Zorro culpeo (arriba) y (B) Tuco tuco de Atacama (abajo). 197

Fotografía N° 7-7. Micromamífero del área de estudio: lauchón orejudo amarillo (izquierda) y muestreo (derecha). 198

Fotografía N° 7-8. Reptil del área de estudio: lagartija de Constanza. 212

Fotografía N° 7-9. Aves del área de estudio: Huairavo (izquierda), Mero de la puna (derecha). 213

Fotografía N° 7-10. Macromamíferos en el área de estudio: zorro culpeo (izquierda) y llamas (derecha). 215

Fotografía N° 7-11. Micromamíferos del área de estudio: ratón orejudo (izquierda) y ratón andino (derecha). 216

Fotografía N° 8-1. Ejemplo de zonación de un Tapete microbiano. 233

Fotografía N° 8-2. a. Estación de monitoreo LP-23; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimento; g. Presencia de microbialitos. Laguna La Punta, invierno 2025. 242

Fotografía N° 8-3. a. Estación de monitoreo LP-24; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento; g. Presencia de evaporitas. Laguna La Punta, invierno 2025. 245

Fotografía N° 8-4. a. Estación de monitoreo LB-1; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra sedimento; g. Presencia de microbialitos. Laguna La Brava, invierno 2025. 248

Fotografía N° 8-5. a. Estación de monitoreo LB-2; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete sumergido coriáceo. Laguna La Brava, invierno 2025. 252

Fotografía N° 8-6. a. Estación de monitoreo LB-3; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete sumergido coriáceo; f. Muestra de sedimentos. Laguna La Brava, invierno 2025. 254

Fotografía N° 8-7. a Estación de monitoreo S-5 y b. Muestra de sedimento, Laguna Salada, invierno 2025. 261

Fotografía N° 8-8. a. Estación de monitoreo S-6A; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimentos. Laguna Salada, invierno 2025. 262

Fotografía N° 8-9. a. Estación de monitoreo S-9; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimentos. Laguna Salada, invierno 2025. 265

Fotografía N° 8-10. a. Estación de monitoreo S-10; b. Muestra de sedimento. Laguna Saladita, invierno 2025. 267

Fotografía N° 8-11. a. Estación de monitoreo S-11; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimentos. Laguna Saladita, invierno 2025. 268

Fotografía N° 8-12. a. Estación de monitoreo SA-25; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento. Laguna Saladita, invierno 2025. 271

Fotografía N° 8-13. a. Estación de monitoreo I-11; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento; g. Presencia de microbialitos. Laguna Interna, invierno 2025. .. 273

Fotografía N° 8-14. a. Estación de monitoreo I-17; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento. Laguna Interna, invierno 2025. 276

Fotografía N° 10-1. Ubicación de las estaciones TB-1 (izquierda) y TB-2 (derecha) de acuerdo al Plan de Manejo Biótico (PMB, 2015), sin presencia de cuerpos de agua.. 342

Fotografía N° 10-2. Estación LB-1. Campaña Invierno 2025. a. Vista panorámica de la estación. b. Microbialito. 351

Fotografía N° 10-3. Estación LB-2. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación. ; b. Helófita *Triglochin concinna*. 352

Fotografía N° 10-4. Estación LB-3. Campaña Invierno 2025. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino e hidrófita *Ruppia filifolia*. 352

Fotografía N° 10-5. Estación LP-23. Campaña Invierno 2025. a. Vista panorámica de la estación. b. Helófita *Puccinellia frigida*. 353

Fotografía N° 10-6. Estación LP-24. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación. b. Hidrófita *Ruppia filifolia*. 353

Fotografía N° 10-7. Estación TB-1. Vista panorámica de la estación a.Campaña Invierno 2025 y c. Campaña verano 2026. Parche *Zannichellia palustris* (hidrófita) con lamas de microalgas bajo el agua. b.Campaña Invierno 2025 y d.Campaña verano 2026 355

Fotografía N° 10-8. Estación TB-2. Campaña Invierno 2025. a. y c. Vista panorámica de la estación, presencia de pajonal hídrico. b. Presencia de helófita *Schoenoplectus americanus*. Campaña Verano 2026. c y d. Estación 100% cubierta *de S. americanus* y ramoneada principalmente por el ganado camélido y caprino presente. 356

Fotografía N° 10-9. Estación TB-3. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. presencia de lamas microalgales dentro de la poza y helófitas en la línea de costa y Campaña Verano 2026 c. Vista panorámica de la estación, presencia de *Schoenoplectus americanus* y *Baccharis linearis* en línea de costa. y d. Interior de la poza. 357

Fotografía N° 10-10. Estación S-5. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*). 358

Fotografía N° 10-11. Estación S-9. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*). 358

Fotografía N° 10-12. Estación S-10. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*). 359

Fotografía N° 10-13. Estación SA-25. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*). 359

Fotografía N° 10-14. Estación I-11. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Sustrato fino. 360

Fotografía N° 10-15. Estación I-17. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Sedimento fino. 360

1 RESUMEN

El presente informe corresponde al Décimo Informe Anual de Monitoreo o Seguimiento **Plan de Manejo Biótico (en adelante PMB)**, comprometido en el Proyecto "**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta"** de Albemarle Limitada[1] (en adelante Albemarle o ALB), aprobado por Resolución de Calificación Ambiental (RCA) mediante **RCA RE Nº 21 de fecha 20 de enero del 2016**.

En este documento se analizan las variables y los parámetros monitoreados o medidos en el marco del Plan de Seguimiento Biótico, a las componentes y subcomponentes definidas en el PMB (Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto).

El presente Informe Anual N°10 da cuenta de las campañas de invierno 2025 y verano 2025-2026, las cuales se desarrollaron respectivamente durante el mes de agosto 2025 (**campaña invierno – M19**); en el mes de diciembre del 2025 (para seguimiento de superficies lagunares), y marzo-abril del 2026 (**campaña verano – M20**).

Las variables comprometidas corresponden a: Flora y Vegetación; Fauna Vertebrados Terrestres; Tapetes microbianos; Suelo o Sustrato; Limnología, Calidad de Aguas y Sedimento; Área de Lagunas; y Nivel Freático en Lagunas. El monitoreo para la mayoría de las variables es de frecuencia semestral y anual (vegetación NDVI). La única variable que se monitorea mensualmente corresponde a niveles freáticos, que se reporta desde abril 2025 a marzo 2026 (y es acorde con el PSAH).

Se indica a continuación las fechas efectivas de monitoreo en las que cada componente llevó a cabo sus actividades, cuya información se reporta en el presente informe de seguimiento, indicando a su vez en cada caso, aquellas restricciones o dificultades particulares ocurridas para cada componente en el marco de sus campañas de monitoreo.

La campaña de monitoreo semestral de **Invierno 2025 (M19)** para componentes bióticas fue realizada en 3 fases. Por una parte, la primera fase considera el componente de **Vegetación (COT-NDVI) y Flora (composición y cobertura a través de transectas)**, cuya campaña fue llevada a cabo entre el **03 al 13 de agosto de 2025**, y al componente **Área de Lagunas** que realizó su campaña efectiva de validación en terreno entre los días **04 al 08 de agosto de 2025**. La segunda fase, corresponde a la campaña de monitoreo de **Fauna de Vertebrados Terrestres** y **Biota Acuática (limnología, tapetes microbianos, calidad de aguas y sedimento)**, la que se desarrolló en terreno entre el **09 al 15 de agosto de 2025**. Finalmente, la tercera fase considerando el componente Suelos o Sustrato, se llevó a cabo con trabajo en terreno entre los días **25 al 29 de agosto de 2025**. En cuanto a

[1] Rockwood Litio Limitada a partir del día 01 de noviembre de 2017 modificó su razón social a "Albemarle Limitada".

niveles freáticos en la zona de lagunas, se reportan las mediciones desde abril a septiembre 2025, con algunas restricciones puntuales de acceso **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

En relación con las restricciones de acceso ocurridas en el marco de las labores de seguimiento del periodo reportado para el Año Nº10 de monitoreo, cabe indicar que para la **Campaña Semestral Invierno 2025**, respecto al componente **área de lagunas**, sus puntos de monitoreo ubicados en el sector de las lagunas de Peine (Salada y Saladita), no pudieron ser validados por vía terrestre debido a la restricción de acceso hacia las lagunas por indicación de la Comunidad de Peine, argumentándola como medida para evitar perturbar a las poblaciones de flamencos presentes en estos cuerpos de agua. Para el caso del componente **fauna terrestre**, se restringió acceso por el mismo motivo, pero solo a laguna Salada. Por esta razón, para esta campaña Invierno 2025, este componente presenta información de monitoreo parcial para el sector Peine en particular **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

Por otro lado, tanto para los componentes **área de lagunas y suelos**, hubo restricción del acceso al sistema La Punta-La Brava y Tilopozo, especialmente hacia laguna La Brava por condición irregular del camino por efecto de las lluvias. Para **fauna terrestre** y **vegetación y flora** se presentó puntualmente restricción de acceso en el sector Tilopozo por el mismo motivo.

En particular, para el componente **vegetación y flora** hubo además restricción de acceso hacia los sectores Soncor y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos por ausencia de permisos por parte de CONAF **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

Igualmente, para el caso del componente **Nivel Freático en Lagunas**, hubo imposibilidad de acceso a algunos puntos. En julio no se logró medir ningún punto del sistema Lagunar La Punta La Brava. En cuanto a las lagunas de Peine no se logró acceder en abril, mayo y septiembre. (**ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Por su parte, la **campaña semestral Verano 2026 (M20)** de monitoreo de componentes bióticas fue realizada en 3 fases. Por una parte, la primera fase considera el componente de **Área de Lagunas** cuya campaña de validación en terreno se realizó entre los días **16 al 18 de diciembre de 2025**. La segunda fase, realizada durante del mes de marzo 2026 en estacionalidad de verano, corresponde a las campañas de monitoreo de **suelos (16 al 20 de marzo 2026); biota acuática (limnología, tapetes microbianos, calidad de aguas y sedimento)** realizada en terreno entre el **17 al 19 de marzo de 2026; y fauna de vertebrados terrestres,** la que pudo realizarse de forma parcial solo el **20 de marzo de 2026** debido a limitaciones operativas de la comunidad de Peine (ver registro **Anexo Cartas y Prohibiciones**)**.** Finalmente, la tercera fase considera el componente **vegetación (COT-NDVI) y flora (composición y cobertura a través de transectas)**, cuya campaña fue llevada a cabo entre los días **07 al 14 de abril de 2026** dentro de temporada de post-lluvias

para el área de estudio. Por su parte, en el mes de abril pudo ser reanudada la campaña de **fauna de vertebrados terrestres**, la que fue reprogramada y llevada a cabo entre el **27 al 30 de abril de 2026** con el objetivo de cumplir con el esfuerzo de muestreo requerido para el componente.

En cuanto a **niveles freáticos en la zona de lagunas**, se reportan las mediciones desde octubre 2025 a marzo 2026. Cabe destacar que, debido a restricciones de acceso, para esta campaña de verano sólo se cuenta con registro de nivel freático en los pozos del sector La Punta – La Brava BA-07 y BA-16, para los meses de octubre y noviembre de 2025. Para el resto de los meses, esto es desde diciembre 2025 hasta marzo 2026, el acceso quedó restringido por parte de las Comunidades de Peine, Toconao y Talabre, lo que imposibilitó el monitoreo también del pozo BA-05. Para el caso del Sector Peine, no se cuenta con registro de nivel freático en ninguno de los pozos durante el periodo analizado, en este caso debido a restricciones de ingreso de la Comunidad de Peine por reproducción de Flamencos (ver **Anexo Niveles y Cartas**).

Respecto a las limitantes para el normal desarrollo de las actividades de monitoreo biótico, se indica que en esta campaña semestral Verano 2026, para el caso de los componentes **fauna terrestre, limnología, tapetes microbianos y calidad de aguas y sedimentos**, sus puntos de monitoreo ubicados en el sistema lagunar La Punta-La Brava, y en el sector de las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna), no pudieron ser muestreados debido a la restricción de acceso hacia las lagunas por indicación de la Comunidad de Peine, argumentándola como medida para evitar perturbar a las poblaciones de flamencos presentes en estos cuerpos de agua, dada la época de reproducción de flamencos **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**. Por esta razón, para esta campaña Verano 2026, estos componentes presentan información de monitoreo nula para el sector Peine en particular.

En el caso del componente **Suelos o Sustrato,** hubo prohibición de acceso por parte del monitor de la comunidad de Peine hacia el sector La Punta – La Brava por mal estado del camino (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**). No obstante, los puntos correspondientes a sector Peine y Tilopozo se realizaron con normalidad.

En específico para el componente **Fauna Terrestre**, si bien se logró iniciar la campaña en el mes de marzo 2026, pudiéndose muestrear solo el día 20 de marzo, esta pudo ser reprogramada y realizada en su mayoría en el mes de abril (verano post-lluvias) (27 al 30 abril 2026). En la campaña de verano 2026 se ejecutó el muestreo parcial de los puntos de muestreo de fauna debido al cierre de acceso a las lagunas de Peine y a las lagunas La Punta y La Brava, lo que impidió el ingreso a estos sectores en el marco del PMB. Esta situación respondió a limitaciones operacionales establecidas por la comunidad de Peine (Ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Para el caso del componente **Vegetación y Flora**, para esta campaña hubo restricciones de acceso a los sectores Soncor, La Punta y La Brava, y a un punto COT del sector

Tilopozo. En Soncor, la restricción fue por parte de CONAF, debido al resguardo de la avifauna por la nidificación de flamencos en el área, por lo que no se accedió a la transecta T14 ni al punto COT RPV015. Por otra parte, debido al mal estado de los caminos de acceso hacia el sector de La Punta y La Brava, no se realizaron las transectas T10, T11 y T12 del sector, el punto COT TA33 en La Brava y el punto COT CAC021 del sector Tilopozo, ubicado en el acceso hacia La Punta (ver registro en **Anexo Vegetación y Flora**).

Respecto a la campaña de monitoreo del componente **Área de Lagunas**, cabe señalar igualmente que no fue posible realizar en su totalidad la validación *in situ* programada, ya que se presentaron por parte de la Comunidad de Peine medidas de restricción de movilidad que no permitieron el traslado y acceso a los sectores de La Punta – La Brava y Peine. Al primero por condiciones deficientes de los caminos, y para el sector de lagunas de Peine dada la época de reproducción de flamencos, reduciendo las posibilidades de validación en estos sectores a través de fotointerpretación en gabinete con imagen de alta resolución (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Es importante tener a la vista que, junto con las limitaciones de movilización impuestas por la Pandemia Covid-19, donde con excepción de algunos componentes no se pudo presentar información de monitoreo para la campaña de verano 2020 (M8), desde el año 2021 a la fecha, las campañas de verano en el sector de lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna), se encuentran incompletas debido a las restricciones de acceso por las mismas razones antes señaladas, situación que afecta significativamente los resultados del monitoreo PMB y los propios objetivos de seguimiento ambiental en este sector, debido a que la carencia estacional de datos redunda en que no sea posible comparar entre la condición de Línea de Base y la evolución de las componentes afectadas, debido al sesgo temporal cada vez mayor en la información levantada en los monitoreos respecto de sus parámetros de referencia, este caso especialmente para veranos. **Lo anterior resulta muy relevante puesto que estas limitaciones de acceso al área afectan la posibilidad de análisis de la evolución de la riqueza y abundancia de las especies en seguimiento por estos componentes, sobre todo para el sistema Peine, que es el que aporta los mayores valores de abundancia de aves en el salar, sobre todo para el monitoreo de las poblaciones de flamencos**.

Por otro lado, respecto de la componente Área de Lagunas, cabe indicar que es también un compromiso del Plan de Seguimiento Hídrico (PSAH) del proyecto, el cual quedó establecido a realizarse en julio y diciembre, con un mes de desfase, por lo que también se cumple con el compromiso semestral de la misma en el PMB y en consistencia con el PSAH.

A modo de contexto, es importante tener en cuenta que la primera campaña del PMB del proyecto, se realizó en etapa de Construcción en agosto del 2016, previo al inicio de

operaciones[2]. Desde diciembre 2016 a la fecha, se realizan las campañas en el marco de la etapa de Operación del proyecto.

En relación al Análisis de Estado Ecológico del Sistema (AEE), en el que se analizan las variables de "estado" *i) Vegetación azonal, ii) Superficies de las lagunas, y iii) Niveles freáticos*,definidas a partir del Modelo Ecológico Funcional, al igual que para el año 2025, este año 2026 se considera que el análisis de estado ecológico (AEE) como parte del Informe Anual N°10, requiere una mirada de detalle de las tres variables de estado, por lo que se presenta el AEE en un documento independiente, como un complemento de Análisis de Estado Ecológico al Informe Anual PMB N°10, el que será entregado posterior al presente informe.

A continuación, se presentan los principales y más relevantes resultados, análisis y conclusiones del Informe Anual Nº10 del Plan de Manejo Biótico - PMB, según las subcomponentes o variables monitoreadas:

En relación con Flora y Vegetación:

El área de monitoreo de flora y vegetación corresponde a sectores del Salar que concentran las características representativas para el seguimiento de los subcomponentes señalados, éstos son: La Punta y La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana. Con el fin de homologar la sectorización de todas las metodologías utilizadas para el seguimiento, respecto de lo establecido por el PMB, se distribuyó el área de estudio en cinco subsectores: (1) Tilopozo, (2) La Punta y La Brava, (3) Peine, (4) Soncor y (5) Aguas de Quelana.

En relación con el monitoreo y caracterización de la flora y vegetación del área de estudio, el presente informe se enmarca entre los monitoreos realizados en el décimo año del plan de seguimiento, correspondiente al monitoreo de invierno 2025 (M19) y verano 2026 (M20). Estos monitoreos consideran el seguimiento de la vegetación (COT) y flora (composición y cobertura a través de transectas), y el análisis de la cobertura de vegetación activa (según el índice NDVI), realizado durante la temporada de crecimiento de la vegetación, en periodo posterior a las precipitaciones estivales, de acuerdo con los objetivos planteados en el Plan de Manejo Biótico.

En cada subsector se realiza el monitoreo de la flora utilizando el método de "Intercepto de Puntos" para medir composición y cobertura de especies. Las ubicaciones de las transectas y la metodología se definieron en 2016, siguiendo los lineamientos del PMB y aprobaciones técnicas y ambientales correspondientes, para evaluar la situación preoperacional y hacer seguimientos semestrales. Esta metodología se aplica en las 31 transectas establecidas, georreferenciadas y estacadas en terreno. En paralelo, se evalúa la distribución y cobertura

[2] Rockwood Lithium (Actualmente Albemarle Limitada) dio inicio formal a la etapa de operación del proyecto el 28 de septiembre 2016, mediante carta a la Superintendencia de Medio Ambiente una semana antes, fechada el 21 de septiembre de 2016.

de la vegetación azonal mediante dos métodos: Carta de Ocupación de Tierras (COT) y el análisis de cobertura vegetal activa con imágenes satelitales de alta resolución (NDVI).

En relación con el monitoreo COT, se observa una estabilidad general en la cantidad y tipo de formaciones vegetales tras 10 años de monitoreo, manteniéndose un número similar de unidades descritas (35 en invierno 2025 y 38 en verano 2026). Se observan ciertos cambios en la dominancia de especies, especialmente en las formaciones de matorrales azonales mixtos y vegas, sin embargo, estas modificaciones no implican cambios en la distribución general de la vegetación. En general, en la COT de **invierno 2025 (M19),** se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la "superficie sin vegetación" representada por un 78,1% de superficie del área de estudio. Dentro de la superficie con vegetación (21,9%), el 8,7% está cubierto por vegetación zonal y el 13,2% por vegetación azonal. Además, se describieron cinco agrupaciones de formaciones de matorral zonal según dominancia; seis agrupaciones de formaciones vegetales azonales de humedal; y tres tipos de formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral – vega, y cinco agrupaciones de matorral hídrico – vega.

Los matorrales zonales dominados por *Tessaria absinthioides* (1.625,1 ha) y *Atriplex atacamensis* (542,8 ha) son los más representativos, concentrados en Peine. En vegetación azonal, destacan las vegas de *Distichlis spicata* (914,0 ha) y *Juncus balticus* (170,9 ha), principalmente en Tilopozo. La vega dominada por *Distichlis spicata* es la formación con mayor número de unidades (48), mostrando una amplia variación en la cobertura vegetal, que va del 5% al 90%. Otras formaciones, como los matorrales de *Atriplex imbricata* o vegas de *Triglochin concinna*, están representadas solo por una unidad cartográfica dentro del área de estudio.

En la COT de **verano 2026 (M20)**, se identificó que el 78,1% del área corresponde a suelo sin vegetación, mientras que el 21,9% presenta cobertura vegetal, dividida entre vegetación zonal (8,7%) y azonal (13,2%), al igual que lo registrado en invierno 2025 (M19). Se describieron diversas formaciones según dominancia: cinco agrupaciones de matorral zonal seis agrupaciones de formaciones vegetales azonales de humedal; y tres tipos de formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral – vega, y cinco agrupaciones de matorral hídrico – vega.

Los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* (1.625,1 ha) y *Atriplex atacamensis* (542,8 ha) son las formaciones más representativas en Peine, mientras que en Tilopozo predominan las vegas de *Distichlis spicata* (912,2 ha) y *Juncus balticus* (170,9 ha). Además, en varios sectores se encuentran matorrales – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* con una superficie de 2.159,7 hectáreas, distribuida de manera más homogénea entre los sectores Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana, así como matorrales hídricos de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*) con 522,6 ha, distribuida principalmente en el sector Aguas de Quelana. Estas formaciones presentan diferentes extensiones y

distribuciones, reflejando la diversidad vegetal de la zona monitoreada. La vega de *Distichlis spicata* es la formación con más unidades (47) y muestra una cobertura vegetal muy variable, mientras que otras cinco formaciones, como matorrales y vegas de especies específicas, están representadas solo por una unidad cartográfica en el área de estudio.

En particular para el sector de Soncor, desde los inicios del seguimiento PMB se destaca por tener la principal ocupación de áreas desprovistas de vegetación con 4.993,5 hectáreas (99,5% del sector), mientras que en la superficie restante existen formaciones vegetales azonales (0,5%; 24,8 hectáreas) que se encuentran en el borde Este del polígono monitoreado del sector, alejados del sistema de cuerpos lagunares del área, con cinco unidades de vega y una unidad de matorral – vega. Cabe señalar que, a lo largo del seguimiento no se ha realizado la transecta T14 debido a condiciones de accesibilidad. No obstante, para complementar la caracterización del sector se ha efectuado el punto COT RPV015, ubicado en las cercanías de dicha transecta. Este punto no fue levantado durante el último año de monitoreo (M19, M20) debido a condiciones de accesibilidad de los caminos. Durante este año, la situación se mantiene en la misma condición, donde casi todo el sector (99,5%) carece de vegetación, mientras que sólo un 0,5% presenta formaciones azonales (principalmente vegas y matorral-vega) ubicadas en el borde este.

Descrito lo anterior, en el monitoreo de invierno 2025 se identificaron 35 formaciones vegetales y 38 formaciones en verano 2026, cifra que se mantiene en el rango de la línea base de 2015 (33 formaciones). Los principales cambios se observan en las formaciones de matorrales mixtos azonales y vegas, donde la dominancia de ciertas especies varía según la transecta. En algunos casos, las especies herbáceas predominan, mientras que, en otros, arbustos como *Lycium humile* muestran mayor cobertura, transformando así algunas vegas en formaciones mixtas de matorral hídrico y vega.

En cuanto a las formaciones vegetales, el análisis de flora y vegetación a través del método de transectas, indica en términos generales que las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo son las que continúan presentando mayor cobertura vegetal, correspondiendo a las formaciones de *Schoenoplectus californicus* y algunas transectas en formaciones de herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*, además de algunas transectas localizadas en cercanías a cuerpos de agua, en los sectores La Punta y Aguas de Quelana.

En términos generales, durante el Año 10 de seguimiento se observan diferencias estacionales, en un contexto donde las coberturas han ido en descenso en el tiempo. Hasta el monitoreo de invierno 2025 (M19) se muestra una tendencia alineada con esta disminución de la cobertura vegetal durante el seguimiento, a diferencia del verano 2026 (M20), que presentó un aumento de las coberturas respecto al invierno M19 y a veranos anteriores. Esto demuestra dinámicas particulares entre transectas y a nivel de formaciones vegetales, como es el caso de los herbazales de *Schoenoplectus californicus* en los

sectores Tilopozo y Peine.

La riqueza de especies se mantuvo estable en todos los sectores, con el registro de algunas especies adicionales de manera ocasional en ciertos monitoreos y sectores específicos; entre una a cuatro especies en las transectas monitoreadas en M19 y entre una a cinco especies en las transectas en M20, con una variabilidad general de una especie entre monitoreos.

Durante los monitoreos M19 y M20 se observó que el herbazal de *Schoenoplectus californicus* registró una recuperación parcial a total de las coberturas vegetales de acuerdo con la alteración observada en los años anteriores, sobre todo a los descensos registrados en invierno 2024, tanto en sector Peine y en Tilopozo (menor a 35% de cobertura absoluta en sus transectas). En M20 se registran para las dos transectas de Tilopozo, una cobertura sobre el 85% y un mayor aumento en las cuatro transectas de Peine (sobre un 100%).

En términos generales, la cobertura vegetal para el sector La Punta y La Brava tiende a disminuir a lo largo del seguimiento, con pequeñas recuperaciones puntuales, como en el verano 2021 (M10) para la transecta T13 (herbazal de *J. balticus*) o en invierno 2022 para la transecta T12 (matorral de *S. neei*). Asimismo, se observa un comportamiento heterogéneo entre transectas, mostrando por una parte a la transecta T10 (herbazal de *T. concinna*) con los registros más bajos de cobertura vegetal en ambos monitoreos del año 9 y un leve aumento en el invierno M19. Cabe destacar que, en este verano M20, el sector no registra un promedio comparable con campañas previas, ya que se realizó una de las cuatro transectas del sector (T13; herbazal de *J. balticus*), factor que influye directamente en el análisis de tendencia sectorial. Particularmente para para el invierno M19, se registra un leve aumento en la transecta T10 (herbazal de *T. concinna*), respecto al invierno anterior; a diferencia de la transecta T11 en la misma formación, con una menor cobertura en M19 respecto al anterior; por otro lado, la transecta T13 en un herbazal de *J. balticus* en el sector, muestra un contraste en la cobertura estacional en los últimos dos años, registrando una mayor cobertura en los veranos (M18 y M20) respecto a los inviernos (M17 y M19), destacando el aumento de M20 con uno de los valores más altos de todo el seguimiento en esta transecta; mientras que la transecta T12 en un matorral de *Salicornia neei*, muestra en invierno M19 una de las menores coberturas del seguimiento y no hay registro en verano de este año.

En Aguas de Quelana, el monitoreo se realiza en tres transectas dispuestas en matorrales de *Salicornia neei*. Debido a la ausencia de registros en los inviernos M9 a M13 y en M19, así como en los veranos M6 y M18, no es preciso definir una tendencia general al año 2026, aun cuando los datos preliminares sugieren un descenso de la cobertura vegetal. A nivel de transectas se observan distintos comportamientos, la transecta T16 presenta el mayor descenso en el tiempo, registrando en M20 una de las menores coberturas del seguimiento. En contraste, la T15 muestra una mayor fluctuación interanual, pero se ha estabilizado en

los últimos 3 años, alcanzando en M20 su cobertura estival más alta. Por su parte, la transecta T17 muestra mayor estabilidad hasta el 2026, exceptuando un leve descenso en M16 (verano 2024).

Con respecto a otras variaciones, destaca la estabilidad de la cobertura en el tiempo en las transectas T20, T21 y T27 en Tilopozo, en herbazales de *D. spicata*, manteniendo una cobertura similar o mayor en M20, respecto a monitoreos anteriores. En contraste, las transectas T26 y T28, asociadas a la misma formación, muestran un descenso histórico con valores bajos sostenidos desde el invierno 2020, no obstante, muestran un aumento en este invierno M19 y verano M20, el cual fue leve en T26 y más pronunciado en T28.

Por otro parte, el herbazal de *J. balticus* en Tilopozo (T18 y T30) presentan un descenso de la cobertura, sobre todo en invierno M17. Sin embargo, aumentan este último año, que fue especialmente marcada para T30 (M20). En cuanto a los matorrales de *T. absinthioides,* en general se observan menores coberturas en el tiempo, destacando para M20 un aumento mayor de la cobertura en la transecta T24 de Tilopozo, aunque para todas las transectas este último año registró aumentos en su cobertura, principalmente en verano M20.

Finalmente, las transectas en herbazales de *S. californicus*, evidencian una recuperación parcial a total de su cobertura vegetal para este último año. En el sector Peine (T01 a T04) el alza se concentró en el invierno M19, dado que en los veranos siempre mantuvo coberturas absolutas sobre el 100%. En tanto, en Tilopozo (T19 y T29), la recuperación de la cobertura es parcial en ambas estaciones.

Por otro lado, se observa en general, una riqueza similar de especies registradas entre monitoreos para todos los sectores, destacando la aparición de *Eleocharis quinqueflora* en M20, como nuevo registro en el sector Peine en la transecta T03 y la aparición de *Puccinellia frigida* también en Peine en la transecta T02 en M20, la cual no se registraba en ninguna transecta desde el verano M12.

En relación con la **evolución en el tiempo, desde MB0 a M20**, en general, al analizar la **cobertura promedio de la vegetación**, se ha observado una tendencia general a la disminución de la cobertura vegetal, especialmente en los herbazales de *Schoenoplectus californicus,* en sectores como Peine y Tilopozo. Sin embargo, existen fluctuaciones entre los diferentes monitoreos y ciertas áreas con mayor humedad que mantienen mejor cobertura y vigor. Esto puede estar influenciado por el pastoreo y variaciones específicas por sector, ya que en algunas zonas, como Peine, la humedad se observa estable en los últimos años, y el decaimiento de la actividad biológica (de acuerdo al aumento del rastrojo) registrada el año anterior ya no se observó en este verano. Lo anterior reflejándose en el aumento de la cobertura vegetal en todas las transectas junto a una fisionomía vigorosa. De igual manera, en lugares específicos de Tilopozo donde se ha presentado mayor presión de ganado (zona de T19 y T29) se ha visto inclusive erosión del suelo en algunos parches

cercanos a las transectas, además del ramoneo y menor humedad en ciertas zonas, que no es homogénea para toda el área, situación que se ha mantenido en los últimos tres años.

El registro de M20 es solo referencial para cobertura vegetal en La Punta y La Brava, ya que contiene información de solo una transecta (T13). En el sector de Aguas de Quelana, la cobertura vegetal ha mostrado fluctuaciones desde el inicio del monitoreo, con valores que han ido disminuyendo en el tiempo. Se registró una cobertura del 40,5% en el monitoreo inicial (MB0) y similar de 40,6% en M1, ambos inviernos de 2016, y que descendió paulatinamente hasta alcanzar su punto más bajo en el invierno de 2023 (M15), con un 23,9% de cobertura promedio, donde posteriormente muestra valores que se mantienen estables, entre un 26,3% en M16 a 26,6% en M17, 26,7% en M18 y un aumento a 30,7% en M20 (no hay registro de invierno 2025-M19).

A nivel general, la cobertura promedio de rastrojo (materia vegetal muerta) muestra un aumento desde MB0 hasta año el 2026 en todos los sectores estudiados. Sin embargo, en el último periodo (2024 a 2026) se han observado contracciones relevantes a nivel de sector o transectas. En sector Peine se registra un mayor descenso durante los monitoreos estivales de 2025 y 2026. Por su parte, en Tilopozo, el rastrojo disminuyó de forma continua tanto en invierno como en verano del último año, revirtiendo el alza histórica registrada en M16 (verano 2024) y alcanzando su menor cobertura estival en este último verano (M20). En contraste, los sectores de La Punta y La Brava y Aguas de Quelana mantuvieron coberturas de rastrojo estables en el último periodo, aunque todos compartieron una leve disminución en el último verano 2026.

A nivel de transectas, los herbazales de *S. californicus* destacaron en invierno 2025 con coberturas de rastrojo superiores al 60% en T01, T03 y T04 (Peine), así como en T29 inclusive con coberturas superiores al 90% en M16 y M17 (Tilopozo), condición vinculada a las alteraciones identificadas en estas formaciones. No obstante, en verano 2026 estas formaciones mostraron una notoria recuperación, disminuyendo su cobertura muerta por debajo de un 25%, e inclusive en la transecta T04 se registra nula presencia de rastrojo. Finalmente, los mayores valores de rastrojo en M20 son en herbazales de *D. spicata* en Peine (27,2% en T08 y 20,2% en T09) y Tilopozo (21,8% en T28), además de una transecta en un herbazal de *S. californicus* de Peine (25,2% en T03). El resto de las transectas presenta menos de 20% de rastrojo a nula presencia como es el caso de T04, lo que confirma que no se registraron incrementos significativos de rastrojo para ningún sector o transecta en este último año, respecto a monitoreos anteriores.

En relación con la categoría “otros recubrimientos”, muestran alta cobertura de costra salina en todos los sectores, siendo en términos medios el recubrimiento dominante y variando según la saturación y terrosidad, dependiendo del sector. La presencia de agua superficial es característica de La Punta y La Brava y Aguas de Quelana, destacando para el año 10 coberturas de agua superficial en T10 en M19 (53,6%) y T11 (6,8%), además de registrar

en M19 agua superficial en dos transectas del herbazal de *S. californicus* (T01 y T02 en Peine con un 3,0% y 3,8%) y costra salina sobresaturada y saturada en las transectas T10 y T11, además de la transecta T12 en un matorral de *S. neei* de La Punta. En el verano M20 no se registra el recubrimiento de agua superficial, no obstante recordar que no hay registros en el sector de La Punta y La Brava en este monitoreo en transectas T10, T11 y T12, y en la transecta T15 de Aguas de Quelana, se registra una costra salina saturada en M20 (50,6%). No se observan mayores variaciones en las otras transectas, respecto a los porcentajes de costra salina o costra salina terrosa.

El recubrimiento de suelo terroso en herbazales de *S. californicus* presenta variaciones entre transectas. Durante el monitoreo M20, las transectas T03 (Peine), T19 y T29 (Tilopozo) registraron coberturas bajo el 10%. Estos valores son similares a los detectados en M19 para las transectas T03, T04 (Peine) y T19, reflejando una fluctuación durante los últimos dos años, contrastando con los primeros años de seguimiento, periodo que registraba una nula presencia de otros recubrimientos en estas formaciones.

Con respecto a las variaciones estacionales en la cobertura vegetal, los matorrales presentan una mayor diferencia, presentando una mayor cobertura en invierno que en verano, aunque solo la transecta T23 presenta variaciones significativas, correspondiente a matorrales de *T. absinthioides* en Tilopozo según registros del 2025-2026 (M19 y M20). Para los herbazales, no se registran variaciones significativas, indicando que no habría diferencias estacionales en las coberturas vegetales entre invierno y verano. A pesar de ello, durante los dos últimos años se ha detectado una mayor diferenciación estacional en algunas transectas y/o formaciones; tal es el caso de los herbazales de *S. californicus* en Peine y Tilopozo, la totalidad de las formaciones de Peine (herbazales de *D. spicata* y matorrales de *T. absinthioides*), así como los herbazales de *J. balticus* y ciertas transectas de *D. spicata* en Tilopozo. Estos resultados pueden ser puntuales y atribuirse a respuestas fenológicas específicas del periodo, por lo que resulta fundamental mantener la continuidad del seguimiento y determinar los factores que podrían incidir sobre esta dinámica, ya que desde un inicio del seguimiento en el año 2016 (MB0-M1), llamó la atención que las coberturas vegetales fueran incluso mayores en dicho invierno que el verano 2017 (M2).

Es importante señalar que, con el objetivo de poder estudiar en mejor detalle la cobertura de la vegetación en sectores de interés y que permitan realizar un mejor diagnóstico de la vegetación, es que Albemarle ha dispuesto esfuerzos de monitoreo de frecuencia semestral adicionando transectas (17), a las cuales se les ha denominado **Monitoreo de Transectas Complementarias (MTC)**. Estas transectas MTC se han realizado a partir de la campaña de verano 2022 (M12), equivalente al MTC0, y hasta la fecha, se han realizado 8 campañas MTC de manera paralela al levantamiento de las transectas del PMB.

La información complementaria correspondiente a las 17 transectas nuevas, se presenta en el **Anexo Vegetación y Flora MTC**. Estas transectas se encuentran distribuidas en

todos los sectores y formaciones vegetales de la siguiente manera: 13 en la zona cercana a las vegas de Tilopozo, una en Peine, una en La Brava y dos en Aguas de Quelana.

Respecto a los resultados del MTC, **Anexo Vegetación y Flora MTC,** estos permiten confirmar la evolución que se observa en las coberturas de los sectores antes señalado.

Por su parte, considerando el método de **análisis de distribución y cobertura de la vegetación azonal mediante el índice NDVI en imágenes de alta resolución**, y para todos los sectores analizados (Tilopozo, La Punta–La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana), se puede señalar que la superficie de vegetación activa para los sectores Tilopozo – La Punta – La Brava y Peine se mantiene dentro del rango de los registros históricos obtenidos mediante imágenes Landsat, para el período comprendido entre los veranos de 2017 y 2026. Cabe señalar que los sectores Soncor y Aguas de Quelana no cuentan con registros históricos Landsat de cobertura de vegetación activa, por encontrarse fuera del alcance del compromiso de seguimiento.

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos respecto a los registros históricos obtenidos mediante imágenes de alta resolución, la superficie de vegetación activa para los sectores Tilopozo – La Punta – La Brava, Peine y Aguas de Quelana supera los valores mínimos históricos. En el sector Soncor, la superficie de vegetación activa registrada durante el verano de 2026 (4,3 ha) continúa siendo inferior a la superficie mínima histórica (21,2 ha), condición observada durante todo el período de seguimiento. Estas diferencias se asocian al mayor nivel de detalle incorporado por la COT y a las mejoras implementadas en el procesamiento de imágenes satelitales durante el seguimiento del PMB.

En comparación con el monitoreo de verano de 2025, se observa un aumento de la superficie de vegetación activa en el sector Peine, una condición relativamente estable en Tilopozo y una disminución en los sectores La Punta – La Brava, Aguas de Quelana y Soncor. En términos generales, las superficies de vegetación activa registradas durante el verano de 2026 se mantienen dentro de los rangos observados para el período de seguimiento del PMB (2017–2026).

En particular, las superficies de vegetación activa (NDVI) de las formaciones de vega dominadas por *Schoenoplectus californicus* se mantienen por debajo de los mínimos históricos en ambos sectores. En Tilopozo – La Punta – La Brava, la superficie disminuyó de 12,2 ha en 2025 a 12,0 ha en 2026, correspondiendo al valor más bajo de la serie de seguimiento. En Peine, la superficie disminuyó de 8,0 ha a 6,7 ha, manteniéndose bajo el mínimo histórico de 22,6 ha, aunque sin corresponder al menor valor de la serie.

En relación con Fauna Vertebrados Terrestres:

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este componente y que son objeto de seguimiento, corresponden a la composición, la riqueza y la abundancia, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto. Los parámetros utilizados son a) número e identidad de especies, para la riqueza y composición, y b) número de ejemplares, para la abundancia (absoluta y relativa) y frecuencia (absoluta y relativa). Los parámetros se expresan además para cada tipo de ambiente predefinido y estandarizados por el número de puntos o transectos realizados por cada ambiente.

Dentro de la componente de Fauna, se evalúan los grupos de las aves acuáticas, las aves terrestres, los mamíferos, los reptiles y los anfibios.

Hay que destacar que, para efectuar el presente monitoreo descrito a continuación, se cuenta con el permiso sectorial de captura de animales de especies protegidas de fauna silvestre, a través de la Resolución Exenta N°420/2017 y su correspondiente ampliación en la Resolución Exenta N.º 594/2025 del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Antofagasta (ver acápite 1.1 **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

La décimo novena campaña de monitoreo, invierno 2025 (en adelante M19), se realizó entre el 10 y el 15 de agosto de 2025, con trabajo efectivo de monitoreo en terreno entre los días 11 y 14 de agosto; con un equipo integrado por seis especialistas, divididos en tres grupos. Se muestrearon 23 de 25 puntos de muestreo, debido al cierre de las lagunas de Peine (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones de Acceso**), con la metodología de transectos (en los 23 puntos) y muestreos complementarios: siete estaciones de trampeo de micromamíferos, 10 estaciones con trampas cámara, cuatro muestreos de aves nocturnas y dos muestreos nocturnos de anfibios.

En invierno 2025 se registró una riqueza total de 31 especies, identificándose una especie de reptil, 20 especies de aves y nueve especies de mamíferos. Del total, 15 de estas especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, siete se consideran amenazadas). En detalle, estas especies en categoría de conservación corresponden a las dos especies de reptiles, siete especies de aves y seis especies de mamíferos.

En la campaña de invierno 2025 se registraron cinco nuevas especies (todas aves) para el periodo de monitoreo (tanto inviernos como anuales): *Parabuteo unicinctus* (peuco), *Anas bahamensis* (pato gargantillo), *Gallinula galeata* (tagüita del norte), *Nycticorax nycticorax* (huairavo) y *Plegadis ridgwayi* (cuervo del pantano de la puna). De estas cinco especies, sólo el huairavo había sido registrado antes, en el monitoreo histórico del PMB, mientras que las otras cuatro no habían sido observadas en el área, en ningún monitoreo anterior.

En relación con la riqueza por sector, se registraron 22 especies en el sector Tilopozo, 12 especies en Peine y nueve especies en La Punta y La Brava, predominando en los tres sectores el registro de especies de aves.

En cuanto a la composición por ambientes, se destaca que el ambiente de humedal pajonal en Tilopozo posee la mayor riqueza con 18 especies (un reptil, 11 aves y seis mamíferos); le siguen con nueve especies los ambientes de humedal salar en La Punta y la Brava, y humedal salar en Peine junto con el matorral de Tilopozo, con ocho especies.

La vigésima campaña de monitoreo semestral de fauna vertebrada terrestre, verano 2026 (en adelante M20), se realizó en dos fases. La primera entre el 19 al 24 de marzo (campaña efectiva el 20 de marzo) con un equipo de dos especialistas, la que debió ser suspendida en el marco de las actividades de monitoreo por limitantes operacionales de la Comunidad de Peine, y la segunda fase realizada entre el 26 de abril y 01 de mayo 2026 (campaña efectiva entre el 27 al 30 de abril), con un equipo integrados por 6 especialistas, divididos en 2 grupos, fechas en la que se retoma y se culmina la campaña M20 de este componente.

Se realizaron sólo 14 de los 25 puntos de muestreo de las campañas previas. Por limitantes operacionales de la comunidad no se accedió a los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava en el marco de la campaña, **limitando con ello por décima vez (siete campañas de verano, tres en invierno 2023, 2024 y 2025) el acceso tanto al sector de lagunas de Peine, como La Punta y La Brava, en época estival**, debido a que es un área con poblaciones de flamencos en fase reproductiva en dicha estación del año.

Lo anterior afecta significativamente los resultados, sobre todo en lo que respecta al análisis de la evolución de la abundancia de aves acuáticas (y en particular, de los flamencos) en los sistemas lagunares, lo que la hace no adecuada en la comparación con la serie histórica del monitoreo. Debido a lo anterior, la interpretación de la mayor parte de los resultados se limita a los periodos con muestreo completo.

Dentro de la componente de Fauna, se evalúan los grupos de las aves acuáticas, las aves terrestres, los mamíferos, los reptiles y los anfibios.

Se registró una riqueza total de 16 especies, identificándose una especie de reptil, cinco especies de aves y 10 especies de mamíferos. Del total, ocho de estas especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, tres se consideran amenazadas). En detalle, estas especies en categoría de conservación corresponden a una especie de reptil, un ave y seis mamíferos.

En esta campaña de verano 2026 se registraron dos especies nuevas, no observadas en los monitoreos estivales previos: el Mero de la Puna (*Agriornis albicauda*) y el Huairavo (*Nycticorax nycticorax*). La primera especie tampoco se registró en la Línea de Base del PMB (2015), en tanto que el huairavo si se había visto en una campaña anterior de invierno.

En relación con la riqueza por sector, se registraron 14 especies en el sector Tilopozo, y cuatro especies en Peine, en tanto que La Punta y La Brava no se pudo muestrear.

En cuanto a la composición por ambientes, se destaca 12 especies en el humedal pajonal de Tilopozo, mientras que los otros ambientes presentaron menos de seis especies.

En el área de estudio, y en relación con la riqueza acumulada en las 20 campañas de monitoreo, ésta asciende a un total de 74 especies, identificándose una especie de anfibio, dos especies de reptiles, 55 especies de aves y 16 especies de mamíferos.

En relación con la evolución de la fauna, en el caso de la única especie de anfibio, ésta fue registrada sólo en verano 2018, con un ejemplar detectado en un punto de muestreo (FT01, en el ambiente humedal pajonal del sector de Tilopozo).

Además de la caracterización de fauna, y en relación con las abundancias y frecuencias, las dos especies de reptiles registradas presentan abundancias y frecuencias notoriamente diferentes, siendo mayor en las campañas de verano 2024, y menor en invierno 2024. En todas las campañas, la especie más abundante fue la lagartija de Fabián, dominando sobre la lagartija de Constanza, a excepción de verano 2022 e invierno 2023 y 2024, en el cual no se pudieron completar los muestreos de salares por restricciones de acceso. En relación a las aves, la abundancia fue mayor en invierno 2021 y menor en verano 2023, destacando la parina grande y el flamenco chileno como las especies más abundantes en las campañas, excepto en los veranos de 2021 a 2026, en que no se tuvieron muestreos completos en los sistemas lagunares, debido a las restricciones totales (2021, 2023, 2024, 2025 y 2026) y parciales (2022 e inviernos 2023 a 2025) para acceder a las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna), para no interferir con la época reproductiva de los flamencos. Este impedimento de ejecución de los muestreos de verano no permite analizar adecuadamente la evolución de la fauna, ya que en dichos sectores es donde se presenta la mayor riqueza y abundancia de aves en general, y de flamencos en particular.

Comparando las 20 campañas realizadas, y en cuanto a la abundancia relativa por ambiente (estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentan la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal, seguido por el humedal salar, la quebrada, el herbazal y el matorral.

En el caso de las aves, y para todas las campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, seguido por el matorral, el humedal pajonal y la quebrada. Los ambientes con menor abundancia, en tanto, fueron el herbazal y el área desprovista de vegetación costra salar.

En el caso de los micromamíferos trampeados, y para el total de campañas, de las cuatro especies registradas, el ratón orejudo amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en los seis ambientes, y con un IDR que varió entre 0,8% a 13,3%. En

cambio, el ratón andino fue registrado en cuatro ambientes, variando entre un IDR de 0,8% a un 21,7%.

En una primera escala gruesa de comparación con la Línea de Base, las 74 especies registradas en total para las 20 campañas de monitoreo (de 2016 a 2026[3]) sobrepasan la riqueza acumulada de 62 especies observadas en varias campañas estacionales y de varios años (línea base del proyecto desde 2006 a verano 2015), detalladas en el PMB (2015, presentado en el Anexo 2, Adenda 5). Además, hay 27 especies nuevas (principalmente aves) que se han ido incorporando al registro dentro del monitoreo, que no se registraron en la Línea de Base.

Comparando con los valores y criterios especificados en el Plan de Manejo Biótico (PMB), en general, a las distintas escalas de análisis (cualitativo y cuantitativo) y comparaciones con la línea de base (campañas previas), las variaciones observadas en las campañas de monitoreo, en: la riqueza, la composición y sobre todo la abundancia de fauna, **se concluye para la evolución y seguimiento para este año N°10 que se encuentran dentro de los registros históricos (comparadas con Línea de Base)**. En particular, para las aves (y excepto en veranos de 2021 a 2026, junto con inviernos 2023 a 2025, con menor monitoreo, debido a las restricciones de acceso a lagunas de Peine), los parámetros son mayores en el Monitoreo del PMB que en la Línea de Base, como por ejemplo, mayor riqueza de especies, mayores valores de abundancia absoluta, mayor número de flamencos, con amplias variaciones estacionales naturales, las cuales se explican fundamentalmente por el comportamiento natural “móvil” en algunas especies esporádico y sobre todo, migratorio de las especies de aves, como la de los flamencos y pollito de mar.

En general, para todos los monitoreos desde 2016 a 2026, la composición de las especies y el patrón de dominancia numérica de los flamencos en los sistemas acuáticos se mantiene. Esto se cumple tanto para los sistemas lagunares considerados en conjunto, como para el Sistema lagunar Peine (que aporta la mayor abundancia absoluta de aves, con centenares de ejemplares). Analizando el sistema lagunar de La Punta y La Brava, con menor abundancia absoluta de aves, con algunas decenas de ejemplares, si bien la riqueza de aves es mayor en el monitoreo que en la Línea de Base, las abundancias de aves acuáticas muestran resultados disímiles, esto es, que son relativamente similares (o incluso mayores) entre el monitoreo ejecutado y la Línea de Base, pero no ocurre lo mismo en el caso particular de los flamencos en La Punta y La Brava, con menores valores en el

[3] A la fecha se han ejecutado 6 campañas estivales efectivas de terreno, que corresponden a 2017, 2018, 2019, 2021, 2022 y 2023. La campaña verano 2020 no pudo efectuarse por COVID, sin embargo, para efectos de generalizar las campañas del PMB se consideran 6 campañas en verano (además de las 7 de invierno), dado que sí se logró hacer otras componentes.

monitoreo que en la Línea de Base, lo que está dado particularmente por la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*).

Cabe recalcar que, de las 20 campañas programadas, en verano 2020 no se efectuó muestreo por la pandemia Covid-19 y en los veranos 2021 a 2026, además de inviernos 2023 a 2025 se efectuaron entre 19 y 22 de los 25 puntos de muestreo (faltando todos o parte de los puntos de monitoreo de las lagunas de Peine), por lo que las comparaciones que se obtienen de la evolución y comportamiento de la fauna en el tiempo, se configuran con estas restricciones (sobre todo, para aves acuáticas en general, y flamencos en particular). Esta limitación es máxima en la campaña de verano 2026, donde no se accedió a 11 puntos (todos en ambiente de humedal salar, los más relevantes para el monitoreo de avifauna acuática).

Comparando los resultados obtenidos con los valores y antecedentes establecidos en el Plan de Manejo Biótico (PMB), se concluye que, en términos generales y exceptuando los períodos con muestreo incompleto, las variaciones observadas en la riqueza, composición y, especialmente, abundancia de fauna durante las campañas de monitoreo, tanto a escala cualitativa como cuantitativa y en comparación con la línea de base (campañas previas), se mantienen dentro de los rangos de variación de los registros históricos.

En relación con Tapetes microbianos:

El presente informe caracteriza las comunidades microbianas extremófilas de los sistemas lagunares ubicados en el Sector Peine, conformado por laguna Salada, laguna Saladita y laguna Interna; y en el Sector La Punta-La Brava conformado por las lagunas La Brava y La Punta; y Sector Vegas de Tilopozo. Durante invierno 2025, los sectores La Punta-La Brava, Peine y Tilopozo fueron muestreados completamente, mientras que, en verano 2026 solo se accedió al sector Tilopozo (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**). Asimismo, cabe recordar que no se cuenta con información de la campaña verano 2020 para ningún sector, debido a que no pudo ser realizada por inicio de la contingencia COVID19. En las campañas de verano 2021, 2023 y 2026 no se muestreó el Sector Peine, debido al cierre del acceso a las lagunas por activación de la fase reproductiva de flamencos. En la campaña de verano 2022, las estaciones de las lagunas Salada (S-9) y Saladita (SA-25) no pudieron ser muestreadas, mientras que en invierno 2024, la laguna Salada (S-5, S-6A y S-9), tampoco pudieron ser monitoreadas, por las mismas razones expuestas anteriormente. En tanto, en la campaña verano 2026 el sector La Punta-La Brava no fue muestreado por cierre de los caminos de acceso por parte de la comunidad de Peine.

Considerando lo anterior, del total de 16 estaciones que contempla el monitoreo de Tapetes microbianos, se detectó la presencia de tapetes microbianos en 11 estaciones (68,8%),

correspondientes a los Sectores de Peine y La Punta-La Brava, condición que se ha evidenciado desde los inicios del seguimiento en 2016. Por otro lado, del total de 16 estaciones que contempla el monitoreo de Tapetes microbianos de verano 2026, dado que 13 de ellas no se pudieron muestrear (La Punta-La Brava y Peine), de los 3 puntos restantes en Tilopozo, no se detectaron tapetes microbianos.

Las características macroscópicas de los tapetes microbianos analizados durante invierno 2025, exhibieron tapetes con estructura de pigmentación en la que se distinguieron tres macro-zonas (Tipología 1), tapetes con pigmentación conformada por dos macro-zonas (Tipología 2), y con sólo una macro-zona (Tipología 3). En ambas campañas, la Tipología 1 fue predominante. Los tapetes presentaron en la macrozona Subsuperficial, capas comunes de tonalidad verde y naranja. Respecto a las capas de la macrozona Intermedia, generalmente presentaron tonalidades color púrpura y/o rosada. Las capas siguientes, en la macrozona Profunda, presentaron pigmentación de tonalidad predominantemente marrón. Cabe destacar que no se cuenta con información para verano 2026 por los motivos antes señalados.

Respecto de resultados, el espesor máximo de los tapetes observados en invierno 2025, fue 10 mm, registrado en el Sector Peine, específicamente en Laguna Interna (I-17). Por otro lado, el mayor número de capas fue de 6, observado también en el Sector Peine, particularmente en Laguna Salada (S-6A). Mientras que no hay información para verano 2026.

El sector Tilopozo en las campañas invierno 2025 y verano 2026, nuevamente y por décimo año consecutivo no registró presencia de tapetes microbianos. Cabe resaltar, que sólo se hallaron tapetes microbianos en la campaña Invierno 2016. Para el caso del sector Tilopozo, pese a que el PMB no lo solicita, la variable Tapetes Microbianos fue incorporada con 3 puntos de monitoreo adicionales por parte del Titular, a fin de robustecer la caracterización de las zonas

Por otro lado, a través de la identificación visual, se sugiere, para la campaña invierno 2025, la presencia de evaporitas en La Punta (LP-24) y de microbialitos en laguna Interna (I-11), La Brava (LB-1) y en La Punta (LP-23). En verano 2026, no se pudieron muestrear. No se observan este tipo de estructuras en el sector Tilopozo, al igual que en todas las campañas anteriores.

En relación con la evolución de los cambios observados en las campañas de monitoreo de invierno 2016, verano e invierno 2017, verano e invierno 2018, verano e invierno 2019, invierno 2020, verano e invierno 2021, verano e invierno 2022, verano e invierno tardío 2023, verano e invierno 2024, verano e invierno 2025 y verano 2026, se destacan los siguientes aspectos:

En relación con la estructura de pigmentación en tapetes microbianos, se observó la presencia de tapetes Tipología 1 en las diecinueve campañas semestrales en el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava (exceptuando la campaña número 20 de verano 2026 por ausencia de muestreo). Los tapetes de Tipología 1 predominaron en 2016, 2017, 2018, sin embargo, disminuyeron desde invierno 2019 hasta verano 2021, a razón de una mayor detección de tapetes Tipología 2. No obstante, a partir de invierno 2021 y hasta la última campaña con posibilidad de muestreo (invierno 2025), la Tipología 1 volvió a ser predominante.

En general, los tapetes Tipología 1 durante las dieciséis campañas de monitoreo en que se contó con muestreo (exceptuando los casos donde Peine no pudo ser muestreado), se caracterizaron por presentar en la macrozona Subsuperficial capas de tonalidad verde y naranja, en la macrozona Intermedia capas de tonalidad rosado y/o púrpura. Respecto a la macrozona Profunda, se observó variación en las capas pigmentadas según sector (Peine, La Punta-La Brava) y entre puntos de monitoreo de un mismo sector, siendo las capas más comunes correspondientes a tonalidades marrón y en menor medida, negro y/o verde claro, entre otras.

Se destaca en el Sector Peine, la variabilidad entre Tipología 1 y 2 de los tapetes microbianos sumergidos en SA-25, los cuales se han registrado principalmente en verano 2017, invierno 2017, verano 2018. Sin embargo, este sector no se ha podido volver a evaluar, en campañas de verano desde 2019 y en campañas de invierno desde invierno 2022 hasta 2025, debido a razones anteriormente expuestas.

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, se sugiere la presencia de microbialitos en el Sector Peine (I-11) y La Punta - La Brava (LB-1, LP-23) en las dieciséis campañas de monitoreo (excepto en los casos donde Peine no pudo ser muestreado). Respecto a las evaporitas, se sugiere la presencia de estas estructuras en invierno 2017, e invierno 2018 para el Sector Peine en Laguna Interna (I-11). En relación con el Sector La Punta-La Brava, en Laguna La Punta (LP-24) estas estructuras se observaron en invierno 2017, verano e invierno 2018, verano 2019, invierno 2020, verano e invierno 2021, verano e invierno 2022, verano e invierno tardío 2023, verano e invierno 2024 y verano e invierno 2025. No se pudo muestrear en verano 2026.

Respecto de las variables que podrían estar modulando la presencia mayoritaria de Tipología 1 en los tapetes microbianos, se podrían atribuir a las fluctuaciones de las variables conductividad, la salinidad, oxígeno disuelto y la turbiedad en las lagunas. Otras variables de importancia que podrían estar modulando la presencia de tipologías corresponden a la alcalinidad, el potencial redox, y el nivel y la disponibilidad de agua en

las lagunas (Cabestrero et al., 2018; Prieto-Barajas et al., 2018). Sin embargo, no se ha establecido una correlación directa entre dichos parámetros y las conformaciones tipológicas de los tapetes microbianos.

En relación Suelo o Sustrato:

El presente informe de seguimiento ambiental corresponde al Informe Anual N°10, y se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2025 (M19) y verano 2026 (M20), para el subcomponente ambiental suelo – sustrato. Además, se presenta la evolución de los parámetros fisicoquímicos de suelo estudiados entre los monitoreos de verano precedentes[4]: 2017 (M2), 2018 (M4), 2019 (M6), 2021 (M10), 2022 (M12), 2023 (M14), 2024 (M16), 2025 (M18) y el actual monitoreo estival 2026 (M20) y los respectivos monitoreos de invierno: 2016 (M1), 2017 (M3), 2018 (M5), 2019 (M7), 2020 (M9), 2022 (M13), 2023 (M15), 2024 (M17) y el actual monitoreo invernal 2025 (M19).

El área de estudio comprende los sectores de La Punta-La Brava y Peine, con cuatro puntos de muestreo (dos muestras por cada punto de muestreo) y el sector de Tilopozo con seis puntos de muestreo (dos muestras por punto), lo que se traduce en un total de 28 muestras desde los 14 puntos de muestreo. Los parámetros que se reportan son: conductividad eléctrica (CE), salinidad, pH, materia orgánica, nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), conductividad hidráulica, textura, humedad y nivel freático.

Cabe destacar que para la campaña de monitoreo de invierno 2025 (M19), realizada entre el 25 al 29 de agosto de 2025, no fue posible acceder al punto S 6 (La Brava), donde las malas condiciones en el camino de acceso impidieron la toma de muestras. Esta condición del camino fue corroborada en conjunto con el equipo de acompañamiento de la comunidad de Peine. Por otra parte, la conductividad hidráulica no pudo ser analizada en laboratorio en las muestras S 7-1 (sector Tilopozo) y S12-2 (sector Peine) por la dureza del suelo que impidió tomar y/o analizar las muestras para este análisis (**Anexo Suelos o Sustrato**). Por su parte, para el monitoreo estival (M20), realizado entre los días 17 y 20 de marzo de 2026, no fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad, motivo por el cual sus puntos de monitoreo no figuran en el análisis de la Discusión (ver registro en **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Respecto a los laboratorios encargados de los análisis de las muestras de suelo, es necesario señalar que hasta verano 2019 (M6), SGS estaba a cargo de los análisis de materia orgánica, humedad y macronutrientes (fósforo, nitrógeno y potasio). A partir de invierno 2019 (M7), el laboratorio ANAM se hace cargo de la determinación de materia orgánica y humedad hasta verano 2022 (M12), los que son realizados desde invierno 2022 (M13) hasta el verano de 2024 por el laboratorio ALS, luego entre los monitoreos de invierno

[4] La campaña estival 2020 (M8) no pudo ser realizada para el componente debido a las restricciones impuestas por la situación sanitaria a nivel nacional (COVID-19), al igual que la campaña invernal 2021 (M11), cancelada por razones de seguridad de Albemarle.

2024 (M17) hasta el monitoreo de invierno 2025 (M19) fueron realizados nuevamente por el laboratorio ANAM, y finalmente, para el actual monitoreo de verano 2026 (M20) la materia orgánica fue analizada por ALS y la humedad se encargó al laboratorio Hidrolab.

Además, desde invierno 2019 (M7) hasta el monitoreo actual el laboratorio encargado de la determinación de nitrógeno disponible fue AGROLAB. La determinación de fósforo estuvo a cargo de los laboratorios AGROLAB (M7 a M13), ALS (M14 a M16) y actualmente HIDROLAB (M17 al M20). Por su parte, la evaluación del potasio fue realizada por AGROLAB (M7 a M13), ALS (M14 y M16) y finalmente por ANAM (M17 al M20). Por otro lado, los parámetros pH y conductividad eléctrica fueron determinados históricamente por el laboratorio ALS (M2 a M16), entre los monitoreos M17 a M19 por ANAM y en el monitoreo actual de verano por SGS (M20). Estos cambios de laboratorio explican en varios casos los "saltos" observados en los valores entre campañas de monitoreo para algunos parámetros de este componente, los que se van señalando en las secciones correspondientes.

Respecto de los resultados obtenidos, en el monitoreo de la conductividad eléctrica y salinidad los valores variaron desde ligeramente salinos hasta extremadamente salinos. En invierno (M19), la conductividad eléctrica presentó valores sobre los máximos históricos en muestras puntuales de los tres sectores, mientras la salinidad se mantuvo en general dentro del rango histórico. En verano (M20), la conductividad eléctrica se mantuvo mayoritariamente dentro del rango de variación estival (cuatro muestras sobre el máximo). La salinidad en M20 se ubicó en general en los rangos históricos, con cuatro muestras bajo los mínimos y una sobre el máximo de verano.

Los contenidos de materia orgánica se mantuvieron en su mayoría en las categorías de alto a muy alto, conservando la tendencia histórica de mayores acumulaciones en la superficie y en puntos asociados a formaciones de vegas. En invierno (M19), los valores se ubicaron dentro de la variación histórica en Peine, registrándose incrementos puntuales sobre los máximos invernales en La Punta - La Brava (dos muestras) y Tilopozo (dos muestras). En verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se presentaron en general dentro de los rangos de variación estival, con solo tres muestras puntuales superando los máximos anteriores.

El monitoreo del nitrógeno disponible los niveles se presentaron en general en la categoría medio, situándose mayoritariamente en el tramo medio a bajo de la variación histórica. Durante la campaña de invierno (M19), los tres sectores mostraron valores dentro de sus rangos históricos invernales. Por su parte, en el monitoreo de verano (M20), los sectores de Peine y Tilopozo se mantuvieron en su mayoría dentro de los rangos de variación estival, registrándose únicamente en la muestra S 8-1 de Tilopozo un valor superior a su máximo histórico de verano.

Por otro lado, el monitoreo del fósforo disponible muestra una alta variabilidad espacial y temporal en el área de estudio, fluctuando entre los niveles bajo y muy alto. En el monitoreo de invierno (M19), los resultados se presentaron en general dentro de los rangos de

variación histórica invernales, observándose solo una muestra en La Punta - La Brava (S 4-2) y cuatro en Tilopozo con valores por sobre sus máximos anteriores de invierno. En la campaña de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se mantuvieron en su casi totalidad dentro de los márgenes estivales históricos (salvo S 11-2 en Peine), registrándose valores notoriamente más moderados que los picos observados en monitoreos estivales recientes.

Los valores de potasio disponible se mantuvieron predominantemente en la categoría muy alta en todos los sectores y campañas, situándose dentro de los rangos de variación histórica. En el monitoreo de invierno (M19), la totalidad de las muestras de los tres sectores se ubicaron dentro de su envolvente invernal previa, atenuando los picos observados en campañas anteriores. En el monitoreo de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se mantuvieron en su mayoría dentro de los márgenes estivales conocidos, registrándose incrementos puntuales sobre los máximos de verano únicamente en tres muestras de Tilopozo (S 7-1, S 7-2 y S 8-2).

En cuanto a la conductividad hidráulica, los valores se ubicaron predominantemente en las categorías alta a muy alta en todos los sectores, caracterizándose por una marcada dispersión temporal y espacial. En el monitoreo de invierno (M19), los resultados se presentaron en general dentro del rango de variación histórica invernal, aunque en la parte baja de dicho margen en La Punta - La Brava. En la campaña de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se mantuvieron en su casi totalidad dentro de los límites estivales conocidos, registrándose únicamente dos muestras puntuales (S 14-2 en Peine y S 1-1 en Tilopozo) por sobre los máximos históricos de verano.

La textura registrada se mantiene dentro de la variabilidad histórica conocida, observándose una tendencia general hacia la presencia de materiales más gruesos en las campañas recientes. Durante el monitoreo de invierno (M19), los resultados mostraron predominancia de texturas medias a finas en La Punta - La Brava y Peine, mientras que Tilopozo presentó mayormente clases gruesas a moderadamente gruesas. En la campaña de verano (M20), los sectores de Peine y Tilopozo se clasificaron en su totalidad en la categoría de texturas gruesas (clase arenosa).

El monitoreo de la humedad del suelo revela que, en general, los valores se ajustan a los rangos históricos del área de estudio, reflejando una estrecha relación con la profundidad del nivel freático y la textura del suelo. Durante la campaña de invierno (M19), los contenidos de humedad se mantuvieron estables en los tres sectores, observándose mayores porcentajes en las zonas de vega. En la campaña de verano (M20), las mediciones en Peine y Tilopozo mostraron por lo general una baja variabilidad respecto al histórico estival, registrándose solo dos muestras puntuales por sobre sus antecedentes de verano.

Los registros de nivel freático se mantuvieron dentro de los rangos de variación histórica en los sectores monitoreados. En la campaña de invierno (M19), los niveles freáticos en La

Punta - La Brava, Peine y Tilopozo mostraron una tendencia similar a los registros invernales previos, con S 5 (La Punta) como el punto más somero y S 7 (Tilopozo) como el más profundo. En el monitoreo de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo exhibieron ligeras fluctuaciones dentro del margen estival histórico.

Los monitoreos recientes de suelo en La Punta - La Brava, Peine y Tilopozo confirman que la mayoría de los parámetros se mantienen principalmente dentro de su rango de variación histórica. Si bien se registraron fluctuaciones entre campañas, como incrementos puntuales en algunos parámetros, estos cambios se asocian fundamentalmente a la variabilidad natural del material parental, la dinámica hídrica y procesos biogeoquímicos propios de los humedales salinos. Se sugiere continuar con el seguimiento para afinar los rangos de variación natural del sistema y evaluar posibles tendencias de largo plazo.

En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos):

El presente informe consolidado da cuenta del monitoreo del décimo año de la componente de biota acuática, calidad de aguas y sedimento, es decir Limnología, y su relación con la Línea de Base del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar – SDA Minera Albemarle – Planta Salar, presentada en el documento Plan de Manejo Biótico (PMB) y el monitoreo posterior a las etapas de construcción y operación de las obras de emplazamiento de Minera Albemarle. El Plan de Manejo Biótico, corresponde a la línea base del Proyecto y constituye la referencia con la cual comparar los resultados obtenidos en el Monitoreo.

A la fecha de este informe, el monitoreo de Limnología cuenta con 20 campañas semestrales en las cuales se evalúan los subcomponentes biota acuática, calidad de aguas y sedimentos, realizadas en general los periodos de agosto entre 2016 y 2025 correspondiente a la época de invierno, y marzo-abril entre los años 2017 y 2026, correspondientes a la época de verano post lluvias. Los periodos reportados en el presente informe corresponden tanto al monitoreo semestral de invierno 2025, el que se desarrolló en terreno entre los días 11 y 13 de agosto de 2025, como a los resultados del monitoreo semestral de verano 2026, realizado entre el 17 y 19 de marzo de 2026.

En cuanto a restricciones para las actividades de monitoreo, cabe señalar que la campaña verano 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En particular, para el sector de Peine, tampoco se cuenta de las campañas de verano 2021, parte de verano 2022, verano e invierno 2023, verano 2024, parte de invierno 2024, verano 2025 y verano 2026, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de las poblaciones de flamencos presentes en este sistema lagunar. Para el Sector La Punta-La Brava no se cuenta con la campaña verano 2026 debido a la

imposibilidad de acceso por el mal estado de los caminos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones).**

El área estudiada se encuentra dividida en tres sectores: Sector La Punta-La Brava, que consta de cinco estaciones; Sector Tilopozo que presenta tres estaciones; y Sector Peine, que consta de seis estaciones. Las variables del subcomponente calidad de agua y sedimento, fueron evaluadas *in situ* y por un laboratorio de análisis ambientales, a través de la toma de una muestra en cada estación. Mientras que, para la biota acuática, se tomó muestras de las distintas comunidades a evaluar y se identificó y cuantificó los *taxa in situ* o por un laboratorio de análisis taxonómico, según el subcomponente biótico.

- Calidad de Agua

En este décimo informe consolidado, los resultados del componente agua de las campañas de monitoreo de invierno 2025 y verano 2026, presentan la temporalidad de los parámetros, así como algunas diferencias respecto a su evolución en el tiempo y comparación con el registro del Línea de Base, las cuales se resumen a continuación.

La calidad de agua en el sector La Punta y La Brava en ambas campañas, presentó una alta salinidad y conductividad, asociadas a las altas concentraciones naturales de cloruro y sulfato, junto con un pH moderadamente alcalino relacionado con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total. En laguna La Brava, las estaciones LB-1 y LB-2 presentaron las mayores conductividades (>103.000 µS/cm en la campaña de verano) y en la estación LB-3, se registran los menores valores de conductividad, salinidad, cloruros y sulfatos del sector. En el caso de laguna La Punta, se obtuvieron conductividades y salinidades altas (>30.000 µS/cm en conductividad), pero menores que en LB-1 y LB-2. Las temperaturas en general fueron altas, acorde con la baja profundidad de los cuerpos de agua, registrándose los mayores valores en LB-3 (>30°C en verano en esa estación). Históricamente se distinguen las estaciones LB-1 y LB-2 con comportamiento distinto a los demás puntos del sector, con mayores fluctuaciones principalmente en invierno. Durante estos períodos (invierno), los mayores valores para la conductividad eléctrica, el cloruro y sulfato del sector se registraron en invierno 2019 e invierno 2023, mientras que, los menores registros fueron detectados en invierno 2020 e invierno 2022. En laguna La Punta las variaciones han sido menores, tanto en invierno como en verano, solo en verano 2019 se registraron altos valores referidos a sales, para posteriormente mostrar fluctuaciones moderadas. En LB-3 después del año 2021 se ha observado una disminución de las concentraciones, tanto en invierno como en verano, pero dentro de los límites de la LB.

Los valores obtenidos en el sector de Tilopozo, y dada la naturaleza de sus aguas (dulces), muestran un sistema con menor conductividad (entre 3.336 y 4.733 µS/cm), salinidad y sulfato en comparación con los otros sectores de estudio, además de un pH de neutro a moderadamente alcalino, condición esperable dada las características propias de un

sistema de vegas y de su lejanía del núcleo del salar. Históricamente, los valores registrados en las estaciones TB-1 y TB-3 han sido estables, tanto en invierno como en verano, a diferencia de TB-2 que tuvo un registro más variable. Si bien las estaciones del sector se encuentran cercanas entre sí, éstas presentan diferencias, observándose valores similares en TB-1 y TB-3, a diferencia de la estación TB-2, en relación con la temperatura, pH, conductividad específica, oxígeno disuelto, alcalinidad total, bicarbonato, sulfato, nitrato, clorofila “a” y turbiedad. Esto se relaciona con que TB-1 y TB-3 corresponden a pozas de aproximadamente 2 m de profundidad de afloramiento de agua subsuperficial con condiciones estables y TB-2 corresponde a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad.

Con los resultados obtenidos al décimo año de monitoreo, se puede señalar que respecto de esta variable no existen cambios en los parámetros evaluados que puedan ser asociados al Proyecto. Si bien, hubo diferencias en algunos parámetros respecto a los registros de LB, tales diferencias, dado que son puntuales, se pueden atribuir a cambios naturales de estos sistemas acuáticos salinos, dados tanto por el proceso de evapotranspiración diario, como por el aporte de agua por las precipitaciones en el Salar.

- Calidad de Sedimentos

La calidad de sedimentos cuenta con sólo una campaña de LB previa de referencia (verano 2015) para los sectores de Peine y La Punta y La Brava; y no hay para el sector de Tilopozo. Los monitoreos históricos de verano del PMB (2017 a 2026) muestran sedimentos relativamente ricos en carbono orgánico total y materia orgánica, siendo esta última aparentemente recalcitrante a la degradación microbiana anaeróbica, además de concentraciones de fósforo variables, sin una tendencia clara de aumentar o disminuir los valores de estos parámetros, tanto temporal como espacialmente dentro de cada sector, aunque Tilopozo mostró las mayores concentraciones de fósforo. El potencial redox presentó características reductoras con valores negativos en todas las estaciones y monitoreos, exceptuando en la campaña de verano 2023 en La Punta y La Brava, donde se registraron valores positivos que indican sedimentos que favorecen reacciones oxidativas. Las diferencias entre el actual registro y la LB estarían sujetos a la variación natural de los sistemas acuáticos que contienen sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos y yeso.

- Biota Acuática

Respecto de las variables de riqueza y abundancia de las componentes de biota acuática estas en general se encontraron dentro del rango establecido por la Línea de Base del Plan de Manejo Biótico o a la comparación entre campañas de monitoreo. Como se mencionó en el Sector Peine, solo fue posible monitorear algunas estaciones durante la campaña

invierno 2025, mientras que, en verano 2026, no fue posible acceder al sector, debido al cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos.

Cabe destacar que, en los periodos de invierno y verano se observó que los registros para la abundancia fueron variables, en invierno como en verano y se mantuvieron por sobre el rango de variación de la LB, presentando altas abundancias para el fitobentos en periodo de verano e invierno las que han ido aumentando desde el verano 2021, obteniendo en invierno 2023 y verano 2024 registros que se han mantenido o aumentado en todas las estaciones de monitoreo al igual que en invierno 2025. Mientras que, para fitoplancton se detectaron, abundancias bajas en ambas campañas en comparación con el fitobentos, incluso con valores por debajo del límite mínimo consignado previamente en la LB, dichos registros en general fueron observados en todas las estaciones de La Punta y La Brava.

Por otra parte, para el sector La Punta y La Brava, la riqueza para fitobentos en invierno 2025 estuvo dentro del rango de variación de la LB del PMB, mientras que para fitoplancton estuvo en algunas estaciones estuvo bajo el rango de variación de la LB del PMB.

Para las vegas de Tilopozo, la abundancia del fitobentos desde la campaña de invierno 2020, ha ido en aumento en todas las estaciones de monitoreo y campañas, obteniendo en invierno 2025 y verano 2026 un aumento sostenido a la fecha. Para fitoplancton, la abundancia se ha mantenido dentro del rango de variación en relación con los monitoreos de invierno y verano anteriores.

En general, para los dos sistemas La Punta y La Brava y vegas de Tilopozo entre periodos invierno y verano se reportó la alta frecuencia y dominancia en el fitobentos y el fitoplancton de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas), seguido de Cyanobacteriia (Cyanophyceae). Respecto de los géneros frecuentes y dominantes reportados en invierno 2025 y verano 2026, para ambos componentes, correspondieron a las diatomeas *Denticula*, *Halamphora* y *Cocconeis*, todos correspondieron a taxones halófilos encontrados en ambientes hipersalinos (Maidana & Seeligmann 2015; Rivera & Cruces 2009). Cabe mencionar la presencia de cianófitas en el presente monitoreo anual el cual estuvo representado principalmente por los géneros *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Gomphosphaeria* y *Chroococcus*. Los que son cosmopolitas, y han sido determinados para el Salar de Atacama, estos *taxa* pueden colonizar variados ambientes entre ellos los halófilos, además de estar en estrecha relación con los denominados tapetes microbianos (Mirande &Tracanna 2015).

Respecto al zooplancton encontrado, las riquezas se mantuvieron bajas en el área (≤4), similar a monitoreos anteriores, tanto en La Punta y La Brava, en Peine y como en Tilopozo. Las abundancias totales para invierno 2025 presentaron en general valores dentro el rango establecido por la línea base del PMB en La Punta y La Brava, y en el sector de Tilopozo en general fueron bajas. Las abundancias totales en verano 2026 en el sector de Tilopozo fueron bajas y el zooplancton registrado correspondió a fauna compuesta por organismos

bentónicos que eventualmente se encuentra en la columna de agua, entre ellos *Heleobia atacamensis*.

Las fluctuaciones de la conductividad y la salinidad en estos sistemas, atribuibles a las variaciones de precipitación y alta evaporación propias del salar, podrían estar repercutiendo en la abundancia microalgal y zooplanctónica.

Respecto de la comunidad de zoobentos, las riquezas en Peine y La Punta y La Brava fueron bajas en invierno 2025, en algunos casos menores a los registros de la LB y las abundancias fueron variables respecto a monitoreos de invierno anteriores. En verano 2026 solo para el sector Tilopozo las riquezas fueron variables y las abundancias en general tendieron a ser bajas comparando con lo obtenido en el contexto del PMB.

La especie de gasterópodo *H. atacamensis* encontrado en Tilopozo en las últimas campañas y en campañas anteriores con las mayores abundancias, está descrita en la literatura de forma particular para ese sector. Tal especie se encuentra en categoría “En peligro Crítico” según el DS 52/2014 (MMA). Cabe destacar que, *H atacamensis* ha sido confirmada recientemente (Collado et al. 2023 y Valdovinos y Muñoz 2025) en los sectores La Punta y La Brava y en las lagunas de Peine, así como en la parte media del salar en los sectores Soncor y Aguas de Quelana.

Respecto de las plantas vasculares acuáticas, en los sectores evaluados en las campañas de invierno 2025 y verano 2026, fueron detectadas 10 especies, las que correspondieron a *Ruppia filifolia, Zannichellia palustris, Myriophyllum* sp. y a las helófitas *Schoenoplectus americanus*, *Juncus balticus*, *Salicornia neei (ex S. fruticosa),* las gramíneas *Puccinellia frigida* y *Distichlis spicata*, *Triglochin concinna* y *Baccharis linearis*. En relación con el origen, corresponden todas a especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida, excepto *Myriophyllum* sp. que corresponde a un género cosmopolita. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación. Las especies *Potamogeton pectinatus* (hidrófita) y la helófita *Patosia clandestina* sólo han sido reportadas en campañas de línea de base de invierno.

En general los sectores de La Punta-La Brava, vegas de Tilopozo y Peine presentaron baja riqueza entre monitoreos considerando los inviernos. Cabe destacar que, en invierno 2025 se monitorearon los tres sectores y en verano 2026 solo fue posible monitorear el sector Tilopozo, por lo que respecto a los otros sectores no es posible concluir. Históricamente, se ha observado en los sectores de Peine y La Punta - La Brava la presencia de parches de *Ruppia filifolia* en porcentajes intermedios. Solo en las orillas de la laguna La Punta se reportó la presencia de la helófita emergente *Salicornia neei*, además de *P. frígida*, mientras que, *T. concinna* ha sido reportada desde verano 2018 a la fecha en las lagunas La Punta (LP-23) y La Brava (LB-2).

En términos temporales inviernos y veranos, el Sector de vegas de Tilopozo, se detectó la presencia de la hidrófita libre flotante *Zannichellia palustris* en altos porcentajes de cobertura. Otras especies detectadas en inviernos y veranos correspondieron a las helófitas emergentes *Schoenoplectus americanus*, *Baccharis linearis*, *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*. Cabe destacar que, *Z. palustris* durante invierno y verano cubrió buena parte de la superficie del espejo de agua de las estaciones ubicadas en las pozas, además que sus hojas constituyen una buena base para el asentamiento de algunas lamas de microalgas, aumentando la cobertura, además de servir de ambientes refugiales y de desove para invertebrados y peces.

Por último, cabe señalar, que las plantas vasculares acuáticas se han mantenido estables en el tiempo (periodos invierno y verano), en cuanto a riqueza y abundancias. Además, las plantas vasculares acuáticas reportadas en los sectores estudiados (Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo), correspondieron a plantas halófilas, tolerantes a altas salinidades, oscilación térmica y radiación horaria y diaria.

En relación con Área de las Lagunas:

Este análisis se desarrolla en cumplimiento a los compromisos ambientales y procedimientos asumidos en marco del Plan de Manejo Biótico, en adelante PMB, correspondientes a la RCA N°21/2016 que aprueba el Proyecto "**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta – Rockwood Lithium"** (en adelante Albemarle o ALB), para el monitoreo de "Superficie Cubierta por Lagunas".

El propósito de este estudio es realizar el seguimiento de la cobertura de los cuerpos de agua mediante imágenes satelitales en dos sistemas lagunares del Salar de Atacama que conforman el área de estudio: (1) La Punta-La Brava y (2) Peine. Para tal fin, se utilizan imágenes de alta resolución del sensor Pleiades - 1A y de mediana resolución de acceso público del sensor Landsat 8, obtenidas para las campañas de invierno 2025 y verano 2025/2026, correspondientes a agosto de 2025 para la campaña de invierno y a diciembre de 2025 y enero de 2026, para las imágenes de alta resolución (AR), durante la campaña de verano 2025/2026, según el mosaico considerado.

Las etapas metodológicas empleadas durante la campaña y análisis correspondieron a:

i) Trabajo de revalidación estacional (*in situ* o fotointerpretativas) de puntos de monitoreo registrados en la campaña de invierno 2025 y verano 2025/2026, y anteriores, clasificando el recubrimiento de suelo en dichos puntos como "*cuerpos de agua*" u "*otros recubrimientos*";
ii) Obtención y procesamiento de las imágenes satelitales en forma paralela a las campañas de terreno;

iii) Desarrollo y validación del modelo de clasificación supervisada, para determinar umbrales de clasificación de los parámetros espectrales NDWI, NDVI, NIR, Transformación *Tasseled Cap "Wetness"* y Algebra de bandas espectrales en alta resolución; seguido por una depuración cartográfica, obteniendo de esta forma las coberturas de lagunas por sector.

Los valores de ajuste* se obtuvieron mediante el índice *Kappa[5], Este índice tuvo una variación entre 0,90 y 0,40 para imágenes de alta resolución Pleiades 1-A y desde 0,75 y 0,47 para imágenes de resolución media, en agosto de 2025, para Peine y La Punta – La Brava respectivamente. Respecto de diciembre de 2025, este índice tuvo una variación entre 0,97 y 0,50 para imágenes de alta resolución y desde 0,78 a 0,47 para imágenes de resolución media para Peine y La Punta – La Brava respectivamente. Todos los valores antes indicados muestran una alta precisión del modelo de clasificación supervisada aplicado, que según el índice Kappa muestra un nivel de concordancia aceptable a casi perfecta[6].

Las superficies lagunares estimadas en este monitoreo desde imágenes de alta resolución, en invierno de 2025 correspondieron a: (1) 42,4 ha en La Punta - La Brava, (2) 48,1 ha en Peine; y para verano de 2025/2026 las superficies son: (1) 26,2 ha en La Punta - La Brava, (2) 37,6 ha en Peine.

Las superficies lagunares estimadas en este monitoreo desde imágenes de media resolución, en invierno de 2025 correspondieron a: (1) 54,4 ha en La Punta - La Brava, (2) 63,5 ha en Peine; y para verano de 2025/2026 las superficies son: (1) 32,8 ha en La Punta - La Brava, (2) 39,4 ha en Peine.

En relación con el análisis comparativo entre las imágenes satelitales, la correlación entre las superficies calculadas a partir de imágenes de alta resolución (Pleiades 1-A) y de media resolución (Landsat), evaluada mediante el coeficiente de correlación de Pearson, revela una relación positiva en los sectores. Los valores de *p* indican que hay evidencia estadística significativa de la asociación entre las superficies asociadas a Pleiades y Landsat. Este análisis indica que en los sectores existe una conexión entre los resultados obtenidos de imágenes de alta resolución y media resolución. Las principales disparidades se atribuyen a la resolución espacial de las imágenes de media resolución, estas generan modelos con bordes menos definidos en comparación con los modelos de alta resolución, que presentan una mayor nitidez en los contornos de los recubrimientos debido a la mejora del contraste y la respuesta espectral. A pesar de las diferencias en la magnitud de los

[5] El Índice *Kappa* corresponde a una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). Valores cercanos a 1,00 indican una mayor concordancia inter-observador. Los rangos de valores son: Pobre: 0,00; Leve: 0,01 – 0,20; Aceptable: 0,21 – 0,40; Moderada: 0,41 – 0,60; Considerable: 0,61 – 0,80; Casi perfecta: 0,81 – 1,00 (Landis y Koch, 1977).

[6] Valores cercanos a 1,00 indican una mayor concordancia inter-observador. Los rangos de valores son: Pobre: 0,00; Leve: 0,01 – 0,20; Aceptable: 0,21 – 0,40; Moderada: 0,41 – 0,60; Considerable: 0,61 – 0,80; Casi perfecta: 0,81 – 1,00 (Landis y Koch, 1977).

valores, se observa una relación directa, es decir, valores altos en una variable se corresponden con valores altos en la otra, y viceversa para valores bajos.

En relación con la evolución de superficie de seguimiento mediante imágenes Landsat (serie semestral PMB), superficies históricas serie Adenda 5 RWL (1972 – 2014) y serie complementaria 2016 – 2025, *se tiene que* las superficies calculadas con imágenes de media resolución Landsat (de frecuencia semestral) durante el monitoreo 2016 a 2025, como parte del PMB, se encuentran dentro de los registros máximos y mínimos previos medidos según el análisis de variación del índice NDWI, en los sectores de estudio, tanto en las superficies de invierno y verano. En ambos sectores de estudio se observa que la máxima extensión de la superficie de los cuerpos de agua se presenta en los meses de invierno, con registros más bajos en verano. En general, se observa una tendencia histórica al descenso de las superficies en la condición de invierno, donde por ejemplo en el sistema La Punta – La Brava, las diferencias entre superficies de inviernos y veranos ha disminuido y se ven acortadas hasta la fecha.

Existen diferencias metodológicas entre la serie histórica NDWI – Landsat y los resultados obtenidos en el seguimiento semestral también con imágenes de media resolución Landsat, relacionadas principalmente con mejoras implementadas en este último. De este modo, las principales diferencias entre ambas series, se atribuyen a diversos factores relacionados con lo indicado, entre los que se pueden mencionar: el fortalecimiento de la metodología de procesamiento de imágenes; la incorporación de otros índices espectrales para abordar zonas con combinación de recubrimientos, como la intersección entre vegetación y agua; la validación en terreno; a la calibración efectiva del modelo de clasificación, basándose en las observaciones de campo; y al análisis visual, que sin duda desempeña un papel importante al contribuir a la depuración de los límites de los cuerpos de agua.

En particular, la validación en terreno implementada en el marco del PMB ha permitido, por ejemplo, mejorar la delimitación en el subsector Laguna Interna, un proceso que no fue considerado en la metodología NDWI-Landsat histórica. Esto explica la detección de áreas de transición que no son captadas en su totalidad por la metodología NDWI-Landsat, generando diferencias en la estimación de las superficies entre ambos métodos.

En relación con la evolución y variación de la superficie lagunar mediante imágenes de alta resolución, se observan cambios importantes en las superficies lagunares para el sector La Punta – La Brava, especialmente durante los meses de verano, donde hasta diciembre de 2019, las superficies superaron los valores históricos, pero a partir de 2020, se han situado por debajo. El análisis de las series de registros Landsat 8 de frecuencia quincenal, ha mostrado que el efecto de los eventos de precipitaciones intensas en la superficie lagunar, normalmente se extiende por un mes o menos luego de dichos eventos. Por este motivo, los registros del seguimiento semestral no dan cuenta de cambios en la superficie lagunar, asociados a las precipitaciones, al ser medidos regularmente con varios meses de desfase en relación con estas. En Peine, se observa variabilidad estacional en

las superficies lagunares, con diferencias entre áreas de invierno y verano. Las precipitaciones no siempre se correlacionan con variaciones en las superficies, ya que esta relación depende de la magnitud y temporalidad de los eventos de precipitación, aunque el efecto de estas puede extenderse por mayor tiempo que lo verificado en La Punta–La Brava, y la evapotranspiración influye en la respuesta del sistema.

En ambos sistemas lagunares, la variabilidad estacional de las lagunas se ve influida por múltiples factores, y la relación entre precipitaciones y superficies no es directa en los sectores. La evapotranspiración emerge como un factor importante en la dinámica de estos sistemas lagunares.

Finalmente, en relación con la campaña de invierno de 2025, se desarrolló entre los días 3 y 9 de agosto de 2025. En el sector Peine no fue posible completar la validación *in situ* debido a restricciones de ingreso por la Comunidad de Peine, lo que limitó el acceso a las lagunas Salada y Saladita; en estos casos se recurrió a fotointerpretación en gabinete con imágenes de alta resolución. La validación *in situ* en Laguna Interna sí pudo realizarse. En el sistema La Punta – La Brava, la validación fue mayoritariamente *in situ* mediante levantamiento de puntos con receptor GNSS/GPS, aunque persistieron áreas sin acceso por dificultades de transitabilidad. En ambos sistemas se realizó levantamiento aerofotogramétrico.

En cuanto a la campaña de verano de 2025-2026, se desarrolló entre los días 16 y 18 de diciembre de 2025. Debido a restricciones de movilidad impuestas por la comunidad, no fue posible realizar validación *in situ* ni levantamiento aerofotogramétrico en las lagunas de Peine (Interna, Salada y Saladita) ni en el sistema La Punta – La Brava, recurriéndose a fotointerpretación en gabinete con imágenes de alta resolución (ver registros en **Anexo Área de Lagunas**).

En relación con Nivel Freático en Lagunas:

Se realizó la medición del nivel freático en los cinco (5) puntos, los que están distribuidos en los Sistemas Lagunares La Punta - La Brava (3) y Peine (2), y conforman el monitoreo de niveles del PMB, con una frecuencia de medición mensual, para el periodo comprendido entre los meses de **abril 2025 a marzo 2026.**

La metodología continúa siendo la misma descrita en los informes anuales previos: en cada punto de monitoreo se mide la profundidad del agua manualmente, utilizando un pozómetro. La medición se realiza desde un punto de referencia prefijado para cada piezómetro somero (barrenos BA), que corresponde al collar del brocal del mismo. La obtención de la cota del nivel de agua en cada piezómetro se obtiene restando la profundidad medida a la cota de referencia del punto.

En el **Sistema La Punta-La Brava**, si bien la frecuencia de monitoreo es mensual, no fue posible medir durante el periodo octubre 2025 a marzo 2026 para el caso del pozo BA-05 debido a restricciones de acceso por parte de la Comunidad de Peine, así como tampoco fue posible durante el periodo diciembre 2025 a marzo 2026 en los pozos BA-07 y BA-16, también por restricciones de acceso. Todo lo anterior se encuentra respaldado en las cartas ALB-GMA-2025-SMA-102, ALB-GMA-2025-SMA-111, ALB-GMA-2026-SMA-001, ALB-GMA-2026-SMA-002, ALB-GMA-2026-SMA-010, ALB-GMA-2026-SMA-015 y ALB-GMA-2026-SMA-023, las cuales se adjuntan en el **Anexo Cartas y Prohibiciones** de este Informe.

En el caso del monitoreo del **Sistema Peine** (pozos BA-21 y BA-22), adicionalmente no fue posible medir durante los meses de abril 2025 debido a prohibición de acceso por parte de la comunidad Peine por época de reproducción de flamencos, respaldado por Carta N°111/2025, y en el mes de mayo de 2025 por mal estado del camino, respaldado en correo de fecha de 16 de mayo de 2025. Durante el periodo de septiembre de 2025 a marzo de 2026, tampoco fue posible realizar medición de niveles debido restricciones de acceso por parte de la Comunidad de Peine (septiembre, respaldado en Carta ALB-GMA-2025-SMA-094 y octubre 2025 a marzo 2026, respaldado en Carta N°147/2025, este último debido a corresponder a la época de reproducción de flamencos). Todos los documentos mencionados se adjuntan en el **Anexo Cartas y Prohibiciones**.

Respecto a los resultados obtenidos del análisis de la variación del nivel freático en los pozos del **Sistema La Punta - La Brava**, los tres (3) pozos evaluados (BA-05, BA-07 y BA-16) presentan, en términos generales, una dinámica coincidente, mostrando variación estacional, con registros máximos en invierno y mínimos en verano, y una tendencia al descenso al considerar todo el período con información (2013 – 2025). No obstante, se verifica la existencia de una diferencia en las tasas de descenso de los tres pozos, las que han sido superiores en BA-07, mientras que el pozo BA-16 ha presentado registros relativamente estables durante los últimos 4-5 años, con un leve aumento durante el año 2025.

La tasa de profundización del nivel freático se ha reducido en los últimos años en los pozos BA-07 y BA-05. En el caso de BA-07, la disminución se concentró principalmente durante 2022-2023, mientras que en BA-05 se han observado valores más estables principalmente durante el invierno. Sin embargo, la falta de información de registros manuales en el periodo de verano de 2026 limita la evaluación de la condición actual en el período en el que el nivel es más profundo. . En el caso del pozo BA-16, los registros manuales fueron levemente superiores a los del año anterior, existiendo información hasta noviembre de 2025.

Para el **Sistema Peine**, no se cuenta con información durante los meses de abril y mayo de 2025, y durante el periodo septiembre 2025 a marzo 2026 debido a restricciones de acceso, tal como fue señalado anteriormente. Esto limita el análisis temporal, en particular

de la variabilidad de los registros del período de verano (para los que no se cuenta con información desde al año 2021), el que debió ser realizado con los registros obtenidos entre junio y agosto de 2025 para los pozos BA-21 y BA-22. Sin perjuicio de la falta de información, cabe destacar que los escasos datos medidos en el período, para ambos pozos, se encuentran dentro del rango de variación de los registros previos (mayo 2013 a marzo de 2025). Además, para ambos pozos, los registros disponibles se encuentran dentro del rango de registros históricos previos (mayo 2013 a marzo de 2016).

Finalmente, es importante tener en consideración que el período con registros previos al inicio del Proyecto se extiende por solamente 3 años (mayo 2013 – marzo 2016), en dos de los cuales se presentaron eventos de alta intensidad de precipitación (2013 y 2015). De este modo, el nivel freático de dicho periodo, considerado como referencia, está influenciado y podría ser representativos de dichas condiciones particulares.

2 INTRODUCCION

El presente informe corresponde al Décimo Informe Anual de Monitoreo o Seguimiento del **Plan de Manejo Biótico (PMB)**, comprometido en el Proyecto "**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta"** de Albemarle, aprobado por Resolución de Calificación Ambiental (RCA) mediante **RCA RE Nº 21 de fecha 20 de enero del 2016**.

El proyecto, se encuentra ubicado en Región de Antofagasta, Provincia de El Loa, comuna de San Pedro de Atacama, en el borde sur del Salar de Atacama, a 27 kilómetros al oriente de la localidad de Peine, a una altura geográfica aproximada de 2.300 m s.n.m. en el área denominada Núcleo del Salar, la cual corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales. Esta es el área de estudio para el seguimiento de las componentes Biota, Agua y Suelo declaradas en la RCA 21/2026.

Albemarle inició sus campañas del PMB en agosto de 2016, en etapa de Construcción, previo al inicio de operaciones[7]. A partir de diciembre 2016, se realizan las campañas semestrales en etapa de operación del proyecto, las cuales se continúan ejecutando a la fecha. El objetivo de este Informe es entregar los resultados del Monitoreo Biótico Anual N°10, para cada una de las variables o subcomponentes que involucra el PMB, en su frecuencia y métodos correspondientes de medición, para con ello realizar el análisis de este seguimiento de cada una de las variables bióticas involucradas. Junto con lo anterior, como objetivo también está el detectar tempranamente cualquier cambio en su estado ecológico, como consecuencia de fenómenos locales, regionales y/o globales.

El área de estudio del PMB se presenta en la **Figura N° 2-1** se incluye para todas las variables, los sectores de:

1) Sistema La Punta y La Brava, conformado por las lagunas La Punta y La Brava.
2) Sistema Peine, constituido por las lagunas Salada, Saladita e Interna, y
3) Sistema Tilopozo, constituido por las vegas de Tilopozo.

Sólo para la componente vegetación y flora, abarca además de los anteriores, otros 2 sectores ubicados en la zona Norte y Este del Salar (sectores de Soncor y Quelana):

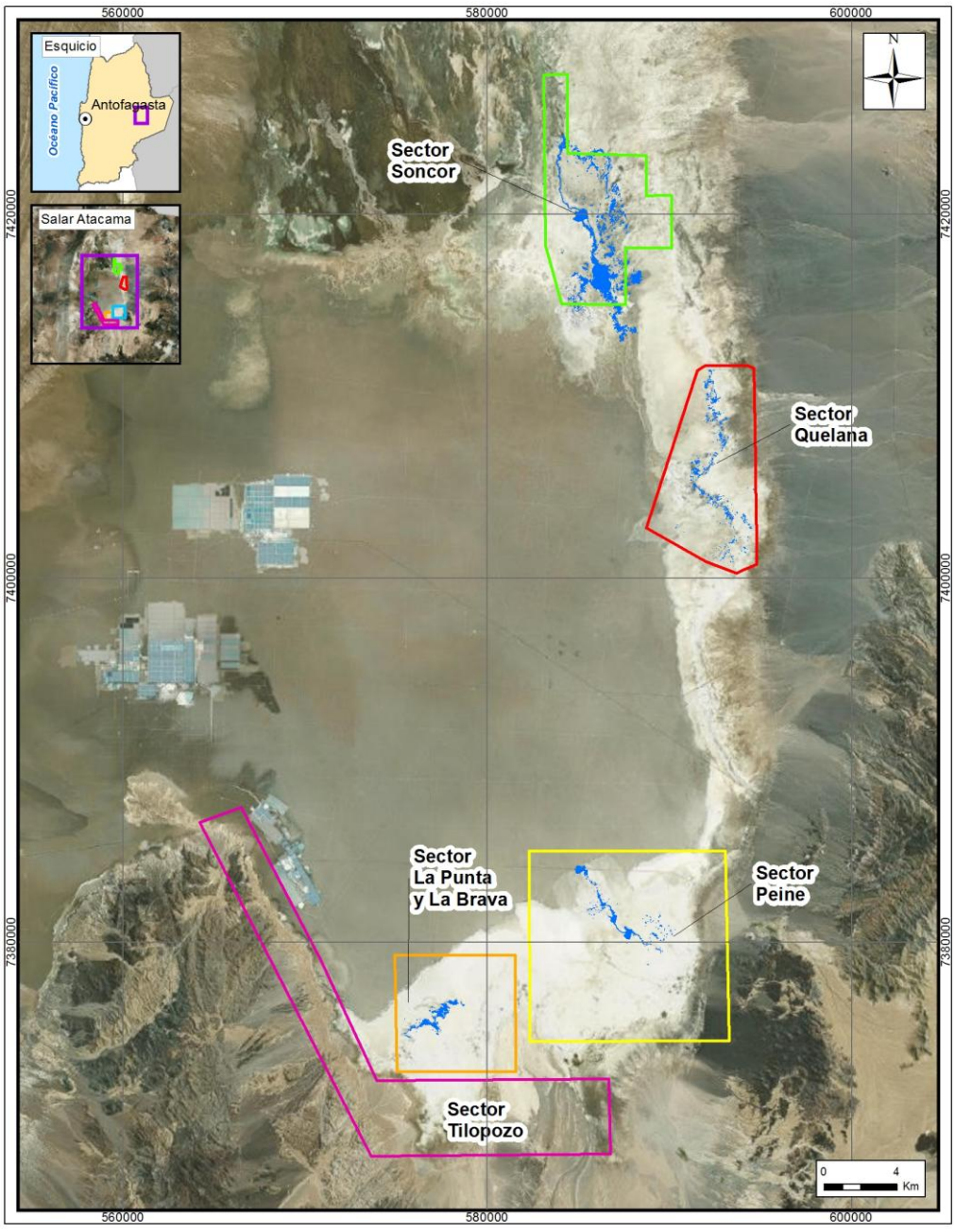
4) Sistema Soncor (*), constituido por las lagunas Barros Negros y Chaxa; y
5) Quelana (*), Aguas de Quelana (ubicadas ambas 4 y 5 en la Reserva Nacional Los Flamencos).

(*) Los sectores de Soncor y Quelana, obedecen a lo indicado en el informe de Monitoreo de Vegetación, "Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016", aprobado a través de Ord. SAG

[7] Rockwood Lithium (Actualmente Albemarle Limitada) dió inicio formal a la etapa de operación del proyecto el 28 de septiembre 2016, mediante carta a la Superintendencia de Medio Ambiente una semana antes, fechada el 21 de septiembre de 2016.

N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL; y el cual determina las transectas y su metodología para la evaluación pre-operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

Figura N° 2-1. Delimitación de las Áreas de Estudio del Plan de Manejo Biótico



Fuente: Elaboración Propia

En este documento se analizan las variables y los parámetros monitoreados o medidos en el marco del Plan de Seguimiento Biótico, a las componentes y subcomponentes definidas en el PMB (Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto).

El presente Informe Anual N°10 da cuenta de las campañas de invierno 2025 y verano 2025-2026, las cuales se desarrollaron respectivamente durante el mes de agosto 2025 (**campaña invierno – M19**); en el mes de diciembre del 2025 (para seguimiento de superficies lagunares), y marzo-abril del 2026 (**campaña verano – M20**).

Las variables comprometidas corresponden a: Flora y Vegetación; Fauna Vertebrados Terrestres; Tapetes microbianos; Suelo o Sustrato; Limnología, Calidad de Aguas y Sedimento; Área de Lagunas; y Nivel Freático en Lagunas. El monitoreo para la mayoría de las variables es de frecuencia semestral y anual (vegetación NDVI) y la única variable que presenta datos mensuales corresponde a niveles freáticos, que se reporta desde abril 2025 a marzo 2026.

Se indica a continuación las fechas efectivas de monitoreo en las que cada componente llevó a cabo sus actividades, cuya información se reporta en el presente informe de seguimiento, indicando a su vez en cada caso, aquellas restricciones o dificultades particulares ocurridas para cada componente en el marco de sus campañas de monitoreo.

La **campaña de monitoreo semestral de Invierno 2025** para componentes bióticas fue realizada en 3 fases. Por una parte, la primera fase considera el componente de **Vegetación (COT-NDVI) y Flora (composición y cobertura a través de transectas)**, cuya campaña fue llevada a cabo entre el **03 al 13 de agosto de 2025**, y al componente **Área de Lagunas** que realizó su campaña efectiva de validación en terreno entre los días **04 al 08 de agosto de 2025**. La segunda fase, corresponde a la campaña de monitoreo de **Fauna de Vertebrados Terrestres** y **Biota Acuática (limnología, tapetes microbianos, calidad de aguas y sedimento)**, la que se desarrolló en terreno entre el **09 al 15 de agosto de 2025**. Finalmente, la tercera fase considerando el componente Suelos o Sustrato, se llevó a cabo con trabajo en terreno entre los días **25 al 29 de agosto de 2025**. En cuanto a **niveles freáticos en la zona de lagunas**, se reportan las mediciones desde abril a septiembre 2025, con algunas restricciones puntuales de acceso **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

La **campaña de monitoreo semestral de Verano 2025-2026** de componentes bióticas fue realizada en 3 fases. Por una parte, la primera fase considera el componente de **Área de Lagunas** cuya campaña de validación en terreno se realizó entre los días **16 al 18 de diciembre de 2025**. La segunda fase, realizada durante del mes de marzo 2026 en estacionalidad de verano, corresponde a las campañas de monitoreo de **suelos (16 al 20 de marzo 2026); biota acuática (limnología, tapetes microbianos, calidad de aguas y sedimento)** realizada en terreno entre el **17 al 19 de marzo de 2026; y fauna de vertebrados terrestres,** las que pudieron realizarse de forma parcial debido a restricciones

de acceso por parte de la comunidad de Peine a los sectores de lagunas de Peine y sistema lagunar La Punta-La Brava (ver registro **Anexo Cartas y Prohibiciones**)**.** Por otra parte, la tercera fase considera el componente **vegetación (COT-NDVI) y flora (composición y cobertura a través de transectas)**, cuya campaña fue llevada a cabo entre los días **07 al 14 de abril de 2026** dentro de temporada de post-lluvias para el área de estudio. Por su parte, en el mes de abril pudo ser reanudada la campaña de **fauna de vertebrados terrestres**, la que fue reprogramada y llevada a cabo entre el **27 al 30 de abril de 2026** con el objetivo de cumplir con el esfuerzo de muestreo requerido por el componente.

En cuanto a **niveles freáticos en la zona de lagunas**, se reportan las mediciones desde octubre 2025 a marzo 2026. Cabe destacar, que debido a restricciones de acceso, para dicho período solamente se pudo realizar mediciones en los pozos BA-07 y BA-16, ambos en el Sector La Punta – La Brava, en los meses de octubre y noviembre de 2025. En el caso del pozo BA-05, ubicado en el mismo sector, y de los pozos BA-21 y BA-22, ubicados en el Sector Peine, no hubo registros en todo el período octubre 2025 – marzo 2026. El detalle de las restricciones que impidieron realizar el monitoreo se presenta en el **Anexo Cartas y Prohibiciones**.

En relación con las **restricciones de acceso** ocurridas en el marco de las labores de seguimiento del periodo reportado para el Año Nº10 de monitoreo, cabe indicar que para la **campaña semestral Invierno 2025**, se presentaron algunas medidas de restricción de acceso al territorio por parte de los monitores ambientales de la comunidad de Peine, que se señalan a continuación. Respecto al componente **área de lagunas**, sus puntos de monitoreo ubicados en el sector de las lagunas de Peine (Salada y Saladita), no pudieron ser validados por vía terrestre debido a la restricción de acceso hacia las lagunas por indicación de la Comunidad de Peine, argumentándola como medida para evitar perturbar a las poblaciones de flamencos presentes en estos cuerpos de agua. Para el caso del componente **fauna terrestre**, se restringió acceso por el mismo motivo, pero solo a laguna Salada. Por esta razón, para esta campaña Invierno 2025, este componente presenta información de monitoreo parcial para el sector Peine en particular **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

Por otro lado, tanto para los componentes **área de lagunas y suelos**, hubo restricción del acceso al sistema La Punta-La Brava y Tilopozo, especialmente hacia laguna La Brava por condición irregular del camino por efecto de las lluvias. Para **fauna terrestre** y **vegetación y flora** se presentó puntualmente restricción de acceso en el sector Tilopozo por el mismo motivo.

En particular, para el componente **vegetación y flora** hubo restricción de acceso hacia los sectores Soncor y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos por ausencia de permisos por parte de CONAF **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

Igualmente, para el caso del componente **Nivel Freático en Lagunas**, hubo imposibilidad de acceso a algunos puntos. En julio no se logró medir ningún punto del sistema Lagunar La Punta La Brava. En cuanto a las lagunas de Peine no se logró acceder en abril, mayo y septiembre. (**ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

En la **Tabla N° 2-1** se presenta un resumen con las fechas de monitoreo de cada componente y las restricciones de acceso para cada una de las variables durante la Campaña PMB de Invierno 2025.

Tabla N° 2-1. Fechas de Campañas PMB Invierno 2025, señalando restricciones de acceso al territorio Peine. Se indican entre paréntesis restricciones puntuales durante las campañas.

Componentes /	1era fase	2da fase	3era fase
Terrenos	**03/13 ago 2025**	**09/15 ago 2025**	**23/30 ago 2025**
Superficie Lagunas	✓ (Con restricción de acceso a lagunas Peine y laguna La Brava)	-	-
Vegetación (COT-NDVI) y flora (Transectas)	✓ (Con restricción de acceso a sector Soncor y Aguas de Quelana RNLF CONAF y Tilopozo)		
Fauna de Vertebrados Terrestres		✓ (Con restricción a laguna Salada de Peine y sector Tilopozo)	-
Biota acuática (limnología, calidad de aguas y sedimento)	-	-	-
Tapetes microbianos	-	-	-
Niveles Freáticos en Lagunas	✓ (Con restricción puntual a lagunas de Peine y La Punta La Brava)	-	-
Suelos o sustrato	-	-	✓ (Con restricción de acceso a sector La Brava)

Fuente: Elaboración Propia

Por su parte, respecto a las limitantes para el normal desarrollo de las actividades de monitoreo biótico, se indica que en la campaña semestral Verano 2026, para el caso de los componentes **fauna terrestre, limnología, tapetes microbianos y calidad de aguas y sedimentos**, sus puntos de monitoreo ubicados en el sistema lagunar La Punta-La Brava, y en el sector de las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna), no pudieron ser muestreados debido a la restricción de acceso hacia las lagunas por indicación de la Comunidad de Peine, argumentándola como medida para evitar perturbar a las poblaciones de flamencos presentes en estos cuerpos de agua, dada la época de reproducción de flamencos **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**. Por esta razón, para esta campaña Verano 2026, estos componentes presentan información de monitoreo nula para el sector Peine en particular.

En el caso del componente **Suelos o Sustrato** hubo prohibición de acceso por parte de monitor de la comunidad de Peine hacia el sector La Punta – La Brava por mal estado del camino (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**). No obstante, los puntos correspondientes a sector Peine y Tilopozo se realizaron con normalidad.

En específico para el componente **Fauna Terrestre**, si bien se logró iniciar la campaña en el mes de marzo 2026, pudiéndose muestrear solo el día 20 de marzo, esta pudo ser reprogramada y realizada en su mayoría en el mes de abril (verano post-lluvias) (27 al 30 abril 2026). En la campaña de verano 2026 se ejecutó el muestreo parcial de los puntos de muestreo de fauna debido al cierre de acceso a las lagunas de Peine y a las lagunas La Punta y La Brava, lo que impidió el ingreso a estos sectores en el marco del PMB. Esta situación respondió a limitaciones operacionales establecidas por la comunidad de Peine (Ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Para el caso del componente **Vegetación y Flora**, para esta campaña hubo restricciones de acceso a los sectores Soncor, La Punta y La Brava, y a un punto COT del sector Tilopozo. En Soncor, la restricción fue por parte de CONAF, debido al resguardo de la avifauna por la nidificación de flamencos en el área, por lo que no se accedió a la transecta T14 ni al punto COT RPV015. Por otra parte, debido al mal estado de los caminos de acceso hacia el sector de La Punta y La Brava, no se realizaron las transectas T10, T11 y T12 del sector, el punto COT TA33 en La Brava y el punto COT CAC021 del sector Tilopozo, ubicado en el acceso hacia La Punta (ver registro en **Anexo Vegetación y Flora**).

Respecto a la campaña de monitoreo del componente **Área de Lagunas**, cabe señalar igualmente que no fue posible realizar en su totalidad la validación *in situ* programada, ya que se presentaron por parte de la Comunidad de Peine medidas de restricción de movilidad que no permitieron el traslado y acceso a los sectores de La Punta – La Brava y Peine. Al primero por condiciones deficientes de los caminos, y para el sector de lagunas de Peine dada la época de reproducción de flamencos, reduciendo las posibilidades de validación en estos sectores a través de fotointerpretación en gabinete con imagen de alta resolución (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Por el mismo motivo, para el caso del componente **Nivel Freático en Lagunas**, hubo imposibilidad de acceso a lagunas de Peine a partir de octubre de 2025 para realizar mediciones en BA-21 y BA-22 hasta marzo 2026. Esto implica que se cuenta con sólo medición en octubre para el análisis de niveles en esos barrenos (**ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

En la **Tabla N° 2-2** se presenta un resumen con las fechas de monitoreo de cada componente y las restricciones de acceso para cada una de las variables durante la Campaña PMB de Verano 2025-2026.

Tabla N° 2-2. Fechas de Campañas PM Verano 2025-2026, señalando restricciones de acceso al territorio Peine. Se indican entre paréntesis restricciones puntuales durante las campañas.

Componentes /	1era fase	2da fase		3era fase
Terrenos	**16-18 dic 2025**	**16-20 mar 2026**	**20-24 mar 2026**	**07-30 abr 2026**
Superficie Lagunas	✓ (Con restricción de acceso a lagunas Peine y La Punta-La Brava y sin vuelo Drone)	-	-	-
Fauna de Vertebrados Terrestres	-	-	✓ (Suspensión de Campaña por parte de la Comunidad de Peine)	✓ (Sin acceso a lagunas de Peine y La Punta-La Brava)
Biota acuática (limnología, calidad de aguas y sedimento)	-	✓ (Con restricción a lagunas de Peine y La Punta-La Brava)	-	-
Tapetes microbianos	-	✓ (Con restricción a lagunas de Peine y La Punta-La Brava)	-	-
Suelos o sustrato	-	✓ (Con restricción a La Punta-La Brava)		-
Niveles Freáticos en Lagunas	✓ (Con restricción a lagunas de Peine periodo oct 2025 – mar 2026; Con restricción de	-	-	-

Componentes /	1era fase	2da fase		3era fase
Terrenos	**16-18 dic 2025**	**16-20 mar 2026**	**20-24 mar 2026**	**07-30 abr 2026**
	acceso a Sector La Punta – La Brava. Solamente datos puntuales en octubre y noviembre de 2025.			
Vegetación (COT-NDVI) y flora (Transectas)	-	-	-	✓ (Con restricción a Soncor, La Punta-La Brava, y parcialmente Tilopozo) ✓

Fuente: Elaboración Propia

Es importante tener a la vista que, junto con las limitaciones de movilización impuestas por la Pandemia Covid-19, donde con excepción de algunos componentes no se pudo presentar información de montoreo para la campaña de verano 2020 (M8), desde el año 2021 a la fecha, las campañas de verano en el sector de lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna), se encuentran incompletas debido a las restricciones de acceso por las mismas razones antes señaladas, situación que afecta significativamente los resultados del monitoreo PMB y los propios objetivos de seguimiento ambiental en este sector, debido a que la carencia estacional de datos redunda en que no sea posible comparar entre la condición de Línea de Base y la evolución de las componentes afectadas, debido al sesgo temporal cada vez mayor en la información levantada en los monitoreos respecto de sus parámetros de referencia, este caso especialmente para veranos. **Lo anterior resulta muy relevante puesto que estas limitaciones de acceso al área afectan la posibilidad de análisis de la evolución de la riqueza y abundancia de las especies en seguimiento por estos componentes, sobre todo para el sistema Peine, que es el que aporta los mayores valores de abundancia de aves en el salar, sobre todo para el monitoreo de las poblaciones de flamencos**.

El PMB definido en el Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, establece para las componentes de Biota, Suelo y Agua el seguimiento de: flora y vegetación terrestre, flora y fauna acuática, calidad de agua, fauna terrestre, lagunas, entre otros, siguiendo los criterios establecidos en la Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos (MMA-SAG-DGA, 2011).

La **Tabla N° 2-3** presenta resumidamente todos los componentes y subcomponentes de las variables comprometidas, así como frecuencia y estaciones a monitorear en cada campaña,

de acuerdo con los establecido en el PMB y en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del proyecto de fecha 20 de enero del 2016, RCA 21/2016.

Tabla N° 2-3. Detalle de las componentes, variables y estaciones reportadas de acuerdo con el Plan de Manejo Biótico, y al numeral 7 Plan de Seguimiento Ambiental Propuesto en el EIA y sus Adendas de la RCA 21/2016.

Compo-nente	Subcomponente	Frecuencia	Variables generales	Número Estaciones PMB	Estaciones adicionales	Número de Estaciones Totales
Biota	Flora terrestre	Semestral	Composición y cobertura de especies	**31***	17**	48
	Vegetación terrestre	Semestral/ Anual (******NDVI)	Distribución y cobertura de la vegetación azonal	**59**	9	68***
	Fauna Terrestre	Semestral	Composición, Riqueza y Abundancia	16	9	25
	Flora y Fauna acuática (****Limn)	Semestral	Composición, Riqueza y Abundancia Coberturas plantas acuáticas	12	2	14
	Tapetes microbianos	Semestral	Caracterización de tapetes / Presencia evaporitas y microbialitos	10	6	16
Suelo	Sustrato	Semestral	Físicas y Químicas	14	-	14
	Sedimento (*****Limn)	Semestral	Físicas y Químicas	12	2	14
Agua	Calidad de agua (***Limn)	Semestral	Físicas y Químicas	12	2	14
	Lagunas	Mensual	Nivel freático lagunas	5	-	5
	Lagunas	Semestral	Superficie cuerpos de agua	No aplica	No aplica	No aplica

*: Definición de puntos de transectas en levantamiento inicial de Monitoreo Base 0 (RWL-Cedrem agosto 2016), como cumplimiento al acápite 10.2 de la RCA 21/2016. Modifica código, cantidad y ubicación de puntos de monitoreo establecidos originalmente para componentes vegetación-suelos en PMB (2015).

**: Puntos de transectas adicionales al PMB, asociadas al Muestreo Complementario de Transectas implementado de modo interno por Albemarle desde el 2022 (MCT0-verano 2022) con la finalidad de robustecer el plan de seguimiento (17 transectas), y que a partir de este monitoreo PMB Invierno 2024 se incorporan e integran al análisis del componente como Anexo a este informe.

***: Estos 68 puntos de monitoreo corresponden al conjunto de puntos de validación semestral de la COT definida para el área de estudio. Esta cifra se compone del total de 59 puntos de monitoreo COT previamente definidos en campañas anteriores, más 9 puntos adicionales de monitoreo COT (un punto adicional que se levantó en el monitoreo M7 en invierno de 2019; y ocho puntos adicionales incorporados a partir del monitoreo M12 de Verano 2022 para actualizar la cartografía de vegetación, los que se han replicado en el seguimiento de la vegetación hasta este monitoreo). No obstante, por restricciones de acceso, para la **Campaña Invierno 2025 (M19)** se pudo levantar 60 puntos de monitoreo COT. Estos corresponden a 27 puntos de transectos, más 25 puntos de monitoreo de vegetación, previamente definidos en campañas anteriores, más 8 puntos de monitoreo COT adicionales que fueron levantados en la campaña de verano 2022 (M12) para actualizar la cartografía de vegetación y adicionar transectas nuevas al seguimiento las cuales se han replicado hasta este monitoreo. Cabe señalar, que en cuatro transectas del sector Soncor y Quelana (T14, T15, T16 y T17) y en cuatro puntos de vegetación en el sector de Soncor y Quelana (RPV015, CAC032, CAC034 y CAC036) no se realizó la validación del monitoreo COT por falta de autorización de la Administración CONAF para el ingreso al área de la Reserva Nacional Los Flamencos y el punto de monitoreo de vegetación (TL051) JLS016 del sector Tilopozo tampoco se realizó en este monitoreo por las malas condiciones del camino de acceso. Por su parte para la **Campaña Verano 2026 (M20**),

se logró muestrear en 62 puntos de monitoreo que corresponden a 27 puntos de transectas, más 28 puntos de monitoreo de vegetación previamente definidos en campañas anteriores, más siete puntos de monitoreo COT adicionales que fueron levantados en la campaña de verano 2022 (M12) para actualizar la cartografía de vegetación y se ha replicado el seguimiento hasta este monitoreo. En la campaña verano 2026 no fue posible realizar monitoreo COT del punto RPV015, ubicado en la RNLF Sector Soncor por restricciones de acceso establecidas por CONAF.

**** Limn = variables que se reportan dentro de capítulo de Limnología. Flora y fauna acuática, aun cuando corresponden a la componente Biota se reportan dentro del capítulo de Limnología, que abarca tanto la biota acuática, como calidad de agua y sedimentos.

*****: Sedimentos si bien pertenece al componente Suelo, éste se reporta en capítulo de Limnología, que abarca tanto la biota acuática, como calidad de agua y sedimentos.

******: Para el seguimiento de la distribución y cobertura de vegetación activa a través de índice NDVI, se presenta esta sección en este Informe Anual Nº9 en frecuencia semestral incorporando análisis en estación de inviernos serie 2016 – 2024 (Ver Anexo Vegetación y Flora Vol.1).

Dentro de las variables establecidas en el PMB, algunas de éstas fueron definidas durante la evaluación del proyecto como variables de estado, esto es, elementos indicadores de cambio del estado ecológico de los ecosistemas terrestres (azonal) y acuáticos.

Estos sistemas están constituidos por lagunas; en dichos sistemas, ciertas condiciones de humedad en el área circundante permiten el desarrollo de ecosistemas de vegas. Por tanto, las lagunas y los ecosistemas azonales, cuya estructura está determinada principalmente por el desarrollo de vegetación azonal dependiente de los niveles de humedad y salinidad del suelo, son el foco de seguimiento de este Plan de Manejo Biótico, por su condición de dependencia de los niveles de agua de los acuíferos, constituyendo así, elementos importantes de dar seguimiento para detectar tempranamente cualquier cambio.

El estado ecológico, de acuerdo con lo establecido en el PMB, se evalúa en términos de tres variables de estado: (1) nivel freático, (2) vegetación azonal[8], y (3) superficie de las lagunas. Cabe indicar que al igual que para el año 2025 (Informe Anual N°9), este año 2026 se considera que el análisis de estado ecológico (AEE) como parte del Informe Anual N°10, requiere una mirada de detalle de las tres variables de estado, por lo que se presenta el AEE en un documento independiente, como un complemento de Análisis de Estado Ecológico al Informe Anual PMB N°10, el que será entregado posterior al presente informe.

Adicionalmente a lo establecido en el PMB y en la RCA, y con el objetivo de dar cumplimiento a cabalidad a la detección temprana de algún potencial cambio en las distintas variables del seguimiento, **se han sumado al monitoreo del PMB voluntariamente nuevas estaciones que permitan mejorar la representatividad,** por ejemplo, de hábitats**.** Dichas incorporaciones han sido realizadas por el equipo experto que apoya la ejecución de estas campañas de seguimiento y ya han sido reportadas e informadas previamente

[8] La definición de puntos de transectas de vegetación azonal, para la subcomponente de flora terrestre, se realiza en levantamiento previo realizado en terreno en el mes de julio de 2016, denominado en adelante “Monitoreo Base 0 – MB0” (RWL-Cedrem agosto 2016), como cumplimiento al acápite 10.2 de la RCA 21/2016, según lo establecido por el informe de “Monitoreo de Vegetación, Ubicación de Transectas (Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016), el cual fue aprobado por el SAG a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL.

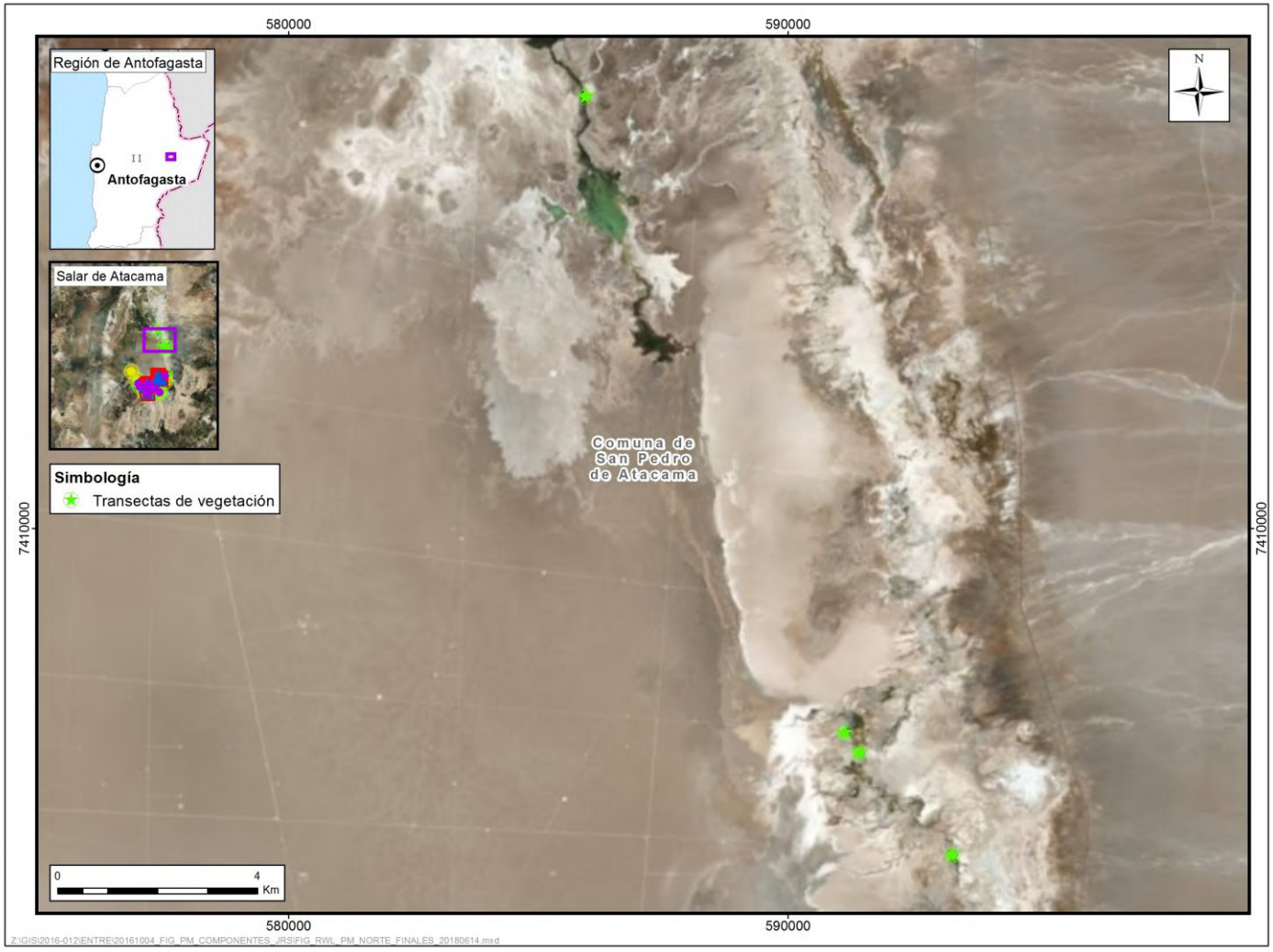
desde el Informe Anual Nº1 del PMB en adelante (**Tabla N° 2-3**, campo estaciones voluntarias).

Igualmente, y tal como se hizo para la anterior entrega del Informe PMB Anual Nº9, se ha incorporado información complementaria y voluntaria para el componente Vegetación y Flora, correspondiente a 17 transectas de vegetación azonal distribuidas en los sectores y formaciones vegetales en seguimiento: 13 transectas en Tilopozo, 1 en Peine, 1 en La Brava y 2 en Aguas de Quelana. Estas transectas son parte de un Monitoreo Complementario de Transectas (MCT) levantado semestralmente a partir de la campaña de verano 2022 durante el monitoreo M12, equivalente a un MCT0, y de ahí en adelante junto al levantamiento de las transectas del PMB se han realizado seis monitoreos complementarios de transectas a la fecha (Ver detalles en **Anexo Vegetación y Flora MCT**).

Cabe indicar que de acuerdo con lo establecido en el Anexo N°2 de la Adenda 5 RWL (2015), el **seguimiento de la distribución y cobertura de la cobertura de vegetación activa mediante índice NDVI en el marco del Plan de Manejo Biológico (PMB)** se realiza prioritariamente durante el periodo estival (verano post lluvias), dado que corresponde a la temporada de máxima expresión de cobertura vegetal. No obstante, con el objetivo de complementar dicho análisis y profundizar en la comprensión de la dinámica estacional de las formaciones vegetales sujetas a monitoreo, en este Informe Anual Nº10 se presentan los resultados de cobertura de vegetación activa obtenidos para la **temporada de invierno entre los años 2016 y 2025**. El análisis se realizó mediante imágenes satelitales y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), lo que permite representar la cobertura vegetal y su grado de vigorosidad, es decir, la vegetación activa. Al igual que en el análisis estival, los resultados se agruparon por sector del Salar: (i) Tilopozo, (ii) La Punta y La Brava, (iii) Peine, (iv) Soncor y (v) Aguas de Quelana.

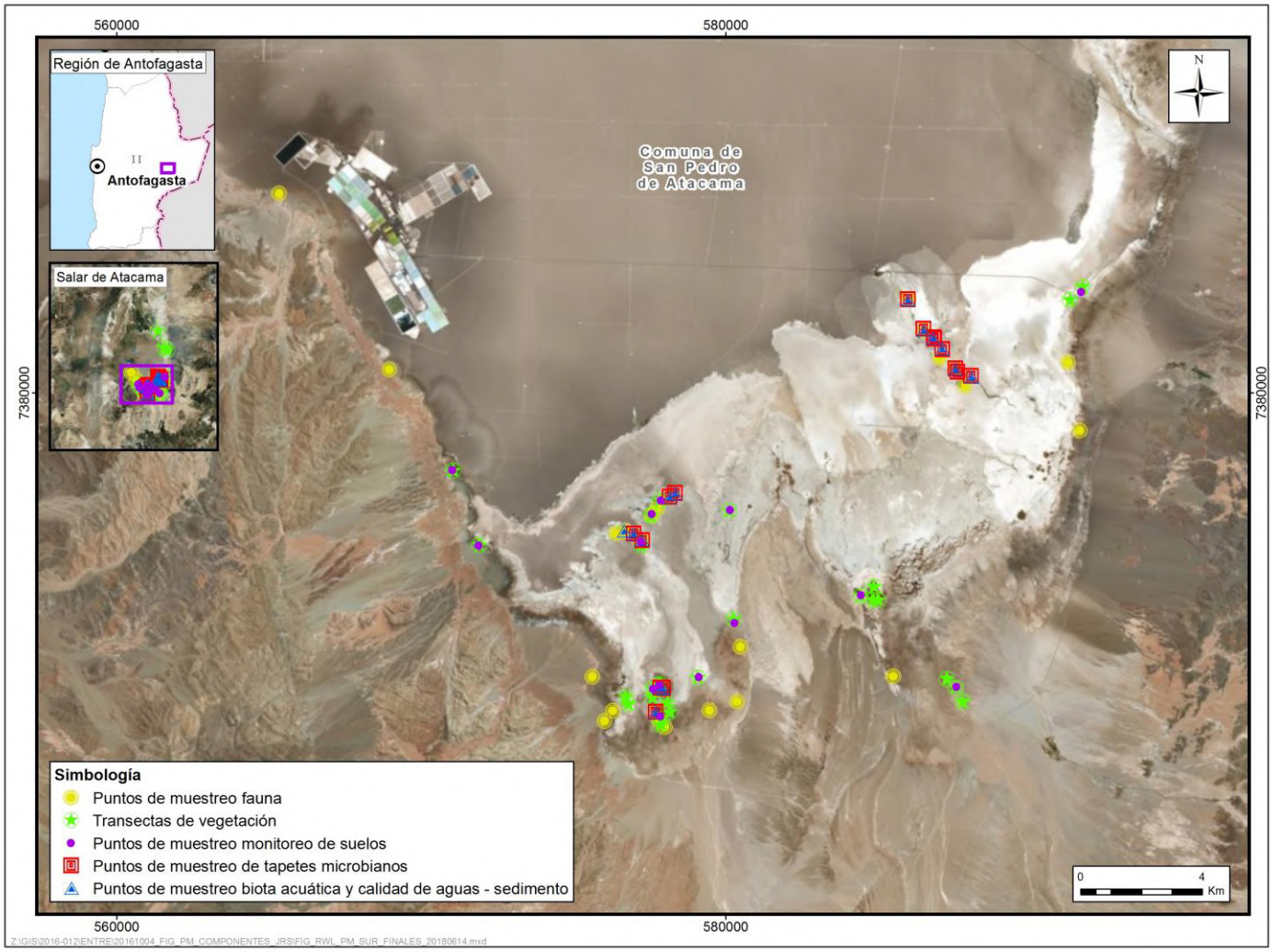
En la **Figura N° 2-2** y **Figura N° 2-3,** se puede observar la distribución final de los puntos de monitoreo por cada subcomponente en el área de estudio.

Figura N° 2-2. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio. Área Norte. Sector Soncor y Quelana (Transectas de vegetación azonal)



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 2-3. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio. Área Sur. Sector La Punta y La Brava, Peine y Tilopozo



Fuente: Elaboración Propia

Es importante indicar que, como estructura de informe, **cada subcomponente con sus variables se presenta en un capítulo específico,** reportando las fechas de campaña, el área de estudio particular, estaciones, parámetros de evaluación, entre otros, siguiendo el formato establecido en la **Resolución Exenta N° 223/2015** de la Superintendencia de Medio Ambiente.

En la **Tabla N° 2-4** se identifican los responsables y ejecutores de las mediciones, muestreo y/o análisis realizados en las campañas de invierno 2025 y verano 2025-2026 reportadas en el presente informe consolidado anual, de acuerdo con las variables y/o parámetros

correspondientes. En **Anexo Responsables y Participantes de las actividades de muestreo** se presenta los responsables de cada componente.

Tabla N° 2-4. Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis

Subcomponente	Variable	Medición	Muestreo	Análisis
Flora terrestre	Composición y cobertura de especies	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	No aplica
Vegetación terrestre	Distribución y cobertura de la vegetación azonal	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	No aplica
Fauna terrestre	Composición, Riqueza y Abundancia	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	No aplica
Flora y fauna acuática	Composición, Riqueza y Abundancia Coberturas plantas acuáticas	Cedrem Consultores / Limnológica Estudios Ambientales	Cedrem Consultores / Limnológica Estudios Ambientales	Limnológica Estudios Ambientales EIRL
Tapetes microbianos	Caracterización de tapetes	Cedrem Consultores / Limnológica Estudios Ambientales	Cedrem Consultores / Limnológica Estudios Ambientales	Limnológica Estudios Ambientales EIRL
Sustrato	Físicas y químicas	Cedrem Consultores/ ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)	Cedrem Consultores/ ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)	Laboratorios acreditados como ETFA: Laboratorio acreditado como ETFA • ANAM S.A. • SGS Chile S.A. • HIDROLAB S.A. • ALS Life Sciences Chile S.A. Laboratorios análisis de parámetros no autorizados en ETFAs por SMA: • Laboratorio de Física de Suelos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile • AGROLAB
Sedimentos	Físicas y Químicas	Laboratorio acreditado como ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)	Laboratorio acreditado como ETFA ANAM S.A (Invierno 2025);	Laboratorio acreditado como ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)

Subcomponente	Variable	Medición	Muestreo	Análisis
			SGS Chile S.A. (Verano 2026)	
Calidad de agua	Físicas y Químicas	Laboratorio acreditado como ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)	Laboratorio acreditado como ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)	Laboratorio acreditado como ETFA ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)
Lagunas	Nivel de agua	Albemarle y ANAM S.A (Invierno 2025); SGS Chile S.A. (Verano 2026)	No aplica	No aplica
	Superficie	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla N° 2-5** se transcriben los Considerandos de la RCA que dan origen al presente Informe semestral.

Tabla N° 2-5. Identificación de Considerando de la RCA reportada en base a numeral 7.- Plan de Seguimiento Ambiental propuesto en el EIA y sus Adendas.

RCA y Adendas	Considerando	Transcripción
21/2016	7.- BIÓTICO Flora (pág.56)	Monitoreo: Composición y Cobertura de Especies, en 14 puntos. Parámetros: Composición y cobertura de especies. Procedimiento de medición: Point Cuadrat, con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos: mantención dentro de su variación histórica.
	7.- BIÓTICO Vegetación (pág.56, 57)	Monitoreo: Distribución y cobertura de la vegetación azonal, en 14 puntos. Procedimiento: método de imágenes satelitales y método de Carta de Ocupación de Tierras (COT). ambas de frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos: mantención dentro de su variación histórica.
	7.- FÍSICO Sustrato (pág. 57)	Parámetros fisicoquímicos del suelo, en 14 puntos. Procedimiento de medición: de parámetros *in situ* y análisis en laboratorio, con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos: mantención dentro de su variación histórica.
	7.- BIÓTICO Fauna Vertebrados Terrestres (pág. 57, 58)	Composición, Riqueza y Abundancia de Flamencos y Aves acuáticas, en 16 puntos. Con procedimiento de medición de Puntos censales. Composición, Riqueza y Abundancia de Aves terrestres, en 16 puntos. Con procedimiento de medición de Transectas.

RCA y Adendas	Considerando	Transcripción
		Composición, Riqueza y Abundancia de mamíferos, en 16 puntos. Con procedimiento de medición de Transectas, Trampas cámaras, Trampas Sherman. Composición, Riqueza y Abundancia de Reptiles, en 16 puntos. Con procedimiento de medición de Transectas. Composición, Riqueza y Abundancia de Anfibios, en 16 puntos. Con procedimiento de medición de Transectas. Todos con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos es la mantención dentro de su variación histórica.
	7.- FÍSICO Parámetros fisicoquímicos del agua (pág. 58, 59)	Columna de agua en 12 puntos. Con procedimiento de medición de análisis en laboratorio, con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos es la mantención dentro de su variación histórica.
	7.- FÍSICO parámetros fisicoquímicos del sedimento (pág. 59)	Sedimento en 12 puntos. Con procedimiento de medición de análisis en laboratorio, con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos es la mantención dentro de su variación histórica.
	7.- BIÓTICO, Biota acuática (pág. 59)	Estructura comunitaria de macrófitas en 12 puntos. Con procedimiento de medición de muestras cualitativas. Composición, Riqueza y Abundancia de especies planctónicas (fitoplancton y zooplancton) en 12 puntos. Con procedimiento de medición de agua colectada y fijada, enviada al laboratorio. Composición, Riqueza y Abundancia de especies bentónicas (fitobentos y zoobentos) en 12 puntos. Con procedimiento de medición de sedimentos colectados y fijados, enviados al laboratorio. Todos con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos es la mantención dentro de su variación histórica.
	7.- Componentes Especiales (pág. 60)	Tapetes microbianos en 10 puntos, con procedimiento de medición de Puntos de descripción de la estratificación. Microbialitos en 10 puntos, con procedimiento de medición puntual. Evaporitas en 10 puntos, con procedimiento de medición puntual. Todos con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos es la mantención dentro de su variación histórica.

RCA y Adendas	Considerando	Transcripción
Adenda 5, Anexo 2	4.2.4. Niveles Freáticos Lagunas	Niveles de freáticos en 5 puntos, Numeral 4.2.4 (Anexo 2) Ubicación de Estaciones de Monitoreo (Pág. 401) "*5 Puntos de Niveles freáticos, 3 en La Punta-La Brava los que coinciden con los puntos de monitoreo de niveles del Plan de Alerta Temprana del proyecto en el sector de Alerta Acuífero, más 2 puntos en Peine, en los cuales se cuenta con mayor información histórica*." Procedimiento de medición manual, con frecuencia mensual. Superficie de lagunas en La Punta-La Brava y Peine, con procedimiento de medición de imágenes satelitales de alta resolución, con frecuencia semestral. (Tabla 4.2-6)

Fuente: Elaboración propia, datos RCA 21/2016 y Adendas

3 OBJETIVO

El objetivo de este Informe es presentar los resultados del monitoreo correspondiente al **Informe Anual N°10** del Plan de Manejo Biótico del proyecto RWL, comprometido en la RCA RE Nº21/2016, los que involucran las componentes y variables de medición de frecuencia Semestral, correspondientes a la temporada de invierno 2025 y a la estación de verano 2025-2026, de tal manera de poder verificar tempranamente el comportamiento de las variables y cualquier cambio en su estado ecológico.

4 ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME

Para cada subcomponente o agrupación de éstas se presenta un capítulo específico, indicando las fechas específicas de muestreo, medición o análisis de la campaña, el área de estudio, ubicación de los puntos de muestreo, metodologías específicas, materiales y métodos, parámetros de evaluación, los resultados de las campañas y límites considerados en la evaluación, siguiendo para cada una de estas variables el formato establecido en la **Resolución Exenta SMA Nº223/2015 de la Superintendencia de Medio Ambiente**.

Para las subcomponentes de calidad de aguas y niveles, este informe entrega como Anexos, adicionales a todos los Anexos que se entregan, las planillas Excel con la información histórica del monitoreo (M1 – M20), en los formatos establecidos en la **Resolución Exenta SMA N° 894 del 24.06.19** que Dicta Instrucciones para la Elaboración y Remisión de Informes de Seguimiento Ambiental del Componente Agua.

Igualmente para los subcomponentes Flora y Vegetación, Fauna y Limnología (microbiota acuática, fauna íctica y plantas macrófitas) se hace entrega de las planillas Excel con la información histórica de seguimiento del PMB (M1 – M20) de las componentes de Biodiversidad requeridas en el marco de la **Resolución Nº343/2022 de la SMA**, que dicta Instrucciones para la Elaboración y Remisión de Informes de Seguimiento Ambiental del Componente Ambiental Biodiversidad para los Proyectos que Cuentan con Resolución de Calificación Ambiental.

Para cada capítulo, como bien señala la resolución citada en el párrafo anterior, se indican los límites comprometidos por el Plan de Seguimiento, a saber: Mantención dentro de su variación histórica (numeral 7 Plan de Seguimiento Ambiental Propuesto en el EIA y sus Adendas de la RCA 21/2016), por tanto, cada variable es analizada con los registros establecidos en el Anexo 2 de la Adenda 5, línea de base y además con el monitoreo MB0 para Flora y Vegetación.

De acuerdo con lo señalado por el Plan de Manejo Biótico (Anexo 2, Adenda 5), la evaluación de la condición de cambio de las variables de estado señaladas, se realizará por sector de manera independiente (Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo), mediante un análisis de tendencia, cuyos contenidos se presentarán en un documento complementario con el Capítulo de Análisis de Estado Ecológico del Informe Anual PMB N°10, el que como se indicó, será entregado con posterioridad al presente informe para un análisis de mayor detalle y profundidad. Estos cambios de estado ecológico son evaluados principalmente analizando su tendencia promedio en los 3 últimos años (2023 – 2026) y comparando dicha evolución de las variables de estado versus su comportamiento previo (línea de base y registros históricos) junto con la mirada completa de todos los monitoreos realizados hasta la fecha. A partir del numeral siguiente, se presenta el detalle de cada componente, como un capítulo específico con los lineamientos establecidos en la Resolución de SMA N° 223/2015.

5 GLOSARIO

- PMB: Plan de Manejo Biótico Albemarle correspondiente al plan de monitoreo de variables bióticas comprometidas en la RCA 21/2016 del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta” de Albemarle Limitada.

- PSAH: Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Alerta Temprana de los Recursos Hídricos comprometido en la RCA 21/2016 del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta” de Albemarle Limitada.

- MB0: Monitoreo Base 0 de Transectas de Vegetación Azonal. Campaña realizada en Invierno 2016.

- M1: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2016.

- M2: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2017.

- M3: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2017.

- M4: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2018.
- M5: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2018.
- M6: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2019.
- M7: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2019.
- M8: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2020. Campaña sin actividades de terreno por inicio de pandemia Covid-19.
- M9: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2020.
- M10: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2021. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M11: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2021. Campaña con información faltante de monitoreo para los componentes Vegetación y Flora y Suelos, debido a suspensión de campaña por razones de seguridad (Cortes de caminos por ocurrencia de huelga en Planta Salar Albemarle).
- M12: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2022. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M13: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2022. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Administración CONAF de la Reserva Nacional Los Flamencos (Sector Soncor – Quelana).
- M14: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2023. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M15: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2023. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M16: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2024. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.

- M17: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2024. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M18: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2025. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M19: Campaña de Monitoreo PMB Invierno 2025. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.
- M20: Campaña de Monitoreo PMB Verano 2026. Campaña con información parcial de monitoreo debido a restricciones de acceso al área de estudio por parte de la Comunidad Atacameña de Peine.

6 FLORA Y VEGETACIÓN

En el presente informe anual de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos correspondiente a invierno 2025 y verano post lluvias 2026, de frecuencia semestral y anual, para el subcomponente ambiental Flora y Vegetación. Asimismo, se entrega un análisis de tendencias con la evolución histórica de los resultados de este componente en los 10 años de monitoreo, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE-N°21/2016 del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama” de la empresa actual Albemarle, ubicado en la Región de Antofagasta, en adelante el Proyecto.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a las formaciones vegetales azonales del área de estudio, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto.

Este monitoreo de la vegetación activa se realiza en el periodo posterior a las precipitaciones estivales (marzo – abril 2026), tal como se establece en el marco del PMB, así como durante el invierno 2025, con el fin de captar posibles expresiones secundarias o remanentes de actividad vegetativa asociadas a condiciones hídricas. El periodo reportado en el presente informe consolidado anual de vegetación para el monitoreo semestral de invierno 2025, llamado en adelante Monitoreo 19 (M19), se enmarca entre los días 5 al 12 de agosto de 2025. Por su parte, el periodo reportado para la campaña estacional de verano de 2026 (Monitoreo 20 o M20) se enmarca para las actividades de terreno entre los días 7 al 14 de abril de 2026.

El objetivo del seguimiento de la variable “Flora y Vegetación” es monitorear y caracterizar la situación de la flora y vegetación azonal en el área de estudio, a través de las metodologías establecidas en la RCA 21/2016, éstas son: seguimiento a la carta de ocupación de tierras (COT), seguimiento de transectas de vegetación con el método de intercepto de puntos en base a la metodología *point quadrat*, y seguimiento de la vegetación activa a través del índice NDVI a partir de imágenes satelitales, con el fin de contrastar los resultados del monitoreo con la situación pre operacional del proyecto y de línea base y su evolución en el tiempo.

Cabe señalar que, con el objetivo de poder estudiar en mejor detalle la cobertura de la vegetación en sectores de interés, Albemarle ha dispuesto esfuerzos de monitoreo de frecuencia semestral adicionando transectas (17), a las cuales se les ha denominado Monitoreo de Transectas Complementarias (MTC). Estas transectas del MTC se han realizado a partir de la campaña de verano 2022 (M12), equivalente al MTC0, y hasta la fecha, se han realizado ocho campañas MTC de manera paralela al levantamiento de las transectas del PMB. La información complementaria correspondiente a las 17 transectas, se presenta en el **Anexo Vegetación y Flora MTC,** el cual fue presentado desde el informe

Anual N°9 (2024-2025). Estas transectas se encuentran distribuidas en todos los sectores y formaciones vegetales de la siguiente manera: 13 en la zona cercana a las vegas de Tilopozo, una en Peine, una en La Brava y dos en Aguas de Quelana.

Los objetivos específicos del presente informe anual de vegetación y flora son:

- Monitorear la distribución y la cobertura de la vegetación (zonal y azonal), en su estructura comunitaria horizontal y vertical, en resultados semestrales a través del método de la carta de ocupación de tierras (COT).

- Determinar la cobertura, riqueza, abundancia, y composición vegetal en las transectas de vegetación azonal, en resultados de los monitoreos de frecuencia semestral (invierno y verano).

- Estimar la cobertura (superficie) de vegetación activa mediante el índice NDVI, priorizando las áreas con presencia de formaciones hidrófilas y/o halófitas, sensibles a cambios en la disponibilidad hídrica, en campañas estivales posteriores a lluvias.

- Comparar los valores de vegetación activa de cada sector (superficie), obtenidos a partir del índice NDVI en temporada de crecimiento de la vegetación, en periodo posterior a las precipitaciones estivales con los registros históricos de la línea de base y los monitoreos realizados a la fecha.

6.1 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.1 COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT)

6.1.1.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se sitúa en el Salar de Atacama, en la comuna de San Pedro de Atacama, Provincia de El Loa, II Región de Antofagasta. Se encuentra a 280 kilómetros al oriente de Antofagasta, y a 27 kilómetros al oriente de Peine, a una altura geográfica aproximada de 2.300 m.s.n.m. El área coincide con el denominado Núcleo del Salar, que corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales.

Específicamente, el área de estudio corresponde a aquellos sectores del Salar que, con relación a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), concentran la vegetación: La Punta y La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana. Con el fin de mantener la sectorización establecida por el PMB, se distribuyó el área de estudio en cinco subsectores: (1) Tilopozo, (2) La Punta y La Brava[9], (3) Peine, (4) Soncor y (5) Aguas de Quelana[10] (**Figura N° 6-1**).

Sólo para la componente Flora y Vegetación, se incorporaron posteriormente a la RCA 21/2016 que aprobó el proyecto, los sectores de Soncor y Quelana, según lo indicado en el informe de Monitoreo de Vegetación, "*Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016, aprobado a través de Ord. SAG N°315/2016*", "Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL"; y en la cual se determinaron las transectas y su metodología para la evaluación pre-operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales del Plan de Seguimiento Biótico del Proyecto (PMB).

Cabe señalar que la transecta localizada en Soncor (T14), no se ha tenido acceso desde el primer monitoreo, principalmente por daños en el camino de acceso vehicular, e inundaciones en el acceso a la transecta, siendo validada a distancia en los monitoreos que se ha accedido a la Reserva.

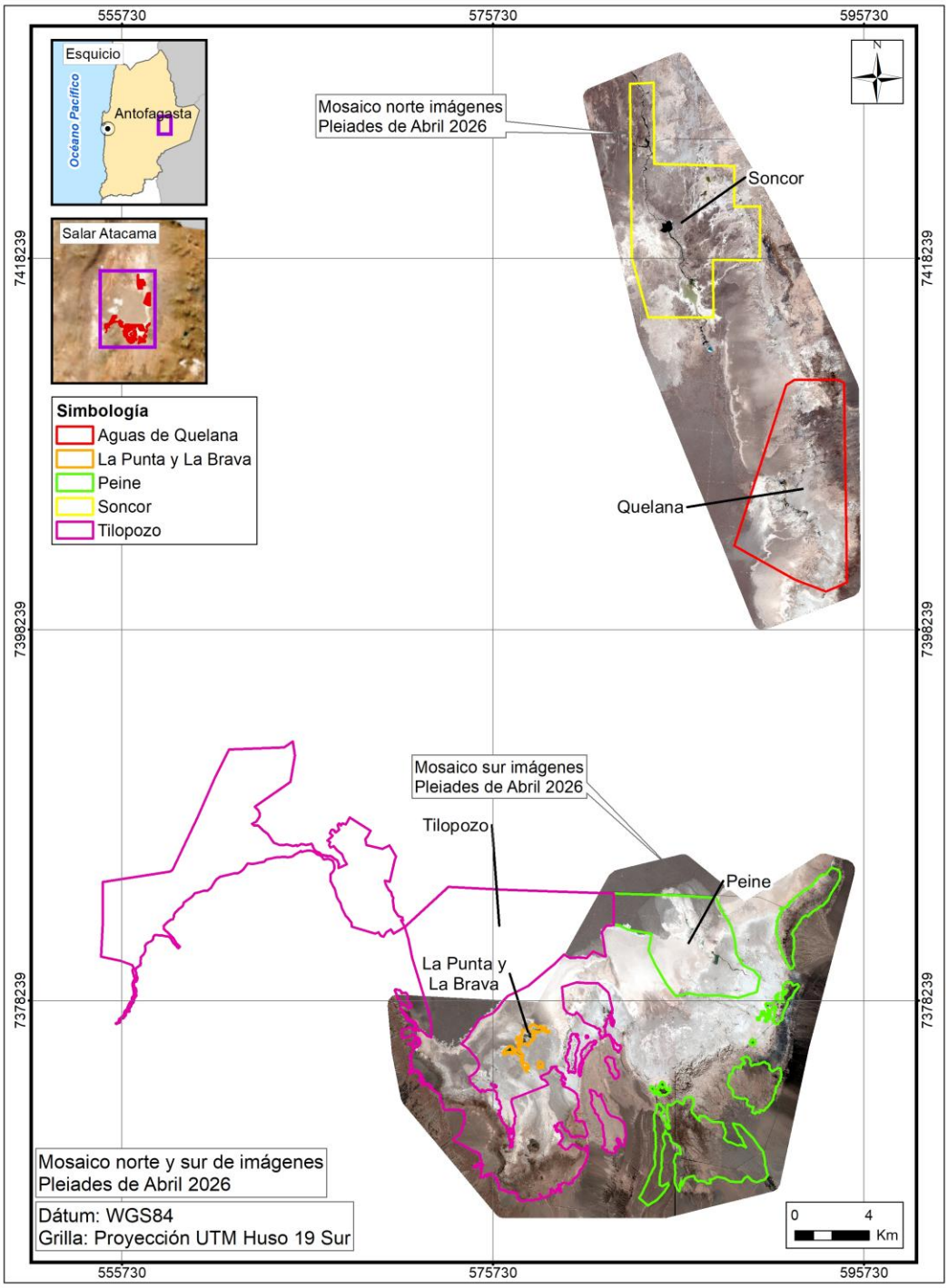
En cuanto a la vegetación del Salar, según lo descrito por Gajardo (1993), el territorio se encuentra inserto en la Región del Desierto, específicamente en el área que corresponde a la formación del Desierto del Salar de Atacama. Esta formación abarca la cuenca completa del Salar de Atacama, la que exhibe un paisaje muy homogéneo. Presenta grandes extensiones carentes de vegetación, salvo en los bordes Este y hacia el Sur, en que se encuentran algunas comunidades esteparias desarrolladas. Estas comunidades son: de *Atriplex atacamensis – Tessaria absinthioides* (Cachiyuyo – Brea), de *Acantholippia*

[9] Con el fin de homologar la sectorización a la establecida por el PMB, se decidió seccionar el área de Tilopozo en dos subsectores: *La Punta y La Brava,* y *Tilopozo*.
[10] En Quelana, el área de estudio de la COT se extendió con el fin de lograr describir de forma integral este ecosistema y por lo mismo, los límites del estudio se asimilaron a los contemplados en el monitoreo de cuerpos de agua en este sector.

punensis – Franseria meyeniana, de *Atriplex atacamensis – Acantholippia trifida* y la de *Prosopis chilensis – Geoffroea decorticans*.

Por otro lado, considerando los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2017), el área del Salar se encuentra ubicada en el llamado Matorral Desértico Tropical Interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*: se manifiesta como un matorral alto, freatófilo, dominado por los arbustos *Atriplex atacamensis*, *Tessaria absinthioides* y la gramínea *Distichlis spicata*. Su presencia asociada a los salares, estaría determinada por la existencia de una napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por la escasez de precipitaciones, a pesar de lo cual se ha considerado como una unidad independiente. Ocasionalmente es posible observar la presencia de los árboles espinosos *Prosopis alba* y *Geoffroea decorticans*. Debido a estar edáficamente condicionada no es posible reconocer comunidades zonales e intrazonales.

Figura N° 6-1. Área de estudio Vegetación y Flora



Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.2 Ubicación de puntos muestreo

En la **Tabla N° 6-1** se muestra el listado de los puntos de muestreo de esta componente con sus coordenadas geográficas. Cabe señalar que, para el seguimiento de la COT, no se contaba previamente en el marco del PMB con puntos de muestreo establecidos para su seguimiento semestral en terreno, por lo que se definieron a partir del monitoreo base MB0 en julio de 2016. Para dicha definición, se consideraron como primera referencia los puntos de inicio de las transectas (**ver sección 6.1.2.1)**, a los cuales se les aplicó la metodología COT de manera de poder obtener una cobertura más robusta y representativa del sistema a caracterizar. Todos estos puntos originales y adicionales ya han sido informados y analizados desde el en el Informe Anual Nº1 (2016-2017), hasta el Informe Anual N°9 (2024-2025) y también en los Informes Semestrales.

Para este monitoreo, correspondiente al décimo año de seguimiento, se levantó información de 60 puntos de monitoreo en invierno 2025 y 62 puntos de monitoreo en verano 2026, correspondientes a cada polígono sujeto a seguimiento definido en la COT y comprometidos para el seguimiento. Para el caso de invierno 2025, estos puntos COT corresponden a 27 puntos de transectas, más 25 puntos de monitoreo de vegetación, previamente definidos en campañas anteriores, más ocho puntos de monitoreo COT adicionales que fueron levantados en la campaña de verano 2022 (M12) para actualizar la cartografía de vegetación y adicionar transectas nuevos al seguimiento, las cuales se han replicado hasta este monitoreo. Cabe señalar, que en cuatro transectas del sector Soncor y Quelana (T14, T15, T16 y T17), y en cuatro puntos de vegetación en el sector de Soncor y Quelana (RPV015, CAC032, CAC034 y CAC036), no se realizó la validación del monitoreo COT por falta de autorización de la Administración CONAF para el ingreso al área de la Reserva Nacional Los Flamencos. Además de los puntos mencionados, el punto de monitoreo de vegetación JLS016 del sector Tilopozo tampoco se realizó en este monitoreo por las malas condiciones del camino de acceso, afectado por las lluvias ocurridas antes de la campaña de terreno (**Anexo Vegetación y Flora: sección 1.9 respaldo sobre actividades de terreno**). En el caso del verano 2026, los 62 puntos COT corresponden a 27 puntos de transectas, más 28 puntos de monitoreo de vegetación previamente definidos en campañas anteriores[11], más siete puntos de monitoreo COT adicionales que fueron levantados en la campaña de verano 2022 (M12). Cabe mencionar, que en M20 no se realizaron los puntos de seguimiento correspondientes a RPV015 y T14 en sector Soncor por restricciones de acceso a la zona, ya que CONAF se encontraba en resguardo de la avifauna por nidificación de flamencos. Adicionalmente, el ingreso al sector de La Punta y La Brava estaba restringido por mantención de caminos en mal estado, quedando sin muestreo los puntos T10 y TA33 en sector La Brava, T11 y T12 en sector La

11 Estos puntos fueron definidos en el monitoreo de verano 2017 (M2), post-ajuste metodológico de la COT. Cabe señalar que se levantó mayor cantidad de puntos COT durante esa campaña para validar la información de la vegetación, mediante el método COT, para ajustar cartográficamente los polígonos de vegetación del área de estudio, en base a la cartografía COT entregada en la línea base del Proyecto (2015).

Punta y CAC021 en sector Tilopozo (**Figura N° 6-1** y **Anexo Vegetación y Flora: Cartografía COT (Invierno 2025-Verano 2026**) y **Anexo Vegetación y Flora: sección 1.9 respaldo sobre actividades de terreno**).

Es importante señalar que, en base a los compromisos expuestos en el Anexo 2, Adenda 5 RWL, los puntos monitoreados son representativos de polígonos en las formaciones vegetales comprometidas: Herbazal de *Schoenoplectus californicus*, Herbazal de *Juncus balticus*, Herbazal de *Distichlis spicata*, Matorral de *Salicornia neei*[12] (ex *Sarcocornia fruticosa)*, donde se incorporó el polígono con codominancia de *Nitrophila atacamensis* (Formaciones Azonales); y el Matorral de *Tessaria absinthioides* (Formación Zonal); y que los puntos seleccionados hayan sido muestreados anteriormente en las campañas de validación COT (trazabilidad).

Debido a la extensión del área de estudio, las unidades cartográficas definidas para el monitoreo fueron recorridas mediante inspecciones vehiculares y pedestres, de acuerdo con los criterios de accesibilidad establecidos para cada subsector.

Tabla N° 6-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2025 y verano 2026

SUBSECTOR	CÓDIGO PUNTOS COT	CÓDIGO ASOCIADO A TRANSECTAS/COT	Coordenadas UTM (WGS84)	
			Este	Norte
Peine	PE010	CAC024	587738	7371289
	PE014	CAC028	591508	7378099
	PE015	CAC029	592690	7383248
	PE016	CAC030	591901	7383155
	PE017	CAC031	591476	7383136
	PE020	JLS023	585013	7373509
	PE022	JLS025	585727	7372392
	PE030	MPC001	584860	7373157
	PE029	RPV026	591440	7383173
	PE026	T01	584979	7373198
	PE025	T02	584864	7373653
	PE003	T03	584870	7373199
	PE004	T04	584450	7373358
	PE027	T05	587784	7369847
	PE028	T06	587249	7370627
	PE007	T07	587538	7370322
	PE008	T08	591329	7383068
	PE009	T09	591730	7383499

[12] Esta especie es identificada como *Sarcocornia fruticosa* desde la línea de base del Proyecto (2015) y así en informes posteriores asociados al PMB. Para efectos de actualizar el estatus taxonómico de la especie se cambia con su nombre actual *Salicornia neei*, de acuerdo con la revisión taxonómica sobre la subfamilia Salicornioideae en América del Sur (Brignone *et al*., 2021).

SUBSECTOR	CÓDIGO PUNTOS COT	CÓDIGO ASOCIADO A TRANSECTAS/COT	Coordenadas UTM (WGS84)	
			Este	Norte
	PE024	VPR003	585149	7373376
Tilopozo	TL015	CAC001	575683	7372556
	TL016	CAC002	574559	7372618
	TL022	CAC008	571517	7376668
	TL024	CAC010	576632	7370652
	TL025	CAC011	576303	7370302
	TL027	CAC013	576506	7370061
	TL029	CAC015	577770	7369319
	TL033***	CAC021	579309	7373995
	TL036	JLS001	575742	7371469
	TL039	JLS004	572401	7374900
	TL044	JLS009	577604	7370528
	TL047	JLS012	577553	7369903
	TL051**	JLS016	579936	7369678
	TL052	JLS020	580977	7375826
	TL001	T18	576735	7370058
	TL056	T19	577853	7370416
	TL003	T20	577581	7370304
	TL004	T21	579122	7370660
	TL005	T22	578107	7369841
	TL006	T23	578198	7369527
	TL057	T24	577922	7369310
	TL058	T25	577901	7369109
	TL009	T26	571909	7375029
	TL010	T27	571081	7377447
	TL011	T28	580249	7372583
	TL012	T29	577865	7370468
	TL013	T30	577602	7369977
	TL014	T31	576807	7369755
	TL060	TA40*	573523	7373535
	TL061	TA41*	578122	7370461
	TL062	TA42*	573384	7373565
	TL063	TA43*	577800	7369498
	TL064	TA44*	577761	7369861
	TL065	TA45*	577773	7369621
	TL066	TA46*	577733	7369710
	TL054	VPR001	575790	7371575
	TL055	VPR002	577758	7370522
La Punta y La Brava	LB003***	T10	577230	7374967

SUBSECTOR	CÓDIGO PUNTOS COT	CÓDIGO ASOCIADO A TRANSECTAS/COT	Coordenadas UTM (WGS84)	
			Este	Norte
	LP001***	T11	577546	7375994
	LP002***	T12	577872	7376446
	TL059***	T13	580099	7376130
	LB004***	TA33*	576411	7375393
Aguas de Quelana	QE005**	CAC032	594640	7401839
	QE006**	CAC034	594624	7402441
	QE008**	CAC036	594578	7403454
	QE001**	T15	593317	7403472
	QE002**	T16	591112	7405899
	QE003**	T17	591450	7405511

* Puntos COT nuevos, levantados en Monitoreo M12 para actualizar la cartografía de vegetación como parte del levantamiento del Monitoreo de Transectas Complementarias (MTC[13]) y repetidos desde M13 hasta M20.

**Sin muestreo en Monitoreo M19 por falta de acceso de acuerdo a coordinaciones con CONAF en Reserva Nacional Los Flamencos.

***Sin muestreo en Monitoreo M20 debido a malas condiciones de caminos, restringiendo el acceso a sectores de lagunas en La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

El parámetro de seguimiento utilizado en el análisis de vegetación en cumplimiento a lo dispuesto por la RCA corresponde a la **distribución y cobertura de vegetación azonal**, a través del método de carta de ocupación de tierras (en adelante COT) y los parámetros de **composición, riqueza y cobertura,** orientado a la **caracterización florística** de cada una de las transectas y por sector**.** Los parámetros analizados equivalen a la condición semestral estimada por sector, en base al seguimiento en invierno 2025 y verano 2026.

El levantamiento de la información y la clasificación de las formaciones vegetales, a través de la COT, describe la vegetación desde una perspectiva fisionómica, para lo cual se determinaron los siguientes elementos: especies dominantes, estratificación de especies según su altura, cobertura total de la formación y de especies dominantes, la posición topográfica y el grado de alteración de la vegetación, en cada punto COT relevado.

Para la estratificación se usan los cuatro tipos biológicos definidos por Godron *et al*. (1968) como base (herbáceo, leñoso bajo, leñoso alto y suculento) y sobre éstos se suma la información de las especies dominantes, las cuales se codificaron de acuerdo con la

[13] Revisar detalles del levantamiento de Monitoreo de Transectas Complementarias (MTC) en *Anexo Vegetación y Flora, MTC, PMB, Anual N9*.

metodología de COT, como muestra la **Tabla N° 6-2**, la cual sintetiza el modo de codificación de los tipos biológicos detectados en terreno.

Tabla N° 6-2. Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes

TIPO BIOLÓGICO	GÉNERO	ESPECIE	EJEMPLO
Herbáceo	Minúscula	Minúscula	*Baccharis juncea*: bj
Leñoso Bajo	Mayúscula	Minúscula	*Tessaria absinthioides*: Tb
Leñoso Alto	Mayúscula	Mayúscula	*Polylepis tarapacana:* PT
Suculento	Minúscula	Mayúscula	*Maihueniopsis boliviana:* mB

Fuente: Elaboración en base a Etienne & Prado (1982).

La altura de los estratos se codificó de acuerdo con los valores señalados en la **Tabla N° 6-3**.

Tabla N° 6-3. Categorías de altura empleadas para la vegetación

TIPO BIOLÓGICO	RANGO DE ALTURA (M)	CÓDIGO
Suculentas (S) Herbáceas (H) Arbustos (Leñoso Bajo: LB)	0 – 0,05	1
	0,05-0,25	2
	0,25 -0,50	3
	0,5 – 1	4
	1 - 2	5
	> 2	6
Árboles (Leñoso Alto: LA)	< 2	5
	2 - 4	6
	4 - 8	7
	8 - 12	8
	12 – 20	9
	20 - 32	10
	> 32	11

Fuente: Elaboración en base a Etienne & Prado (1982).

La cobertura de las especies se estima visualmente en terreno. Para cada unidad vegetal se registran las especies dominantes, la **Tabla N° 6-4** resume la codificación de las medidas de cobertura de acuerdo con la metodología empleada.

Tabla N° 6-4. Rango de valores para la cobertura vegetal

COBERTURA %	DENSIDAD	CÓDIGO	ÍNDICE
1 – 5	Muy escasa	me	1
5 – 10	Escasa	e	2
10 – 25	Muy clara	mc	3
25 – 50	Clara	c	4
50 – 75	Poco densa	pc	5
75 – 90	Densa	d	6

COBERTURA %	DENSIDAD	CÓDIGO	ÍNDICE
90 – 100	Muy densa	md	7

Fuente: Etienne & Prado (1982).

La caracterización de la posición topográfica de la vegetación se efectúa siguiendo el procedimiento utilizado para la generación del Catastro de Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF – CONAMA –BIRF, 1999). La **Tabla N° 6-5** presenta las diferentes categorías de posición topográfica utilizadas para los sectores monitoreados.

Tabla N° 6-5. Categorías de posición topográfica

CÓDIGO	POSICIÓN TOPOGRÁFICA
1	Terreno plano
2	Terraza
3	Cumbre escarpada
4	Cumbre redondeada
5	Alto ladera
6	Media ladera
7	Bajo ladera
8	Ladera escarpada
9	Depresión abierta
10	Depresión cerrada
11	Ladera
12	Lomajes
13	Dunas

Fuente: CONAF-CONAMA-BIRF (1999).

El grado de alteración de las formaciones vegetales, se determina visualmente en terreno de acuerdo con los criterios semicuantitativos establecidos en la **Tabla N° 6-6.**

Tabla N° 6-6. Caracterización del grado de alteración de la vegetación en las formaciones vegetales

GRADO DE ALTERACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO
Vegetación en estado natural	Estructura primaria no modificada. Composición florística autóctona y con individuos mayoritariamente sin daños por agentes bióticos o abióticos. Sin signos evidentes de intervención antrópica.	1
Vegetación alterada	Estructura primaria modificada. Composición florística principalmente autóctona. La vegetación puede presentar daños en los individuos (bióticos, abióticos y/o antrópicos) o evidencias de intervención antrópica hasta en un 30% de su cobertura. (Ej.: Explotación, corta, descepado; movimientos de tierra, presencia de caminos u otras interrupciones en la continuidad de las formaciones vegetales).	2
Vegetación deteriorada	Estructura primaria y composición florística modificada, con probable presencia de especies de origen alóctono. La vegetación puede presentar daños en los individuos (bióticos, abióticos y/o antrópicos) o evidencias de intervención antrópica, en más de un 30% de su cobertura.	3
Vegetación muerta	Sectores donde la cobertura vegetal (≥ 50%) se encuentra muerta (deterioro importante de los tejidos que impide una recuperación de los individuos), por lo que existe una pérdida de las características propias de la formación vegetal original.	4

Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.4 Materiales y equipos utilizados

Los implementos utilizados para el muestreo de vegetación son:

- Un navegador Garmin 20X ETREX en invierno y verano, para localizar los puntos de muestreo en el área de estudio. Además, se georreferenciaron con este GPS las coordenadas en UTM (Universal Transversal de Mercator), en Datum WGS 84 19S, de cada formación descrita.
- Un formulario tipo y cartografía de terreno.
- Cámara fotográfica. Se realizó un registro fotográfico de la formación vegetal, sistematizando la toma fotográfica con cuatro fotografías orientadas según los puntos cardinales.
- Imágenes satelitales. Las imágenes multiespectrales de alta resolución usadas en el presente estudio provienen del sensor Pleiades-1A y 1B, y en su conjunto conforman dos mosaicos, el primero en el sector norte que comprenden los sistemas lagunares de Soncor y Aguas de Quelana, y el segundo en el sector sur que corresponde a los sistemas de Tilopozo, La Punta y La Brava y Peine. En el caso del monitoreo de invierno 2025 se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución del sensor Pleiades-1A y 1B de agosto de 2025 y para el monitoreo de verano las imágenes del sensor Pleiades-1B de abril de 2026.

6.1.1.5 Metodología de muestreo

6.1.1.5.1 Diseño y tipo de muestreo

El tipo de muestreo utilizado corresponde al diseño estratificado-dirigido. Los estratos corresponden a los tipos de formaciones vegetales definidos por la COT. En estos estratos se localizaron los puntos de muestreo, cuya distribución espacial se realizó de manera dirigida por el especialista a cargo, de acuerdo con sus conocimientos y los criterios descritos continuación.

En primer término, los puntos de muestreos se distribuyeron de modo de abarcar la mayor diversidad vegetal del área, intentando interpretar, con al menos un muestreo, la mayor proporción de las unidades (polígonos) vegetales descritos en la línea de base del proyecto, con prioridad en las unidades azonales objeto de seguimiento.

6.1.1.5.2 Trabajo en terreno

El trabajo de terreno tiene como propósito ejecutar el diseño de muestreo preparado en gabinete para recabar los registros de vegetación en los sectores de estudio.

El relevamiento, según este método considera el siguiente procedimiento para el catastro de información:

- Validación en terreno de la delimitación de unidades cartográficas (realizada mediante fotointerpretación en gabinete, sobre los polígonos descritos en la COT de este periodo);
- En cada unidad cartográfica, estratificación de la comunidad vegetal según tipo biológico y determinación en cada estrato de las especies dominantes, definidas como aquellas especies que presentan el mayor porcentaje de cobertura (Etienne & Prado 1982);
- Caracterización en términos estructurales de cada unidad cartográfica con vegetación: registro de la cobertura por tipo biológico y, para las especies dominantes, de su altura y cobertura vegetal;
- Reconocimiento de la composición florística de cada unidad descrita;
- Determinación cualitativa del relieve y la topografía de la unidad.
- Reconocimiento de los atributos que describen el estado de la vegetación, orientado a determinar su grado de alteración en cada unidad cartográfica.

Considerando la extensión del área de estudio, se recorrieron en vehículo y en forma pedestre, las unidades cartográficas más representativas de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio, que estuvieran ubicadas en lugares accesibles y/o libres de peligros.

6.1.1.5.3 Delimitación y atributación de formaciones vegetales

Para fines del monitoreo, desde la información COT se ajusta la escala de trabajo de línea de base, a una escala con mayor nivel de detalle, necesaria para el seguimiento del subcomponente, de manera de percibir adecuadamente la variabilidad ambiental a lo largo del monitoreo.

Este proceso de aumento en el detalle de la COT incluye la delimitación de las unidades homogéneas de vegetación (polígonos) mediante fotointerpretación a la escala de trabajo 1:2.000. Esta escala permite reconocer con mayor precisión los límites naturales disminuyendo cortes abruptos en el análisis cartográfico. Luego se realiza la clasificación/atributación de dichas unidades, según los tipos de recubrimiento de suelo, los que se subdividen a su vez de acuerdo con el tipo de formación vegetal según se listan en la **Tabla N° 6-7**.

El proceso inicial de fotointerpretación se realiza a través de la plataforma SIG, en el software ArcGIS versión 10.8, usando imágenes multiespectrales de alta resolución, las cuales provienen del satélite Pleiades-1A y 1B (píxel de 2 metros).

Los polígonos resultantes son atributados según la nomenclatura que se define en la **Tabla N° 6-7** y **Tabla N° 6-8,** para obtener una caracterización acorde al análisis de la vegetación azonal hídrica. Esta nomenclatura, se basa en la metodología de la COT (Etienne & Prado 1982).

En relación con la atributación de las unidades cartográficas de la COT a continuación, se describen los distintos niveles de análisis, los cuales se utilizan para las clasificaciones de recubrimiento de suelo y sus tipos de vegetación:

I. **Unidad cartográfica (UC)**: corresponde a un polígono de la cartografía COT. Su código identificatorio es único.
II. **Unidad vegetal (UV)**: conjunto de unidades cartográficas que tienen atributos comunes en términos de la COT, referido al tipo de formación vegetal u otro recubrimiento del suelo, coberturas por tipo biológico y especies dominantes.
III. **Formación vegetal**: conjunto de plantas, de una o varias especies, que comparten características de forma y comportamiento (Godron, Daget & Emberger, 1968; Etienne & Prado, 1982). Estas características incluyen aspectos estructurales de abundancia, estratificación y cobertura, es decir, es la expresión de la flora en un área determinada, más la dimensión de abundancia, estratificación y dominancia, entre otras. Este enfoque, de tipo fisonómico, está basado en los conceptos de estratificación (referido a la disposición vertical de la vegetación) y cobertura, lo cual permite dar una imagen de la disposición vertical y horizontal de las especies en terreno (*in situ*).
IV. **Tipo de formación vegetal**: conjunto de formaciones vegetales reunidas en base a la representatividad de sus tipos biológicos en términos de dominancia. Esta clasificación se realiza con el fin de hacer un análisis con enfoque ecológico a la vegetación y se diseñó a partir de las categorías del uso de suelo definidas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 1999) y de la clasificación de la vegetación de Chile según distintos autores (Gajardo 1994; Luebert & Pliscoff 2017). La **Tabla N° 6-7** lista los tipos de formaciones utilizados.
V. **Recubrimiento de suelo**: zonificación de los tipos de formaciones vegetales y otras coberturas de la superficie terrestre. Esta clasificación fue realizada a partir de las categorías de uso de suelo[14] definidas para el Catastro y Evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile (CONAF 1999). La **Tabla N° 6-8** lista las categorías usadas en el presente estudio.
VI. **Tipo de recubrimiento de suelo**: conjunto de tipos de recubrimientos de suelo clasificados como vegetación u otros recubrimientos. Además, para los tipos “con vegetación”, ésta se divide en dos tipos según sus patrones de distribución:

[14] Uso de suelo: Categorías en base a la planificación, estado y regulaciones del uso de la tierra en Chile, que comprenden Áreas urbanas e industriales, Terrenos agrícolas, Bosques, Humedales, Áreas desprovistas de vegetación, Nieves y glaciares, Aguas continentales y Áreas no reconocidas (CONAF 1999).

a) *vegetación zonal*, cuando las formaciones vegetales presentan una distribución espacial que responde a elementos característicos de la zona, donde las condiciones climáticas regionales están plenamente expresadas.

b) *vegetación azonal*, cuando las formaciones vegetales presentan una distribución local y/o particular, independiente de las condiciones climáticas regionales, ya que responden a elementos específicos del sitio, como el tipo de suelo, sustrato o humedad (Luebert & Pliscoff, 2006; Font-Quer, 1965). Esta cobertura de vegetación está controlada fundamentalmente por el aporte de agua subterránea y condiciones climáticas regionales, los que las hace particularmente frágiles (MMA, 2011).

En “otros recubrimientos”, se distinguen tres recubrimientos de suelo que no presentan vegetación, ya sea por causas naturales (áreas desprovistas de vegetación) o por causas antrópicas (áreas industriales), y en el caso de los cuerpos de agua que corresponden a lagunas dentro del salar.

Tabla N° 6-7. Categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación en terreno

RECUBRIMIENTO			TIPO DE FORMACIÓN O RECUBRIMIENTO	Código
Tipo de vegetación o recubrimiento	**Línea de Base**	**Homologación en Monitoreo/ Seguimiento**		
VEGETACIÓN ZONAL	Formación matorral	Matorrales	Matorral	4.1
VEGETACIÓN AZONAL	Formación herbazal	Humedales	Vega	5.1
	Formación matorral	Matorral - humedal	Matorral hídrico	6.1
			Matorral hídrico - Vega	6.2
			Matorral - Vega	6.3
OTROS RECUBRIMIENTOS	Misceláneos	Áreas industriales	Centros industriales	1.1
			Suelos removidos	1.2
	Humedales	Cuerpos de agua	Lagunas, Lagos, Embalses	2.1
	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas desprovistas de vegetación	Salares	3.1
			Áreas denudadas	3.2

Dónde: Código es con el que se identifican los tipos de formación por recubrimiento de suelo en formularios de terreno y cartografía COT.
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 6-8. Definición de categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones con presencia en el área de estudio

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
RECUBRIMIENTOS DE SUELO	
Áreas industriales[1]	Sectores ocupados por instalaciones industriales, caminos y/o suelos removidos por maquinaria pesada. Pueden desarrollarse especies nativas en estas áreas, pero sus coberturas son inferiores a un 5%, con una distribución heterogénea en las unidades.
Áreas desprovistas de vegetación[1]	Sectores donde la cubierta vegetal es nula o se limita a individuos aislados, que en conjunto no superan el 5% de cobertura. Se encuentran en esta categoría salares y áreas denudadas por efectos de erosión natural. Es importante considerar, que en estas unidades se puede presentar una cobertura vegetal (muy escasa), pero que no llega a conformar vegetación, tanto por la baja cobertura y por su distribución heterogénea dentro de la unidad.
Cuerpos de agua[1]	Es el curso o volumen de agua natural o artificial, saladas o dulces, oceánicas o continentales superficiales, móviles o estancadas, que cubre parte del territorio, individualizable por sus características naturales, sus usos o por sus límites administrativos. Dentro de esta categoría se encuentran lagos, lagunas o embalses y ríos.
Matorrales[4 y 7]	Superficies cubiertas con vegetación donde predomina el tipo biológico arbustivo. Se incluyen distintos tipos de formaciones dependiendo de la dominancia que tenga el estrato arbustivo y los otros estratos acompañantes y/u otras características ecológicas particulares.

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
RECUBRIMIENTOS DE SUELO	
Humedales[6]	Superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, y con desarrollo de vegetación, en la que domina el tipo biológico herbáceo con coberturas que pueden alcanzar el 100%. Se incluyen vegas, matorrales hídricos o formaciones mixtas que incluyen combinaciones de las formaciones anteriores.
Matorral – Humedal[6]	Superficies cubiertas por vegetación mixta entre formaciones de los recubrimientos matorral y humedal, donde la cobertura del tipo biológico arbustivo y del tipo herbáceo es similar, y están asociadas a disponibilidad superficial de agua de manera permanente o estacional, o donde la cobertura del tipo biológico arbustivo es dominante en superficies asociadas a disponibilidad superficial de agua de manera permanente o estacional. Se identifica el tipo Matorral hídrico y podría presentarse la formación mixta Matorral - Vega.
TIPOS DE FORMACIONES	
Matorral[1,2, 3 y 4]	Formación vegetal donde predominan especies arbustivas o arbóreas, el tipo biológico arbóreo constituyendo una cobertura de copa menor al requerido en la definición legal de bosque nativo. El tipo biológico arbustivo es dominante y puede variar entre 5 a más del 75% de cobertura; y el tipo biológico herbáceo puede estar entre 0 y 100%.
Matorral hídrico[5]	Formación vegetal donde el tipo biológico arbóreo es menor al 5%, el arbustivo es dominante y puede variar entre 5 a más del 75%; y el tipo biológico herbáceo puede estar presente, entre 0 y 100%. Corresponde a formaciones asociadas a disponibilidad superficial de agua de manera permanente o estacional.
Vega[6]	Formación vegetal donde predomina la cobertura del tipo biológico herbáceo, que puede variar entre 5 a más del 90% de cobertura; y el tipo biológico arbustivo puede estar presente bajo un 5 % de cobertura. Se caracteriza por presentar plantas rizomatosas dominantes con un crecimiento <40 cm de altura, en sustratos con acumulación muy variable de materia orgánica y un contenido de humedad variable alcanzando al menos su capacidad de campo en periodo estival, o con baja saturación a completamente saturados en vegas salinas.

Dónde: (1): CONAF, CONAMA y BIRF (1999); (2): Luebert y Pliscoff (2006); (3): Etienne y Prado (1982); (4) CONAF (2014), Guía de Evaluación Ambiental; (5) Faúndez (2013); (6) Definición simplificada por Cedrem Consultores en base a las referencias Ahumada y Faúndez (2009), CONAF, CONAMA y BIRF (1999) y Documento informativo Ramsar No.1 (1971); (7): Cedrem Consultores.
Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.6 Metodología de cálculo y análisis

6.1.1.6.1 Análisis de vegetación

Toda la información recogida en el muestreo es ordenada y almacenada digitalmente en una base de datos de consulta, sobre la información ya recogida para el componente en la línea de base del proyecto.

Posteriormente, se desarrolla un trabajo de revisión y sistematización de la información, comparando la información proveniente de los formularios con los registros de COT y de flora para las especies dominantes con nombres científicos verificados, y las fotografías de terreno. Esto, en conjunto con las observaciones provenientes de terreno, permitió validar o reclasificar las distintas unidades homogéneas catastradas en los tipos de recubrimiento de suelo y los tipos de formaciones vegetales, señalados anteriormente en la **Tabla N° 6-7**.

A partir de los registros relevados en las unidades cartográficas, se construye una base de datos y una cobertura digital en formato *shape* de la cartografía COT. De esta manera, se caracterizó la vegetación (u otro recubrimiento si correspondiese), incluyendo los siguientes aspectos y atributos:

- *Información de referencia*: código punto de muestreo, coordenadas UTM y altitud, sector del proyecto;
- *Atributos de caracterización de la vegetación:* recubrimiento del suelo, tipo de formación, formación vegetal, especies dominantes y rango de cobertura por tipo biológico; rangos de altura y cobertura por especie dominante;
- *Atributos topográficos de sitio*: altitud, posición topográfica, exposición y pendiente;
- *Atributos ambientales*: grado de alteración.

A continuación, se describen los procesos llevados a cabo para analizar la información en gabinete, y así describir en los sectores de muestreo, los atributos de la vegetación recientemente listados:

a) Codificación de las unidades vegetales y cartográficas

La Unidad Vegetal (UV) corresponde al conjunto de unidades cartográficas homogéneas, que comparten los mismos atributos de recubrimiento de suelo, tipo de formación, estructura y composición según nomenclatura COT. En formaciones vegetales, específicamente comparten valores de coberturas por tipo biológico y especies dominantes.

La codificación UV corresponde a un código mixto de letras y números: las primeras letras aluden al proyecto (ALB) las que, además, van acompañadas por un número identificador de la UV (ver ejemplos en la **Tabla N° 6-9**).

El segundo codificador identifica, con un código único, a cada una de las Unidades Cartográficas (UC) que componen una UV. Este código se encuentra en función del código UV al que pertenecen, acompañado de un número correlativo asociado al número de polígonos presentes en cada sector (ver ejemplos en la **Tabla N° 6-9**).

Tabla N° 6-9. Ejemplos de codificación de las unidades vegetales homogéneas según análisis de recubrimiento de suelo y tipo de formación según nomenclatura COT

Ejemplo	Recubrimiento de Suelo	Tipo Formación	Atributos COT		Ejemplo Codificación	
			Tipo biológico / Cobertura	Especies dominantes	UV	UC
1	Humedales	Vega	H2	sca	ALB-031	ALB-031-163
2	Humedales	Vega	H2	dp	ALB-030	ALB-031-161
3	Humedales	Vega	H2	dp		ALB-031-162
4	Matorral - Humedal	Matorral - Vega	LB3 H5	Tb dp	ALB-055	ALB-055-113
5	Matorral - Humedal	Matorral - Vega	LB4 H3	Tb dp	ALB-046	ALB-046-90

Dónde: COT: Carta de Ocupación de Tierras; Tipos biológicos: (LB): Leñoso bajo, (H): Herbáceo, (S) Suculento. Coberturas: (3): muy clara (10-25 %), (6): densa (75-90 %), (7) muy densa (90-100 %). Especies dominantes: sca: *Schoenoplectus californicus*, dp: *Distichlis spicata*, Tb: *Tessaria absinthioides*.
Fuente: Elaboración propia

b) Denominación de las formaciones vegetales

De las distintas UV identificadas, fueron agrupadas aquellas homogéneas en cuanto a la cobertura por tipo biológico y a las especies dominantes. Estas agrupaciones corresponden a las diferentes formaciones vegetales en el área de estudio, determinadas así por la representatividad del tipo biológico y las especies dominantes en cada estrato. En la **Tabla N° 6-10,** se observan algunos ejemplos de cómo se denominan finalmente las formaciones vegetales, siguiendo los ejemplos de codificación de la UV que fueron presentados en la **Tabla N° 6-9.**

Tabla N° 6-10. Ejemplos de la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la codificación de las unidades vegetales (UV)

Ejemplo	Código UV	Descripción UV	Formación Vegetal
1	ALB-033	Vega muy clara	Vega de *Juncus balticus*
2	ALB-020	Vega clara	
3	ALB-021		
4	ALB-052	Matorral escaso -Vega muy claro	Matorral - Vega de *Lycium humile* y *Juncus balticus*
5	ALB-056	Matorral muy claro -Vega claro	

Fuente: Elaboración propia

Se consideró esta denominación con el objeto de facilitar la comprensión de los análisis e interpretación de los resultados, por lo que sólo se traduce en una adaptación de la propuesta metodológica original de la COT, ya que establece la denominación de la formación por el uso del tipo biológico dominante seguido por su estratificación y cobertura (ej. formación leñosa alta muy escasa), de manera que su comprensión es más directa, y facilita la interpretación para fines del seguimiento de las formaciones vegetales. En la **Tabla N° 6-11** se muestran algunos ejemplos comparativos.

Tabla N° 6-11. Ejemplos comparativos para la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la nomenclatura COT

Ejemplo		Definición
1	*Nomenclatura COT*	Formación herbácea muy clara (H3).
	Nomenclatura Proyecto	Vega de *Distichlis spicata* (H3)
2	*Nomenclatura COT*	Formación leñosa baja muy clara (LB3) - Formación herbácea baja muy clara (H3).
	Nomenclatura Proyecto	Matorral - Vega de *Lycium humile* y *Distichlis spicata* (LB3 H3)

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se definió una segunda categoría denominada “agrupación”, la cual asocia algunas formaciones vegetales identificadas en el área de estudio en función de sus especies dominantes. Esta agrupación se relaciona a lo comúnmente llamado comunidad vegetal en descripciones bibliográficas. El objetivo de esta clasificación es simplificar la descripción al lector y revisor del componente, ya que formaciones vegetales similares tienden a dividirse en muchas unidades debido a características específicas de su composición florística, a la escala de trabajo de la fotointerpretación y a la delimitación de las unidades homogéneas de la vegetación del sector.

En la **Tabla N° 6-12** presentan ejemplos referenciales para entender a qué se refiere esta agrupación de formaciones vegetales. Cabe señalar, que siempre que estas formaciones se encuentren dentro de una agrupación, las mismas se nombran “con dominancia de” para diferenciarlas de aquellas no incluidas en esta categoría.

Tabla N° 6-12. Ejemplo de agrupación de formaciones vegetales

Nombre de la agrupación	Nombre de la Formación vegetal
Matorral -Vega con dominancia de *Lycium humile*	Matorral - Vega de *Lycium humile* y *Distichlis spicata* Matorral - Vega de *Lycium humile*, *Distichlis spicata,* y *Schoenoplectus californicus* Matorral - Vega de *Lycium humile* y *Juncus balticus*
	Matorral - Vega de *Lycium humile*, *Juncus balticus, y Distichlis spicata* Matorral - Vega de *Lycium humile*, *Schoenoplectus californicus,* y *Juncus balticus* Matorral - Vega de *Lycium humile,* Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa),* *Distichlis spicata*, y *Baccharis juncea*

Fuente: Elaboración propia.

c) Interpretación de las alturas y coberturas por tipo biológico

Sobre las denominaciones y descripciones de la vegetación, es importante recordar que cada formación vegetal o agrupación de formaciones vegetales está constituida de una a varias unidades cartográficas. Es por esto, que una formación vegetal o agrupación, presenta generalmente una variabilidad en la cobertura de las especies dominantes que componen un tipo biológico y/o de las alturas para los estratos por tipo biológico.

Atendiendo a esto, para la presentación de los resultados COT en la descripción de la vegetación se entrega el rango de altura y de cobertura identificado para todas las unidades descritas en una formación vegetal, así como la mediana dentro de este rango para identificar los valores más recurrentes para tales características.

Por ejemplo, una formación vegetal dominada por un estrato arbustivo (Matorral de *Ephedra breana*) puede presentar una altura variable del estrato arbustivo entre 5 y 50 cm de altura, pero una mediana entre 25 y 50 cm. Y para la cobertura, se puede dar el caso que presente una variabilidad entre 10 y 75% de cobertura vegetal en el estrato arbustivo, pero con valor recurrente (mediana) de entre 25 y 50%, que correspondería a una cobertura clara. En la **Tabla N° 6-13** se describen algunos ejemplos de cómo se presentan los resultados COT.

Tabla N° 6-13. Ejemplos de descripción de formaciones vegetales: rangos de altura y de cobertura identificados en las unidades descritas y su mediana (valores recurrentes)

Formación vegetal	**Especies dominantes**	**Altura Vegetal Mediana (Rango)***		**Cobertura Vegetal Mediana (Rango)***	
		LB	**H**	**LB**	**H**
Matorral con dominancia de Ad	Ad Aa Ai cis cid	4(2-5)	2(1-2)	3	4
Matorral de Ai	Ai cid	3	3	3	2
Matorral con dominancia de Eb	Eb dp	4(2-5)	2	2(2-3)	2

*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante resumir, que en el contexto de toda la explicación metodológica realizada sobre el seguimiento de la COT para este Proyecto, el ajuste metodológico fue inicialmente un requerimiento esencial para una apropiada descripción de las formaciones vegetales y entender la composición comunitaria de éstas, además de una delimitación de los polígonos más ajustada a las características que la metodología define y para efectos de ser utilizada en el seguimiento de la COT y de la superficie de vegetación activa.

Por otro lado, la actualización de la COT, en ajuste de límites y en algunos casos cambios de estructura en la composición de cobertura y/o especies dominantes es propia de la actualización de este insumo, teniendo en consideración que los principales *ajustes cartográficos* corresponden a ajustes espaciales de la COT que fueron realizados por diversas razones, pudiendo reconocer tres grandes hitos para la identificación de los principales cambios:

a) Principalmente, los primeros ajustes fueron realizados en el monitoreo de verano 2017 (M2) dada la necesidad de una actualización en las denominaciones de las formaciones vegetales en términos de la dominancia de las especies y también por el ajuste y afinación de la COT.

b) Cabe señalar que siempre se dan cambios en algunas unidades cartográficas (polígonos) debido a la denominación de las formaciones por los cambios estacionales de algunas especies dominantes o bien al ajustar algunos límites de cada polígono, ya sea por afinación con la imagen satelital (*ej. lo que ocurre para delimitar lagunas si se observan cambios estacionales*) o bien, por ajuste cartográfico observado en terreno o con la imagen satelital o en el caso de formaciones afectadas por incendios donde se han detectado cambios temporales a menor escala de tiempo.

c) En el verano 2022 (M12) debido a la incorporación voluntaria de las Transectas Complementarias (MTC), hay puntos nuevos de validación COT en zonas no visitadas anteriormente.

6.1.1.7 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El Monitoreo 19 (M19) de invierno 2025 se llevó a cabo en una campaña de terreno, tanto para el levantamiento y validación COT, como para transectas de flora, ejecutada entre los días 5 y 12 de agosto de 2025.

El Monitoreo 20 (M20) de verano 2026 se llevó a cabo en una campaña de terreno, tanto para el levantamiento y validación COT, como para transectas de flora, ejecutada entre los días 07 y 14 de abril de 2026.

6.1.2 FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS)

6.1.2.1 Ubicación de puntos muestreo

Para el presente informe, se consideraron las 31 transectas establecidas durante el Monitoreo Base 0 (RWL-Cedrem agosto 2016) del subcomponente Flora y Vegetación del proyecto y que fueron ubicadas atendiendo a las transectas propuestas en cumplimiento de la Resolución de Calificación Ambiental (Res Ext N° 0021/2016) que aprobó el proyecto “Estudio de Impacto Ambiental: Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”.

Específicamente en marco del “Informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación de Transectas (Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016)”, éste fue aprobado a través del Ord. SAG N°315/2016. “Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL”, el cual determina el número y ubicación de las transectas y su metodología para la evaluación pre-operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales del Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

Cabe recordar, que el programa de monitoreo mencionado en el párrafo anterior, para el subcomponente de flora y vegetación propuestos en el Plan de Manejo Biótico (RCA y Adenda 5), incluía 24 estaciones o puntos de monitoreo, con 10 puntos en el sector de Peine y 14 puntos en el sector La Punta - La Brava, sector que incluye los subsectores de La Punta, La Brava y Tilopozo.

Posteriormente, se incluyeron siete puntos como áreas de control de la vegetación en sectores de laguna como parte del Plan de Manejo Biótico, desde el inicio del seguimiento, correspondientes a las transectas T10 (La Brava), T11 y T12 (La Punta), T14 (Soncor) y T15, T16 y T17 (Aguas de Quelana), ver **Tabla N° 6-14.**

Cabe destacar que la transecta T14 en Soncor no se ha tenido acceso desde el primer monitoreo, principalmente por daños en el camino de acceso vehicular, e inundaciones en el acceso a la transecta, siendo interpretada a distancia en varios monitoreos, con un punto de monitoreo COT (RPV015), corroborando su fisionomía de área desprovista de vegetación (salar). No obstante, debido a restricciones de acceso, por parte de CONAF, no se realizó esta validación en los monitoreos M19 o M20.

Las 31 transectas del PMB se encuentran ubicadas en áreas con presencia de formaciones vegetales sensibles a la alteración del suministro hídrico; en el área de estudio existen tanto formaciones vegetales hidrófilas sensibles a la alteración del suministro hídrico (herbazales de *Schoenoplectus californicus* y de *Juncus balticus*), como grandes extensiones de formaciones de especies halófitas (herbazal de *Distichlis spicata* y de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*). Se distribuyen en seis subsectores dentro del área de seguimiento propuesta por el proyecto. En relación con su distribución, de las transectas del PMB 14 de ellas se encuentran en el subsector Tilopozo, nueve en el sector de Peine, tres en el subsector La Punta, una en el subsector La Brava, tres en el sector Aguas de Quelana y una en el sector Soncor (**Figura N° 6-2**).

En la **Tabla N° 6-14** se presentan las coordenadas de las transectas realizadas para el monitoreo biológico del subcomponente flora y vegetación, considerando además la asociación con los puntos originales propuestos en el Plan de Manejo Biótico (RCA y Adenda 5) y en **Figura N° 6-3, Figura N° 6-4, Figura N° 6-5, Figura N° 6-6** y **Figura N° 6-7** se indica la localización de las transectas por subsector.

Tabla N° 6-14. Coordenadas de las transectas de monitoreo del Plan de Manejo Biótico del subcomponente Flora y Vegetación, en los sectores de estudio

SUB-SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
Peine	VB01	Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	T01	T01i	584979	7373198	2.307	SE
				T01f	585029	7373195		
			T02	T02i	584864	7373653	2.311	SE
				T02f	584886	7373611		
			T03	T03i	584870	7373199	2.312	NO
				T03f	584822	7373214		
			T04	T04i	584450	7373358	2.307	SO
				T04f	584440	7373310		
	VB02	Matorral de *Tessaria absinthioides*	T05	T05i	587784	7369847	2.329	NE
				T05f	587787	7369896		
			T06	T06i	587249	7370627	2.324	SE
				T06f	587291	7370598		
			T07	T07i	587538	7370322	2.323	SE
				T07f	587589	7370321		
	VB03	Herbazal de *Distichlis spicata*	T08	T08i	591329	7383068	2.304	SO
				T08f	591304	7383026		
			T09	T09i	591730	7383499	2.301	SE
				T09f	591734	7383449		
La Brava	VLB2	Herbazal de *Triglochin concinna*	T10***	T10i	577230	7374967	2.302	NE
				T10f	577264	7375004		
La Punta	VLP1	Herbazal de *Triglochin concinna*	T11***	T11i	577546	7375994	2.298	SE
				T11f	577557	7375945		
	VLP2	Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*	T12***	T12i	577872	7376446	2.305	NO
				T12f	577827	7376471		
	VLP3	Herbazal de *Juncus balticus*	T13	T13i	580099	7376130	2.304	NE

SUB-SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
				T13f	580149	7376130		
Soncor	VS*	Área desprovista de vegetación	T14**	T14i	585970	7418664	2.300	SO
				T14f	585937	7418624		
Quelana		Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*	T15**	T15i	593317	7403472	2.301	SO
				T15f	593279	7403439		
	VQ*	Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*	T16**	T16i	591112	7405899	2.296	NE
				T16f	591159	7405919		
			T17**	T17i	591450	7405511	2.299	SO
				T17f	591402	7405498		
Tilopozo	VT1	Herbazal de *Juncus balticus*	T18	T18i	576735	7370058	2.306	SO
				T18f	576733	7370008		
	VT2	Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	T19	T19i	577853	7370416	2.307	SO
				T19f	577828	7370372		
		Herbazal de *Distichlis spicata*	T20	T20i	577581	7370304	2.307	SE
				T20f	577629	7370300		
	VT3	Herbazal de *Distichlis spicata*	T21	T21i	579122	7370660	2.305	SO
				T21f	579074	7370655		
	VT4	Herbazal de *Distichlis spicata*	T22	T22i	578107	7369841	2.306	SO
				T22f	578068	7369811		
		Matorral de *Tessaria absinthioides*	T23	T23i	578198	7369527	2.307	SO
				T23f	578153	7369506		
			T24	T24i	577922	7369310	2.310	SO
				T24f	577879	7369283		
			T25	T25i	577901	7369109	2.311	SO
				T25f	577851	7369103		
	VT5	Herbazal de *Distichlis spicata*	T26	T26i	571909	7375029	2.303	SE
				T26f	571931	7374985		

SUB-SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
	VT6	Herbazal de *Distichlis spicata*	**T27**	T27i	571081	7377447	2.304	NO
				T27f	571031	7377448		
	VTM1*	Herbazal de *Distichlis spicata*	**T28**	T28i	580249	7372583	2.309	SE
				T28f	580295	7372564		
	VT2	Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	**T29**	T29i	577865	7370468	2.308	SO
				T29f	577823	7370437		
	VT1	Herbazal de *Juncus balticus*	**T30**	T30i	577602	7369977	2.309	NE
				T30f	577604	7370026		
			T31	T31i	576807	7369755	2.310	NE
				T31f	576807	7369807		

Dónde: Punto Asociado*: Puntos propuestos para monitoreo en el Plan de Manejo Biótico;

VTM1*: Cabe señalar que en Plan de Manejo Biótico (PMB 2015) esta transecta fue identificada para el sector Peine, la cual se muestra en el sector de Tilopozo para efectos del Seguimiento, por mayor cercanía a este sector, identificando la transecta T28 al sector Tilopozo;

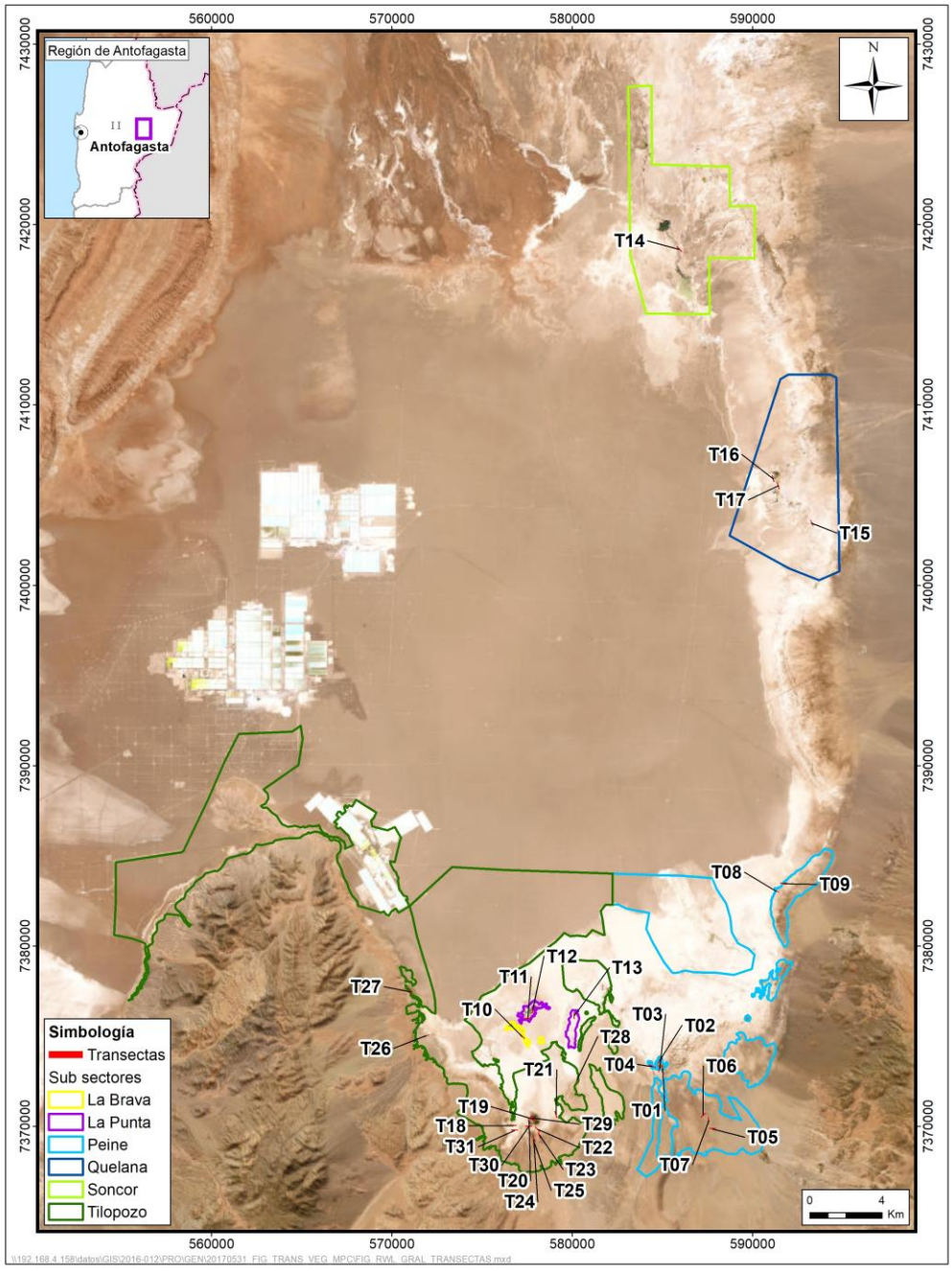
VQ* y **VS*:** Puntos asociados al Sector Soncor y Quelana en el informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación transectos de Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016), aprobado a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL; y el cual determina las transectas y su metodología para la evaluación pre-operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

****Sin muestreo en Monitoreo M19 el sector Aguas de Quelana y Soncor por falta de acceso de acuerdo con coordinaciones con CONAF en Reserva Nacional Los Flamencos.

*****Sin muestreo en Monitoreo M20 debido a malas condiciones de caminos, restringiendo el acceso a sectores de lagunas en La Punta y La Brava y en la Transecta T14 en sector Soncor por resguardo de la avifauna de acuerdo a restricciones de CONAF en la Reserva Nacional Los Flamencos.

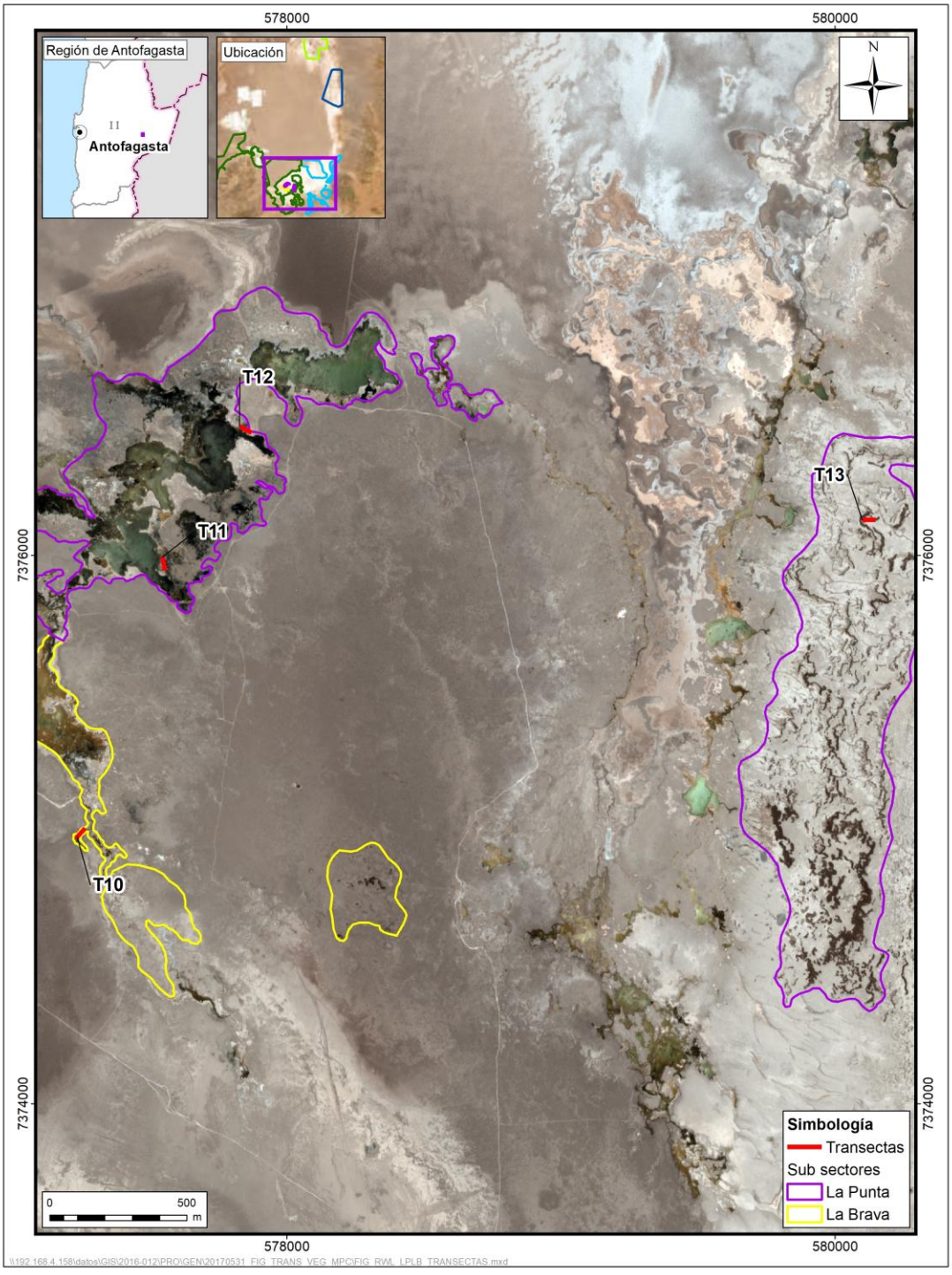
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-2. Localización general de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el área de estudio, Salar de Atacama



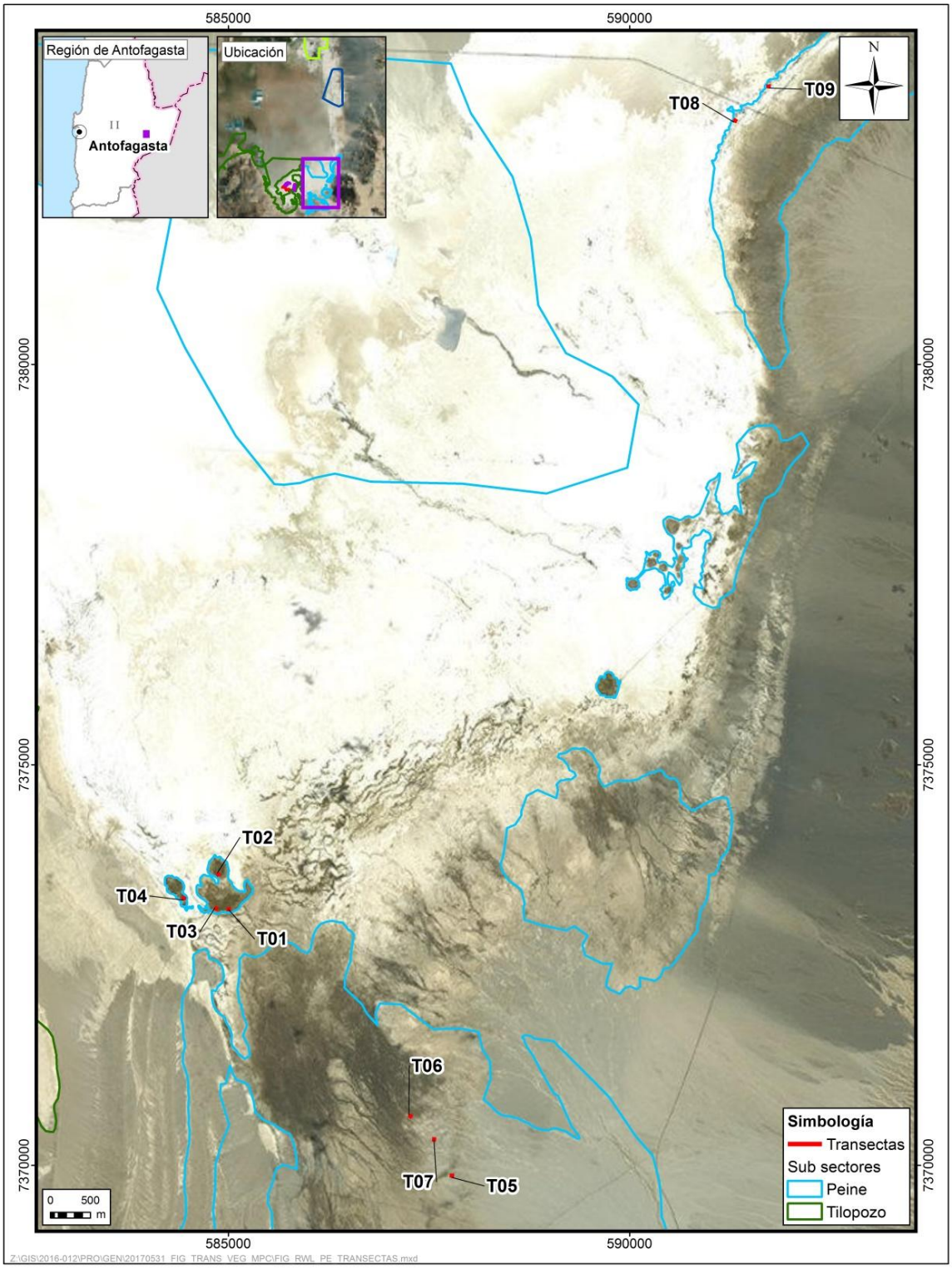
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-3. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en los subsectores La Punta y La Brava, Salar de Atacama



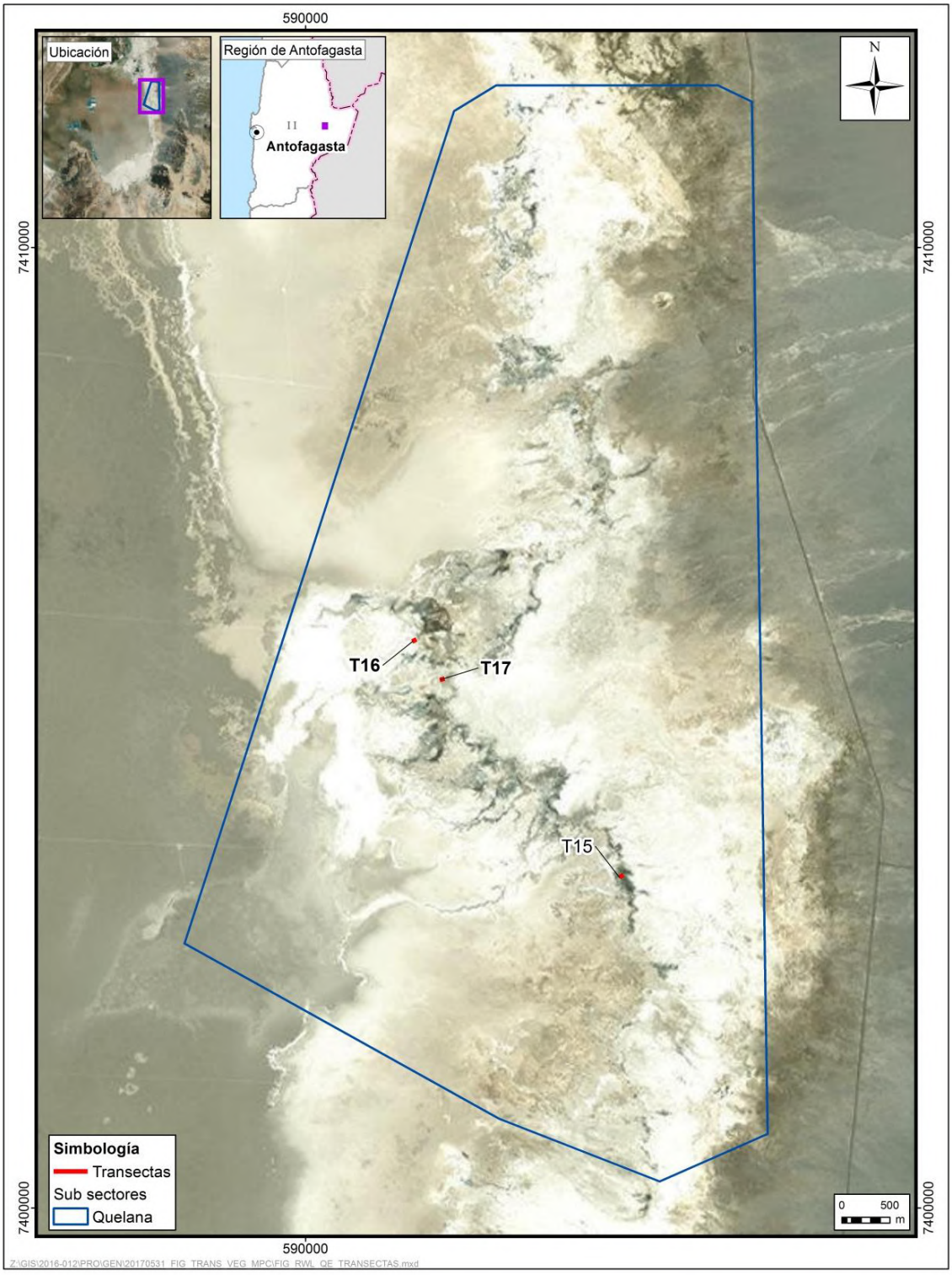
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-4. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Peine, Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-5. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Aguas de Quelana, Salar de Atacama



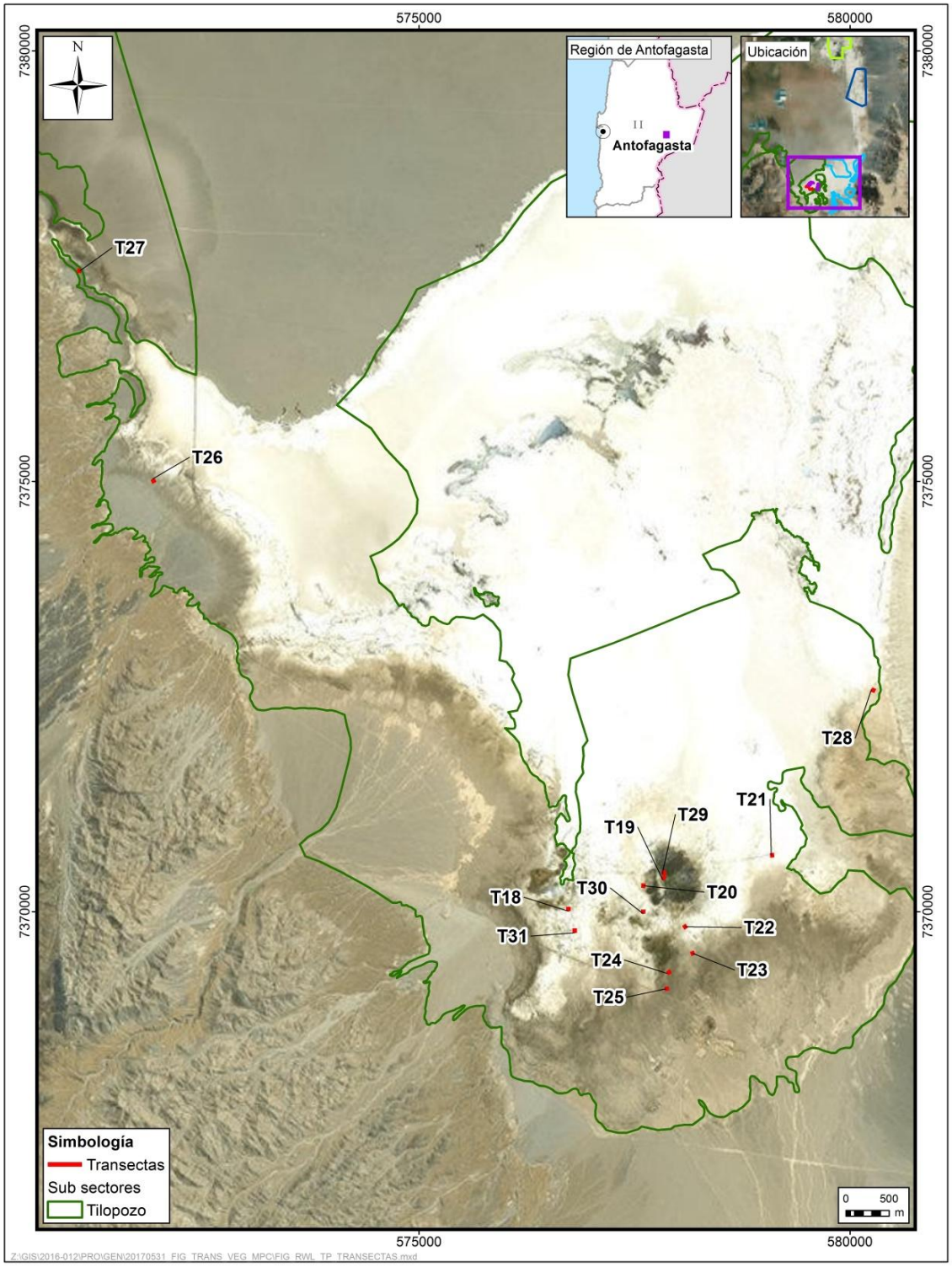
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-6. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Soncor, Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-7. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Tilopozo, Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo establecido en el Monitoreo Base 0 (RWL-Cedrem agosto 2016), en el área de estudio existen tanto formaciones vegetales hidrófilas sensibles a la alteración del suministro hídrico (herbazales de *Schoenoplectus californicus* y de *Juncus balticus*), como grandes extensiones de formaciones de especies halófitas (herbazal de *Distichlis spicata* y de *Sarcocornia fruticosa*). En la **Tabla N° 6-15**, se detallan el número de transectas definidas por sector y tipo de formación vegetal.

Tabla N° 6-15. Formaciones vegetales y número de transectas por sector

SECTOR	SUB-SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	No DE TRANSECTAS
La Punta-La Brava	Tilopozo	Herbazal de *Distichlis spicata*	6
		Herbazal de *Juncus balticus*	3
		Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	2
		Matorral de *Tessaria absinthioides*	3
	Total en subsector Tilopozo		**14**
	La Brava	Herbazal de *Triglochin concinna*	1
	Total en subsector La Brava		**1***
	La Punta	Herbazal de *Juncus balticus*	1
		Herbazal de *Triglochin concinna*	1*
		Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*	1*
	Total en subsector La Punta		**3**
Peine	Peine	Herbazal de *Distichlis spicata*	2
		Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	4
		Matorral de *Tessaria absinthioides*	3
	Total en subsector Peine		**9**
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*	3
	Total en sector Aguas de Quelana		**3***
Soncor	Soncor	Área desprovista de vegetación	1
	Total en subsector Soncor		**1***
Total			**31**

***** Transectas de control de la vegetación en sectores de lagunas, identificando su formación vegetal de acuerdo con validación de vegetación realizada en el monitoreo.
Fuente: Elaboración propia

6.1.2.2 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

En cumplimiento de lo dispuesto por la RCA que aprueba el proyecto, el análisis de datos del presente estudio estuvo orientado a la *caracterización florística* de cada una de las transectas y por sector, en cuanto a parámetros de: *composición, riqueza y cobertura*, respectivamente.

Además de la caracterización florística en las transectas, se analizaron parámetros de seguimiento complementarios, los cuales corresponden a: i) la condición de sustrato salino y/o agua, ii) la vegetación muerta (rastrojo).

6.1.2.3 Materiales y equipos utilizados

Los implementos utilizados por los especialistas para el muestreo en cada transecta son:

- Un navegador Garmin 20X ETREX en invierno y verano. Para localizar cada transecta en el área de estudio. Además, se georreferenció con este GPS las coordenadas de inicio y fin en UTM (Universal Transversal de Mercator), en Datum WGS 84 19S, con el fin de confirmar su ubicación.

- Huincha de medir de 50 metros de longitud. Para ubicar los puntos de intercepción a lo largo de la transecta, cada 0,1 m.

- Un formulario para el registro de los componentes de muestreo predichos.

- Cámara fotográfica. Se realizó un registro fotográfico de la formación vegetal, sistematizando la toma fotográfica con tres fotografías en las secciones inicial y final, y cuatro fotografías en la sección central, en cada transecta.

6.1.2.4 Metodología de muestreo

6.1.2.4.1 Aspectos generales

El método utilizado para el muestreo de la vegetación se basa en el **método de Carta de Ocupación de Tierras, en adelante COT**. Esta metodología se utiliza para validar la caracterización de la vegetación, estacionalmente, en los puntos de muestreo de las transectas, con respecto a la caracterización que se realiza a nivel general en el área de estudio con el muestreo de vegetación COT (ver en sección 6.1.1.5).

En cuanto a la caracterización de la flora, el **método utilizado fue el de "Intercepto de Puntos"** (ver ficha de terreno tipo en **Anexo Vegetación y Flora**), según lo establecido por el informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación de Transectas (Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016), el cual fue aprobado a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL; y el cual determina las transectas y su metodología para la evaluación pre-operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

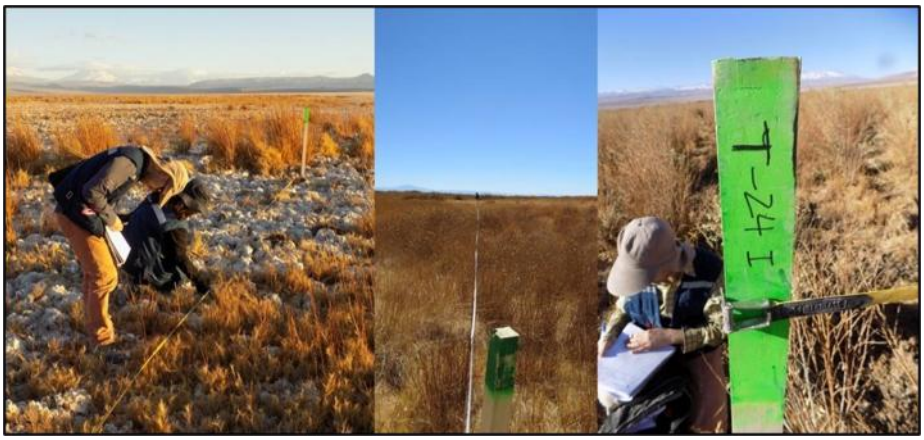
El método de intercepto de puntos en transectos, entrega una estimación de coberturas más precisas que el uso de grillas, para la misma cantidad de puntos muestreados

(Blackman, 1935; Goodall, 1952; Greg- Smith, 1983). Por lo anterior, el método de intercepto de puntos, basado en el método “point quadrat”, en este caso corresponde al catastro florístico en puntos separados cada 0,1 metros, a través de transectas lineales de 50 metros de longitud, asumiendo que la probabilidad en que un taxa intercepte la huincha es función de la cobertura (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). A partir de este método, se pueden calcular parámetros de riqueza y cobertura de especies en cada transecta.

6.1.2.4.2 Trabajo en terreno

El levantamiento de información se realizó en una campaña de terreno, donde se visitó y registró la información de las 31 transectas de monitoreo, de 50 metros de longitud, ubicadas y marcadas durante el Monitoreo Base 0 realizado en etapa de pre-operación del proyecto (RWL-Cedrem agosto 2016) **ver Fotografía N° 6-1.** Cabe recordar, que para el Monitoreo M19 se visitaron 27 de las 31 transectas por las restricciones explicadas para el ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos, al igual que en el Monitoreo M20 con el levantamiento de solo 27 transectas por la falta de acceso al sector de La Punta y La Brava y Soncor (**Tabla N° 6-14**).

Fotografía N° 6-1. Ejemplo de estaca en el punto inicial de las transectas de monitoreo en el área del Salar



Fuente: Elaboración propia

El relevamiento de información en las transectas se realiza en cada campaña estacional, y se divide en tres fases: i) validación de la formación vegetal, ii) registro de características físicas del terreno y iii) la caracterización de la flora.

En primer lugar, se verifica la formación vegetal de la transecta en base a la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT) modificada de Etienne & Prado (1982), en base a la caracterización de la vegetación realizada para toda el área de estudio según lo presentado en los resultados de vegetación (COT). En este proceso, se observaron y registraron los siguientes parámetros:

- El estrato biológico dominante (tipo de formación), permitiendo distinguir y clasificar los tipos biológicos presentes en la formación vegetal.
- Las especies dominantes, definidas como aquellas especies que presentan el mayor porcentaje de cobertura,
- La cobertura total de la transecta, que representa la proporción del terreno que es ocupada por la vegetación o por su proyección horizontal, y
- El grado de alteración de la vegetación, a través de un índice, en relación con su condición inicial o natural, y/o de su grado de intervención antrópica. Este grado se determinó visualmente en terreno de acuerdo con los criterios semi-cuantitativos señalados en la **Tabla N° 6-6.**

Paso seguido, se registran las siguientes características físicas del terreno correspondientes a:

- Altitud,
- Orientación de la transecta,
- Fisiografía correspondiente al tipo de sustrato y textura, tales como arcilla, arena, costra salina, terroso, entre otras,
- Contenido de humedad del suelo, según clasificación presentada en la **Tabla N° 6-16**, y
- Porcentaje de afloramiento salino.

Tabla N° 6-16. Contenido de humedad del suelo

CONTENIDO HUMEDAD DEL SUELO	CARACTERÍSTICAS
No saturado	Cuando el suelo no se encuentra en su límite superior de almacenamiento de agua o en su capacidad de campo
Saturado	Cuando el suelo se encuentra en su límite superior de almacenamiento de agua o en su capacidad de campo
Sobresaturado	Cuando el suelo sobrepasa su límite superior de almacenamiento de agua o su capacidad de campo, por lo tanto, se observa un suelo anegado

Fuente: Elaboración propia

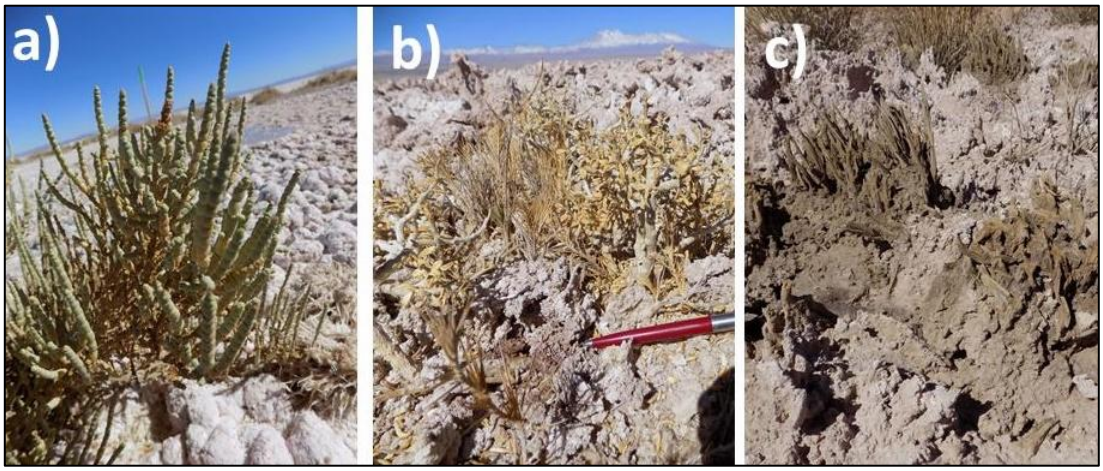
Para el levantamiento de la información, las transectas se marcan utilizando una huincha métrica (**Fotografía N° 6-1**). Seguidamente, se visita cada punto de muestreo y se proyecta una línea perpendicular al suelo, para registrar todos los taxa que se interceptan con esta vertical.

Durante el muestreo de los taxa en cada punto de muestreo, se considera una subdivisión de las especies de flora en relación con su estado fenológico y condición sanitaria, según las siguientes definiciones (**Fotografía N° 6-2**):

- **Vegetación viva:** corresponde a una planta vascular en buen estado, de forma tal que los atributos que la caracterizan como especie son fácilmente apreciables. Cabe señalar que se consideraron también como individuos vivos, a aquellos que se encontraron en estado fenológico latente, es decir secos y con signos que sugirieron la posibilidad de rebrote durante la siguiente estación húmeda.

- **Rastrojo:** restos de una planta vascular (que debido a sus características pueden permitir o no su identificación), que se encuentran secos o en malas condiciones sanitarias y que aparentemente corresponden a un individuo muerto o en descomposición (materia orgánica).

Fotografía N° 6-2. Ejemplos de especies en estado fenológico vigoroso versus especies en estado latente y rastrojos



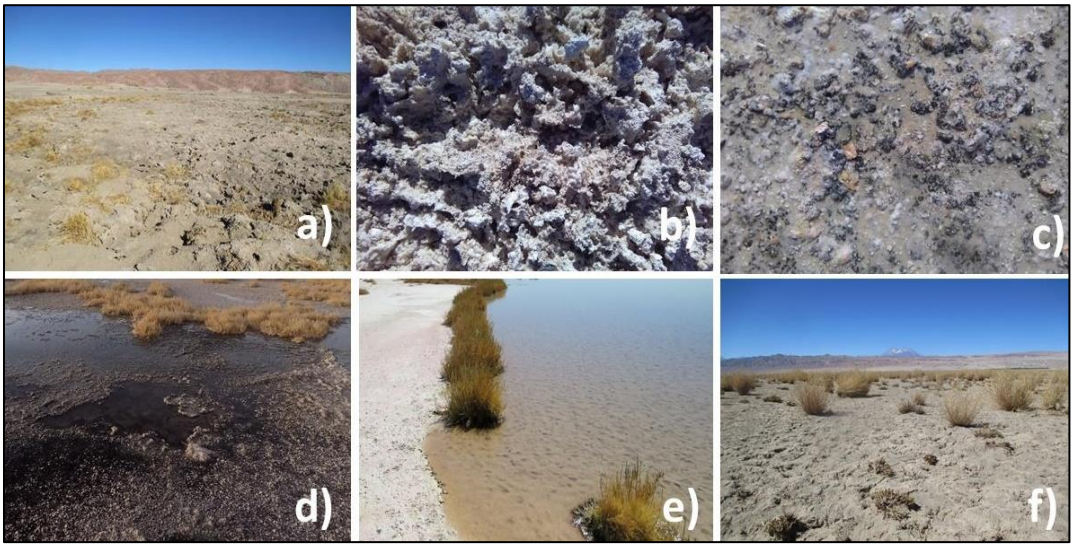
Dónde: a) Vegetación viva en buen estado; b) vegetación viva en estado latente; c) rastrojo.
Fuente: Elaboración propia

Además, en caso de que un punto de muestreo presentase áreas desprovistas de vegetación, se procede a registrar aspectos relacionados con la condición de sustrato (**Fotografía N° 6-3**), como elemento clave para detectar posibles cambios futuros en la unidad vegetal. Se identifican como “otros recubrimientos” para el seguimiento de sus coberturas, correspondientes a las siguientes clases:

- **Costra salina:** corresponde al recubrimiento de suelo con alto contenido salino y que puede identificarse visualmente como afloramiento salino.
- **Costra salina terrosa:** costra salina y con presencia de recubrimiento de suelo el cual presenta textura terrosa.

- **Costra salina saturada:** costra salina con un contenido de humedad que se encuentra en el límite superior de almacenamiento de agua o en su capacidad de campo.
- **Costra salina sobresaturada:** costra salina con un contenido de humedad el cual sobrepasa su límite superior de almacenamiento de agua o su capacidad de campo, por lo tanto, se observa un suelo anegado.
- **Agua superficial:** corresponde al sustrato cuyo contenido de humedad supera su capacidad de almacenamiento, generándose una película de agua sobre la superficie del suelo. Dependiendo de la cantidad de agua, y de la morfología del terreno puede observarse como un cuerpo de agua.
- **Sustrato terroso:** corresponde a sustrato de suelo desnudo en cuya textura se observa un bajo contenido salino y predomina la apariencia de suelo de textura terrosa.

Fotografía N° 6-3. Ejemplos de condiciones de sustrato definidas para el muestreo en áreas desprovistas de vegetación



Dónde: a) costra salina terrosa; b) costra salina; c) costra salina saturada; d) costra salina sobresaturada; e) agua superficial o cuerpo de agua; f) sustrato terroso.
Fuente: Elaboración propia.

En cada transecta se georreferencia con GPS sus coordenadas[15] de inicio y fin en Datum WGS 84 Huso 19S y se mantiene un registro fotográfico de la formación vegetal.

[15] UTM (Universal Transversal de Mercator)

6.1.2.5 Metodología de cálculo y análisis

Toda la información recogida en el muestreo es ordenada y almacenada digitalmente en una base de datos de consulta. Dado que el análisis es dependiente de la identificación florística, se realiza una revisión de las muestras botánicas colectadas y de las especies registradas y fotografiadas, para asegurar su identificación taxonómica.

Posteriormente, se desarrolló un trabajo de revisión y sistematización de la información (**Anexo Vegetación y Flora**), comparando la información proveniente de los formularios, con los registros preexistentes de las formaciones vegetales y de la flora con nombres científicos verificados, y las fotografías de terreno. Esto, en conjunto con las observaciones provenientes de terreno, permite validar o reclasificar cuando fue necesario, las distintas formaciones vegetales y composición florística de cada transecta.

Para el análisis de coberturas de la vegetación y flora en su condición estacional, se realizan distintos cálculos para obtener la cobertura absoluta de las especies por transecta, el promedio de la cobertura absoluta en las transectas y el promedio de la cobertura absoluta en los sectores.

El cálculo del porcentaje de cobertura absoluta de las especies se realiza asumiendo que la probabilidad que un taxa intercepte la recta proyectada en los puntos a lo largo de la transecta, es en función de su cobertura (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). En consideración de esto, se determinan los siguientes parámetros:

- **Porcentaje de cobertura absoluta de una especie de la transecta ($\mathbf{Casp}$)**

$$\mathrm{Casp} = \frac{\mathrm{n_{sp}} \times 100}{\mathrm{Npi}} = \frac{\mathrm{n_{sp}} \times 100}{500}$$

Donde:
$\mathrm{n_{sp}}$ = Representa el número total de veces que una misma especie intercepta la huincha en los puntos establecidos en una transecta.
Npi= Representa el número de puntos de intercepción establecidos a lo largo de la transecta.

- **Porcentaje de cobertura absoluta de las especies de la transecta ($\mathbf{Cat}$)**

$$\mathrm{Cat} = \sum \mathrm{Casp}$$

Es decir, corresponde a la suma de las coberturas absolutas de cada una de las especies presentes en una transecta.

- **Promedio de la cobertura absoluta de la transecta ($\overline{\mathbf{Cat}}$)**

$$\overline{\mathrm{Cat}} = \frac{\mathrm{Cat}}{\mathrm{S_T}} = \frac{\sum \mathrm{Casp}}{\mathrm{S_T}}$$

Donde: S_T = Riqueza de especies de la transecta. Representa el número total de especies que interceptan la transecta en los puntos establecidos.

- **Promedio de la cobertura absoluta del subsector (CaSEC)**

$$\mathrm{CaSEC} = \frac{\sum \mathrm{Cat}}{\mathrm{NT}}$$

Donde:
$\sum \mathrm{Cat}$= Representa la suma de los porcentajes de cobertura absoluta de todos las transectas de un subsector.
NT= Corresponde al número de transectas realizadas en el subsector.

6.1.2.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El Monitoreo 19 (M19) de invierno 2025 se llevó a cabo en una campaña de terreno, tanto para el levantamiento y validación COT y transectas de flora, ejecutada entre los días 05 y 12 de agosto de 2025.

El Monitoreo 20 (M20) de verano 2026 se llevó a cabo en una campaña de terreno, tanto para el levantamiento y validación COT y transectas de flora, ejecutada entre los días 07 y 14 de abril de 2026.

6.1.3 DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL – MÉTODO DE IMÁGENES SATELITALES - NDVI

Para el seguimiento de la distribución y cobertura de la vegetación azonal, se utilizan imágenes satelitales de alta resolución espacial, según lo establecido en la Adenda 5 RWL (2015), Apéndice B, para monitorear las coberturas vegetacionales (superficie) en base a la vegetación activa de cada formación determinada en la COT y su grado de vigorosidad. Este monitoreo se realiza en el periodo posterior a las precipitaciones estivales (marzo–abril), con el fin de captar posibles expresiones secundarias o remanentes de actividad vegetativa asociadas a condiciones hídricas.

La superficie de la cobertura vegetal activa se calcula a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por su sigla en inglés), siendo éste el establecido en el Apéndice B del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto y constituyendo el índice más utilizado en los análisis de vegetación mediante imágenes satelitales.

6.1.3.1 Descripción del área de estudio

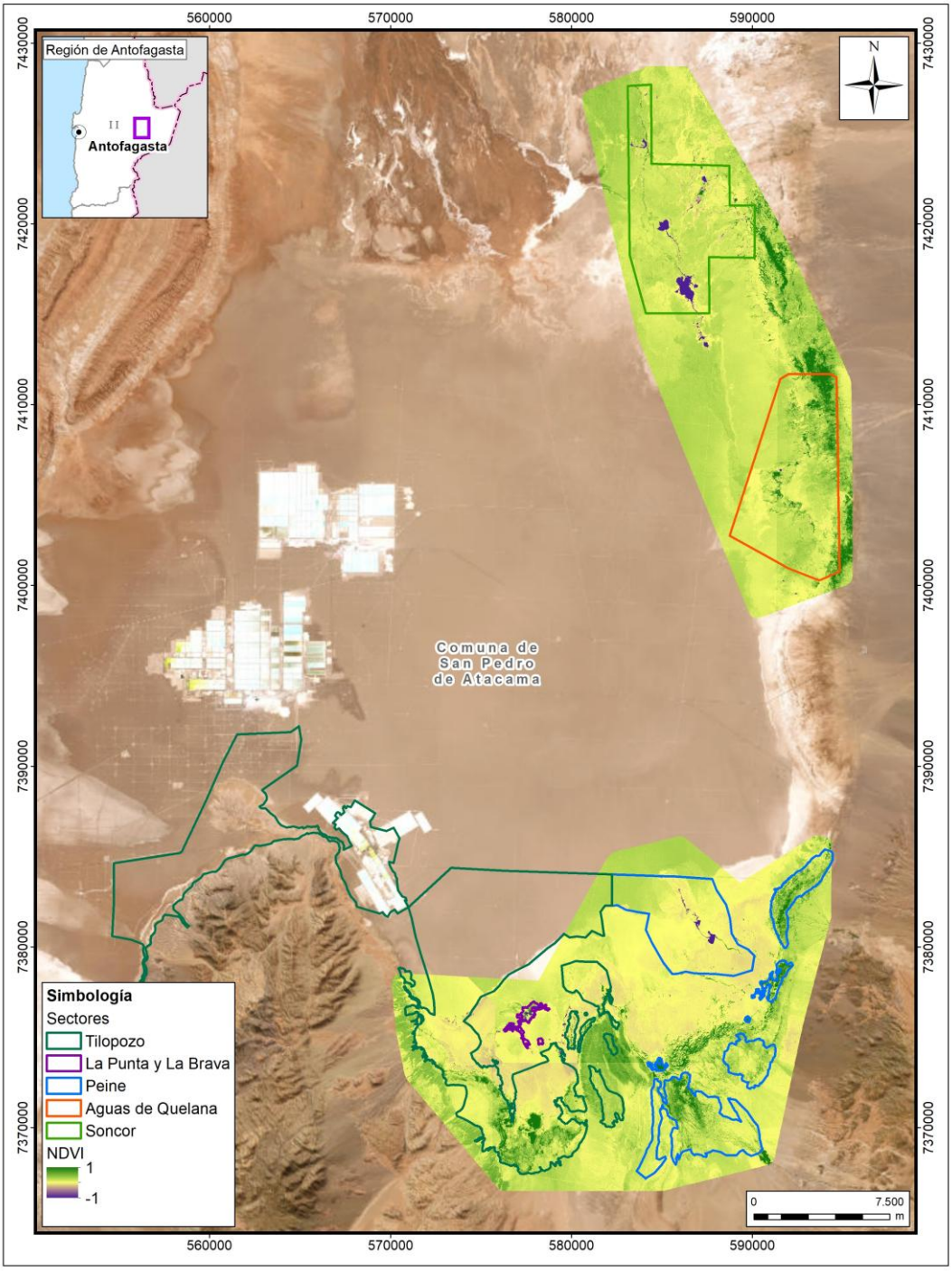
La distribución y superficie de las formaciones sujetas a seguimiento está determinada por la Carta de Ocupación de Tierras (COT), en su última actualización disponible para el área. En este caso particular, se considera como marco para la determinación de la vegetación activa la COT correspondiente al verano de 2026, siendo la versión actualizada del mapeo de vegetación del área de estudio.

Cabe señalar que, en términos generales, la Carta de Ocupación de Tierras (COT) ha mantenido una estabilidad interanual en cuanto a la ubicación y superficie de las formaciones vegetales en seguimiento, por lo que se utiliza como referencia espacial para el análisis del NDVI. En este contexto, la COT define la localización y extensión de cada formación vegetal, mientras que el NDVI permite evaluar la superficie de vegetación activa y su grado de vigorosidad durante el período de monitoreo.

6.1.3.2 Ubicación de sectores para la medición

La obtención de los valores de NDVI se realiza en un área congruente con la superficie de la Carta de Ocupación de Tierras (COT – verano 2026; Ver **Anexo Vegetación y Flora: Cartografía COT (verano 2026)**) del Proyecto, que representa la vegetación zonal y azonal en cinco sectores del Salar en la campaña de verano de 2026: (i) Tilopozo, (ii) La Punta y La Brava, (iii) Peine, (iv) Aguas de Quelana y (v) Soncor (**Figura N° 6-8**). Para fines de seguimiento en terreno y de comparación con la COT, el sector “Tilopozo” indicado en el Apéndice B (Adenda 5 RWL, 2015), se desagrupó en “Tilopozo – La Punta y La Brava”.

Figura N° 6-8. Localización de sectores donde se obtienen los valores de NDVI en el área de estudio, Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

El presente análisis se basa en el seguimiento de las superficies de vegetación activa, estimadas a partir del índice NDVI por sector, mediante imágenes satelitales de alta resolución, en cumplimiento de lo dispuesto en la Adenda 5 y en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) que aprueba el proyecto.

El análisis comparativo se realiza considerando las superficies de vegetación activa por sector de estudio, evaluando sus variaciones respecto de los valores mínimos y máximos históricos establecidos durante la línea de base, los cuales corresponden al Plan de Manejo Biológico (PMB) (Tabla 5.3 del Apéndice B del Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015).

La cobertura de vegetación activa se calcula a partir del **Índice de Vegetación Normalizado (NDVI por su sigla en inglés)**, siendo éste el más usado en los análisis de la vegetación mediante imágenes satelitales.

La cobertura de vegetación activa se calcula utilizando el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI, por su sigla en inglés), uno de los indicadores más utilizados para el análisis de vegetación mediante imágenes satelitales. Este índice se obtiene a partir de la comparación entre las bandas espectrales del rojo (R) y del infrarrojo cercano (NIR) de imágenes multiespectrales de alta resolución, mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}}$$

Donde:

$\boldsymbol{NIR}$ Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano (Banda 4), y

$\boldsymbol{R}$ Reflectancia en el rojo (Banda 3).

El NDVI permite estimar la densidad y vigor de la vegetación verde, con una resolución equivalente al tamaño del píxel de la imagen utilizada. Los valores del índice varían entre -1 y 1, siendo los valores positivos indicativos de cobertura vegetal. A mayor valor de NDVI, mayor fracción de radiación fotosintéticamente activa es absorbida por los tejidos verdes, lo que se asocia a mayor biomasa y vigor vegetativo.

Para representar adecuadamente el patrón de distribución espacial de la vegetación activa, se definieron umbrales específicos de NDVI para cada una de las formaciones vegetales descritas en la Carta de Ocupación de Tierras (COT), considerando su sector de ubicación y tipo de cobertura vegetal.

Estos umbrales fueron determinados mediante el método de clasificación por cuantiles en ArcGIS, aplicado sobre los polígonos definidos en la COT, utilizando como referencia la más actual disponible (verano 2026). Este método permite agrupar los valores del índice NDVI y establecer el umbral a partir del cual se representa con mayor ajuste la expresión de vegetación activa. Para este propósito, se consideró como representativo el 75% superior de los valores del índice (> q75%), el cual corresponde a las áreas con vegetación más vigorosa.

6.1.3.4 Materiales y equipos utilizados

Las imágenes multiespectrales de alta resolución usadas en el presente estudio provienen del sensor Pleiades-1A y 1B, compuesto de un mosaico del sector sur, correspondiente a sector Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo y un mosaico del sector norte, correspondiente a los sectores Aguas de Quelana y Soncor (**Figura N° 6-9**).

La selección de este tipo de imágenes se debe a que sus características permiten contar con la resolución espacial adecuada para la cartografía detallada, y de precisión (Pancromática, 50 cm; Multiespectral, 2 m).

El satélite Pleiades está constituido de una banda pancromática con resolución de 0,5 m en visual nadir y 4 bandas espectrales con resolución de 2 m (blue - azul, green - verde, red - rojo y near infrared - infrarrojo cercano). La precisión de corrección por ortorectificación puede encontrarse dentro 1m y 10m respectivamente. Las principales características del sensor se describen en la **Tabla N° 6-17** y en el **Anexo Vegetación y Flora** de las imágenes analizadas.

Tabla N° 6-17. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades - 1A-1B

CARACTERÍSTICAS	DETALLE	
Órbita	Altitud: 695 km	
	Tipo: Tipo sincrónica con el sol	
Bandas Sensor	Pancromáticas: 480 - 830 nm	
	Multiespectrales	
	Azul: 430 - 550 nm	Rojo: 600 - 720 nm
	Verde: 490 - 610 nm	Infrarrojo: 750 - 950 nm
Resolución del sensor	Pancromática: 50cm	
	Multiespectral: 2 m	

Fuente: https://satimagingcorp.com/satellite-sensor/pleiades-1a/.

6.1.3.5 Metodología de cálculo y análisis

En una primera fase de este proceso, las imágenes de alta resolución Pleiades, fueron sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir errores provenientes de interferencias, las cuales pueden ser producto del ángulo de captura y alteraciones en el movimiento del satélite, o bien el efecto de las partículas presentes en la atmósfera, entre otros.

Inicialmente, a cada imagen se le realizó una corrección radiométrica, la cual consiste en la conversión de los valores de pixeles desde números digitales (ND) a unidades de radiancia espectral absoluta (W / (m2 *sr *µm))[16]. Este proceso se utiliza como medio de calibración para disminuir la falta de uniformidad en los valores digitales debido a efectos producidos por errores sistemáticos en el sensor, tales como la contaminación de partículas en el plano focal de éste, las que pueden manifestarse en forma de manchas y bandas en las imágenes. Esta conversión proporciona una base para la comparación de datos en una sola escena o entre imágenes adquiridas en fechas diferentes o por diferentes sensores (Chander *et al*., 2009).

Posteriormente, se realizó la corrección atmosférica de cada imagen. Esta corrección busca reducir el efecto de la interacción de las moléculas y partículas de la atmósfera (vapor de agua, polvo en suspensión, aerosoles, entre otras) en la radiación electromagnética captada por los sensores de un satélite. La eliminación de los efectos atmosféricos y del terreno, recuperan los parámetros físicos de la superficie incluyendo la reflectancia, visibilidad del suelo y temperatura. Para este fin, se utilizó el modelo de corrección espectral de reflectancia a nivel de superficie de *Airbus*, realizado por el mismo proveedor en las imágenes de alta resolución (Pleiades). Este modelo permite ejecutar correcciones de reflectancia provenientes de la parte alta de la atmósfera, la eliminación de neblina y el enmascaramiento de nubes, así como correcciones de la atmósfera baja y a nivel de suelo, y las correcciones atmosféricas de la temperatura superficial.

A continuación, las imágenes son ortorrectificadas a modo de eliminar las distorsiones geométricas, producto de imperfecciones del sensor, la curvatura de la tierra y los efectos locales del relieve. Finalmente, las imágenes fueron unidas conformando mosaicos dentro del área de estudio (polígono norte y polígonos sur en **Figura N° 6-9**).

En la segunda fase, durante el post - procesamiento de las imágenes satelitales, se calcula el índice NDVI (ver detalles de este índice espectral en la **sección 6.1.3.3**) y luego se establecen los valores del umbral de NDVI a partir del cual se determina la vigorosidad de la vegetación al interior de cada formación vegetal, determinándose los sectores de mayor actividad.

[16] Dónde: W: Watts; m^2: metro cuadrado; sr: estereorradián; µm: micrómetro.

La definición de los umbrales del NDVI se realizó para cada una de las formaciones vegetales descritas en la Carta de Ocupación de Tierras (COT), considerando su sector de ubicación y tipo de cobertura vegetal, con el objetivo de representar adecuadamente el patrón de distribución espacial de la vegetación activa.

Siguiendo dicho patrón, los umbrales se calcularon mediante la clasificación por cuantiles, aplicados sobre los polígonos definidos en la COT y considerando la cobertura vegetal más actual disponible (verano 2026). Para este análisis, se utilizó como criterio de clasificación el 75% superior de los valores del índice NDVI (> q75%), representando las áreas con vegetación más vigorosa. El criterio se mantiene tanto para las imágenes correspondientes a inviernos como a los veranos post lluvia.

En la **Tabla N° 6-18** se observan los valores de los umbrales definidos para la clasificación de la vegetación activa durante el periodo 2017–2026. Cabe señalar que, en aquellos casos en que la tabla no presenta un valor de umbral NDVI para determinada formación vegetal en un año específico, ello se debe a que la cobertura y la cantidad de polígonos que describen dicha formación variaron respecto de años anteriores o posteriores. Estos cambios están asociados a ajustes en la delimitación o expresión superficial de las formaciones vegetales, lo que se traduce en variaciones en la tipología de los recubrimientos y en la denominación asignada a los polígonos que los representan.

6.1.3.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

La captura de imágenes de alta resolución Pleiades 1-A se realizó con fecha **08 de abril de 2026,** mosaico norte y sur (en detalle **metadata imágenes satelitales en Anexo Vegetación y Flora)**.

Tabla N° 6-18. Umbrales de NDVI por formación vegetal y sector de monitoreo

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA									
				NDVI 2017	NDVI 2018	NDVI 2019	NDVI 2020	NDVI 2021	NDVI 2022	NDVI 2023	NDVI 2024	NDVI 2025	NDVI 2026
Tilopozo - La Punta y La Brava	Zonal	Matorrales	Matorral de *Ephedra breana* (T)	>0,117	>0,272	>0,072	>0,135	>0,100	>0,094	>0,102	>0,055	>0,065	>0,068
			Matorral de *Tessaria absinthioides* (T)	>0,157	>0,349	>0,099	>0,192	>0,128	>0,126	>0,123	>0,089	>0,092	>0,095
	Azonal	Humedales	Vega de *Distichlis spicata* (LPLB)	-	-	-	-	>0,107	>0,099	>0,093	>0,028	>0,075	>0,074
			Vega de *Distichlis spicata* (T)	>0,208	>0,355	>0,148	>0,110	>0,107	>0,104	>0,093	>0,067	>0,075	>0,074
			Vega de *Distichlis spicata* y *Baccharis juncea* (T)	>0,208	>0,217	>0,111	>0,150	>0,107	>0,106	>0,218	>0,081	>0,108	>0,097
			Vega de *Schoenoplectus californicus, Baccharis juncea* y *Distichlis spicata* (T)	>0,214	>0,503	>0,289	>0,294	>0,154	>0,150	>0,251	>0,244	>0,276	>0,231
			Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea* (T)	>0,214	>0,624	>0,397	>0,358	>0,157	>0,201	>0,300	>0,251	>0,316	>0,449
			Vega de *Distichlis spicata*, *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis* (T)	>0,145	>0,196	>0,102	>0,133	>0,099	>0,108	>0,093	>0,074	>0,103	>0,083
			Vega de *Juncus balticus* (T)	>0,116	>0,160	>0,105	>0,161	>0,104	>0,097	>0,084	>0,053	>0,064	>0,068
			Vega de *Juncus balticus* y *Distichlis spicata* (T)	>0,116	>0,232	>0,114	>0,132	>0,107	>0,096	>0,103	>0,148	>0,134	>0,098
			Vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna* (LPLB)	>0,141	>0,106	>0,056	>0,105	>0,051	>0,053	>0,057	>0,024	>0,056	>0,033
			Vega de *Nitrophila atacamensis, Triglochin concinna* y *Puccinellia frigida* (LPLB)	>0,286	>0,349	>0,102	>0,000	>0,051	>0,053	>0,057	>0,040	>0,063	>0,049
			Vega de *Schoenoplectus californicus* (T)	>0,214	>0,276	>0,136	>0,190	>0,134	>0,135	>0,229	>0,341	>0,312	>0,333
								>0,154	>0,124	>0,219	>0,238		
			Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata* (T)	>0,214	>0,503	>0,289	>0,294	>0,122	>0,127	>0,204	>0,396	>0,361	>0,437
			Vega de *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus* (T)										>0,314
			Vega de *Triglochin concinna* (T)	>0,141	>0,157	>0,102	>0,150	>0,092	>0,084	>0,057	>0,043	>0,035	>0,044
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* (T)	>0,140	>0,337	>0,121	>0,107	>0,103	>0,103	>0,110	>0,087	>0,094	>0,097
			Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile* y *Distichlis spicata* (T)	>0,163	>0,297	>0,092	>0,151	>0,111	>0,106	>0,078	>0,058	>0,059	>0,061
			Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile* y *Juncus balticus* (T)	>0,142	>0,202	>0,094	>0,177	>0,102	>0,097	>0,083	>0,063	>0,058	>0,066
			Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile, Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus* (T)	>0,144	>0,229	>0,143	>0,162	>0,145	>0,138	>0,124	>0,107	>0,116	>0,119
			Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile, Juncus balticus* y *Distichlis spicata* (T)	>0,183	>0,301	>0,147	>0,178	>0,126	>0,116	>0,075	>0,075	>0,078	>0,060

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA									
				NDVI 2017	NDVI 2018	NDVI 2019	NDVI 2020	NDVI 2021	NDVI 2022	NDVI 2023	NDVI 2024	NDVI 2025	NDVI 2026
			Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile, Juncus balticus* y *Schoenoplectus californicus* (T)	>0,177	>0,226	>0,155	>0,171	>0,144	>0,129	>0,133	>0,111	>0,121	>0,132
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei, Distichlis spicata* y *Baccharis juncea (T)*	>0,150	>0,000	>0,084	>0,108	-	-	>0,109	>0,096	>0,075	>0,092
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Triglochin concinna* (LPLB)	>0,111	>0,142	>0,060	>0,142	>0,110	>0,096	>0,076	>0,037	>0,067	>0,046
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Triglochin concinna* (T)	>0,141	>0,157	>0,102	>0,113	>0,114	>0,092	>0,065	>0,037	>0,067	>0,046
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei, Distichlis spicata* y *Nitrophila atacamensis* (T)	>0,208	>0,355	>0,148	>0,141	>0,107	>0,104	>0,054	>0,042	>0,034	>0,042
			Matorral hídrico de *Lycium humile* (T)	>0,098	>0,138	>0,084	>0,109	>0,094	>0,097	>0,075	>0,051	>0,062	>0,063
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei, Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna* (LPLB)	>0,150	>0,219	>0,106	>0,140	>0,100	>0,125	>0,083	>0,058	>0,083	>0,061
Peine	Zonal	Matorrales	Matorral de *Atriplex imbricata*	>0,106	>0,191	>0,087	>0,138	>0,089	>0,086	>0,078	>0,04	>0,054	>0,050
			Matorral de *Aloysia deserticola* y *Atriplex imbricata*	>0,127	>0,172	>0,080	>0,153	>0,088	>0,085	>0,074	>0,045	>0,055	>0,051
			Matorral de *Aloysia deserticola* y *Atriplex atacamensis*	>0,120	>0,176	>0,080	>0,146	>0,077	>0,079	>0,065	>0,04	>0,050	>0,052
			Matorral de *Atriplex atacamensis*	>0,112	>0,194	>0,112	>0,140	>0,080	>0,083	>0,099	>0,05	>0,057	>0,057
			Matorral de *Tessaria absinthioides*	>0,157	>0,349	>0,099	>0,163	>0,126	>0,123	>0,123	>0,089	>0,092	>0,095
			Matorral de *Tessaria absinthioides* y *Atriplex atacamensis*	>0,157	>0,239	>0,088	>0,158	>0,106	>0,101	>0,093	>0,064	>0,067	>0,074
	Azonal	Humedales	Vega de *Distichlis spicata*	>0,208	>0,355	>0,148	0,137	>0,128	>0,111	>0,093	>0,169	>0,075	>0,074
			Vega de *Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	>0,208	>0,217	>0,111	>0,150	>0,115	>0,152	>0,218	>0,081	>0,108	>0,097
			Vega de *Distichlis spicata, Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea*								>0,244		>0,341
			Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea*	>0,214	>0,624	>0,397	>0,358	>0,157	>0,201	>0,300	>0,251	>0,316	>0,449
			Vega de *Schoenoplectus californicus, Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	>0,214	>0,624	>0,397	>0,358	>0,157	>0,201	>0,300	>0,251	>0,312	>0,344
			Vega de *Schoenoplectus californicus*	>0,214	>0,276	>0,136	>0,190	>0,177	>0,177	>0,219	>0,238	>0,312	>0,333
			Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*		>0,624	>0,397	>0,358	>0,157	>0,201	>0,300	>0,251		>0,437
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	>0,140	>0,337	>0,121	>0,174	>0,114	>0,114	>0,110	>0,087	>0,094	>0,097
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Distichlis spicata*	>0,150	>0,234	>0,221	>0,136	>0,169	>0,169	>0,146	>0,159	>0,229	>0,244

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA									
				NDVI 2017	NDVI 2018	NDVI 2019	NDVI 2020	NDVI 2021	NDVI 2022	NDVI 2023	NDVI 2024	NDVI 2025	NDVI 2026
			Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile, Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	>0,163	>0,297	>0,092	>0,141	>0,085	>0,080	>0,079	>0,058	>0,059	>0,072
Aguas de Quelana	Zonal	Matorrales	Matorral de *Tessaria absinthioides*	>0,157	>0,349	>0,099	>0,081	>0,073	>0,076	>0,099	>0,054	>0,096	>0,077
			Matorral de *Tessaria absinthioides* y *Lycium humile*	>0,208	>0,091	>0,092	>0,083	>0,086	>0,085	>0,095	>0,065	>0,103	>0,085
	Azonal	Humedales	Vega de *Distichlis spicata*	>0,208	>0,355	>0,148	>0,141	>0,086	>0,082	>0,096	>0,062	>0,096	>0,000
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	>0,140	>0,337	>0,121	>0,182	>0,109	>0,111	>0,126	>0,089	>0,114	>0,093
			Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Nitrophila atacamensis*	>0,150	>0,000	>0,063	>0,100	>0,081	>0,096	>0,092	>0,022	>0,076	>0,052
			Matorral hídrico de *Salicornia neei*	>0,150	>0,000	>0,084	>0,108	>0,113	>0,116	>0,092	>0,04	>0,072	>0,062
Soncor	Azonal	Humedales	Vega de *Distichlis spicata*	>0,208	>0,355	>0,148	>0,166	>0,130	>0,133	>0,096	>0,062	>0,096	>0,000
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	>0,140	>0,337	>0,121	>0,179	>0,146	>0,144	>0,126	>0,089	>0,114	>0,093

*Umbrales de corte del parámetro NDVI, para determinación de vegetación activa/no activa y su relación con umbrales previos (2017 – 2026). Método de clasificación basado en cuantiles para la determinación del percentil 75% (>q75%). Fuente: Elaboración propia.

6.2 RESULTADOS

6.2.1 RESULTADOS COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT)

6.2.1.1 Resultados del muestreo campaña de invierno de 2025

6.2.1.1.1 Caracterización de la vegetación en el área de estudio

De acuerdo con lo observado en invierno 2025, no se han presentado mayores modificaciones en la descripción y delimitación de la COT, en relación con el monitoreo de verano de 2017 en adelante (post ajuste metodológico), dando como resultado superficies similares en los distintos tipos de recubrimiento, mostrando una estabilidad principalmente en la cantidad y tipo de formaciones vegetales. Lo anterior, se traduce en una validación de la COT.

En el monitoreo de invierno 2025 (**Tabla N° 6-19**), se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo en la COT, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación (otros recubrimientos) equivalente a un 78,1% de la superficie del área de estudio. La cobertura vegetal se extiende, así, en una superficie de 7.233,0 hectáreas equivalentes a 21,9% del área de estudio, correspondiendo 8,7% a vegetación zonal y un 13,2% a vegetación azonal. Dentro de los tipos de formaciones vegetales se identificaron cinco tipologías de matorrales zonales, clasificadas según la dominancia de especies, correspondientes a un total de ocho formaciones vegetales. Asimismo, se reconocieron seis tipologías de formaciones azonales de humedal, también clasificadas de acuerdo con la dominancia de sus especies, que agrupan un total de 12 formaciones. Por último, se identificaron tres tipos de formaciones azonales mixtas: dos de matorral hídrico, una de matorral- vega y cinco de matorral hídrico- vega, agrupadas según la dominancia de sus especies, totalizando 15 formaciones.

El total de formaciones vegetales indicadas se puede observar en detalle en el **Anexo de Vegetación y flora: Cartografía COT (Invierno 2025)**.

Entre las formaciones más representativas de la vegetación zonal, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.625,1 hectáreas (4,9% del área de estudio) y los de *Atriplex atacamensis* con 542,8 hectáreas (1,6%), ambos concentrados principalmente en el sector de Peine (**Figura N° 6-11**). Por otra parte, en la vegetación azonal de humedales, son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 914,0 hectáreas (2,8%) y las vegas de *Juncus balticus* con 170,9 hectáreas (0,5%), ambas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo (**Figura N° 6-10**). En el caso de la vegetación azonal mixta, las formaciones más representativas corresponden al matorral - vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, con una superficie de 2.159,7 hectáreas (6,5%), distribuida de manera más homogénea entre los sectores Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana; y el matorral hídrico con dominancia de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa),* con una superficie de 522,6 ha (1,6%), distribuida principalmente en

el sector Aguas de Quelana (**Figura N° 6-9**). En la **Tabla N° 6-19** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, su representatividad en función de las unidades cartográficas (UC-polígonos) y la superficie ocupada por cada uno, junto con su representatividad.

De acuerdo con el proceso de mejoramiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 6-20,** se presenta un resumen de las coberturas y alturas de los estratos vegetales y las especies dominantes para cada formación vegetal.

Como se observa en la **Tabla N° 6-19**, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (48 unidades), las cuales presentan una cobertura muy escasa en su estrato arbustivo, y una variación de cobertura vegetal de escasa a densa (5% a 90%) en su estrato herbáceo (**Tabla N° 6-20**). En contraste, cinco formaciones vegetales están representadas por solo una unidad cartográfica.

Particularmente, durante el proceso de actualización de la COT, en el sector de Soncor se realizó la delimitación de la vegetación según este método, dado que durante la línea base (Adenda 5 RWL, 2015) este sector se reportó como “Área Soncor”, presentando un polígono único sin división por tipos de recubrimiento de suelo. A partir de esto, en el sector destaca la principal ocupación de áreas desprovistas de vegetación con 4.760,4 hectáreas y de cuerpos de agua con 233,1 hectáreas (99,5% del sector), mientras que en la superficie restante existen formaciones vegetales azonales (0,5%; 24,8 hectáreas) que se encuentran en el borde Este del polígono del sector, alejados del sistema de cuerpos lagunares del área, con cinco unidades de vega y una unidad de matorral – vega. Los resultados en detalle se pueden revisar en los anexos cartográficos de invierno 2025, en Anexo **Vegetación y flora: Cartografía COT (Invierno 2025)**.

Tabla N° 6-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, invierno de 2025

TIPO DE RECUBRIMIENTO ***RECUBRIMIENTO DE SUELO***	SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)					TOTAL		
Tipo de formación o recubrimiento *Formación vegetal*	**Tilopozo**	**La Punta y La Brava**	**Peine**	**Aguas de Quelana**	**Soncor**	**UC**	**ha**	**%**
OTROS RECUBRIMIENTOS	**14.410,1**	**59,2**	**2.936,0**	**3.438,3**	**4.993,5**	**98**	**25.837,1**	**78,1**
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	**13.089,1**	**19,4**	**2.845,6**	**3.410,1**	**4.760,4**	**54**	**24.124,4**	**72,9**
Salares	12.474,5	19,4	2.688,5	3.410,1	4.760,4	37	23.352,9	70,6
Áreas denudadas	614,5		157,0			17	771,5	2,3
ÁREAS INDUSTRIALES	**1.245,2**					**4**	**1.245,2**	**3,8**
Centros industriales	1.198,1					1	1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					3	47,1	0,1
CUERPOS DE AGUA	**75,9**	**39,8**	**90,5**	**28,2**	**233,1**	**40**	**467,5**	**1,4**
Lagunas	75,9	39,8	90,5	28,2	233,1	40	467,5	1,4
VEGETACIÓN ZONAL	**581,2**		**2.181,0**	**114,8**		**29**	**2.876,9**	**8,7**
Matorrales	**581,2**		**2.181,0**	**114,8**		**29**	**2.876,9**	**8,7**
Matorral con dominancia de Aa			*542,8*			*2*	*542,8*	*1,6*
Matorral con dominancia de Ad			*69,5*			*2*	*69,5*	*0,2*
Matorral con dominancia de Eb	*491,1*					*9*	*491,1*	*1,5*
Matorral con dominancia de Tb	*90,1*		*1.420,2*	*114,8*		*15*	*1.625,1*	*4,9*
Matorral de Ai			*148,5*			*1*	*148,5*	*0,4*
VEGETACIÓN AZONAL	**2.062,8**	**59,3**	**808,0**	**1.401,1**	**24,8**	**117**	**4.356,0**	**13,2**
Humedales	**891,4**	**4,6**	**108,3**	**203,9**	**16,9**	**76**	**1.225,2**	**3,7**
Vega con dominancia de dp	*598,5*	*2,3*	*92,4*	*203,9*	*16,9*	*48*	*914,0*	*2,8*
Vega con dominancia de jb	*170,9*					*7*	*170,9*	*0,5*
Vega con dominancia de nia		*2,4*				*2*	*2,4*	*0,01*
Vega con dominancia de sca	*56,9*		*15,9*			*17*	*72,8*	*0,2*
Vega de tc	*22,6*					*1*	*22,6*	*0,1*
Vega de dp sca ph	*42,5*					*1*	*42,5*	*0,1*

TIPO DE RECUBRIMIENTO ***RECUBRIMIENTO DE SUELO***	**SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)**					**TOTAL**		
Tipo de formación o recubrimiento *Formación vegetal*	**Tilopozo**	**La Punta y La Brava**	**Peine**	**Aguas de Quelana**	**Soncor**	**UC**	**ha**	**%**
Matorral - Humedal	**1.171,4**	**54,7**	**699,7**	**1.197,2**	**7,8**	**41**	**3.130,8**	**9,5**
Matorral - Vega de Tb dp	*808,6*		*687,4*	*655,9*	*7,8*	*11*	*2.159,7*	*6,5*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de jb	*135,6*					*3*	*135,6*	*0,4*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh	*133,0*		*3,4*			*8*	*136,4*	*0,4*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sn	*17,5*	*41,1*	*8,9*	*18,8*		*7*	*86,3*	*0,3*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de tc		*13,6*				*1*	*13,6*	*0,04*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de nia	*27,0*					*1*	*27,0*	*0,08*
Matorral hídrico con dominancia de Lh	*49,6*					*3*	*49,6*	*0,2*
Matorral hídrico con dominancia de Sn				*522,6*		*7*	*522,6*	*1,6*
Total general (ha)	**17.054,1**	**118,5**	**5.925,0**	**4.954,2**	**5.018,2**	**244**	**33.070,1**	**100,0**
Total general (%)	**51,6**	**0,4**	**17,9**	**15,0**	**15,2**	**100**		

Donde: Códigos especies arbustivas: Aa: *Atriplex atacamensis*, Ad: *Aloysia deserticola*, Ai: *Atriplex imbricata*, Eb: *Ephedra breana*, Lh: *Lycium humile*, Sn: *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa-Sf)*, Tb: *Tessaria absinthioides*; Especies herbáceas: bj: *Baccharis juncea*, dp: *Distichlis spicata*, jb: *Juncus balticus*, ph: *Phragmites australis*, nia: *Nitrophila atacamensis*, sca: *Schoenoplectus californicus*, tr: *Triglochin concinna*. UC: Unidades Cartográficas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Invierno 2025

RECUBRIMIENTO DE SUELO	Especies dominantes	Altura vegetal		Cobertura vegetal	
Formación vegetal		LB	H	LB	H
VEGETACIÓN ZONAL					
MATORRALES					
Matorral con dominancia de Aa	Aa cid Tt	(2-5)	2	(3-4)	4
Matorral con dominancia de Ad	Ad Aa Ai cis cid	4(4-5)	1(1-2)	3	4
Matorral con dominancia de Eb	Eb dp	4(3-5)	2	2(2-3)	2
Matorral con dominancia de Tb	Tb Aa Lh	4(2-5)	2	3(2-5)	1
Matorral de Ai	Ai cid	3	3	3	2
VEGETACIÓN AZONAL					
HUMEDALES					
Vega con dominancia de dp	dp bj jb sca	2	2(2-5)	1	3(2-6)
Vega con dominancia de jb	jb dp	1(1-2)	3(2-4)	1	3(2-4)
Vega con dominancia de nia	nia dp tc	-	1(1-4)	-	1(1-2)
Vega con dominancia de sca	sca dp bj	-	4(2-5)	-	5(2-6)
Vega de tc	tc	-	1	-	3
Vega de ph dp sca	ph dp sca	-	2(2-5)	-	4
MATORRAL - HUMEDAL					
Matorral - Vega de Tb dp	Tb dp	4(2-5)	2(1-4)	3(2-4)	3(2-5)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de jb	jb Lh	2(1-2)	3(2-3)	2	3(2-3)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh	Lh dp jb sca	2	3(2-3)	2(2-4)	4(2-4)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sn	Sn dp tc pu nia	3	2(1-4)	3(2-4)	4(2-4)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de nia	nia dp Sn	2	1(1-2)	2	2
Matorral hídrico - Vega con dominancia de tc	tc Sn	3	1(1-3)	3	3
Matorral hídrico con dominancia de Lh	Lh	2(2-3)	-	3	-
Matorral hídrico con dominancia de Sn	Sn	3(1-4)	2	3(2-4)	1

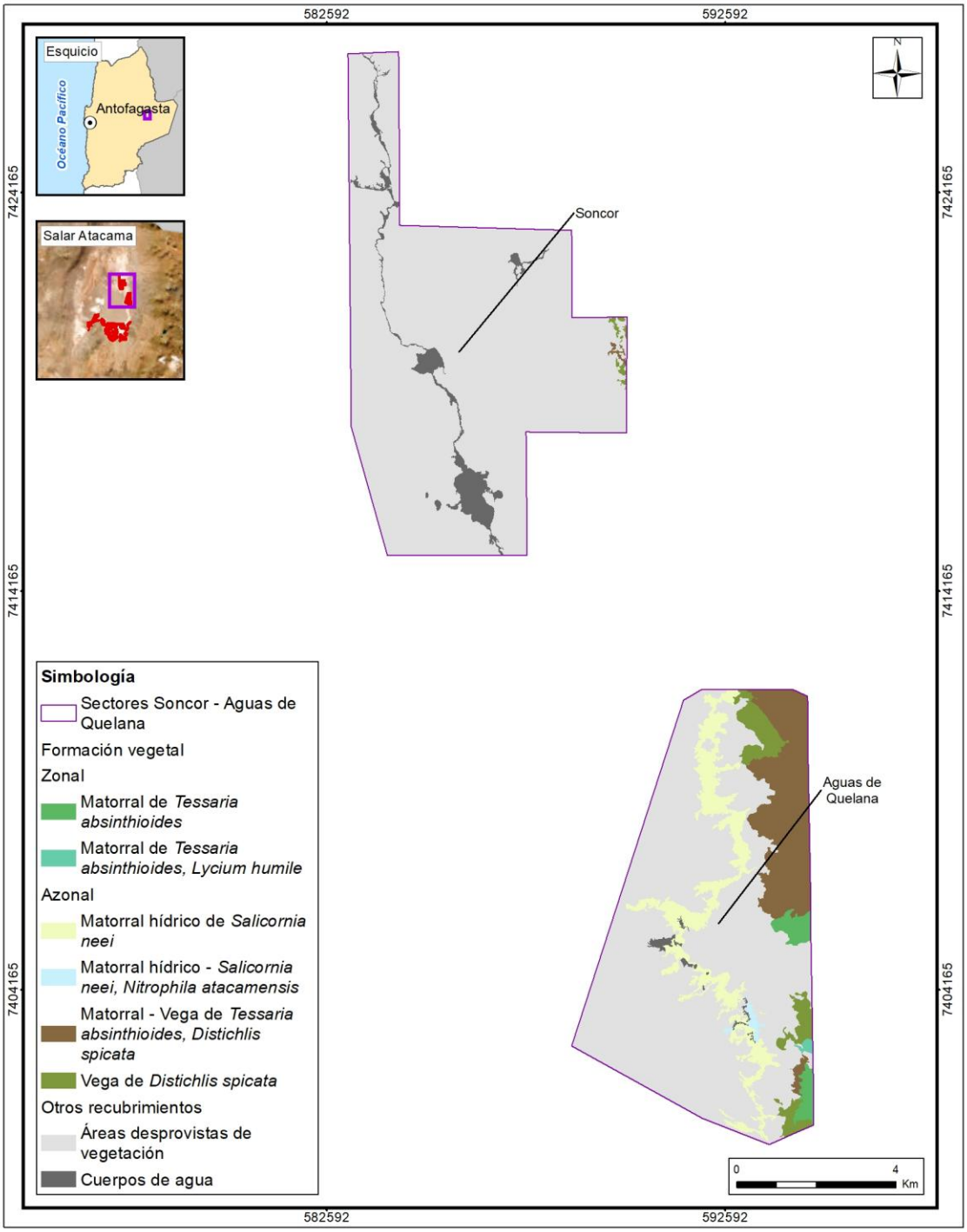
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado. Dónde:

COT: Carta Ocupación de Tierras

Cobertura vegetal (%)	Altura vegetal	Códigos de especies	Herbáceas (H):
1 muy escasa (1-5)	1 < 5 cm	**Arbustivas (Leñoso Bajo) (LB):**	bj *Baccharis juncea*
2 escasa (5-10)	2 5 - 25 cm	Aa *Atriplex atacamensis*	cid *Cistanthe densiflora*
3 muy clara (10-25)	3 25 - 50 cm	Ad *Aloysia deserticola*	cis *Cistanthe salsoloides*
4 clara (25-50)	4 50 - 100 cm	Ai *Atriplex imbricata*	dp *Distichlis spicata*
5 poco densa (50-75)	5 100 - 200 cm	Eb *Ephedra breana*	jb *Juncus balticus*
6 densa (75-90)	6 > 200 cm	Lh *Lycium humile*	nia *Nitrophila atacamensis*
7 muy densa (>90)		Sn *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa-Sf)*	ph *Phragmites australis*
		Tb *Tessaria absinthioides*	pu *Puccinellia frigida*
		Tt *Tiquilia atacamensis*	sca *Schoenoplectus californicus*
			tc *Triglochin concinna*

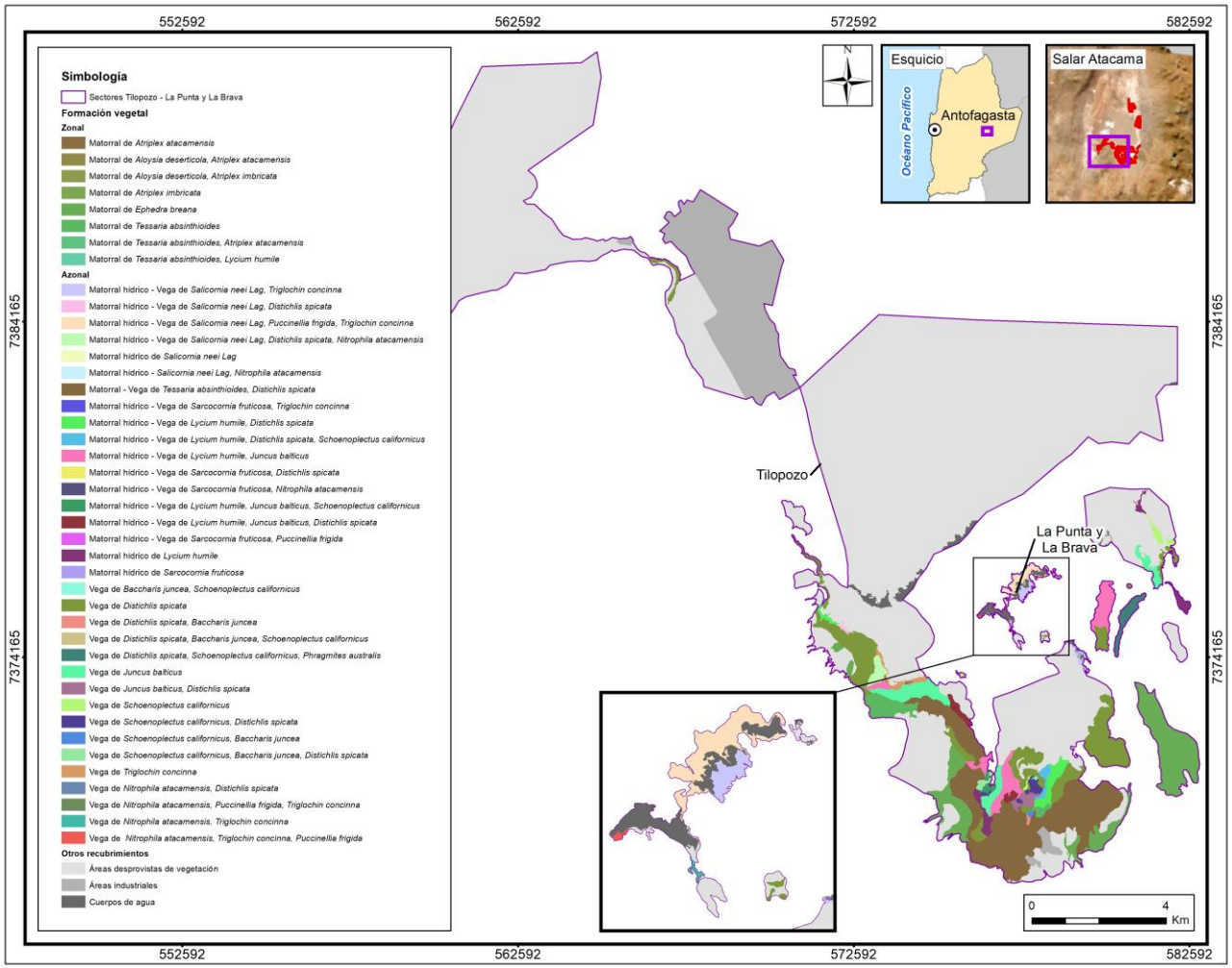
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-9. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Invierno de 2025



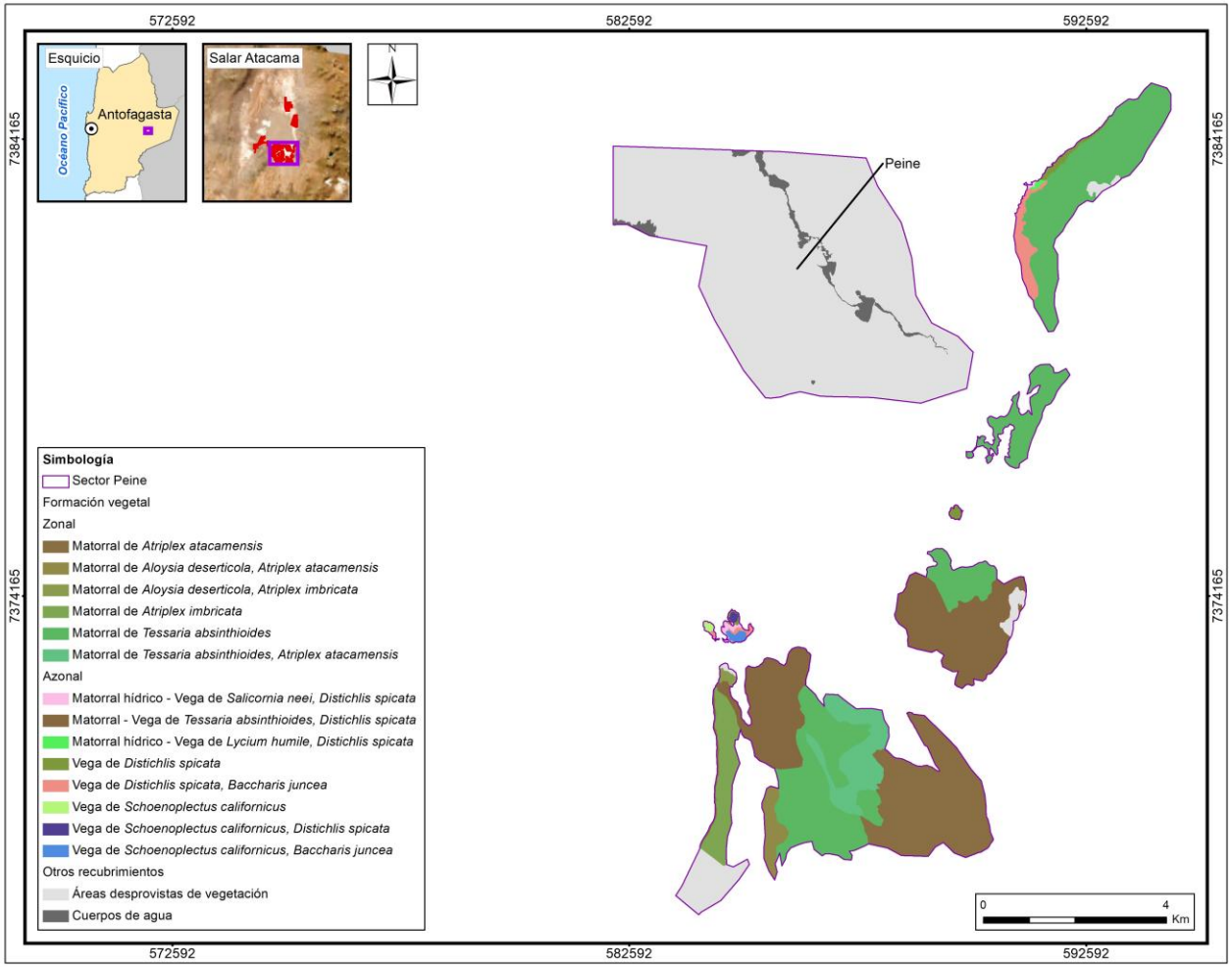
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-10. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Invierno de 2025



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-11. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Invierno de 2025



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.2 Resultados del muestreo campaña de verano de 2026

6.2.1.2.1 Caracterización de la vegetación en el área de estudio

De acuerdo con lo observado en verano 2026, no se han presentado mayores modificaciones en la descripción y delimitación de la COT, en relación con el monitoreo de verano de 2017 en adelante (post ajuste metodológico), dando como resultado superficies similares en los distintos tipos de recubrimiento, con una estabilidad principalmente en las formaciones vegetales. Lo anterior, se traduce en una validación de la COT.

En el monitoreo de verano 2026 (**Tabla N° 6-21**)**,** se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo en la COT, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación (otros recubrimientos) equivalente a un 78,1% de la superficie del área de estudio. La cobertura vegetal se extiende, así, en una superficie de 7.233,0 hectáreas equivalentes a 21,9% del área de estudio, estando representada en un 8,7% por vegetación zonal y en un 13,2% por vegetación azonal. Dentro de los tipos de formaciones, se identificaron cinco formaciones de matorrales zonales, clasificadas según dominancia (ocho formaciones vegetales en total); seis formaciones vegetales azonales de humedal, clasificadas de acuerdo a la dominancia de sus especies (15 formaciones en total); y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral - vega, y cinco de matorral hídrico – vega, agrupadas según la dominancia de sus especies (18 formaciones en total). El total de formaciones vegetales indicadas se puede observar en detalle en el Anexo de **Vegetación y flora: Cartografía COT (Verano 2026)**.

Entre las formaciones más representativas de la vegetación zonal, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.625,1 hectáreas (4,9% del área de estudio) y los de *Atriplex atacamensis* con 542,8 hectáreas (1,6%), ambos concentrados principalmente en el sector de Peine (**Figura N° 6-14**). Por otra parte, en la vegetación azonal de humedales, son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 912,2 hectáreas (2,8%) y las vegas de *Juncus balticus* con 170,9 hectáreas (0,5%), ambas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo (**Figura N° 6-13**). En el caso de la vegetación azonal mixta, las formaciones más representativas corresponden al matorral - vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, con una superficie de 2.159,7 (6,5%), distribuida de manera más homogénea entre los sectores Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana; y el matorral hídrico con dominancia de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa),* con una superficie de 522,6 ha (1,6%), distribuida mayoritariamente en el sector Aguas de Quelana (**Figura N° 6-12**). En la **Tabla N° 6-21** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, su representatividad en función de las unidades cartográficas (UC-polígonos) y la superficie ocupada por cada uno, junto con su representatividad.

De acuerdo con el proceso de mejoramiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 6-22,** se presenta un resumen de las coberturas y alturas de los estratos vegetales y las especies dominantes para cada formación vegetal.

Como se observa en la **Tabla N° 6-21,** la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (47 unidades), las cuales presentan una cobertura muy escasa en su estrato arbustivo, y una variación de cobertura vegetal de escasa a densa (5% a 90%) en su estrato herbáceo (**Tabla N° 6-22**). En contraste, cinco formaciones vegetales están representadas por solo una unidad cartográfica: matorral de *Atriplex imbricata*, vega con dominancia de *Triglochin concinna*, vega de *Distichlis spicata*, *Schoenoplectus californicus y Phragmites australis,* matorral hídrico - vega con dominancia de *T. concinna* y matorral hídrico - vega con dominancia de *Nitrophila atacamensis.*

Particularmente en Soncor, durante el proceso de actualización de la COT, se realizó la delimitación de la vegetación según este método, dado que durante la línea base (Adenda 5 RWL, 2015) este sector se reportó como “Área Soncor”, presentando un polígono único sin división por tipos de recubrimiento de suelo. A partir de esto, en el sector destaca la principal ocupación con otros recubrimientos con 4.993,5 hectáreas (99,5% del sector), mientras que en la superficie restante existen formaciones vegetales azonales (0,5%; 24,8 hectáreas) que se encuentran en el borde Este del polígono del sector, alejados del sistema de cuerpos lagunares del área, con cinco unidades de vega y una unidad de matorral - vega.

Los resultados en detalle se pueden revisar en los anexos cartográficos de verano 2026, en Anexo **Vegetación y flora: Cartografía COT (Verano 2026).**

Tabla N° 6-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, verano de 2026

TIPO DE RECUBRIMIENTO ***RECUBRIMIENTO DE SUELO***	**SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)**					**TOTAL**		
Tipo de formación o recubrimiento *Formación vegetal*	**Tilopozo**	**La Punta y La Brava**	**Peine**	**Aguas de Quelana**	**Soncor**	**UC**	**ha**	**%**
OTROS RECUBRIMIENTOS	**14.410,1**	**59,2**	**2.936,0**	**3.438,3**	**4.993,5**	**98**	**25.837,1**	**78,1**
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	**13.089,1**	**19,4**	**2.845,6**	**3.410,1**	**4.760,4**	**54**	**24.124,4**	**72,9**
Salares	12.474,5	19,4	2.688,5	3.410,1	4.760,4	37	23.352,9	70,6
Áreas denudadas	614,5		157,0			17	771,5	2,3
ÁREAS INDUSTRIALES	**1.245,2**					**4**	**1.245,2**	**3,8**
Centros industriales	1.198,1					1	1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					3	47,1	0,1
CUERPOS DE AGUA	**75,9**	**39,8**	**90,5**	**28,2**	**233,1**	**40**	**467,5**	**1,4**
Lagunas	75,9	39,8	90,5	28,2	233,1	40	467,5	1,4
VEGETACIÓN ZONAL	**581,2**		**2.181,0**	**114,8**		**29**	**2.876,9**	**8,7**
Matorrales	**581,2**		**2.181,0**	**114,8**		**29**	**2.876,9**	**8,7**
Matorral con dominancia de Aa			*542,8*			*2*	*542,8*	*1,6*
Matorral con dominancia de Ad			*69,5*			*2*	*69,5*	*0,2*
Matorral con dominancia de Eb	*491,1*					*9*	*491,1*	*1,5*
Matorral con dominancia de Tb	*90,1*		*1.420,2*	*114,8*		*15*	*1.625,1*	*4,9*
Matorral de Ai			*148,5*			*1*	*148,5*	*0,4*
VEGETACIÓN AZONAL	**2.062,8**	**59,3**	**808,0**	**1.401,1**	**24,8**	**117**	**4.356,0**	**13,2**
Humedales	**891,4**	**4,6**	**108,3**	**203,9**	**16,9**	**76**	**1.225,2**	**3,7**
Vega con dominancia de dp	*598,5*	*2,3*	*90,6*	*203,9*	*16,9*	*47*	*912,2*	*2,8*
Vega con dominancia de jb	*170,9*					*7*	*170,9*	*0,5*
Vega con dominancia de nia		*2,4*				*2*	*2,4*	*0,01*
Vega con dominancia de sca	*56,9*		*17,7*			*18*	*74,6*	*0,2*
Vega de tc	*22,6*					*1*	*22,6*	*0,1*

TIPO DE RECUBRIMIENTO ***RECUBRIMIENTO DE SUELO***	**SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)**					**TOTAL**		
Tipo de formación o recubrimiento *Formación vegetal*	**Tilopozo**	**La Punta y La Brava**	**Peine**	**Aguas de Quelana**	**Soncor**	**UC**	**ha**	**%**
Vega de dp sca ph	*42,5*					*1*	*42,5*	*0,1*
Matorral - Humedal	**1.171,4**	**54,7**	**699,7**	**1.197,2**	**7,8**	**41**	**3.130,8**	**9,5**
Matorral - Vega de Tb dp	*808,6*		*687,4*	*655,9*	*7,8*	*11*	*2.159,7*	*6,5*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de jb	*135,6*					*3*	*135,6*	*0,4*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh	*133,0*		*3,4*			*8*	*136,4*	*0,4*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sn	*17,5*	*41,1*	*8,9*	*18,8*		*7*	*86,3*	*0,3*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de tc		*13,6*				*1*	*13,6*	*0,04*
Matorral hídrico - Vega con dominancia de nia	*27,0*					*1*	*27,0*	*0,08*
Matorral hídrico con dominancia de Lh	*49,6*					*3*	*49,6*	*0,2*
Matorral hídrico con dominancia de Sn				*522,6*		*7*	*522,6*	*1,6*
Total general (ha)	**17.054,1**	**118,5**	**5.925,0**	**4.954,2**	**5.018,2**	**241**	**33.070,1**	**100,0**
Total general (%)	**51,6**	**0,4**	**17,9**	**15,0**	**15,2**	**100**		

Donde: Códigos especies arbustivas: Aa: *Atriplex atacamensis*, Ad: *Aloysia deserticola*, Ai: *Atriplex imbricata*, Eb: *Ephedra breana*, Lh: *Lycium humile*, Sn: *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa-Sf)*, Tb: *Tessaria absinthioides*; Especies herbáceas: bj: *Baccharis juncea*, dp: *Distichlis spicata*, jb: *Juncus balticus*, ph: *Phragmites australis*, nia: *Nitrophila atacamensis*, sca: *Schoenoplectus californicus*, tc: *Triglochin concinna*. UC: Unidades Cartográficas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Verano 2026

RECUBRIMIENTO DE SUELO	Especies dominantes	Altura vegetal		Cobertura vegetal	
Formación vegetal		LB	H	LB	H
VEGETACIÓN ZONAL					
MATORRALES					
Matorral con dominancia de Aa	Aa cid Tt	(2-5)	2	(3-4)	4
Matorral con dominancia de Ad	Ad Aa Ai cis cid	4(4-5)	1(1-2)	3	4
Matorral con dominancia de Eb	Eb dp	4(3-5)	2	2(2-3)	2
Matorral con dominancia de Tb	Tb Aa Lh	4(2-5)	2	3(2-5)	1
Matorral de Ai	Ai cid	3	3	3	2
VEGETACIÓN AZONAL					
HUMEDALES					
Vega con dominancia de dp	dp bj jb sca	2	2(2-5)	1	3(2-6)
Vega con dominancia de jb	jb dp	1(1-2)	3(2-4)	1	3(2-4)
Vega con dominancia de nia	nia dp tc	-	1(1-4)	-	1(1-2)
Vega con dominancia de sca	sca dp bj	-	4(2-5)	-	5(2-7)
Vega de tc	tc	-	1	-	3
Vega de dp sca ph	ph dp sca	-	2(2-5)	-	4
MATORRAL - HUMEDAL					
Matorral - Vega de Tb dp	Tb dp	4(2-5)	2(1-3)	3(2-4)	3(2-5)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de jb	jb Lh	2(1-2)	3(2-3)	2	3(2-3)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh	Lh dp jb sca	2	3(2-3)	2(2-4)	4(2-4)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sn	Sn dp tc pu nia	3	2(1-4)	3(2-4)	4(2-4)
Matorral hídrico - Vega con dominancia de tc	tc Sn	3	1(1-3)	3	3
Matorral hídrico - Vega con dominancia de nia	nia dp Sn	2	1(1-2)	2	2
Matorral hídrico con dominancia de Lh	Lh	2(2-3)	-	3	-
Matorral hídrico con dominancia de Sn	Sn	3(1-4)	2	3(2-4)	1

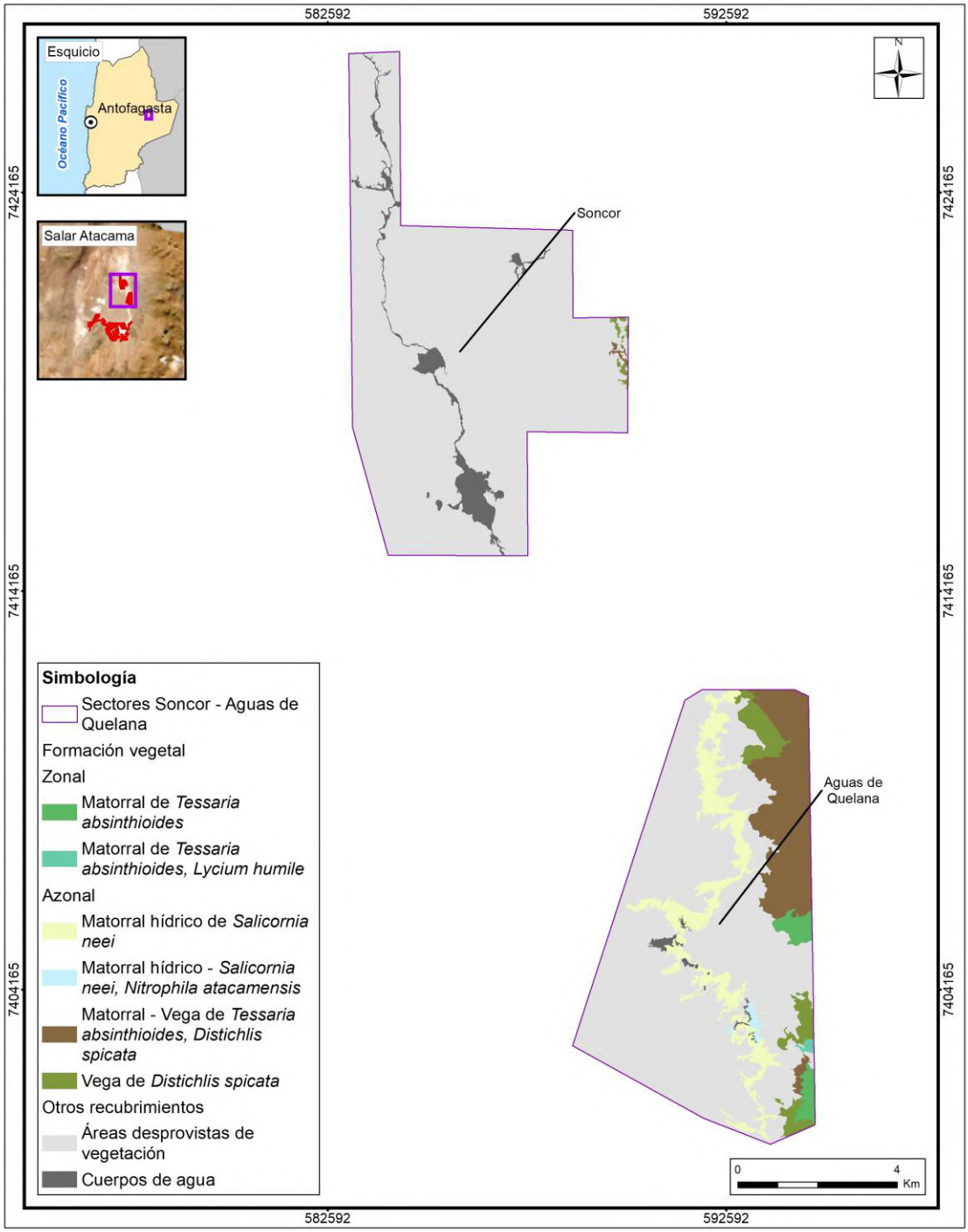
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras					
Cobertura vegetal (%)	**Altura vegetal**	**Códigos de especies**		**Herbáceas (H):**	
1 muy escasa (1-5)	1 < 5 cm	**Arbustivas (Leñoso Bajo) (LB):**		bj	*Baccharis juncea*
2 escasa (5-10)	2 5 - 25 cm	Aa	*Atriplex atacamensis*	cid	*Cistanthe densiflora*
3 muy clara (10-25)	3 25 - 50 cm	Ad	*Aloysia deserticola*	cis	*Cistanthe salsoloides*
4 clara (25-50)	4 50 - 100 cm	Ai	*Atriplex imbricata*	dp	*Distichlis spicata*
5 poco densa (50-75)	5 100 - 200 cm	Eb	*Ephedra breana*	jb	*Juncus balticus*
6 densa (75-90)	6 > 200 cm	Lh	*Lycium humile*	nia	*Nitrophila atacamensis*
7 muy densa (>90)		Sn	*Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa-Sf)*	ph	*Phragmites australis*
		Tb	*Tessaria absinthioides*	pu	*Puccinellia frigida*
		Tt	*Tiquilia atacamensis*	sca	*Schoenoplectus californicus*
				tc	*Triglochin concinna*

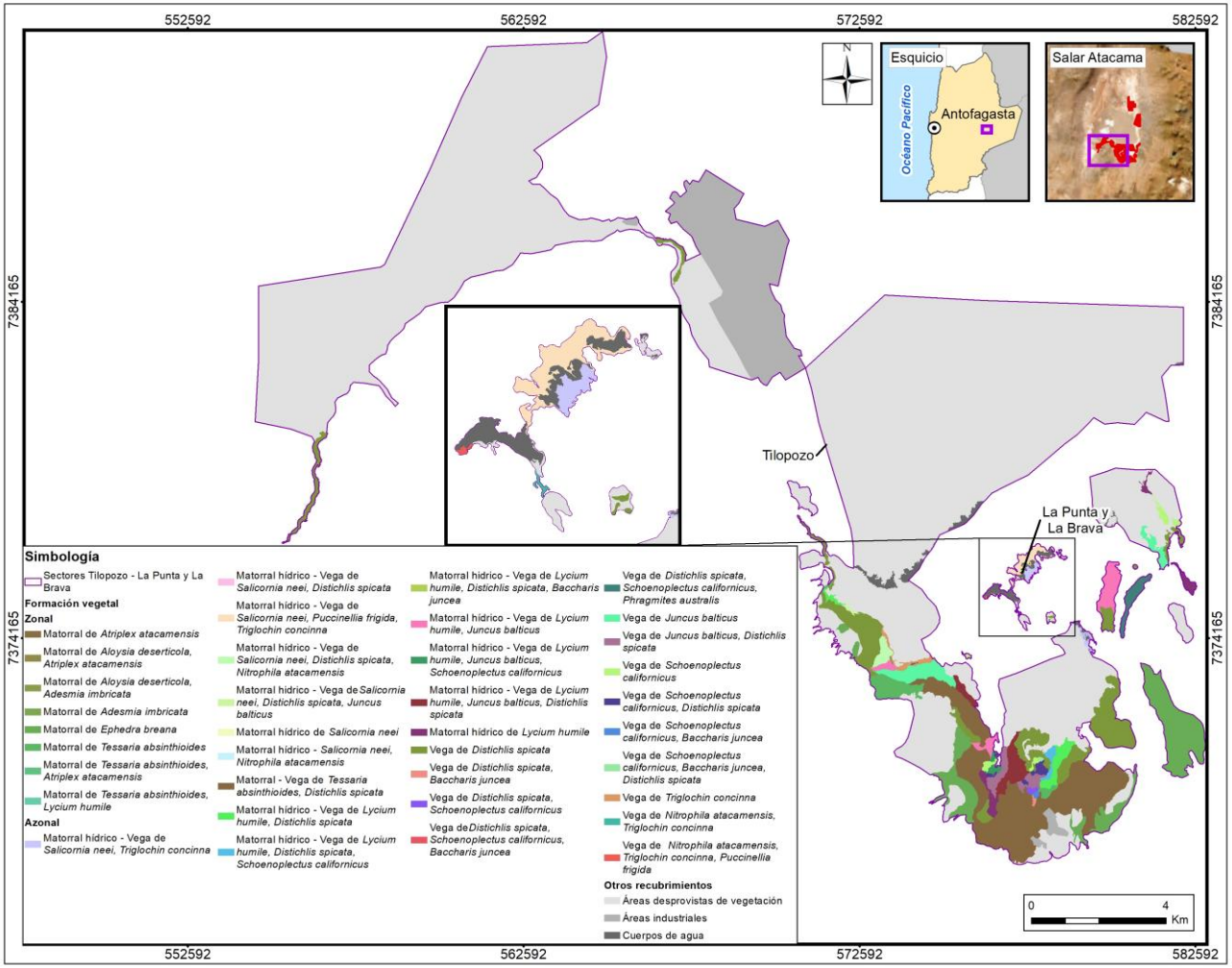
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Verano de 2026



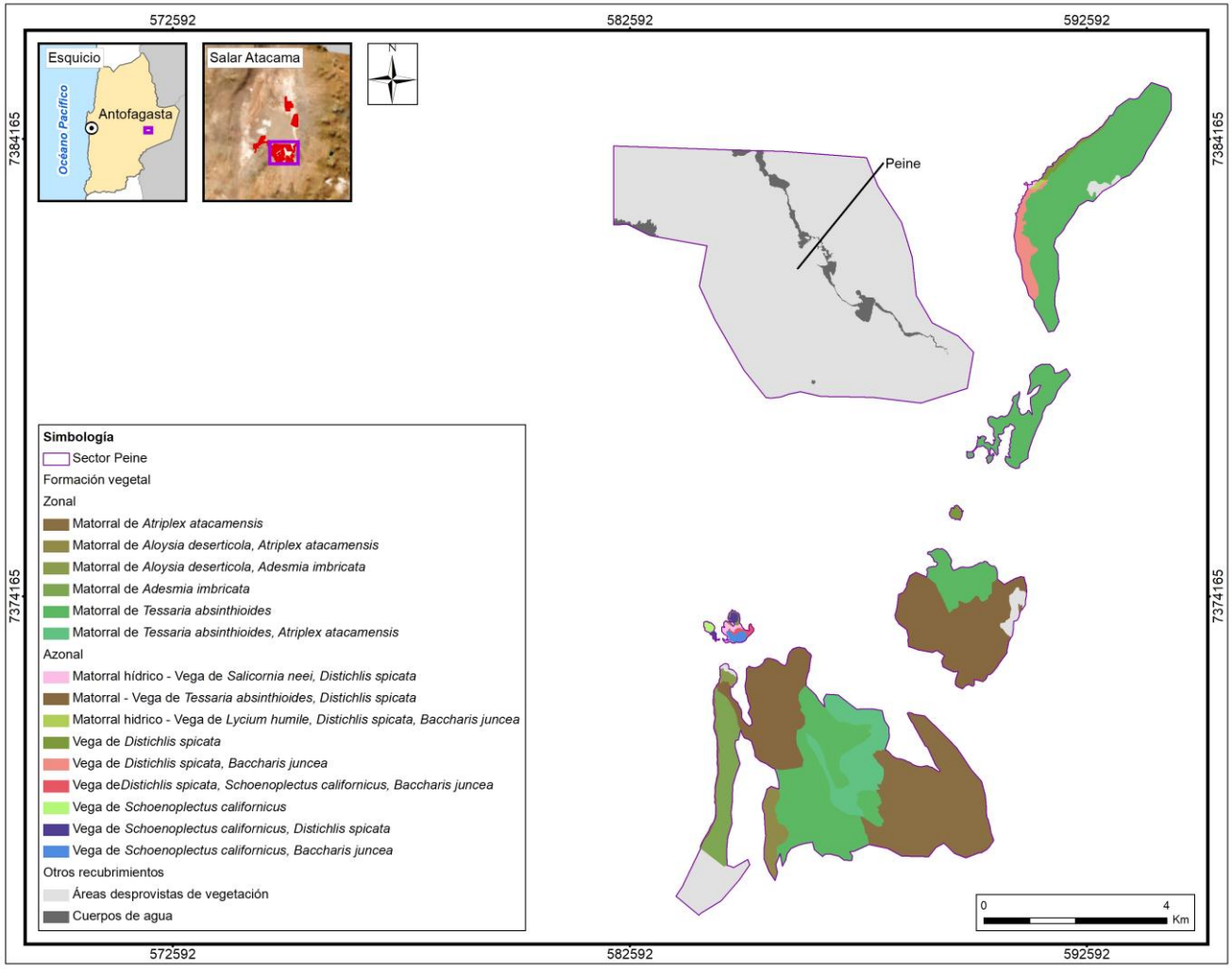
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-13. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Verano de 2026



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-14. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Verano de 2026



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 RESULTADOS FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS)

6.2.2.1 Resultados del muestreo de flora y vegetación, campaña de invierno de 2025

6.2.2.1.1 Formaciones vegetales

En la **Tabla N° 6-23**, se presentan tipos de vegetación identificados en las transectas de monitoreo durante la campaña de invierno 2025.

Tabla N° 6-23. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo

TIPO DE FORMACIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIÓN VEGETAL	ESPECIE(S) ACOMPAÑANTE(S)	TRANSECTAS	SECTOR
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Distichlis spicata*	*Baccharis juncea*, *Lycium humile, Juncus balticus*	T08; T09; T20; T21; T22; T26; T27; T28	Peine, Tilopozo y Aguas de Quelana
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Juncus balticus*	*Distichlis spicata*, *Lycium humile*	T13; T18; T30; T31	La Punta La Brava y Tilopozo
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	*Baccharis juncea*, *Distichlis spicata, Salicornia neei*	T01; T02; T03; T04; T19; T29	Peine y Tilopozo
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Triglochin concinna*	*Salicornia neei, Distichlis spicata, Puccinellia frigida*	T10*; T11*	La Punta La Brava
Matorral	Azonal	Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*)	*Nitrophila atacamensis*, *Puccinellia frigida, Triglochin concinna, Distichlis spicata*	T12*; T15*; T16*; T17*	La Punta La Brava, Aguas de Quelana, Peine y Tilopozo
Matorral	Zonal	Matorral de *Tessaria absinthioides*	*Atriplex atacamensis, Distichlis spicata*	T05; T06; T07; T23; T24; T25	Peine, Tilopozo y Aguas de Quelana
Sin vegetación/Salar		Área desprovista de vegetación	-	T14*	Soncor

Dónde: *: Transectas control vegetación
Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, debido a problemas de accesibilidad, no fue posible registrar la transecta T14, ubicada en un área desprovista de vegetación (costra salina) en el sector Soncor (Laguna Barros Negros). Esta transecta no ha podido ser realizada desde el primer levantamiento correspondiente al Monitoreo Base 0 (MB0, julio 2016), por lo que se incorporó un punto adicional COT (RPV015) para validar en cada monitoreo el ambiente “sin vegetación”. No obstante, pese a las coordinaciones realizadas con CONAF, no fue posible acceder a la Reserva Nacional Los Flamencos durante esta campaña, por lo que no se pudo llegar al punto de validación RPV015.

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetales, en la **Tabla N° 6-24**, se presentan las principales características de las transectas monitoreadas en invierno 2025, tanto de vegetación (riqueza, formación COT asociada, especies dominantes y grado de alteración), como de las condiciones físicas del terreno (humedad del suelo y salinidad). La fisonomía de las formaciones vegetales y del área desprovista de vegetación en Soncor se pueden observar en las siguientes fotografías **Fotografía N° 6-4, Fotografía N° 6-5, Fotografía N° 6-6, Fotografía N° 6-7, Fotografía N° 6-8, Fotografía N° 6-9.**

Tabla N° 6-24. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 19 (invierno 2025), en cada subsector

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Herbazal de *Distichlis spicata*	Peine	T08	H4	dp bj	Saturado	>80%	2	2
		T09	H3	dp	Saturado	>80%	2	1
	Tilopozo	T20	H4	dp	No saturado	30-50%	2	1
		T21	H3	dp	No saturado	>80%	2	1
		T22	LB2 H2	Lh dp	No saturado	>80%	2	2
		T26	H2	dp	No saturado	<10%	3	1
		T27	H2	dp	No saturado	<10%	2	1
		T28	H3	dp	No saturado	50-80%	2	1
	Riqueza total en formación vegetal							**3**
Herbazal de *Juncus balticus*	La Punta	T13	LB2 H3	Lh jb	No saturado	>80%	2	2
	Tilopozo	T18	LB1 H2	jb (Lh)	No saturado	>80%	2	2
		T30	H3	dp jb	No saturado	>80%	3	3
		T31	LB2 H2	Lh jb	Saturado	>80%	2	2
	Riqueza total en formación vegetal							**3**
Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	Peine	T01	H4	sca bj	Sobresaturado	<10%	3	4
		T02	H6	sca dp	Sobresaturado	<10%	2	4
		T03	H4	sca bj	Sobresaturado	<10%	3	5
		T04	H4	dp bj	Saturado	<10%	3	4
	Tilopozo	T19	H5	sca dp	Saturado	<10%	2	2
		T29	H2	dp sca	No saturado	<10%	4	4
	Riqueza total en formación vegetal							**7**
Herbazal de *Triglochin concinna*	La Brava	T10	H1	nia tc	Saturado	>80%	1	2
	La Punta	T11	LB3 H3	Sn tc	Sobresaturado	>80%	1	2
	Riqueza total en formación vegetal							**3**
Matorral de *Salicornia neei*	La Punta	T12	LB3 H3	Sn pu tc	Saturado	>80%	1	1
	Aguas de Quelana	T15	LB3 H2	Sn nia	-	-	-	-
		T16	LB3 H1	Sn	-	-	-	-
		T17	LB4	Sn	-	-	-	-
	Riqueza total en formación vegetal							**1**
Matorral de *Tessaria absinthioides*	Peine	T05	LB2	Tb	No saturado	30-50%	2	1
		T06	LB3	Tb Aa	No saturado	30-50%	2	2
		T07	LB4	Tb Aa	No saturado	30-50%	1	1

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
	Tilopozo	T23	LB4 H1	Tb	No saturado	>80%	2	1
		T24	LB4 H4	Tb dp	No saturado	30-50%	2	2
		T25	LB3 H3	Tb dp	Saturado	30-50%	2	2
	Riqueza total en formación vegetal							**2**
Área desprovista de vegetación	Soncor*	T14	ADV	-	-	-	-	-

* Subsector Soncor sin muestreo en Monitoreo M19 debido a malas condiciones de caminos, del que se conoce no registra cobertura vegetal.

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras							
Coberturas (%):		**Tipo Biológico:**		**Especies:**			
1	muy escasa (<5)	LB:	Leñoso Bajo (arbustivo)	Aa:	*Atriplex atacamensis*	tc:	*Triglochin concinna*
2	escasa (5-10)	H:	Herbáceo	bj:	*Baccharis juncea*	pu:	*Puccinellia frigida*
3	muy clara (10-25)		**Otras coberturas COT:**	dp:	*Distichlis spicata*	Sn:	*Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa-Sf)*
4	clara (25-50)	ADV:	Áreas desprovistas de vegetación	jb:	*Juncus balticus*	Tb:	*Tessaria absinthioides*
5	poco densa (50-75)		**Grado de Alteración:**	Lh:	*Lycium humile*		
6	densa (75-90)	1	Vegetación en estado natural	nia:	*Nitrophila atacamensis*		
7	muy densa (>90)	2 3	Vegetación alterada Vegetación deteriorada	sca:	*Schoenoplectus californicus*		

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-4. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en invierno 2025, en distintas transectas de estudio



Donde: Transectas de seguimiento del PMB: T08 en sector Peine y T20 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-5. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en invierno 2025, en transectas de estudio



Donde: Transectas de seguimiento del PMB: T02 y T04 en sector Peine, T19 y T29 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-6. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en invierno 2025, en transectas de estudio



Donde: Transectas de seguimiento del PMB: T13 en subsector La Punta y T31 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-7. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en invierno 2025, en transectas de estudio



Donde: Transectas de seguimiento del PMB: T10 en subsector La Brava y T11 en subsector La Punta.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-8. Fisonomía de matorral de *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa)* en invierno 2025, en transectas de estudio



Donde: Transectas de seguimiento del PMB: T12 en subsector La Punta.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-9. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en invierno 2025, en transectas de estudio



Donde: Transectas de seguimiento del PMB: T05 y T07 en sector Peine y T24 y T25 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.2 Composición y cobertura

6.2.2.1.2.1 Cobertura absoluta de especies (variación temporal)

La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 19 (M19; invierno 2025), se presenta por transecta en las siguientes figuras ordenadas por sector. En ellas se incluye tanto las coberturas de vegetación y rastrojos registradas en este monitoreo, como las correspondientes a los demás monitoreos de invierno: Monitoreo 1 (M1; 2016), Monitoreo 3 (M3; 2017) Monitoreo 5 (M5; 2018) Monitoreo 7 (M7; 2019), Monitoreo 9 (M9; 2020), Monitoreo 11 (M11; invierno 2021 no realizado por restricciones de acceso a la zona a causa de movilizaciones sociales), Monitoreo 13 (M13; 2022), Monitoreo 15 (M15; 2023) y Monitoreo 17 (M17; 2024).De este modo, se observa la composición comunitaria que presenta cada formación vegetal, ver **Figura N° 6-15**, **Figura N° 6-16**, **Figura N° 6-17** y **Figura N° 6-18**.

En **Anexo Vegetación y Flora, Figura N°1-1** a **Figura N°1-11 y en Base de Datos de Consulta** se presentan los valores de cobertura absoluta del Monitoreo 19 en mayor detalle.

El **sector Peine** presenta las mayores coberturas vegetales en la formación de **herbazal de *Schoenoplectus californicus*** en los monitoreos de invierno, no obstante, en M19 disminuye la cobertura absoluta para las especies dominantes en tres de las cuatro transectas principalmente, destacando para T02 una recuperación de la cobertura para *S. californicus* (M19; 71,6%) después del menor registro en el invierno anterior (M17; 4,6%), seguido de un leve aumento para T01 y T03 en M19, pero también con menor cobertura para las especies acompañantes. Por otra parte, en la transecta T04 de la formación se registra la menor cobertura absoluta para *S. californicus* en este monitoreo (M19; 6,4%), pero con un aumento leve para las especies acompañantes *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*, respecto al invierno anterior, ver **Figura N° 6-15**. Cabe mencionar que desde M15 se observaba una disminución de las coberturas junto a un aumento de rastrojo en las transectas T02 y T04, pero en general, en M19 aumenta la cobertura vegetal respecto a M17 y disminuye el rastrojo. En relación con las especies acompañantes con menor cobertura en la formación (<2%), se presenta igualmente una disminución de cobertura o la ausencia en algunas transectas, como es el caso de *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna* que no se registran en M19, pero aparece una especie adicional en T02, *Juncus* sp. con una cobertura de 0,8% en M19.

En el mismo sector, las coberturas vegetales en los **herbazales de *D. spicata*** se observan variables en el tiempo, donde la especie dominante muestra un aumento de su cobertura en M19 en ambas transectas (T08; 22,4% y T09; 19,4%) respecto al invierno anterior, y asimismo una disminución del rastrojo en M19, ver **Figura N° 6-15**.

En los **matorrales de *T. absinthioides*** se observa igualmente una disminución de las coberturas en el tiempo, solo en T05 la cobertura de *T. absinthioides* aumenta levemente

respecto al invierno anterior, pero en general en las tres transectas se observan bajas coberturas respecto a los primeros monitoreos de invierno (M1 a M13), ver **Figura N° 6-15**.

Respecto a la **composición comunitaria en el sector de Peine**, ésta se observaba estable entre monitoreos hasta el invierno M15, albergando en similar proporción a las especies dominantes y acompañantes en cada una de las transectas monitoreadas, pero con el descenso de la cobertura registrado en M17 la composición dominante varió principalmente en los herbazales de *S. californicus* registrando una estructura similar en M19 donde la especie *Baccharis juncea* mantiene en general bajas coberturas en la formación y por otro lado *D. spicata* aumenta su cobertura en M19 en la transecta T02, así como la presencia nueva de *Juncus* sp. en esta misma transecta; mientras que en el resto de las formaciones, si bien se observan descensos de cobertura, la composición y estructura de las formaciones se mantiene similar a los registros anteriores. La presencia/ausencia de especies acompañantes con menos del 2% de cobertura absoluta en el tiempo, tampoco denotan un cambio en la estructura de las formaciones, ya que sus registros son dinámicos y de baja representatividad en la composición de éstas. Por último, la presencia de la especie *Atriplex atacamensis* en un matorral de *T. absinthioides* (T07), solo fue registrada en invierno 2019 con menos de un 1% de cobertura absoluta, correspondiente a una regeneración espontánea que se observó desde el monitoreo M6 de verano, pero no fue registrado nuevamente desde M7.

El **sector Tilopozo** presenta más variedad de formaciones y transectas (**Figura N° 6-16**). En el **herbazal de *Distichlis spicata*** solo una de las seis transectas presenta más de un 30% de cobertura absoluta para esta especie en M19 (T20), registrando menos de un 10% de cobertura absoluta en las otras transectas de la formación para la especie, aunque con coberturas estables según los últimos inviernos, solo la transecta T27 presenta una disminución mayor de la cobertura en M19. En relación con el rastrojo, éste se muestra en general estable en este invierno, inclusive con un descenso en T20 y T28.

El **herbazal de *Schoenoplectus californicus*** de Tilopozo presentaba un deterioro de la vegetación en los últimos inviernos (M13 a M17) después de presentar las mayores coberturas en años anteriores (2016-2021), de acuerdo con las transectas T19 y T29, mostrando una recuperación de la cobertura vegetal y disminución del rastrojo en T19 en M19 (**Figura N° 6-16**). También mencionar, que en la zona de las transectas T19 y T29 aún se presencia el ganado de llamas, observando abundante pisoteo y ramoneo de especies, inclusive manteniendo áreas con potencial erosión de suelo por la falta de recubrimiento vegetal (suelo desnudo o suelo terroso).

Por su parte, el **herbazal de *Juncus balticus*** en Tilopozo muestra un descenso paulatino de las coberturas, con algunas variaciones entre monitoreos, pero manteniendo bajas coberturas en M19, respecto a inviernos anteriores (**Figura N° 6-16**). Solo la transecta T30 presenta un leve aumento de la cobertura de *J. balticus* en M19, respecto al bajo registro del invierno anterior. Por otro lado, el rastrojo en M19 disminuye en dos de las tres transectas, respecto al invierno M17.

El **matorral de *Tessaria absinthioides*** en el sector Tilopozo presenta variabilidad en el comportamiento en las tres transectas de la formación: T23 se mantiene con una variación leve en el tiempo mostrando un aumento de la cobertura vegetal en M19, respecto a los últimos inviernos, mientras que T24 se observa más estable en la cobertura de *D. spicata* respecto a M17, pero la cobertura de *T. absinthioides* se mantiene estable en los últimos inviernos (M13 a M19) después de registrar un mayor descenso desde M9. Por otro lado, la transecta T25 registra una de las menores cobertura en M19 (**Figura N° 6-16**). El rastrojo en esta formación es variable, mostrando menor cobertura en M19 para las transectas T24 y T25 respecto al año anterior.

Respecto a la **composición comunitaria en el sector Tilopozo**, ésta se observa en general estable entre monitoreos (**Figura N° 6-16**), con algunos cambios en los herbazales de *S. californicus*, dado el deterioro de la formación observado en los últimos inviernos. Por una parte, la dominancia de *S. californicus* ha disminuido considerablemente desde los registros iniciales y, por otro lado, especies acompañantes en esta formación también han mermado su cobertura o presencia como *B. juncea* principalmente.

En el **sector La Punta y La Brava** se presentan cuatro transectas, con variabilidad de cobertura y composición entre ellas (**Figura N° 6-17**). En el **herbazal de *Triglochin concinna*** la cobertura de las especies en la transecta T10 de este monitoreo se mantiene baja para las dos especies presentes, la especie *T. concinna* con un 0,2% en M19, aunque con un leve aumento para *Nitrophila atacamensis* (1,0% en M19). Para T11 la cobertura de *T. concinna* y *S. neei* se observa estable después del descenso en M13 y un descenso del rastrojo en este monitoreo. En la transecta T13 en el **herbazal de *J. balticus*** la cobertura de la especie dominante aumenta levemente en M19 (10,8%), respecto a los dos últimos inviernos (M15 y M17), así como un aumento del rastrojo (25,6%). En el **matorral de *Salicornia neei* (ex *S. fruticosa)*** del sector, en M19 la cobertura de la especie dominante aumenta levemente respecto al invierno anterior, disminuyendo igualmente la cobertura de rastrojo en M19.

Respecto a la **composición comunitaria del sector La Punta y La Brava**, se observa estable en todas las transectas en M19, sin embargo, es importante mencionar que la transecta T10 con la baja cobertura que presentan las especies no es preciso hablar de una formación vegetal o una composición comunitaria estable, ya que más bien son grupos de individuos que se desarrollan aislados en torno al pequeño cuerpo de agua, sin un patrón de distribución que se vea próspero para desarrollar más cobertura vegetal en el área.

El **sector Aguas de Quelana** presenta tres transectas en **matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)***, ver **Figura N° 6-18**. No obstante, en este monitoreo no hubo acceso a la Reserva de CONAF quedando sin muestreo en M19.

Figura N° 6-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en el sector Peine



Donde: Especies: bj: *Baccharis juncea*; dp: *Distichlis spicata;* jsp: *Juncus* sp.; pu: *Puccinellia frigida*; sca: *Schoenoplectus californicus*; Sn: *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*-Sf); Tb: *Tessaria absinthioides*; tc: *Triglochin concinna*; R: rastrojo (cobertura muerta); Monitoreo 11 (M11) no se realizó por restricciones de acceso y razones de seguridad a causa de movilizaciones sociales en la zona. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en sector Tilopozo



Donde: Especies: bj: *Baccharis juncea*; dp: *Distichlis spicata*; esp: *Eleocharis* sp.; jb: *Juncus balticus*; Lh: *Lycium humile*; nia: *Nitrophila atacamensis*; Tb: *Tessaria absinthioides*; sca: *Schoenoplectus californicus*; Sn: *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*-Sf); R: rastrojo (cobertura muerta).
Monitoreo 11 (M11) no se realizó por restricciones de acceso en la zona a causa de movilizaciones sociales.
Fuente: Elaboración propia.

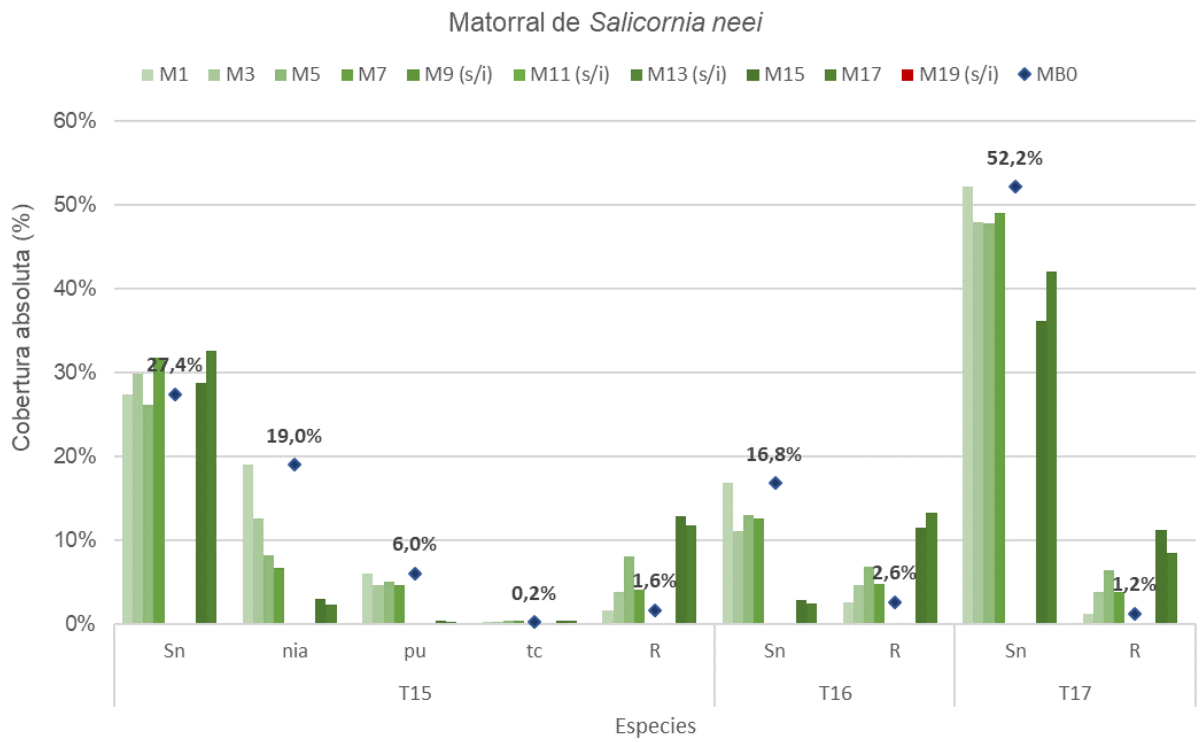
Figura N° 6-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en sector La Punta y La Brava



Donde: Especies: jb: *Juncus balticus*; Lh: *Lycium humile*; nia: *Nitrophila atacamensis*; pu: *Puccinellia frigida*; Sn: *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*-Sf); tc: *Triglochin concinna;* R: rastrojo (cobertura muerta).

Monitoreo 9-Transecta T12 en subsector La Punta sin muestreo de transecta por restricciones de acercamiento por resguardo de fauna (nidificación de aves); Monitoreo 11 (M11) no se realizó por restricciones de acceso y razones de seguridad a causa de movilizaciones sociales en la zona; Monitoreo 15 (M15) no se realizaron las transectas T11 y T12 por presencia abundante de aves en el sistema lagunar del subsector La Punta. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de invierno, en sector Aguas de Quelana



Donde: Especies: nia: *Nitrophila atacamensis*; pu: *Puccinellia frigida*; Sn: *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*-Sf); tc: *Triglochin concinna*; R: rastrojo (cobertura muerta); (s/i)
Campañas sin información:
Monitoreo 9 (M9): sin muestreo de transectas por restricciones de acceso a Aguas de Quelana según indicaciones de CONAF regional por seguridad sanitaria;
Monitoreo 11 (M11) no se realizó por restricciones de acceso y razones de seguridad a causa de movilizaciones sociales en la zona;
Monitoreo 13 y 19 (M13-M19): sin muestreo de transectas en sector Aguas de Quelana por restricciones de acceso según indicaciones de CONAF.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.2.2 Cobertura y riqueza de transectas (Monitoreo 19 - invierno 2025)

En la **Figura N° 6-19** se presentan las coberturas absolutas y promedio de la vegetación, la cobertura de rastrojo y de otros recubrimientos, además de la riqueza, para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de invierno 2025 (Monitoreo 19), ordenadas por sector de estudio.

En **Anexo Vegetación y Flora** se presentan los valores de cobertura absoluta y promedio de M19 y en **Base de Datos de Consulta** todos los registros del PMB (M1 a M19) incluido MB0.

En **sector Peine** presenta variadas coberturas, con el herbazal de *D. spicata* bajo un 30% de cobertura absoluta, el herbazal de *S. californicus* con coberturas entre un 45% y 93% y el matorral de *T. absinthioides* con coberturas menores al 10%, ver **Figura N° 6-19**. En las formaciones de herbazal de *D. spicata* y matorral de *T. absinthioides* la mayor cobertura por transecta está representada por “otros recubrimientos”, seguido del “rastrojo”, a diferencia del herbazal de *S. californicus* donde destaca mayor cobertura de rastrojo en tres de sus cuatro transectas y una mínima cobertura de otros recubrimientos (≤10%).

En relación con la composición comunitaria, la riqueza de especies varía entre una a cinco especies en las transectas del sector Peine. El herbazal de *S. californicus* registra la mayor riqueza con un máximo en T03 con cinco especies, seguido de cuatro especies en las transectas T01, T02 y T04 (**Figura N° 6-19**). Respecto a los otros recubrimientos en el sector Peine, la cobertura está representada por costra salina en los herbazales de *D. spicata* (T08 y T09), en el matorral de *T. absinthioides* esta cobertura es variable, representada por costra salina terrosa en T05 y T06 y por costra salina terrosa y sustrato terroso en T07, y en el herbazal de *S. californicus* destaca la presencia de agua superficial en T01 y T02, mientras que en T03 y T04 se registra cobertura de sustrato terroso (ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**).

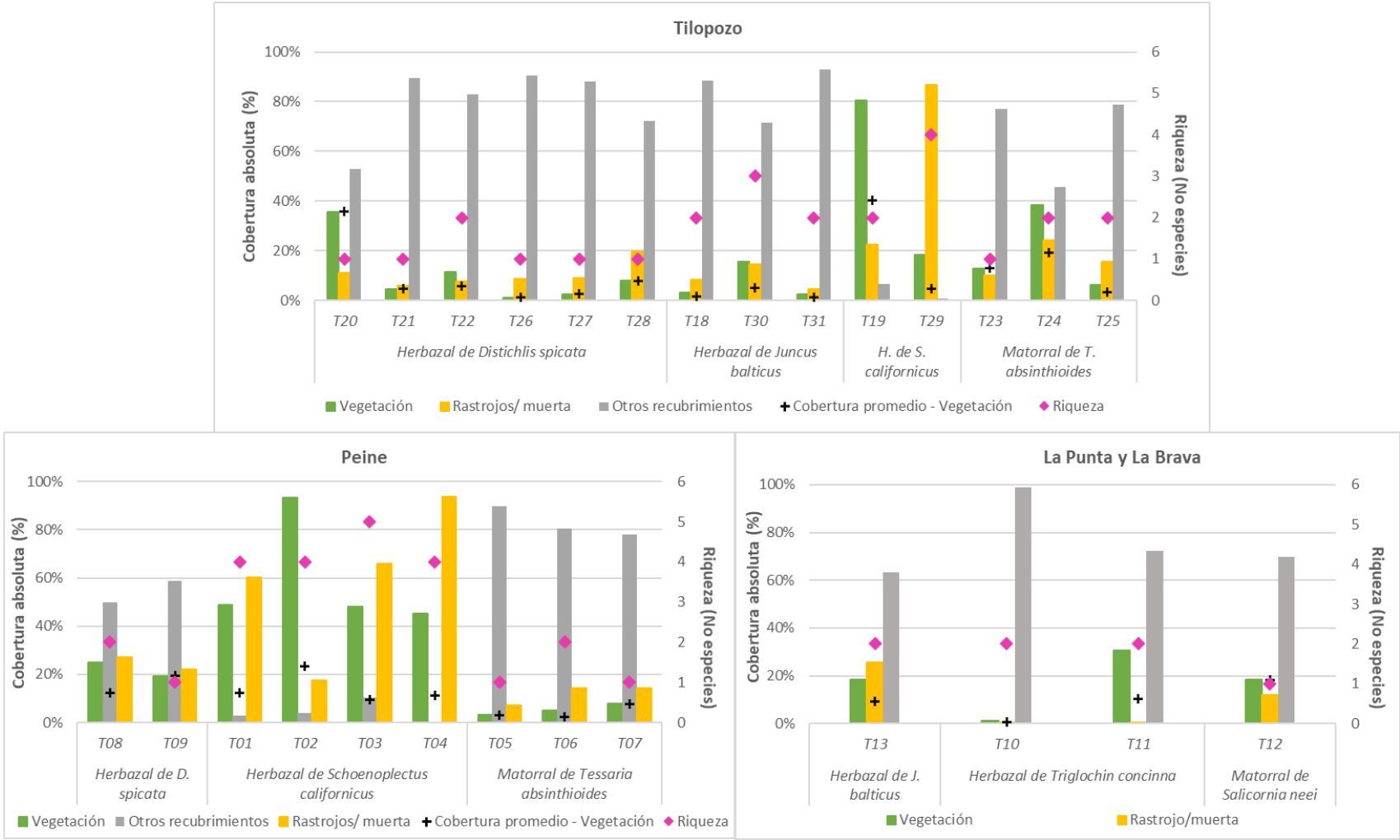
En el **sector Tilopozo** se observa una mayor representatividad de otros recubrimientos por sobre la cobertura vegetal (**Figura N° 6-19**), exceptuando las transectas del herbazal de *S. californicus* que presentan mayor cubrimiento de rastrojo en T29 y de cobertura vegetal en T19. En el herbazal de *D. spicata* la cobertura de vegetación varía entre un mínimo de 1,2% en T26 a un máximo de 35,8% en T20, siendo mayor la cobertura vegetal que la de rastrojo solo en las transectas T20 y T22. En el herbazal de *Juncus balticus* la cobertura de vegetación varía entre 2,4% en T31 y un 15,6% en T30 siendo mayor la cobertura vegetal que el rastrojo solo en la transecta T30. En el herbazal de *S. californicus* se registra la mayor cobertura de vegetación del sector en la transecta T19 (80,6%), seguido de un 18,4% de cobertura absoluta en la transecta T29 donde registra mayor cobertura de rastrojo (86,6%). En los matorrales de *T. absinthioides* la cobertura varía entre transectas, destacando la transecta T24 con la mayor cobertura vegetal (38,4%) seguido de T23 (13,0%), y una menor cobertura en T25 (6,4%) junto con una mayor cobertura de rastrojo (15,6%).

La composición comunitaria en el sector Tilopozo presenta una riqueza entre una a cuatro especies en las transectas en M19. En herbazales de *J. balticus* y de *S. californicus* se registra la mayor riqueza con tres especies en T30 y cuatro especies en T29 (**Figura N° 6-19**). Respecto a los otros recubrimientos en Tilopozo, estos están representados principalmente por costra salina, exceptuando en algunas transectas donde se registra suelo terroso como en T19, y una cobertura compartida de sustrato terroso con costra salina terrosa en T24 y T27, además es frecuente la cobertura de costra salina terrosa en T20, T25, T26 y T28, y una menor proporción en las transectas T29 y T30 (ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**).

En el **sector de La Punta y La Brava** se presentan tres tipos de formaciones, con variabilidad de cobertura y composición entre ellas (**Figura N° 6-19**). Las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* tienen una estructura distinta en su cobertura horizontal, donde T10 corresponde a una formación con muy escasa cobertura vegetal que presenta parches con especies aledaños al pequeño cuerpo lagunar y en este monitoreo registra un mínimo de cobertura vegetal (1,2%) y de rastrojo (0,2%). La transecta T11, localizada a orillas del cuerpo lagunar de La Punta presenta una cobertura más homogénea, alcanzando un 30,6% en M19 y una mínima cobertura de rastrojo (0,6%). En el herbazal de J*. balticus* (T13) y matorral de *Salicornia neei* (T12), ambos del subsector La Punta, registran similar cobertura vegetal (18% aproximadamente en ambas) y la cobertura de rastrojo es mayor en T13 (25,6%).

La riqueza de especies del sector La Punta y La Brava se observa entre una y dos especies, con el mayor registro en la transecta T10, T11 y T13 en M19 (**Figura N° 6-19**). Respecto a los otros recubrimientos, destaca la heterogeneidad observada en las transectas T10, T11 y T12 con cobertura mixta entre agua superficial, costra salina, costra salina saturada y sobresaturada y una menor proporción de costra salina terrosa, mientras que T13 solo está representada por costra salina, la única transecta del sector más alejada de cuerpos lagunares, ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta.**

Figura N° 6-19. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 19 (invierno 2025)



Donde: sector Aguas de Quelana sin muestreo estacional en Monitoreo 19 por restricciones de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.2.3 Comparación de la cobertura promedio y composición por sector (Monitoreo 19 - invierno 2025)

En la **Tabla N° 6-25** se observan los valores promedios del Monitoreo M19 (invierno 2025) de cobertura por sector, donde destaca la baja cobertura de vegetación para todos los sectores, con un máximo de cobertura promedio en Peine de 32,9% y a su vez una mayor cobertura promedio del rastrojo con un 35,8%. Para los sectores La Punta y La Brava y Tilopozo, se observa similar cobertura promedio de 17,2% y 17,3%, respectivamente, pero una mayor cobertura de rastrojo en Tilopozo, con un promedio de 17,7%.

Estos valores de rastrojo en Tilopozo y Peine indican principalmente el deterioro de la cobertura observado en los herbazales de *S. californicus*, donde algunas transectas se observan con baja actividad biológica, aunque es propio de una estación de invierno, pero además se suma el daño antrópico detectado, en el caso de Peine desde el invierno M17 donde se observaron huellas de vehículo que pasaron en las transectas de este herbazal, y en el caso de Tilopozo, el pisoteo y ramoneo que se mantiene en el área de las transectas T19 y T29 (**Tabla N° 6-25**).

Finalmente, la riqueza de especies se observa entre cinco y ocho especies de flora vascular por sector, destacando el valor de ocho especies en Peine (**Tabla N° 6-25**)**.** La **Tabla N° 6-26**, muestra la riqueza y composición de las especies presentes por subsector.

Tabla N° 6-25. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, en Monitoreo 19 (invierno 2025)

Subsector	Transectas en el sector	Promedio de la cobertura absoluta por sector		Riqueza (No. De especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	
La Punta y La Brava	4	17,2%	9,6%	5
Peine	9	32,9%	35,8%	8
Aguas de Quelana*	0	-	-	-
Soncor*	0	-	-	-
Tilopozo	14	17,3%	17,7%	6

Donde: * Subsector Soncor y Aguas de Quelana sin muestreo en Monitoreo M19 debido a restricciones de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6-26. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 19 (invierno 2025)

Especie	Subsector Área de estudio			
	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana*	Tilopozo
Baccharis juncea (Cass.) Desf.		X		
Distichlis spicata (L.) Greene		X		X
Eleocharis pseudoalbibracteata S. González & Guagl.		X		

Especie	Subsector Área de estudio			
	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana*	Tilopozo
Juncus balticus Willd.	X			X
Juncus sp.		X		
Lycium humile Phil.	X			X
Nitrophila atacamensis (Phil.) Hieron. ex Ulbr.	X			
Puccinellia frigida (Phil.) I.M. Johnst.				
Salicornia neei Lag. *(ex Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott)	X	X		X
Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják		X		X
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC.		X		X
Triglochin concinna Burtt Davy	X	X		
Riqueza total por subsector	**5**	**8**	**-**	**6**

Donde: * Subsector Aguas de Quelana y Soncor sin muestreo en Monitoreo M19 debido a restricciones de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2 Resultados del muestreo de flora y vegetación, campaña de verano de 2026

6.2.2.2.1 Formaciones vegetales

En **Tabla N° 6-27**, se presentan los tipos de vegetación identificados en cada una de las transectas durante la campaña de verano 2026.

Cabe destacar que, por problemas de accesibilidad, no fue posible registrar la transecta T14[17] que se localiza en un área desprovista de vegetación (costra salina) en el sector de Soncor (Laguna Barros Negros) (ver **Anexo Vegetación y Flora: sección 1.9 respaldo sobre actividades de terreno**). Asimismo, no se pudieron levantar las transectas del sector La Punta y La Brava[18] (T10, T11 y T12) en esta campaña.

17 Cabe señalar que la transecta T14 no se ha realizado desde el primer levantamiento en Monitoreo Base 0 (MB0, julio 2016), por las malas condiciones del camino de acceso. Debido a lo anterior, se ha incluido un punto adicional COT (RPV015) para validar el ambiente "sin vegetación" en cada monitoreo, aunque en esta campaña tampoco fue posible visitar dicho punto, justificado por parte de CONAF, por temas de resguardo de la avifauna (nidificación de flamencos).

18 En este verano 2026 no hubo acceso al sector de lagunas (La Punta y La Brava) por mal estado de caminos, los que se encontraban en mantención. Dejando constancia formal a través de libro de obras (*manifold*) sobre permisos no autorizados, con firma por parte de comunidades, personal de Albemarle y especialistas en terreno (ver Anexo Vegetación y Flora: sección 1.9 respaldo sobre actividades de terreno).

Tabla N° 6-27. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo.

TIPO DE FORMACIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIÓN VEGETAL	ESPECIE(S) ACOMPAÑANTE(S)	TRANSECTAS	SECTOR
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Distichlis spicata*	*Baccharis juncea*, *Lycium humile*	T08; T09; T20; T21; T22; T26; T27; T28	Peine y Tilopozo
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Juncus balticus*	*Distichlis spicata*, *Lycium humile*	T13; T18; T30; T31	La Punta La Brava y Tilopozo
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	*Baccharis juncea*, *Distichlis spicata, Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa)*	T01; T02; T03; T04; T19; T29	Peine y Tilopozo
Herbazal	Azonal	Herbazal de *Triglochin concinna*	*Nitrophila atacamensis*	T10; T11*****	La Punta La Brava
Matorral	Azonal	Matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa)*	*Nitrophila atacamensis*, *Puccinellia frigida*	T12*****; T15*; T16*; T17*	La Punta La Brava y Aguas de Quelana
Matorral	Zonal	Matorral de *Tessaria absinthioides*	*Atriplex atacamensis, Distichlis spicata*	T05; T06; T07; T23; T24; T25	Peine y Tilopozo
Sin vegetación/Salar		Área desprovista de vegetación	-	T14*	Soncor

Dónde: *: Transectas control vegetación. Recordar que la transecta T14 ha sido validada a través de un punto COT (RPV015) en varios monitoreos anteriores, corroborando su ambiente y ausencia de vegetación.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetales, en la **Tabla N° 6-28**, se presentan las principales características de las transectas para el monitoreo de verano 2026, tanto de vegetación (riqueza, formación COT asociada, especies dominantes y grado de alteración), como de las condiciones físicas del terreno (humedad del suelo y salinidad). La fisonomía de las formaciones vegetales y del área desprovista de vegetación en Soncor se pueden observar en las siguientes fotografías **Fotografía N° 6-10, Fotografía N° 6-11, Fotografía N° 6-12, Fotografía N° 6-13 y Fotografía N° 6-14**.

Tabla N° 6-28. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 20 (verano 2026), en cada subsector

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Herbazal de *Distichlis spicata*	Peine	T08	H5	dp bj	No saturado	50-80%	1	2
		T09	H3	dp	No saturado	50-80%	1	1
	Tilopozo	T20	H5	dp	No saturado	50-80%	1	1
		T21	H3	dp	No saturado	>80%	2	2
		T22	LB2 H2	Lh dp	No saturado	50-80%	1	3
		T26	H2	dp	No saturado	<10%	2	1
		T27	H2	dp	No saturado	<10%	2	1
		T28	H3	dp	No saturado	50-80%	2	1
	Riqueza total en formación vegetal							**4**
Herbazal de *Juncus balticus*	La Punta	T13	LB3 H3	Lh jb	No saturado	>80%	1	2
	Tilopozo	T18	LB1 H3	jb dp	No saturado	>80%	2	2
		T30	LB1 H3	dp jb	No saturado	>80%	2	2
		T31	LB2 H2	Lh jb dp	No saturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							**3**
Herbazal de *Schoenoplectus californicus*	Peine	T01	H7	sca bj	Sobresaturado	<10%	2	5
		T02	H7	sca dp	Sobresaturado	30-50%	2	4
		T03	H6	sca bj	Sobresaturado	<10%	2	5
		T04	H7	sca dp bj	Saturado	30-50%	1	4
	Tilopozo	T19	H6	sca dp	No saturado	10-30%	3	2
		T29	H6	sca	Sobresaturado	<10%	2	2
	Riqueza total en formación vegetal							**7**
Herbazal de *Triglochin concinna*	La Brava*	T10	-	-	-	-	-	-
	La Punta*	T11	-	-	-	-	-	-
	Riqueza total en formación vegetal							**-**
Matorral de *Salicornia neei*	La Punta*	T12	-	-	-	-	-	-
	Aguas de Quelana	T15	LB3 H2	Sn nia	Saturado	>80%	1	2
		T16	LB3 H1	Sn	No saturado	>80%	2	1
		T17	LB4	Sn	No saturado	>80%	1	1
	Riqueza total en formación vegetal							**2**
Matorral de *Tessaria absinthioides*	Peine	T05	LB2	Tb	No saturado	30-50%	2	1
		T06	LB3 H1	Tb Aa	No saturado	<10%	2	2
		T07	LB4	Tb Aa	No saturado	<10%	2	1

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
	Tilopozo	T23	LB4	Tb	No saturado	50-80%	1	1
		T24	LB4 H4	Tb dp	No saturado	10-30%	1	2
		T25	LB3 H3	Tb dp	No saturado	30-50%	2	2
	Riqueza total en formación vegetal							**2**
Área desprovista de vegetación	Soncor*	T14	ADV	-	-	-	-	-

* Sectores La Punta y La Brava sin muestreo en Monitoreo M20 debido a malas condiciones de caminos y Subsector Soncor sin muestreo en Monitoreo M20 debido a restricciones de acceso por resguardo de avifauna, del que se conoce no registra cobertura vegetal.

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras

Coberturas (%):		**Tipo Biológico:**		**Especies:**			
1	muy escasa (<5)	LB:	Leñoso Bajo (arbustivo)	Aa:	*Atriplex atacamensis*	tc:	*Triglochin concinna*
2	escasa (5-10)	H:	Herbáceo	bj:	*Baccharis juncea*	Sn:	*Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa-Sf)*
3	muy clara (10-25)	**Otras coberturas COT:**		dp:	*Distichlis spicata*	Tb:	*Tessaria absinthioides*
4	clara (25-50)	ADV:	Áreas desprovistas de vegetación	jb:	*Juncus balticus*		
5	poco densa (50-75)	**Grado de Alteración:**		Lh:	*Lycium humile*		
6	densa (75-90)	1	Vegetación en estado natural	nia:	*Nitrophila atacamensis*		
7	muy densa (>90)	2	Vegetación alterada	sca:	*Schoenoplectus californicus*		
		3	Vegetación deteriorada				

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-10. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en verano 2026, en distintas transectas de estudio



Donde: T08 en sector Peine y T20 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-11. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en verano 2026, en transectas de estudio



Donde : T02 y T04 en sector Peine y T19, T29 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-12. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en verano 2026, en transectas de estudio



Donde: T13 en subsector La Punta y T31 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-13. Fisonomía de matorral de *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa)* en verano 2026, en transectas de estudio



Donde: T15 y T16 en subsector Aguas de Quelana.
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 6-14. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en verano 2026, en transectas de estudio



Donde : T05 y T07 en sector Peine y T24, T25 en sector Tilopozo.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2.2 Composición y cobertura

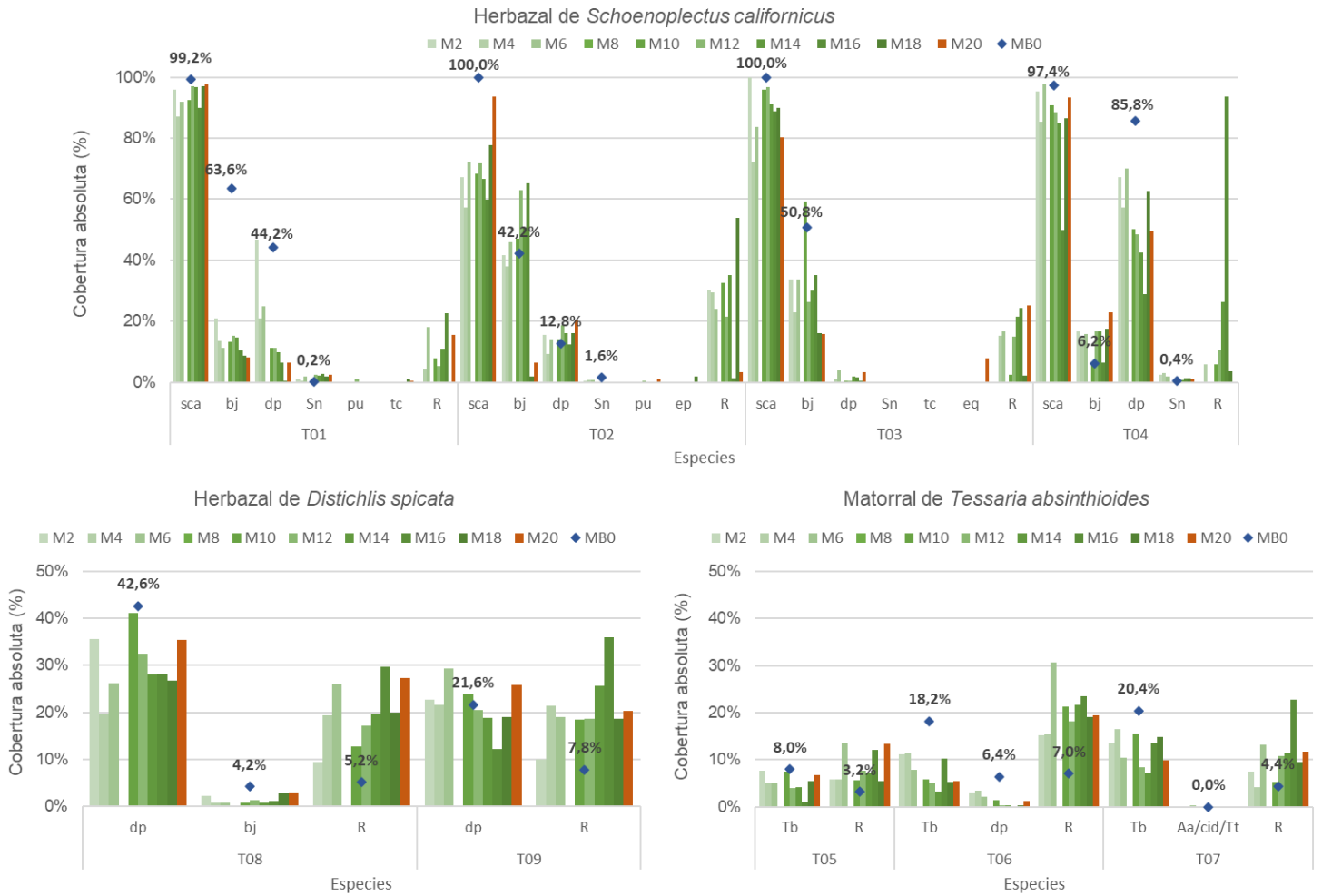
6.2.2.2.2.1 Cobertura absoluta de especies (variación temporal)

La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 20 (M20; verano 2026), se presenta por transecta en las siguientes figuras ordenadas por sector, junto a las coberturas de vegetación y rastrojos registradas en todos los monitoreos de verano[19], observando a su vez, la composición comunitaria que presenta cada formación vegetal, ver **Figura N° 6-20, Figura N° 6-21, Figura N° 6-22** y **Figura N° 6-23**.

En **Figura N°1-1** a **Figura N°1-11** del **Anexo Vegetación y Flora** se presentan los valores de cobertura absoluta del Monitoreo 20 en mayor detalle y en **Base de Datos de Consulta**.

19 Monitoreos de verano (2016-2025): Monitoreo 2 (M2; 2017), Monitoreo 4 (M4; 2018), Monitoreo 6 (M6; 2019), Monitoreo 10 (M10; 2021), Monitoreo 12 (M12; 2022), Monitoreo 14 (M14; 2023), Monitoreo 16 (M16; 2024) y Monitoreo 18 (M18; 2025). Cabe recordar que el Monitoreo 8 (verano 2020) no fue realizado por temas de seguridad, a raíz de la pandemia COVID-19.

Figura N° 6-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en el sector Peine



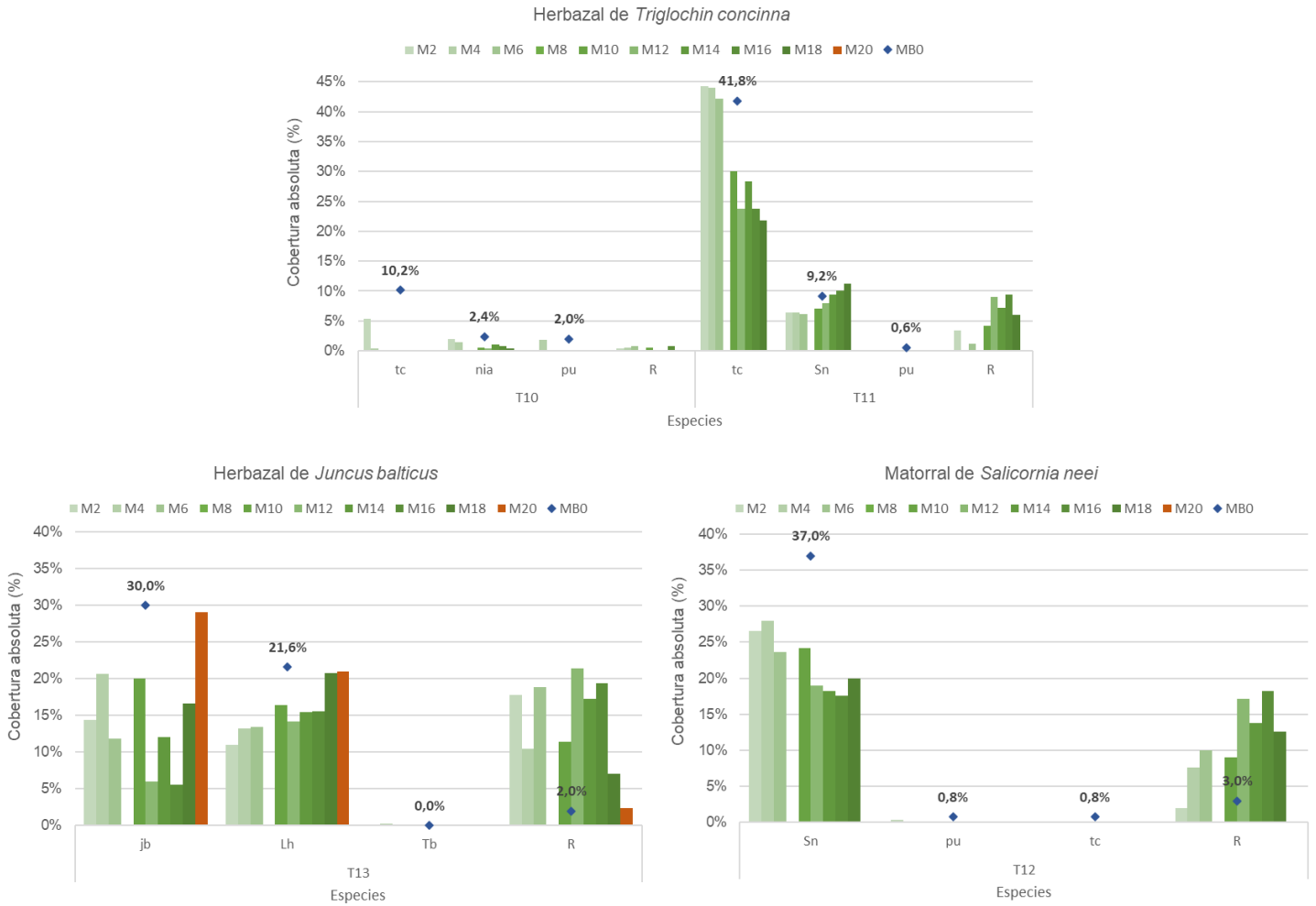
Donde: Especies: sca: *Schoenoplectus californicus,* bj: *Baccharis juncea*, dp: *Distichlis spicata,* pu: *Puccinellia frigida*, cid: *Cistanthe densiflora*, Tb: *Tessaria absinthioides,* Sn: *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa),* Aa: *Atriplex atacamensis,* Tt: *Tiquilia atacamensis,* R: rastrojo (cobertura muerta); Monitoreo 8 (M8) no se realizó por razones de seguridad a causa de la pandemia COVID-19. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en sector Tilopozo



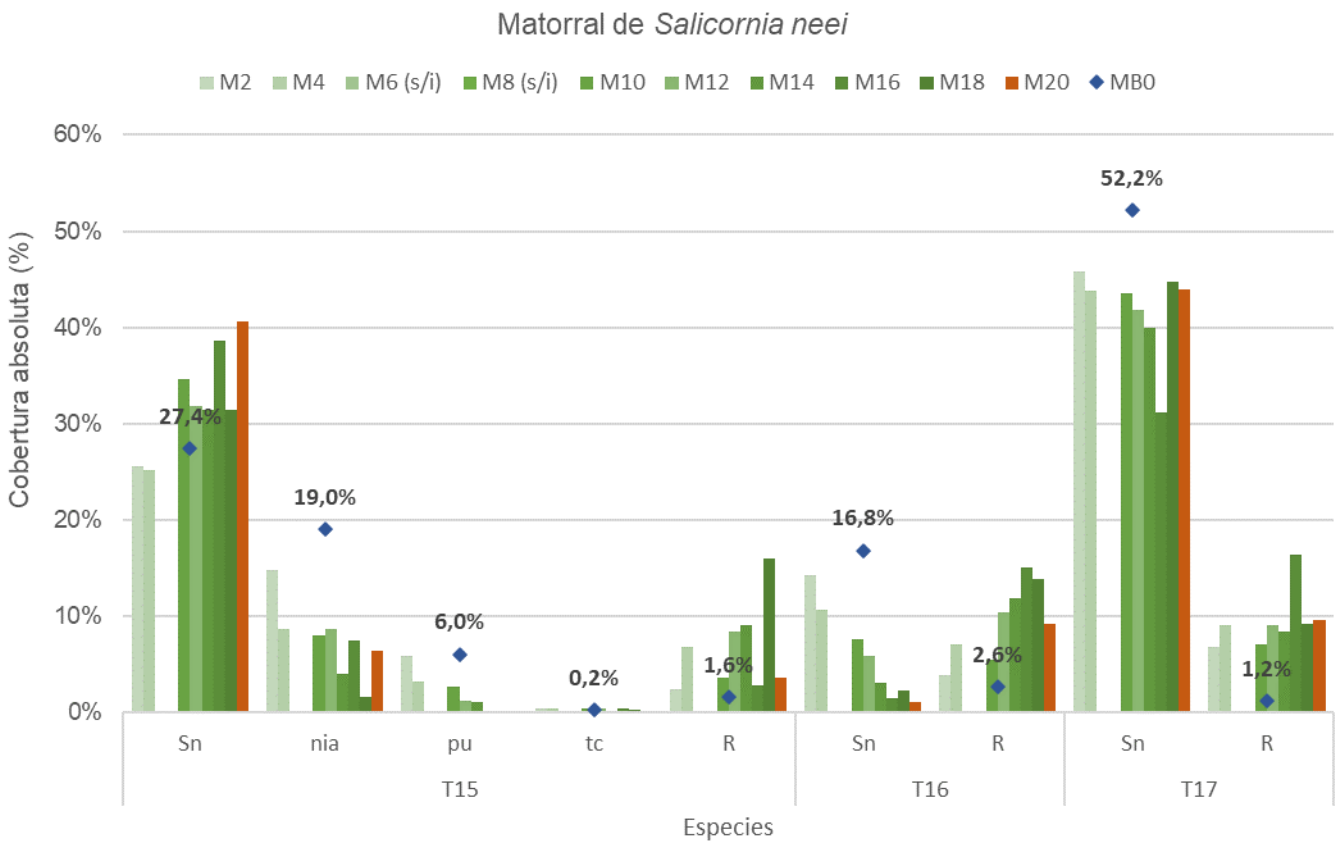
Donde: Especies: sca: *Schoenoplectus californicus,* bj: *Baccharis juncea*, dp: *Distichlis spicata,* jb: *Juncus balticus* nia: *Nitrophila atacamensis*, esp: *Eleocharis* sp., Tb: *Tessaria absinthioides,* Lh: *Lycium humile,* Sn: *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa);* R: rastrojo (cobertura muerta); Monitoreo 8 (M8) no se realizó por razones de seguridad a causa de la pandemia COVID-19. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en sector La Punta y La Brava (Para M20 no hay registros en T10, T11 y T12)



Donde: Especies: jb: *Juncus balticus,* nia: *Nitrophila atacamensis,* pu: *Puccinellia frigida,* tc: *Triglochin concinna,* Sn: *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa),* Lh: *Lycium humile,* Tb: *Tessaria absinthioides;* R: rastrojo (cobertura muerta); Monitoreo 8 (M8) no se realizó por razones de seguridad a causa de la pandemia COVID-19 y Monitoreo 20 (M20) no se realizaron las transectas T10, T11 y T12 por restricciones de acceso, por mal estado de caminos. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en monitoreos de verano, en sector Aguas de Quelana



Donde: Especies: nia: *Nitrophila atacamensis,* pu: *Puccinellia frigida,* tc: *Triglochin concinna,* Sn: *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa),* R: rastrojo (cobertura muerta);
Monitoreo 6 (M6): sin muestreo de transectas por restricciones de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, según indicaciones de CONAF regional.
Monitoreo 8 (M8) no se realizó por razones de seguridad a causa de la pandemia COVID-19.
Fuente: Elaboración propia.

El **sector Peine** presenta las mayores coberturas vegetales en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en todos los monitoreos de verano, registrando en M20 una cobertura absoluta dominante para esta especie sobre un 80% en las cuatro transectas (T01, T02, T03 y T04). En la **Figura N° 6-20** se observa que la cobertura de *S. californicus* se mantiene alta en todos los veranos, si bien es algo menor que la cobertura registrada en MB0, se observan algunos descensos marcados en el verano 2018 (M4) en T02 y T03, y en el verano 2024 (M16) en las transectas T02 y T04, lo que pudo estar influenciado por la época del muestreo en un verano post-lluvias más tardío (mayo), donde la actividad fotosintética empieza a disminuir y las especies comienzan a perder vigor, no obstante, las coberturas siguen siendo mayores que la disminución observada en M4. Las especies acompañantes en esta formación presentan variabilidad de coberturas entre formaciones y monitoreos, registrando en general una cobertura menor en M20 respecto a la cobertura referencial de MB0 (invierno) y con algunos ascensos de cobertura respecto al verano anterior (M18). Por un lado, se mantiene el descenso de *Baccharis juncea* en M20, en las transectas T01y T03, aunque en T04 resalta un aumento con el registro de mayor cobertura en M20. Destaca igualmente, la aparición de un nuevo registro en M18 para el sector, que se mantuvo en M20 con *Triglochin concinna* en T01 y T03, y un nuevo registro en M20 con *Eleocharis quinqueflora* en T03 (7,8%). Por otro lado, la cobertura de rastrojo se muestra variable en el tiempo, destacando en M20 el aumento en T03 (25,2%), la disminución en T02 (3,2%), y principalmente T04 que no registra rastrojo en este verano, después de presentar un máximo de cobertura muerta en el verano 2024 (93,6% en M16).

En el mismo sector, las coberturas vegetales en las formaciones de *D. spicata* se observan variables en el tiempo, donde la especie dominante *D. spicata* muestra un leve descenso de su cobertura en el tiempo, destacando un aumento en M20 en ambas transectas (T08 y T09). Respecto a la cobertura muerta, ésta es mayor en los últimos monitoreos que MB0 o M2 (≤10% en ambas transectas), aunque en M20 no registra aumentos como en veranos anteriores (aumento mayor en M16 para ambas transectas; 29,6% en T08 y 36,0% en T09), ver **Figura N° 6-20.**

En los matorrales de *T. absinthioides* del sector Peine si bien se observaba una disminución de las coberturas en M20 respecto a MB0, las coberturas son variables entre monitoreos, registrando inclusive un leve aumento de la cobertura de *T. absinthioides* en T05 y T06 en M20, respecto al verano anterior (**Figura N° 6-20**). La cobertura muerta es dinámica en esta formación, presenta leves aumentos y disminuciones entre veranos, mostrándose estable en los últimos monitoreos de verano (M10 a M20).

Respecto a la composición comunitaria en el sector de Peine, ésta se observa estable entre monitoreos de verano, albergando en similar proporción a las especies dominantes y acompañantes en cada una de las transectas monitoreadas, con algunas variaciones menores en especies que presentan una mínima cobertura vegetal (<5%), como es el caso de *Salicornia neei* y *Puccinellia frigida* que disminuyen o aumentan sus coberturas en

algunos monitoreos en los herbazales de *S. californicus* (T01, T02, T03 y T04), y las especies que aparecen con baja cobertura *Triglochin concinna* y *Eleocharis pseudoalbibracteata* en M18 y *Eleocharis quinqueflora* en M20. En esta misma formación destaca la presencia de *Baccharis juncea* como especie codominante en las transectas T02 y T03, donde se alcanzan coberturas mayores al 50% en algunos veranos, sin embargo, desde el verano anterior su cobertura disminuye notoriamente en T02 (2,0% en M18 y 6,6% en M20), reflejado principalmente como rastrojo, mientras que en T03 se observa un 16,2% en M18 y 15,8% en M20. Por último, destaca la presencia de las especies *Atriplex atacamensis*, *Cistanthe densiflora* y *Tiquilia atacamensis* en la transecta T07 en un matorral de *T. absinthioides*, registradas únicamente en el monitoreo M6 (verano 2019) con menos de un 1% de cobertura absoluta, así como la presencia de *Puccinellia frigida* que fue registrada en herbazales de *S. californicus* (T01 y T02) en el verano 2022 (M12) y en este verano 2026 aparece en T02, aunque con baja cobertura (1,2%).

El **sector Tilopozo** presenta más variedad de formaciones y transectas en el monitoreo, registrando a su vez, variabilidad de coberturas y composición (especies) entre un mismo tipo de formación (**Figura N° 6-21**). En el herbazal de *D. spicata*, solo una transecta presenta más de un 10% de cobertura absoluta para esta especie (T20) que desde MB0 (36,4%) ha aumentado su cobertura, con el mayor registro de 47,0% en M20. El resto de las transectas de la formación, en general han mantenido estables las coberturas en el tiempo, exceptuando a T28 que desde M14 (verano 2023) ha mantenido coberturas bajo un 10% después de un máximo de 21,8% en M2. Se destaca igualmente, que todas las transectas presentan una proporción importante de rastrojo en relación con la cobertura de las especies en M20, siendo mayor el rastrojo (R) en la transecta T28, a excepción de T20 que presenta una disminución en su cobertura en esta última campaña (11,2 en M18 y 7,4% M20). Respecto a la composición comunitaria en estos herbazales, se observa estable, aunque varía en especies que no presentan más de un 5% de cobertura entre los monitoreos de verano, como *Nitrophila atacamensis* en T20 que solo se registra en M2 y M4 (ambas con un 0,2% de cobertura absoluta), *Lycium humile* en T21 que no se registra en algunos veranos (menor al 1%), *Juncus balticus* en T22 con una cobertura mínima en solo tres monitoreos incluyendo M20 (3,2% en MB0 y 0,2% en M14 y M20), y *Salicornia neei* en T28 que solo se registró en verano-M10 (0,4%).

El herbazal de *S. californicus* presenta las mayores diferencias entre monitoreos en el sector Tilopozo, desde MB0 que registra coberturas de un 100% para la especie dominante (**Figura N° 6-21**). Las transectas T19 y T29 disminuyen notoriamente la cobertura vegetal de la especie *S. californicus* en el tiempo, con los menores registros en M14 en T19 (20,8%) y en M16 en T29 (7,2%), destacando en ambas transectas un aumento de esta cobertura en M18 (58,6% en T19; 44,0% en T29) y similar mantención/aumento en M20 (47,4% en T19; 79,8% en T29). Además, resalta la pérdida de cobertura de la especie *Baccharis juncea* en el tiempo, sin registro en este verano en ambas transectas. Respecto al rastrojo en la formación, ha aumentado en el tiempo, aunque en M20 registra una menor cobertura que en el verano anterior en ambas transectas. Cabe destacar que, en este sector, si bien

se han observado signos de perturbación por pisoteo de ganado, que ha provocado inclusive la pérdida de cobertura vegetal en algunas áreas (parches con suelo desnudo), la cobertura vegetal se mantiene activa y con regeneración, mostrando una mayor recuperación en este verano, a nivel general en las unidades, correspondientes a herbazales de *S. californicus,* donde se localizan las transectas T19 y T29. Respecto a la composición comunitaria en esta formación, destaca la ausencia mencionada de *B. juncea* en los herbazales de *S. californicus*, así como la variación observada para la especie *Eleocharis* sp. que aparece en el monitoreo M10 con una cobertura de 7,8% y se mantiene con una cobertura similar en M12, no obstante, en los últimos monitoreos de verano no se registra su presencia (M14 a M20). Además, en M16 se suma, aunque en muy baja cobertura (0,4%), la especie *Juncus balticus* en T19, la cual no se registra en los últimos veranos.

Por su parte, el herbazal de *J. balticus* en Tilopozo muestra un descenso de las coberturas con respecto a la cobertura referencial de MB0 (invierno), aunque variable entre los monitoreos de verano (**Figura N° 6-21**). En M16 destacaba el aumento de cobertura en T18 y T30 para todas las especies, respecto al verano anterior, inclusive con un aumento mayor para *J. balticus* y *D. spicata* en T30, pero en M20 se registra un descenso mayor para la especie *J. balticus;* en T18 (2,8%) y la cobertura de T31 se mantiene baja en M20 (0,6%), solo T30 presenta un leve aumento de la cobertura en este verano (5,8%). Entre las especies acompañantes, destaca la presencia de *L. humile* en T31, que ha aumentado su cobertura en el tiempo, registrando en M18 mayor cobertura (4,6%) que la especie *J. balticus* que ha ido reduciendo su presencia en la transecta (0,4% en M18), disminuyendo levemente en M20 (*L. humile*; 3,6%) y en T30 no se registra esta especie. En relación con el rastrojo en esta formación, en general se observa un aumento con respecto a monitoreos anteriores y MB0, aunque en M20 disminuyen las coberturas en las tres transectas, respecto a los máximos registrados en el verano M16.

El matorral de *T. absinthioides* en el sector Tilopozo también refleja variabilidad de coberturas entre monitoreos (**Figura N° 6-21**), en las tres transectas con una cobertura en M20 menor a la registrada en el monitoreo referencial de MB0 (invierno), pero con coberturas variables entre los veranos, presentando en M20 un aumento de la cobertura para la especie *T. absinthioides* en las tres transectas, respecto a los últimos siete veranos, observando de esta forma una cobertura estable entre los veranos. La especie acompañante *D. spicata* mantiene una cobertura estable en T24 y T25 entre todos los veranos y MB0, en cambio el rastrojo presenta mayor variación en el tiempo, destacando una mayor disminución de su cobertura en M20, especialmente en T24.

En el **sector La Punta y La Brava,** cabe recordar, que en este monitoreo solo se levantó información de T13 en un herbazal de *J. balticus*, **quedando sin muestreo estacional de verano las transectas T10, T11 y T12** (**Figura N° 6-22**). Las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* (T10 y T11) tienen una estructura distinta en su cobertura horizontal, y hasta el año anterior (verano 2025), ambas registran una disminución de la cobertura

absoluta para su especie dominante y para el matorral de *Salicornia neei* (T12) se registraba un leve aumento hasta el año pasado (M18), después de un descenso sostenido entre el verano 2019 (M6) al verano 2024 (M16). Por su parte, para la especie dominante en el herbazal de *J. balticus* de La Punta y La Brava (T13) presenta una cobertura dinámica entre monitoreos, destacando en M20 un aumento de la cobertura para *J. balticus* y *Lycium humile* respecto a veranos anteriores (29,0% y 21,0% en M20, respectivamente), junto a una mayor disminución del rastrojo en este verano (2,4% en M20 de un 7,0% en M18) y de un registro mayor en los últimos inviernos (M15 a M19 con un 23% a 26% de rastrojo).

El **sector Aguas de Quelana** presenta tres transectas de matorral de *Salicornia neei*, aunque de distinta composición y cobertura vegetal entre ellas (**Figura N° 6-23**). La transecta T15 presenta mayor variedad de especies y en el tiempo ha presentado estabilidad en sus coberturas vegetales, con un especial aumento para *S. neei* en M20*,* pero a su vez con menor presencia de especies acompañantes, como *Triglochin concinna*. Las transectas T16 y T17, presentan una disminución de la cobertura vegetal en su especie dominante desde el monitoreo base MB0, cobertura referencial de invierno, aunque T17 se ha mantenido igualmente con una cobertura estable, mostrando en M20 un 44,0% de cobertura absoluta, mientras que en la transecta T16 se registra en M20 una de las menores coberturas en el tiempo (1,0% para *S. neei*). La composición comunitaria en estas formaciones es estable entre los monitoreos de verano, destacando la ausencia de *Puccinellia frigida* desde M16 en la transecta T15.

6.2.2.2.2.2 Cobertura y riqueza de transectas (Monitoreo 20 - verano 2026)

En la **Figura N° 6-24** se presentan las coberturas absolutas, las coberturas promedio de la vegetación, la cobertura de rastrojo y de otros recubrimientos, además de la riqueza, para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de verano 2026 (Monitoreo 20), ordenadas por sector de estudio.

En **Anexo Vegetación y Flora** se presentan los valores de cobertura absoluta y promedio de M20 y en **Base de Datos de Consulta** todos los registros del PMB, incluido MB0**.**

En **sector Peine** se observa la mayor cobertura absoluta por transectas en los herbazales de *S. californicus,* en M20 (sobre un 100% en las cuatro transectas), a diferencia de la cobertura promedio (bajo un 50%) dada la riqueza de especies que presenta esta formación (cuatro a cinco especies), indicando que hay superposición de cobertura entre ellas y representando una formación de alta cobertura vegetal con un registro casi nulo de otros recubrimientos (**Figura N° 6-24**). En el herbazal de *D. spicata* y matorral de *T. absinthioides* la mayor cobertura por transecta está representada por “otros recubrimientos”, donde las tres transectas del matorral registran coberturas vegetales bajo un 10% y solo en T08 en un herbazal de *D. spicata* la cobertura absoluta de vegetación es mayor, con un 38,4%. Respecto a la cobertura de rastrojos, esta es variable entre las transectas, en general bajo

un 30%, exceptuando a T04 (herbazal de *S. californicus*) que no registra esta cobertura y en la misma formación la transecta T02 registra un mínimo de 3,2% de rastrojos.

En relación con la composición comunitaria, la riqueza de especies varía entre una a cinco especies en las transectas del sector Peine. El herbazal de *S. californicus* registra la mayor riqueza con un máximo de cinco especies en T01 y T03, seguido de cuatro especies en T02 y T04 (**Figura N° 6-24**). La cobertura de otros recubrimientos en el sector de Peine está representada por costra salina en los herbazales de *D. spicata* (T08 y T09), mientras que en el matorral de *T. absinthioides* esta cobertura es variable, representada por costra salina (T05), costra salina terrosa (T06) y sustrato terroso (T07). En el herbazal de *S. californicus*, solo se registra un mínimo de 0,6% de costra salina en T04 y un 7,2% de sustrato terroso en T03 (ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora y en Base de Datos de Consulta**).

En el **sector Tilopozo** se observa una mayor representatividad de otros recubrimientos por sobre la cobertura vegetal, exceptuando las transectas T19 y T29 del herbazal de *S. californicus* que registran sobre un 80% de cobertura vegetal en M20 (y un mínimo de cobertura de otros recubrimientos; menor al 3%), la transecta T20 en un herbazal de *D. spicata* y el matorral de *Tessaria absinthioides* en la transecta T24 (**Figura N° 6-24**). En el herbazal de *D. spicata* solo una transecta muestra una cobertura vegetal mayor que otros recubrimientos en M20 (47,0% en T20), en contraste con T21, T22, T26, T27 y T28 que registran menos de un 15% de cobertura absoluta, destacando a T26 con la menor cobertura vegetal (1,8% en M20). Asimismo, se observa una mayor cobertura de rastrojo que de vegetación en algunas transectas de la formación (T21, T26 y T28). En cuanto a las transectas del herbazal de *J. balticus,* T30 registra la mayor cobertura en M20 (24,0%), mientras que T18 y T31 registran menos de un 10% de cobertura vegetal en este verano. En el matorral de *T. absinthioides,* destaca la transecta T24 con un 58,0% de cobertura, en contraste a las transectas T23 y T25 con menos de un 15% de cobertura vegetal. Por su parte, el mayor registro de rastrojo se observa en T28 (21,8%) en un herbazal de *D. spicata*, seguido de T29 (16,2%) en un herbazal de *S. californicus*. En el resto de las transectas del sector el rastrojo es menor al 15%.

La composición comunitaria en el sector Tilopozo presenta una riqueza de especies variable entre transectas, entre una a tres especies en las transectas en M20. En T22 (herbazal de *D. spicata*) y T31 (herbazal de *J. balticus*) se registra la mayor riqueza con tres especies (**Figura N° 6-24**).

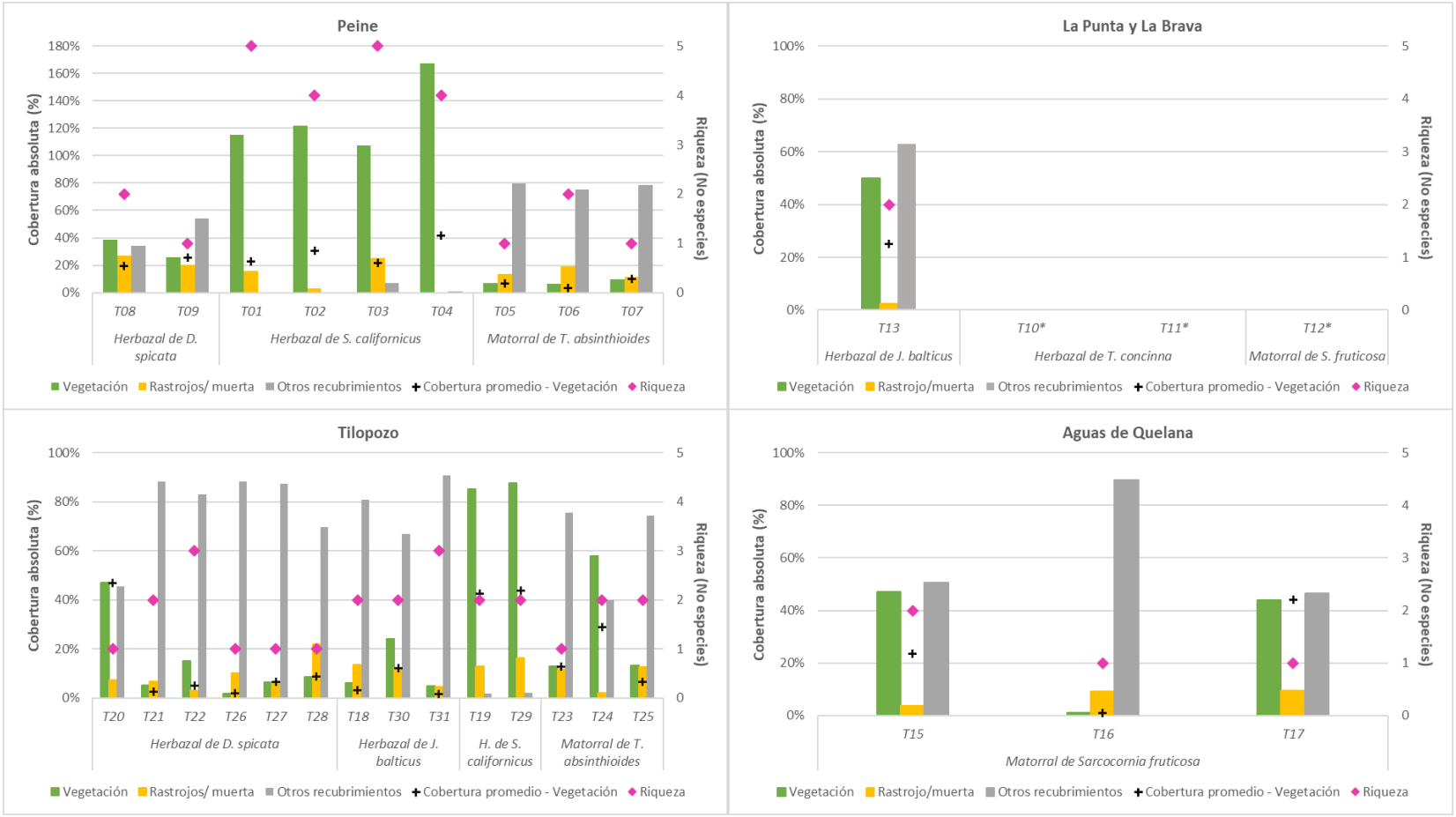
La cobertura de otros recubrimientos en el sector está representada principalmente por costra salina, en los herbazales de *J. balticus*, en las transectas T20, T21, T22 y T28 de *D. spicata* y en T23 en matorral de *T. absinthioides*. Asimismo, se registran otros tipos de recubrimientos en las transectas T26 y T27 de *D. spicata* con costra salina terrosa y sustrato terroso, respectivamente y una porción de costra salina terrosa en T20 y T28, así como en T18 y T30 en los herbazales de *J. balticus*. En T24 y T25 en matorrales de *T. absinthioides* la cobertura está representada por costra salina terrosa y en los herbazales de *S.*

californicus una mínima porción de sustrato terroso en T19 y T29 (<3%), ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora y en Base de Datos de Consulta**.

En el **sector de La Punta y La Brava,** cabe recordar que solo se levantó la información de la transecta T13 que se encuentra alejada de los cuerpos lagunares, ya que para el ingreso al sector de lagunas el acceso estaba restringido (ver **Anexo Vegetación y Flora: sección 1.9 respaldo sobre actividades de terreno**). No obstante, la transecta T13 destaca con un 50,0% de cobertura de vegetación, correspondiente a una formación de herbazal dominada por *Juncus balticus*, y registra una mínima cobertura de rastrojo (<3%), aunque también presenta mayor representatividad de otros recubrimientos (63,0% de costra salina) y la composición comunitaria en esta transecta presenta una riqueza de dos especies, y en general se registra una baja riqueza para el sector con 1 a 2 especies por transecta, ver **Figura N° 6-24** y **Anexo Vegetación y Flora y en Base de Datos de Consulta**.

En el **sector Aguas de Quelana** también se observa mayor representatividad de otros recubrimientos (sobre un 45%) en M20, aunque presentando en dos transectas coberturas vegetales sobre 40% (47,0% en T15 y 44,0% en T17), en contraste a la transecta T16 con un 1,0% de cobertura vegetal. En cuanto a la cobertura muerta, se registra menos de un 10% de rastrojo en las tres transectas (**Figura N° 6-24**). La composición comunitaria del sector muestra una baja riqueza, entre una a dos especies por transecta, siendo el máximo de dos en T15. Respecto a los otros recubrimientos, se representa principalmente por costra salina en las transectas T16 y T17, y en el caso de T15 se observó costra salina saturada en M20, ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora y en Base de Datos de Consulta**.

Figura N° 6-24. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 20 (verano 2026)



Donde: En sector La Punta y La Brava no se realizaron las transectas T10, T11 y T12 por restricciones de acceso por mal estado de caminos.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2.2.3 Cobertura promedio y composición del sector (Monitoreo 20 - verano 2026)

En la **Tabla N° 6-29** se observan los valores promedios del Monitoreo M20 (verano 2026) de cobertura por sector, donde destaca el subsector de Peine con la mayor cobertura promedio de vegetación (66,6%).

Seguidamente, el subsector Aguas de Quelana presenta una cobertura vegetal promedio de 30,7%. Por otra parte, La Punta y La Brava tiene una cobertura promedio referencial en este monitoreo, debido a que solamente fue medida en una transecta (T13, 50%) por lo cual no es comparable con otros sectores o monitoreos anteriores y, por último, el sector Tilopozo presenta la menor cobertura promedio por sector de 26,8% (**Tabla N° 6-29**).

El subsector Soncor no cuenta con datos para este monitoreo. No obstante, cabe recordar que, la transecta T14 no presenta cobertura vegetal, ya que se ubica sobre una costra salina en una zona del salar que mayoritariamente corresponde a un área desprovista de vegetación.

En referencia a la cobertura promedio de la vegetación muerta, el subsector de Peine registra la mayor cobertura con un 17,0%, seguido de Tilopozo con un 10,1% y Aguas de Quelana con un 7,5% de rastrojo en M20 (**Tabla N° 6-29**).

Finalmente, la riqueza de especies se observa entre dos y ocho especies de flora vascular por sector, destacando la mayor riqueza en Peine dada la aparición en M20 de los registros *Eleocharis quinqueflora* (nuevo registro) y *Puccinellia frigida* (no registrada desde M12), (**Tabla N° 6-29**). La **Tabla N° 6-30**, muestra la riqueza y la composición de las especies presentes por subsector.

Tabla N° 6-29. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, en Monitoreo 20 (verano 2026)

Subsector	Transectas en el sector	Promedio de la cobertura absoluta por sector		Riqueza (No. De especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	
La Punta y La Brava	1*	50,0%	2,4%	2
Peine	9	66,6%	17,0%	8
Aguas de Quelana	3	30,7%	7,5%	2
Soncor*	0	-	-	0
Tilopozo	14	26,8%	10,1%	5

Donde: * Subsector Soncor sin muestreo en Monitoreo M20 debido a restricciones de acceso por resguardo de avifauna y en Subsector La Punta y La Brava, los valores son referenciales, ya que tres de las cuatro transectas no se realizaron por restricciones de acceso, por malas condiciones del camino.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6-30. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 20 (verano 2026)

Especie	Subsector Área de estudio*			
	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana	Tilopozo
Baccharis juncea (Cass.) Desf.		X		
Distichlis spicata (L.) Greene		X		x
Eleocharis quinqueflora (Hartmann) O. Schwarz		X		
Juncus balticus Willd.	x			x
Lycium humile Phil.	x			x
Nitrophila atacamensis (Phil.) Hieron. ex Ulbr.			x	
Puccinellia frigida (Phil.) I.M. Johnst.		X		
Salicornia neei Lag.		X	x	
Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják		X		x
Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC.		X		x
Triglochin concinna Burtt Davy		X		
Riqueza total por subsector	**2**	**8**	**2**	**5**

Donde: * Subsector Soncor sin muestreo en Monitoreo M20 debido a restricciones de acceso por resguardo de avifauna y en Subsector La Punta y La Brava, los valores son referenciales, ya que tres de las cuatro transectas no se realizaron por restricciones de acceso, por malas condiciones del camino.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 RESULTADOS DE DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL - MÉTODO NDVI

De acuerdo con el Anexo N°2, Adenda 5 RWL (2015), en este acápite se presentan los resultados obtenidos a partir del método NVDI - imágenes satelitales, que representan la cobertura vegetal y su grado de vigorosidad, es decir, vegetación activa para la frecuencia comprometida de seguimiento, veranos en la serie 2016 a 2026.

Es importante recordar que, la extracción de los valores de NDVI se realiza en el área correspondiente a la superficie de la Carta de Ocupación de Tierras (COT), que representa la vegetación zonal, azonal y otros recubrimientos en cuatro sectores del Salar en la campaña de verano de 2026: (i) Tilopozo, (ii) La Punta y La Brava, (iii) Peine, (iv) Soncor y (v) Aguas de Quelana.

Según los valores obtenidos en base a la metodología descrita en la **sección 6.1.3.5**, los resultados de la superficie de vegetación activa por formación vegetal correspondiente a cada sector se detallan en la **Tabla N° 6-31** y se grafican en los archivos cartográficos presentados en el **Anexo de Vegetación y Flora** de este Informe Anual.

En la **Tabla N° 6-31** se presenta el análisis de la superficie de vegetación activa, medida a través del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) superior al cuartil 75%, en los sectores La Punta – La Brava, Tilopozo, Peine, Soncor y Aguas de Quelana, durante el período de verano entre 2016 a 2026. Este método proporciona una visión de la superficie de mayor vigorosidad de la vegetación, permitiendo identificar cambios significativos en las formaciones vegetales.

Tabla N° 6-31. Superficies de vegetación activa (NDVI) por sector, temporada de verano.

SECTOR	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIONES VEGETALES	VA 2017 (ha)	VA 2018 (ha)	VA 2019 (ha)	VA 2020 (ha)	VA 2021 (ha)	VA 2022 (ha)	VA 2023 (ha)	VA 2024 (ha)	VA 2025 (ha)	VA 2026 (ha)
Tilopozo	Zonal	Matorral de *Ephedra breana*	97,3	54,7	183,0	111,7	12,7	45,1	11,8	139,9	147,2	114,8
		Matorral de *Tessaria absinthioides*	172,3	7,8	22,1	7,9	21,5	13,1	12,1	18,2	12,2	14,6
	Azonal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	118,0	132,1	137,8	134,3	217,5	409,6	232,0	286,3	213,1	221,2
		Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile* y *Distichlis spicata*	1,7	1,5	2,6	3,1	8,1	5,5	10,9	13,5	12,5	13,5
		Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile* y *Juncus balticus*	11,6	20,6	13,8	7,5	20,2	32,0	32,1	32,5	35,8	23,9
		Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile*, *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus*	7,3	6,7	3,3	7,2	2,5	3,8	4,3	4,1	4,1	4,1
		Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile*, *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*	3,1	3,0	2,0	2,9	2,7	6,2	19,1	8,6	7,4	21,8
		Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile*, *Juncus balticus* y *Schoenoplectus californicus*	5,4	5,0	2,8	6,4	2,3	4,1	3,4	3,6	3,6	3,5
		Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Triglochin concinna*	1,2	3,3	4,3	3,4	0,6	1,3	1,8	2,8	2,9	3,0
		Matorral hídrico de *Lycium humile*	12,4	8,9	9,9	7,7	3,5	4,1	13,8	13,9	12,5	12,1
		Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei, Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	3,9	-	3,6	-	1,3	1,8	0,9	1,1	1,1	1,1
		Vega de *Distichlis spicata*	41,3	32,4	118,8	136,3	72,0	106,4	103,0	133,7	99,4	119,0
		Vega de *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4
		Vega de *Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	2,4	-	-	-	10,9	6,3	2,4	2,6	2,6	2,6
		Vega de *Distichlis spicata*, *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*	10,3	9,1	11,1	14,2	10,4	10,1	11,3	10,6	10,6	10,6
		Vega de *Juncus balticus*	63,9	85,0	43,5	21,3	13,1	20,1	22,8	44,3	38,3	28,1
		Vega de *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*	8,2	4,9	3,2	16,4	-	3,7	2,8	4,6	5,8	14,3
		Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei, Distichlis spicata* y *Nitrophila atacamensis*	-	-	-	-	-	0,3	5,3	6,7	6,7	6,6
		Vega de *Schoenoplectus californicus*	28,0	7,9	8,0	9,1	5,9	8,8	22,9	12,4	2,9	6,3

SECTOR	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIONES VEGETALES	VA 2017 (ha)	VA 2018 (ha)	VA 2019 (ha)	VA 2020 (ha)	VA 2021 (ha)	VA 2022 (ha)	VA 2023 (ha)	VA 2024 (ha)	VA 2025 (ha)	VA 2026 (ha)
		Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea*	5,1	-	9,4	12,3	-	-	-	2,7	1,9	0,7
		Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*	0,5	1,1	-	1,5	-	1,9	1,8	0,7	6,7	4,7
		Vega de *Schoenoplectus californicus*, *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*	4,2	30,2	9,8	9,6	40,4	36,1	13,8	3,2	0,6	0,4
		Vega de *Triglochin concinna*	1,6	2,8	4,9	2,3	0,9	0,5	3,6	5,6	5,6	5,5
		Total Tilopozo	**599,7**	**417,0**	**593,9**	**515,1**	**446,5**	**720,8**	**531,9**	**751,8**	**633,6**	**633,8**
La Punta y La Brava	**Azonal**	Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei y Triglochin concinna*	-	-	-	-	-	1,2	2,3	3,8	3,7	3,4
		Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*	8,6	3,4	7,9	9,6	4,8	7,5	8,6	10,3	10,5	10,1
		Vega de *Distichlis spicata*	0,1	0,1	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,6	0,4	0,3
		Vega de *Nitrophila atacamensis*, *Triglochin concinna* y *Puccinellia frigida*	4,1	0,7	2,7	2,3	-	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3
		Vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*	-	1,6	0,6	1,1	1,3	-	-	0,3	0,3	0,3
		Total La Punta - La Brava	**12,8**	**5,8**	**11,2**	**13,3**	**6,3**	**9,6**	**11,4**	**15,2**	**15,2**	**14,4**
Peine	**Zonal**	Matorral de *Atriplex imbricata*	65,4	82,8	23,3	15,5	5,2	7,1	9,6	37,0	37,0	36,2
		Matorral de *Aloysia deserticola* y *Atriplex imbricata*	1,2	3,0	1,9	1,5	1,4	1,8	1,6	2,3	2,3	2,3
		Matorral de *Aloysia deserticola* y *Atriplex atacamensis*	18,2	27,4	12,0	5,2	8,7	7,0	16,4	15,0	15,0	15,0
		Matorral de *Atriplex atacamensis*	106,3	146,3	75,4	88,0	115,2	80,1	29,9	103,5	101,8	135,3
		Matorral de *Tessaria absinthioides*	287,5	84,5	368,2	263,0	186,4	256,3	240,3	293,2	317,0	307,2
		Matorral de *Tessaria absinthioides* y *Atriplex atacamensis*	-	67,4	36,8	22,0	18,5	33,3	40,8	59,7	45,3	47,5
	Azonal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	152,6	27,0	112,5	64,5	151,4	159,8	128,3	133,3	140,1	150,6
		Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Distichlis spicata*	-	4,1	2,9	3,9	5,3	6,0	6,5	2,2	2,2	2,2
		Matorral hídrico - Vega de *Lycium humile, Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	1,2	0,9	0,9	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,4	0,8
		Vega de *Distichlis spicata*	13,3	14,6	11,4	16,6	12,1	26,8	36,8	7,0	17,4	16,7
		Vega de *Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	0,4	26,3	8,1	17,8	10,7	5,1	4,3	13,0	13,5	12,0

SECTOR	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIONES VEGETALES	VA 2017 (ha)	VA 2018 (ha)	VA 2019 (ha)	VA 2020 (ha)	VA 2021 (ha)	VA 2022 (ha)	VA 2023 (ha)	VA 2024 (ha)	VA 2025 (ha)	VA 2026 (ha)
		Vega de *Distichlis spicata*, *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3
		Vega de *Schoenoplectus californicus, Distichlis spicata* y *Baccharis juncea*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4
		Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea*	10,5	7,4	3,2	3,1	16,9	11,1	9,6	1,0	2,9	2,1
		Vega de *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2
		Vega de *Schoenoplectus californicus*	20,3	4,5	4,0	4,8		5,5	4,9	0,0	5,1	2,9
Total Peine			**676,9**	**496,2**	**660,6**	**506,7**	**532,6**	**601,0**	**529,8**	**668,1**	**700,9**	**733,9**
Aguas de Quelana	**Zonal**	Matorral de *Tessaria absinthioides*	16,3	12,2	21,8	29,2	30,8	34,6	19,6	23,8	23,3	25,8
		Matorral de *Tessaria absinthioides* y *Lycium humile*	-	2,1	2,0	6,0	2,2	2,8	2,4	2,5	2,5	2,5
	Azonal	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	241,7	209,3	104,6	139,7	131,5	96,3	130,7	156,2	160,9	160,5
		Matorral hídrico - Vega de *Salicornia neei* y *Nitrophila atacamensis*	27,2	2,1	4,3	2,0	2,8	2,5	4,6	4,7	4,7	4,6
		Matorral hídrico de *Salicornia nee*	103,8	58,6	81,5	69,3		56,4	109,2	118,1	133,0	127,2
		Vega de *Distichlis spicata*	4,9	7,2	34,3	28,1	43,0	62,2	49,9	48,6	50,4	0,1
Total Aguas de Quelana			**393,9**	**291,5**	**248,5**	**274,3**	**210,3**	**254,8**	**316,4**	**353,9**	**374,7**	**320,6**
Soncor	**Azonal**	Matorral - Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*	4,3	2,8	1,6	2,7	31,0	3,6	3,3	4,0	4,0	4,3
		Vega de *Distichlis spicata*	3,3	3,2	4,5	3,1	3,5	4,2	4,7	5,7	5,6	0,0004
Total Soncor			**7,6**	**6,0**	**6,1**	**5,8**	**34,5**	**7,8**	**8,0**	**9,7**	**9,6**	**4,3**

Donde: la especie *Salicornia neei* corresponde a la actualización del nombre de *Sarcocornia fruticosa*. Fuente: Elaboración propia.

La vegetación activa calculada para las formaciones vegetales de verano 2026, corresponde a 1.707,0 ha, superficie que representa un 5,2% de la superficie total de la COT (33.070,1 ha), incluyendo áreas desprovistas de vegetación (**Tabla N° 6-31**). La superficie con vegetación de la COT 2026 es de 7.233,0 ha, donde la vegetación activa representa un 23,6%. La diferencia entre la superficie cubierta por vegetación y aquella clasificada como vegetación activa se explica porque el índice NDVI responde a diversos factores y representa principalmente el estado fisiológico general, la vigorosidad y la actividad fotosintética de la vegetación presente en un área determinada.

En la **Tabla N° 6-31** se presenta la variación de la superficie de vegetación activa registrada durante el verano de 2026 respecto del verano de 2025. En términos generales, la vegetación activa disminuyó de 1.734,0 ha en 2025 a 1.707,0 ha en 2026, lo que representa una reducción de 27,0 ha, equivalente al 1,6%. No obstante, el comportamiento fue diferente entre los sectores evaluados. Peine presentó un aumento de 33,0 ha, equivalente al 4,7%, mientras que Tilopozo se mantuvo prácticamente estable, con un incremento de 0,2 ha. Por el contrario, se registraron disminuciones en La Punta-La Brava, Aguas de Quelana y Soncor, correspondientes al 5,2%, 14,4% y 55,5%, respectivamente.

Al diferenciar según el tipo de vegetación, las formaciones zonales disminuyeron levemente desde 703,6 ha en 2025 hasta 701,2 ha en 2026, equivalente a una reducción de 0,3%. Las formaciones azonales, por su parte, disminuyeron desde 1.030,4 ha hasta 1.005,8 ha, lo que representa una reducción de 24,6 ha, equivalente al 2,4%. Por consiguiente, la disminución general de la vegetación activa durante 2026 se explica principalmente por la reducción registrada en las formaciones azonales.

En el sector Tilopozo, la superficie de vegetación activa se mantuvo prácticamente constante, pasando de 633,6 ha en 2025 a 633,8 ha en 2026. Sin embargo, este resultado agregado encubre diferencias entre los tipos de vegetación. Las formaciones zonales disminuyeron en 30,0 ha, equivalente al 18,8%, mientras que las formaciones azonales aumentaron en 30,2 ha, correspondiente al 6,4%. La principal disminución se registró en el matorral de *Ephedra breana*, que pasó de 147,2 ha a 114,8 ha. En contraste, destacaron los aumentos de la vega de *Distichlis spicata*, desde 99,4 ha hasta 119,0 ha; del matorral hídrico – Vega de *Lycium humile*, *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*, desde 7,4 ha hasta 21,8 ha; y de la vega de *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*, desde 5,8 ha hasta 14,3 ha.

En La Punta-La Brava, la vegetación activa disminuyó desde 15,2 ha en 2025 hasta 14,4 ha en 2026, equivalente a una reducción de 0,8 ha o 5,2%. La disminución se distribuyó entre la totalidad de las formaciones evaluadas, aunque con variaciones de baja magnitud. Las mayores reducciones se observaron en el matorral hídrico – vega de *Salicornia neei*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*, que disminuyó de 10,5 ha a 10,1 ha, y en el matorral hídrico – vega de *Salicornia neei* y *Triglochin concinna*, que pasó de 3,7 ha a 3,4 ha. En consecuencia, el sector presenta una reducción moderada y relativamente homogénea de la actividad vegetativa.

En Peine, la vegetación activa aumentó desde 700,9 ha en 2025 hasta 733,9 ha en 2026, lo que corresponde a un incremento de 33,0 ha o 4,7%. Este aumento se registró tanto en las formaciones zonales, que aumentaron en 25,2 ha, como en las formaciones azonales, que se incrementaron en 7,8 ha. El cambio más relevante correspondió al matorral de *Atriplex atacamensis*, cuya superficie activa aumentó desde 101,8 ha hasta 135,3 ha. También destacó el incremento del matorral – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, desde 140,1 ha hasta 150,6 ha. Estos aumentos compensaron en el total las disminuciones observadas en el matorral de *Tessaria absinthioides*, que pasó de 317,0 ha a 307,2 ha, y en algunas formaciones dominadas por *Schoenoplectus californicus*.

En Aguas de Quelana, la vegetación activa disminuyó desde 374,7 ha en 2025 hasta 320,6 ha en 2026, lo que representa una reducción de 54,1 ha o 14,4%. Las formaciones zonales aumentaron levemente, desde 25,8 ha hasta 28,3 ha, principalmente por el incremento del matorral de *Tessaria absinthioides*. Por otro lado, se observó la disminución de las formaciones azonales, cuya superficie activa se redujo en 56,6 ha, equivalente al 16,2%. La mayor variación correspondió a la vega de *Distichlis spicata*, que disminuyó desde 50,4 ha en 2025 hasta 0,1 ha en 2026. Asimismo, el matorral hídrico de *Salicornia neei* disminuyó desde 133,0 ha hasta 127,2 ha. En consecuencia, la reducción observada en este sector se concentra en las formaciones azonales.

Finalmente, en Soncor, la vegetación activa disminuyó desde 9,6 ha en 2025 hasta 4,3 ha en 2026, equivalente a una reducción de 5,3 ha o 55,5%. Esta variación se explica casi completamente por la disminución de la vega de *Distichlis spicata*, cuya superficie activa pasó de 5,6 ha a una superficie muy reducida (0,0004 ha). En contraste, el matorral – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* presentó un aumento leve, desde 4,0 ha hasta 4,3 ha. Debido a la reducida superficie de vegetación activa presente en Soncor, las variaciones de unas pocas hectáreas generan cambios porcentuales elevados.

Las variaciones observadas en la vegetación activa de los distintos sectores pueden estar relacionadas con diferencias en la disponibilidad hídrica, las condiciones edáficas, la salinidad, la profundidad de la napa y la capacidad adaptativa de cada formación vegetal. Asimismo, el NDVI puede responder tanto a ciclos naturales de crecimiento y senescencia como a eventos puntuales de activación fisiológica. Por esta razón, las variaciones interanuales deben interpretarse considerando conjuntamente las condiciones ambientales, la composición de las formaciones y la distribución espacial de la vegetación, evitando atribuir los cambios a un único factor causal.

6.2.4 Límites considerados en la evaluación de la flora y vegetación

Según lo dispuesto en la Adenda 5 y la RCA que aprueba al proyecto, Considerando 7 del Plan se Seguimiento Biótico, respecto a la variable "*Flora y Vegetación*", se indica respecto de los límites comprometidos "*Mantención dentro de su variación histórica (Ver Anexo 2*)".

El Anexo 2 corresponde al Plan de Seguimiento Biótico o Plan de Manejo Biótico (PMB), y la variable "*Flora y Vegetación"* se enmarca en el análisis de estado ecológico del sistema, el cual se analiza anualmente. Si bien no quedaron establecidos límites a considerar para las campañas estacionales, esta variable es parte de un análisis integral del sistema. Asimismo, posterior al análisis de los resultados de estos informes semestrales del décimo año de medición, se procederá a realizar el análisis de la evolución de este componente en el presente Informe Consolidado Anual N°10, la que se verá en conjunto con las otras dos variables de estado comprometidas en la evaluación del estado ecológico.

7 FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos semestrales de invierno 2025 y verano 2026 para el componente ambiental biota, subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE N°21/2016 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama de la empresa Albemarle Ltda., ubicado en la Región de Antofagasta.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este componente y que son objeto de seguimiento, corresponden a: composición, riqueza y abundancia, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto.

Los períodos reportados en el presente informe se enmarcan entre los días 10 al 15 de agosto de 2025, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno. Para verano, el período reportado se enmarca entre los días el 19 al 24 de marzo (campaña efectiva el 20 de marzo, primera fase), y la segunda fase realizada entre el 26 de abril y 01 de mayo 2026 (campaña efectiva entre el 27 al 30 de abril de 2026), fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de verano para esta componente.

En la campaña de invierno 2025, se efectuaron 23 de los 25 puntos de muestreo, mientras que en la campaña de verano 2026 se realizaron sólo 14 de los 25 puntos de muestreo de las campañas previas, debido al cierre de las lagunas de Peine y a las lagunas La Punta y La Brava, lo que impidió el ingreso a estos sectores por novena vez en el marco del PMB. Esta situación respondió a limitaciones operacionales establecidas por la comunidad (Ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**), limitando en verano por séptima vez, en invierno por tercera vez y por décima vez en total, en el marco del PMB, respectivamente, el acceso completo al sector de lagunas de Peine, debido a que es un área con poblaciones de flamencos en fase reproductiva. Lo anterior, afecta significativamente el análisis y la comparación de los resultados, sobre todo en lo que respecta a la abundancia de aves acuáticas (y en particular, de los flamencos) en los sistemas lagunares. De hecho, en este caso no se puede comparar los resultados de esta campaña con los datos históricos, sobre todo para el caso de las aves. Para efectuar la campaña de monitoreo de fauna, se contó con el permiso de captura de animales de especies protegidas de fauna silvestre, a través de RE N° 594/2025 del Servicio Agrícola y Ganadero, el cual corresponde a la ampliación del permiso de captura inicial N°420/2017 emitida por el mismo Servicio (**Ver Acápite 1.1 del Anexo Fauna Vertebrados Terrestres**).

El presente informe de monitoreo anual corresponde a la décimo novena y vigésima campaña de seguimiento semestral del Plan de Manejo Biótico del Proyecto (Anexo 2 Adenda 5 EIA), llevadas a cabo por Cedrem Consultores Limitada, por encargo del Titular del Proyecto.

Los objetivos del informe de seguimiento ambiental al subcomponente fauna terrestre, son los siguientes:

- Caracterizar la fauna presente y su distribución en el área de estudio, a escala general y en los distintos ambientes de fauna identificados, en cuanto a su taxonomía, origen geográfico y estado de conservación en conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Describir la riqueza, composición, abundancia, frecuencia y similitud de la fauna de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) presentes para los distintos ambientes del área de estudio.
- Comparar, a distintas escalas (cualitativa y cuantitativamente) los resultados de las variables y parámetros de riqueza, composición y abundancia de la fauna registrada en estas campañas semestrales de invierno de 2025 y verano de 2026, con los resultados de monitoreo y/o línea de base previos, para establecer posibles desviaciones y evolución de éstos en el tiempo.

7.1 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica en el borde sur del Salar de Atacama, donde operativamente, siguiendo la línea del PMB (Adenda 5), se dividieron los muestreos en tres sectores: a) La Punta y La Brava; b) Peine (incluyendo las lagunas Salada, Saladita e Interna, y dos puntos con ambiente terrestre), y c) Tilopozo (**Figura N° 7-1**). Los dos primeros sectores corresponden principalmente a borde de salar (lagunas), mientras que Tilopozo incluye pozas de agua dulce, pero mayoritariamente son ambientes terrestres. Toda el área se localiza en un sector plano, variando entre las cotas de 2.304 m s.n.m. a los 2.312 m s.n.m.

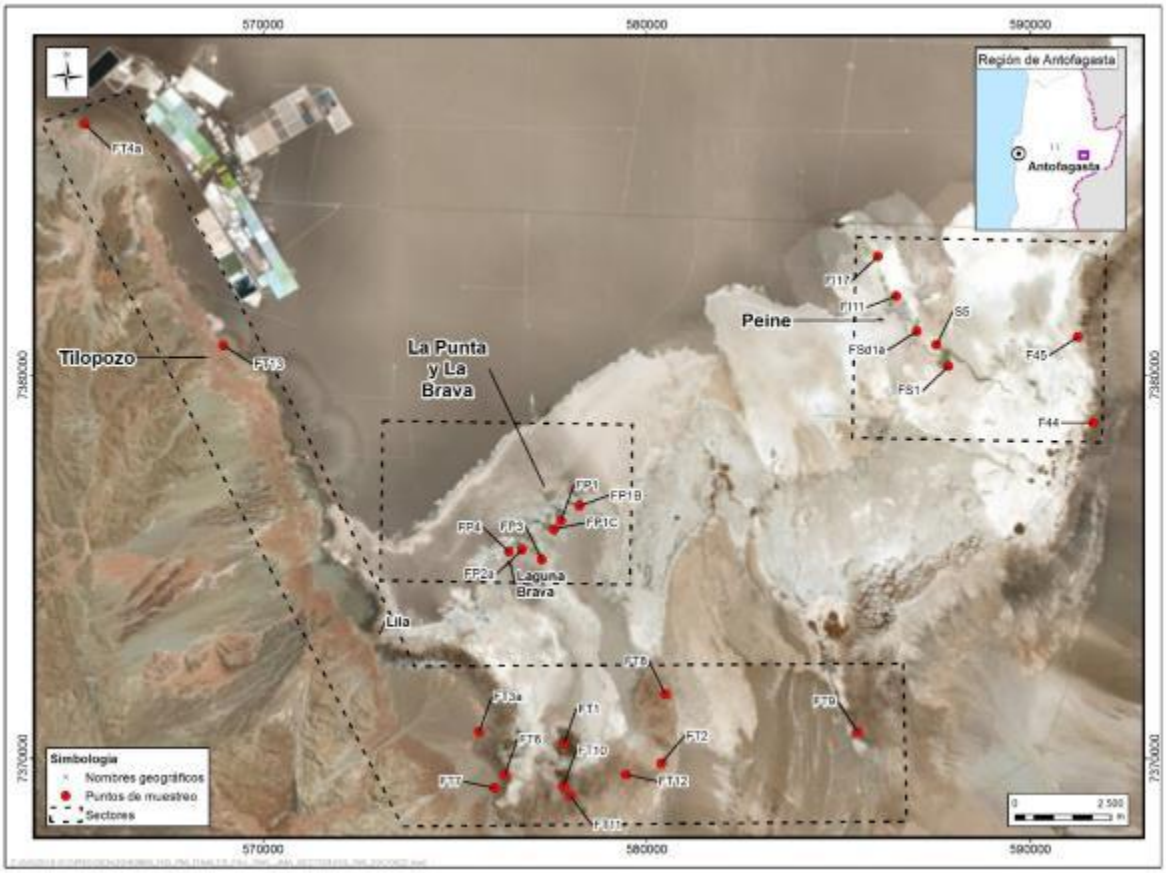
Para el área específica de estudio, y analizando los datos de muestreos de línea base (PMB, 2015), los que se resumen en varias campañas (desde los años 2006 a 2015), se ha registrado una riqueza acumulada de 62 especies de vertebrados, de las cuales 49 corresponden a aves (79%), 10 especies a mamíferos (16,1%), dos a reptiles (3,2%) y una a anfibios (1,6%). Del total, y considerando las actualizaciones de los procesos de clasificación (20 procesos oficiales a la fecha), 16 de dichas especies se encuentran en alguna categoría de conservación: una especie En Peligro (*Liolaemus fabiani*); seis clasificadas como Vulnerables (*Recurvirostra andina, Phoenicoparrus andinus, P. jamesi,*

Rhea pennata tarapacensis, Lama guanicoe y *Vicugna vicugna*); tres categorizadas como Casi amenazadas (*Vultur gryphus, Phoenicopterus chilensis y Pleurodema thaul)* y seis catalogadas como de Preocupación menor (*Chroicocephalus serranus, Falco peregrinus, Liolaemus constanzae, Ctenomys fulvus, Lycalopex culpaeus* y *L. griseus).* Hay una alta proporción de especies nativas, siendo *Liolaemus constanzae* y *Liolaemus fabiani* representantes de las especies endémicas del área.

Respecto a la distribución de las especies en los distintos hábitats, se observó que la mayor representación de riqueza y abundancia estuvo presente en las lagunas, con ocho especies de vertebrados, principalmente aves asociadas a cuerpos de agua. Le sigue el hábitat de matorral, con ocho especies de vertebrados, y el herbazal, con seis especies.

De las especies más sensibles, destacan las tres especies de flamencos, presentes en los sectores de a) La Punta y La Brava, y b) Peine (considerando sólo las lagunas Salada, Saladita e Interna), y que en campañas donde se efectuó estimación de abundancia (septiembre 2013, abril y julio 2014, y febrero 2015), fueron las especies de aves acuáticas más abundantes en los sistemas lacustres. De las restantes especies de vertebrados, destacan especialistas de hábitat como la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), presente en el borde de las lagunas de salares, y el tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), roedor fosorial de Chile, y que se encuentra en ambientes de matorral y herbazal, en sustratos arenosos.

Figura N° 7-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y Puntos de Muestreo en tres sectores (líneas discontinuas).



Fuente: Elaboración Propia.

7.1.2 Ubicación de puntos muestreo

En ambas campañas de monitoreo, se consideraron 25 puntos de muestreo, de los cuales 16 son los establecidos en la RCA, correspondientes a los considerados en campañas previas (PMB 2015), y otros nueve puntos son adicionales, ya incorporados y reportados en las campañas anteriores del PMB, desde el Informe Anual N°1. Al respecto, es importante señalar que dicha complementación de los puntos de monitoreo tuvo y tiene como objetivo aumentar la representatividad del muestreo, lo que es especialmente importante dada la extensión del área de seguimiento; además busca mejorar el estudio de hábitats específicos como humedales donde se concentra la fauna local (lagunas y surgencias de agua), y en definitiva representar todos los tipos de ambientes presentes en el área de estudio. Durante la evaluación ambiental se puso más énfasis en Tilopozo, y tal como se puede ver de los puntos complementados, se agregaron puntos en las demás zonas de monitoreo (LP y LB y Peine).

Por otra parte, para mejorar la representación de ambientes, desde la campaña N°1 (M1) a la fecha (M20), se procedió a reubicar seis (6) puntos de muestreo desde las coordenadas originales indicadas en el Anexo 2 del Plan de Manejo Biótico. Estos cambios se llevaron a cabo con el fin de ajustar la ubicación en el terreno para cumplir con los objetivos específicos establecidos para el seguimiento de la fauna terrestre. Estas adaptaciones, basadas en criterios como mejorar la visibilidad de cuerpos de agua, dirigir los transectos por los tipos de hábitats muestreados y asegurar la representación de todos los ambientes en el área de estudio, contribuyen a una mayor efectividad y representatividad en la recolección de datos de seguimiento de fauna. Esto ha reforzado la propuesta inicial (PMB, 2015), sin considerar modificaciones posteriores a este ajuste, por ende, estos puntos son los que se efectúan desde la campaña N°1 de monitoreo hasta la fecha.

Es importante reconocer que la fauna es inherentemente móvil y que su comportamiento de desplazamiento puede variar significativamente entre especies. En el contexto de un seguimiento de fauna en un punto específico, es fundamental entender que este enfoque se centra en el muestreo de especies de baja movilidad, es decir, en especies o individuos que tienden a permanecer dentro o en las cercanías del punto de muestreo; por lo tanto, verificar donde debe posicionarse el punto de muestreo es fundamental para acceder al registro de este tipo de especies. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las especies de alta movilidad tienen la capacidad de desplazarse considerablemente y pueden encontrarse en múltiples lugares dentro o fuera del área de muestreo designada. Por lo tanto, los recorridos exhaustivos y los muestreos complementarios en ambientes disimiles, aseguran mejores registros.

La ubicación detallada de los puntos (en coordenadas UTM, datum WGS84, Huso19), fue presentada e informada en el Informe Nº1 del PMB, e igualmente se presentan en la **Tabla**

N° 7-1 y **Figura N° 7-1** con las consideraciones para las campañas realizadas de los monitoreos M19 y M20 (ver también **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

Cabe mencionar que en la campaña de invierno 2025, por inconvenientes de permiso y malas condiciones climáticas, no se accedió a dos de los 25 puntos (se efectuaron 23 de los 25 puntos), mientras que en verano 2026, no se pudo acceder a 11 de los 25 puntos (lagunas de Peine: Salada, Saladita e Interna, y La Punta y La Brava) por lo que el muestreo se efectuó en 14 de los 25 puntos **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones de Acceso)** (detalle en **Tabla N° 7-1**).

En relación con el esfuerzo de muestreo, en invierno 2025 se efectuaron 23 transectos (en los 23 puntos) y muestreos complementarios: siete estaciones de trampeo de micromamíferos, 10 estaciones con trampas cámara, cuatro muestreos de aves nocturnas y dos muestreos nocturnos de anfibios. En verano 2026, se efectuaron 14 transectos (uno en cada punto de muestreo), ocho estaciones de trampeo de micromamíferos y nueve estaciones con trampa cámara. Se realizaron los cinco puntos de monitoreo nocturno para aves y dos puntos para anfibios.

Tabla N° 7-1. Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo (PM) de fauna. Sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19.

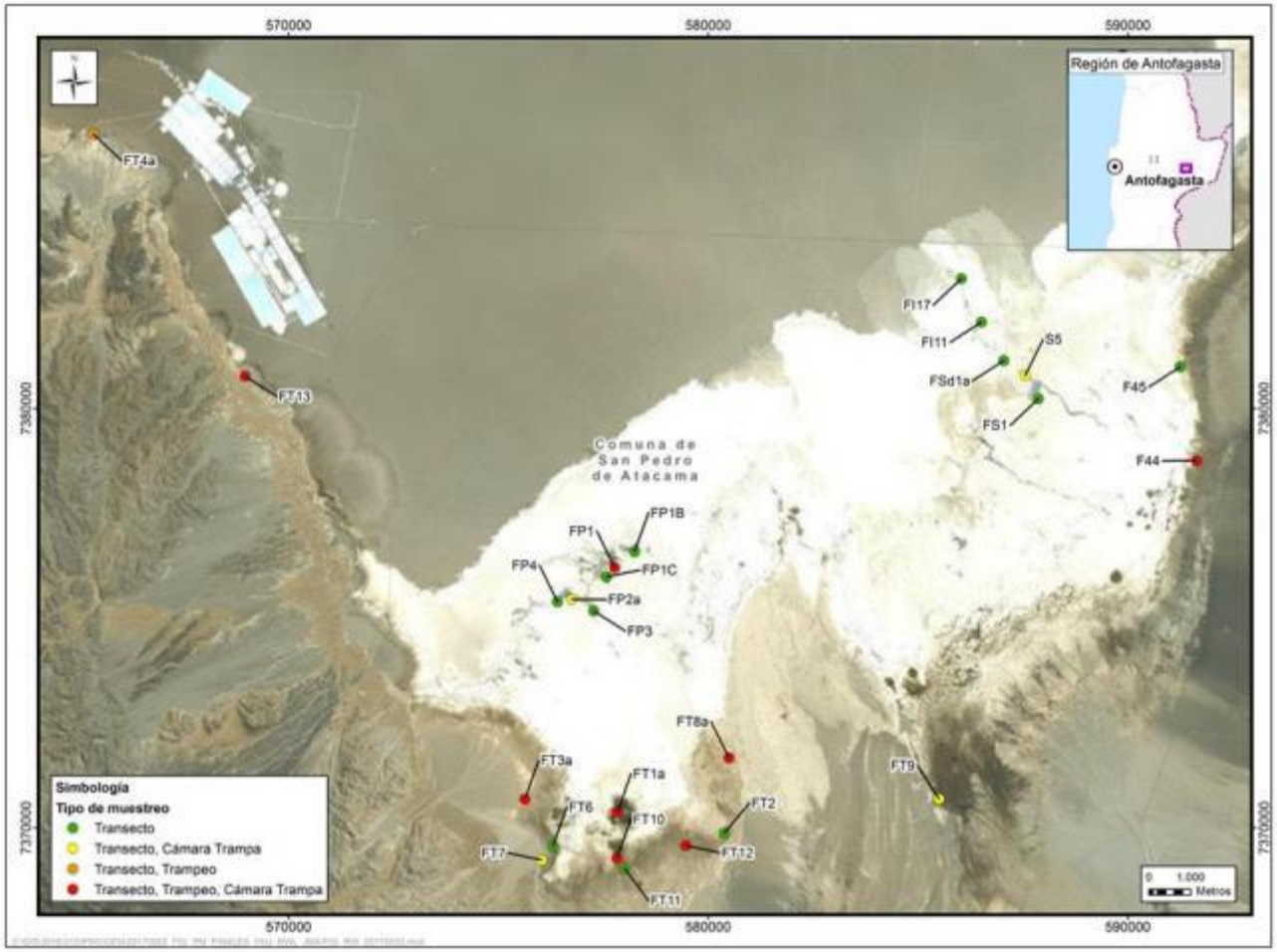
PM	Coordenadas propuestas en LB		Coordenadas Finales PMB		Sector	Subsector	Ambiente	Transecto fauna				Adicional
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)				Anf	Rep	Aves	Mam	
S5	**-**	**-**	**587.551**	**7.380.785**	**Peine**	**Salada**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
FS1	**587.869**	**7.380.233**	**587.869**	**7.380.233**	**Peine**	**Salada**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**- (**)**
FSd1a	**587.090**	**7.381.075**	**587.043**	**7.381.143**	**Peine**	**Saladita**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**-**
FI11	**-**	**-**	**586.512**	**7.382.060**	**Peine**	**Interna**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
FI17	**-**	**-**	**586.032**	**7.383.098**	**Peine**	**Interna**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
F44	591.636	7.378.759	591.638	7.378.759	Peine	Peine terrestre	Matorral *Tessaria*	No	Si	Si	Si	-
F45	591.246	7.380.993	591.248	7.380.993	Peine	Peine terrestre	Matorral *Tessaria*	No	Si	Si	Si	-
FP1	**577.768**	**7.376.209**	**577.768**	**7.376.209**	**La Punta y la Brava**	**La Punta**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**-**
FP1B	**-**	**-**	**578.241**	**7.376.584**	**La Punta y la Brava**	**La Punta**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
FP1C	**-**	**-**	**577.574**	**7.375.983**	**La Punta y la Brava**	**La Punta**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
FP2a	**576.955**	**7.375.401**	**576.748**	**7.375.448**	**La Punta y la Brava**	**La Brava**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**-**

PM	Coordenadas propuestas en LB		Coordenadas Finales PMB		Sector	Subsector	Ambiente	Transecto fauna				Adicional
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)				Anf	Rep	Aves	Mam	
FP3	**-**	**-**	**577.271**	**7.375.175**	**La Punta y La Brava**	**La Brava**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
FP4	**-**	**-**	**576.403**	**7.375.395**	**La Punta y la Brava**	**La Brava**	**Humedal salar (laguna)**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**X**
FT10	577.822	7.369.282	577.822	7.369.282	Tilopozo	Tilopozo	Humedal pajonal	Si	Si	Si	Si	-
FT1a	577.841	7.370.458	577.830	7.370.368	Tilopozo	Tilopozo	Humedal pajonal	Si	Si	Si	Si	-
FT11	578.010	7.369.030	578.010	7.369.030	Tilopozo	Tilopozo	Matorral *Tessaria*	No	Si	Si	Si	-
FT2	580.379	7.369.871	580.379	7.369.871	Tilopozo	Tilopozo	Matorral *Tessaria*	No	Si	Si	Si	-
FT3a	575.689	7.371.561	575.626	7.370.684	Tilopozo	Tilopozo	Matorral *Ephedra*	No	Si	Si	Si	-
FT6	576.296	7.369.572	576.296	7.369.572	Tilopozo	Tilopozo	Matorral *Tessaria*	No	Si	Si	Si	-
FT7	576.027	7.369.223	576.027	7.369.223	Tilopozo	Tilopozo	Matorral *Ephedra*	No	Si	Si	Si	-
FT8a	580.508	7.371.630	580.492	7.371.669	Tilopozo	Tilopozo	Herbazal *Distichlis*	No	Si	Si	Si	-
FT12	-	-	579.466	7.369.580	Tilopozo	Tilopozo	Herbazal *Distichlis*	No	Si	Si	Si	X(**)
FT9	585.499	7.370.694	585.499	7.370.694	Tilopozo	Tilopozo	Matorral *Tessaria*	No	Si	Si	Si	-
FT13	-	-	568.962	7.380.770	Tilopozo	Tilopozo	Quebrada	No	Si	Si	Si	X
FT4a	565.572	7.386.532	565.347	7.386.540	Tilopozo	Tilopozo	ADV (Costra salar)	No	Si	Si	Si	-

Nota: Las estaciones que presentan una letra a minúscula, representa una adecuación de la estación original, en cuanto a la ubicación exacta (ej. FT4a corresponde a la estación original FT4, que se cambió de lugar, manteniendo el ambiente). (*): los puntos resaltados en negrita no fueron muestreados en la campaña de verano 2026 por limitaciones de acceso. (**): Puntos no muestreados en invierno 2025 por limitaciones de acceso. **LB:** Línea de Base; **PMB:** Plan de Manejo Biótico. Fuente: Elaboración Propia

Los puntos de muestreo se agruparon en tres sectores: a) La Punta y La Brava (con 6 puntos); b) Peine, en las lagunas Salada, Saladita e Interna (con 5 puntos), además de 2 puntos en ambiente terrestre (7 puntos en total) y c) Tilopozo (12 puntos; **Figura N° 7-1**). Los dos primeros son sectores caracterizados por ambientes de borde de salar (humedal salar) y matorral (para Peine), mientras que en el sector Tilopozo, la gran mayoría de los ambientes (10 puntos) son matorrales (de *Tessaria sp.* y *Ephedra sp.*), herbazales (la mayoría de *Distichlis sp.*), quebradas y costras salinas en ambientes terrestres, a excepción de 2 estaciones de muestreo ubicados en humedales dulceacuícolas (pozas) de Tilopozo (**Figura N° 7-1**;**Fotografía N° 7-1**; ver también **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**). La disposición de los trampeos y muestreos nocturnos es representativa de todos los ambientes acuáticos y terrestres presentes en el área de estudio.

Figura N° 7-2. Localización de Puntos y Tipo de Monitoreo del Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres en el área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 7-1. Ambientes del área de estudio. Ambientes del área de estudio. A) humedal salar (arriba; izquierda); B) humedal pajonal (arriba, derecha); C) herbazal (centro, izquierda); D) matorral (centro, derecha); E) quebrada (abajo, izquierda) y F) área desprovista de vegetación costra salar (abajo, derecha).



Fotos tomadas en las campañas de Invierno 2025 y Verano 2026 , donde: A) PM: FP1, fecha: 12/08/2025, coordenada este: 577.768, coordenada norte: 7.376.209; B) PM: FT1a, fecha: 20/03/2026, coordenada este: 577.830, coordenada norte: 7.370.368; C) PM: FT8a, fecha 13/08/2025, coordenada este: 580.492, coordenada norte: 7.371.669; D) PM: FT11, fecha: 13/08/2025, coordenada este: 578.010, coordenada norte: 7.369.030; E) PM: FT13, fecha 12/08/2025, coordenada este: 568.962, coordenada norte: 7.380.770; F) PM: FT4a, fecha: 28/04/2026, coordenada este: 565.347, coordenada norte: 7.386.540.Fuente: Elaboración Propia.

7.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

En el caso de la fauna de vertebrados, para las variables riqueza, composición y abundancia, los parámetros utilizados son a) número e identidad de especies, para la riqueza y composición, y b) número de ejemplares, para la abundancia (absoluta y relativa) y frecuencia (absoluta y relativa). Los parámetros se expresan además para cada tipo de ambiente predefinido y estandarizados por el número de puntos o transectos realizados por cada ambiente.

7.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

7.1.4.1 Tipos de muestreo

El presente estudio consideró cuatro tipos de muestreo para relevar la fauna vertebrada terrestre de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento de la RCA (**Figura N° 7-2**). El principal tipo corresponde al transecto, al que se sumaron muestreos complementarios, los cuales están dirigidos a maximizar la detección de determinadas taxa de fauna vertebrada silvestre. Estos muestreos complementarios corresponden a: trampeo de roedores y marsupiales, muestreo nocturno de aves y anfibios, y cámara trampa con atrayente olfativo.

Las definiciones de los tipos de muestreo son las siguientes:

- Transecto (T): Caminata a partir de un punto, para detectar evidencias directas e indirectas de fauna vertebrada terrestre.
- Trampeo de roedores y marsupiales (TR): Captura viva de especies de pequeños mamíferos.
- Muestreos Nocturnos (MN): Muestreo indirecto por playback de aves nocturnas y anfibios.
- Cámara trampa con atrayente olfativo (CT): Se instalan cámaras trampa con atrayente olfativo para detectar visualmente especies de carnívoros.

7.1.4.2 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo consistió en la georreferenciación, en gabinete, de las unidades de muestreo que fueron posteriormente analizadas en terreno (puntos de muestreo). Una vez que se obtiene la cobertura de ambientes, y tras definir los taxa a muestrear por campaña de terreno (por ende, los tipos de muestreo a implementar), se eligen las unidades de muestreo por tipo de ambiente y para cada uno de los sectores en el área de estudio.

El diseño de muestreo utilizado fue del tipo estratificado-dirigido: estratificado, ya que los estratos correspondieron a los tipos de ambientes de fauna previamente delimitados; y dirigido, dado que el equipo de especialistas encargado utilizó los criterios de experto para localizar de manera efectiva los puntos de muestreo por taxón y/o tipo de muestreo.

Los criterios de experto usados para localizar/dirigir los transectos de muestreo, son:

- Representatividad y homogeneidad espacial del ambiente a caracterizar, muestreando un promedio del ambiente.
- Accesibilidad y condiciones de seguridad.
- Minimización de sobreposición de puntos de muestreo.

En el caso de muestreos complementarios, los criterios para establecer los puntos de muestreo específicos según la especie a detectar son:

- *Trampeo de roedores y marsupiales:* Según la disponibilidad de refugios y rastros (huellas y fecas).
- *Playback de aves nocturnas:* Según la disponibilidad de recursos para las aves y disponibilidad de distintos ambientes.
- *Playback de anfibios:* Según el tipo de hábitat (cursos de agua o humedales).
- *Cámaras trampa con atrayente olfativo:* Según la presencia de rastros (huellas o fecas) y/o según morfología del hábitat como puede ser la detección de cuevas (refugios) o quebradas (corredores).

7.1.4.3 Muestreo de terreno

A fin de caracterizar el componente fauna, describiendo su riqueza, composición y abundancia en el área de estudio y los sectores que la conforman, se ha consultado la Guía para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre (SAG, 2012; SAG, 2016), complementado con la Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres del SEA (2015).

En terreno, cada punto de muestreo fue georreferenciado utilizando GPS navegador en sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), Datum WGS 84 y Huso 19 sur.

Posteriormente, el equipo de especialistas procedió a la validación de los ambientes previamente descritos (en estudios anteriores). Luego, se realizó el registro fotográfico en los cuatro puntos cardinales en el ambiente. Se definieron seis ambientes: humedal salar (con 11 puntos de muestreo, ubicados en el sector de La Punta y La Brava, y en las lagunas Salada, Saladita e Interna, de Peine), humedal pajonal (dos puntos, en Tilopozo), área desprovista de vegetación costra salina (un punto, en Tilopozo), herbazal (dos puntos, en

Tilopozo), matorral (con ocho puntos, seis en el sector de Tilopozo y dos en el sector de Peine) y quebrada (un punto, en Tilopozo; detalles en **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

Tras describir el ambiente en cada punto de muestreo, el equipo de especialistas procedió a implementar las metodologías de muestreo pertinentes a cada taxón objetivo, caracterizando la fauna mediante evidencias directas (visuales y/o auditivas) e indirectas (fecas, huellas, plumas, egagrópilas, cuevas, pelos, etc.). De ser posible, se fotografiaron los individuos avistados, además de las evidencias indirectas de especial interés, como restos óseos, egagrópilas, fecas y huellas.

Para la recolección de datos en terreno y su correcta sistematización en gabinete, se utilizaron formularios de datos específicos para cada tipo de muestreo.

7.1.4.4 Procedimiento de muestreo por taxón

Para las cuatro taxa muestreadas, la información recopilada fue registrada en formularios diseñados para cada actividad (monitoreo en transectos, trampeo, trampa cámara, muestreo nocturno).

7.1.4.4.1 Muestreo de Anfibios

Se estableció la composición, riqueza y abundancia de anfibios a través de transectos en las estaciones de muestreo (en las dos estaciones donde es posible su presencia, como las pozas de Tilopozo), removiendo piedras y costra salina, en la medida de lo posible. Se determinaron las especies con registros directos (auditivo, visual, larvas), dejando registro fotográfico de respaldo. Igualmente, se realizaron muestreos crepusculares-nocturnos con sistema de playback. En este caso, la reproducción del audio se efectuó por un minuto máximo con espera de respuesta (auditiva y/o visual) por cinco minutos. El orden de reproducción fue de menor a mayor tamaño de especie. El playback se realizó media hora después del crepúsculo o durante la noche, y se efectuaron tres repeticiones de cada especiepotencial basados en la bibliografía (Correa, C. 2019) para el área de estudio: *Pleurodema thaul* y *Rhinella spinulosa*.

7.1.4.4.2 Muestreo de Reptiles

Se estableció la composición, riqueza, abundancia relativa y frecuencia a través de transectos de largo de 200 metros por 10 metros de ancho (a cada lado del eje), en los cuales se registraron los individuos presentes en ambos lados de la línea de proyección. Los muestreos se realizaron en los horarios de mayor actividad de este grupo; esto es, entre las 09:00 y las 13:00; y entre las 16:00 y 18:00 horas. Se estableció un transecto por cada punto de muestreo.

7.1.4.4.3 Muestreo de Aves

Se establecieron puntos censales para la estimación de la composición, riqueza, abundancia relativa y la frecuencia de aves (acuáticas y terrestres). En cada punto de muestreo (terrestre), se efectuaron transectos de 200 metros de largo por 100 metros de ancho (a cada lado del eje), en los cuales se registraron los individuos presentes a ambos lados de la línea de proyección, o en estaciones de punto fijo (en los 11 puntos de humedal salar, en las lagunas), en que se registraron las especies observadas y/o escuchadas, en un lapso de aproximadamente 10 minutos (con radio de observación variable). Se utilizaron binoculares 10 x 50. Se buscó además evidencias indirectas de este grupo de fauna (nidos, cuevas, plumas, fecas, restos óseos, egagrópilas). En el caso de los sistemas acuáticos, se incluyeron los sistemas hidrológicos: La Punta-La Brava, Lagunas Salada, Saladita e Interna y sistema Tilopozo (pozas). Adicionalmente, para las especies de flamencos, su descripción se realizó mediante censos en puntos de observación incluyendo los siguientes sistemas hidrológicos: La Punta-La Brava y Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna), registrando la actividad reproductiva (si existiese, como baile nupcial, nidificación, parejas echadas, etc.).

En forma complementaria, para aves nocturnas, se establecieron puntos fijos (representativos de los distintos ambientes) para la estimación de la composición, riqueza y abundancia de aves de hábito nocturno (rapaces nocturnas y especies crepusculares), a través de un muestreo crepuscular-nocturno con sistema de playback (respuesta a grabaciones). La reproducción fue por 30 segundos con espera de respuesta por 30 a 60 segundos, de las cinco especies potenciales posibles (lechuza, tucúquere, pequén, chuncho y gallina ciega) según Martínez y González (2005, 2017) y Martínez-Piña (2023), y se efectuaron tres repeticiones sucesivas de sus vocalizaciones.

7.1.4.4.4 Muestreo de Mamíferos

Se establecieron diferentes métodos de muestreo para la estimación de la composición, riqueza, abundancia relativa y la frecuencia de mamíferos. Para meso y macromamíferos, se realizaron transectos de largo de 200 metros por 100 metros de ancho (a cada lado del eje), en los cuales se registraron los individuos presentes en ambos lados de la línea de proyección para la detección directa de individuos presentes y de evidencias indirectas (huellas, osamentas, restos de pelaje, fecas, cuevas, etc.), observados a ojo desnudo o con binoculares 10 x 50. Para este estudio se consideró a los lagomorfos, edentados[20] y a la familia chinchillidae del orden de los roedores como una categoría intermedia (mesomamíferos) y se consideraron como macromamíferos a los carnívoros, artiodáctilos

[20]Si bien no han sido registrados dentro del área de estudio son parte del listado potencial (Iriarte, 2008).

(camélidos y venados) y perisodáctilos (equinos). En los transectos se incluyen registros de cuevas activas de roedores fosoriales (ej. *Ctenomys fulvus*).

Como complemento para macromamíferos (y especialmente carnívoros), se utilizaron cámaras trampa, utilizando atractores olfativos. Las cámaras trampa se ubicaron en lugares estratégicos cercanos a las lagunas y en los distintos ambientes (**Figura N° 7-2**).

Para la detección de micromamíferos se realizaron trampeos nocturnos, utilizando trampas de captura viva (Sherman). Éstas fueron cebadas con una mezcla de avena, frutos secos y esencia de vainilla, ubicándolas en las estaciones de muestreos propuestas en el seguimiento (representativa de los distintos ambientes, **Fotografía N° 7-3**). Estas trampas fueron revisadas a primera hora del día siguiente durante tres noches consecutivas. Las trampas fueron dispuestas de manera lineal separadas entre cinco a 10 metros entre sí, abarcando un largo aproximado de 100 metros (con 20 trampas por punto). Para evitar el conteo repetido de individuos, los ejemplares capturados fueron fotografiados y marcados (marca de plumón no tóxico en la oreja del ejemplar). Con respecto a los micromamíferos presentes en Chile, éstos corresponden a: marsupiales, roedores (excepto integrantes de la familia Chinchillidae) y quirópteros (murciélagos). Sin embargo, este último grupo(quirópteros) no están considerados en el muestreo específico.

La captura de micromamíferos (reptiles y anfibios) fue autorizada por el Servicio Agrícola y Ganadero Región de Antofagasta, a través de Resolución Exenta N°420 del 07 de agosto de 2017 y su correspondiente ampliación en la Resolución Exenta N°294/2025 del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Antofagasta, que se adjunta en el **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres.**

Fotografía N° 7-2. Instalación de cámara trampa con atrayente olfativo.



Foto tomada en la campaña de invierno 2025. PM: F44, fecha: 11/08/2025, coordenada este: 591.638, coordenada norte: 7.378.759.
Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 7-3. Instalación de trampa tipo Sherman cebada.



Foto tomada en la campaña de invierno 2025. PM: FT8a, fecha 11/08/2025, coordenada este: 580.492, coordenada norte: 7.371.669.
Fuente: Elaboración Propia.

7.1.4.5 Trabajo en gabinete post terreno

7.1.4.5.1 Traspaso y procesamiento de datos

Los datos en bruto obtenidos de los distintos tipos de formularios llenados en terreno fueron traspasados a una base digital en gabinete, junto con el traspaso de las fotografías.

7.1.4.5.2 Análisis de datos

A continuación, se detalla la metodología del análisis de datos realizada en gabinete, *a posteriori* del trabajo de terreno de Cedrem Consultores.

7.1.4.5.3 Riqueza y composición

La riqueza se estimó en base al número total de especies detectadas, ya sea por evidencias directas e indirectas, en cada transecto (incluyendo muestreos complementarios) ejecutado para un mismo ambiente por sector. Así:

$$Riqueza\ de\ especies = \sum_{i=1}^{n} sp_i$$

En algunos casos, se estimó la riqueza media, en función del esfuerzo de muestreo de transectos, de modo de estandarizar los datos y hacerlos más comparables.

La composición se analiza en base a la identidad de las especies registradas.

7.1.4.5.4 Caracterización de los taxa

Las especies detectadas en terreno fueron descritas considerando su clasificación taxonómica, origen geográfico, grado de movilidad, estatus de residencia, estado de conservación y, de corresponder, su condición de especialista de hábitat, condición de monumento natural, o bien si cumple con algún criterio de protección (BSE)[21]. Esta información fue extraída del listado de fauna potencial realizado previo al terreno y complementada, cuando fuese necesario, mediante la misma metodología.

[21] BSE = criterios de protección definidos como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria (B), con densidades poblacionales reducidas (S) y/o benéficas para el equilibrio de los ecosistemas (E).

El detalle de caracterización se indica a continuación:

a) Origen geográfico

La asignación del origen geográfico se basó principalmente en lo descrito por el Ministerio del Medio Ambiente, el que incluye las siguientes categorías:

- *Nativas*: son aquellas especies originarias del lugar en donde habitan (MMA, 2016).
- *Endémicas:* especies nativas con una distribución natural restringida al territorio nacional (Chile), pudiendo incluso estar restringida a una región política administrativa, una región biogeográfica, una isla o una zona particular del país (SEA, 2015).
- *Introducidas* o exóticas: son aquellas especies foráneas que han sido introducidas fuera de su distribución natural, de igual modo, una especie exótica es aquella que, aunque sea nativa del mismo país, ha sido introducida en una zona del país donde no tiene distribución natural (MMA, 2016).

b) Estados de conservación y otros criterios de protección.

El proceso de revisión de antecedentes incluyó para cada una de las especies, la determinación de las categorías de conservación, los criterios de protección nacionales y otras categorías de protección internacionales, tal como el estatus de migración de aves según la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres [CMS] (1971).

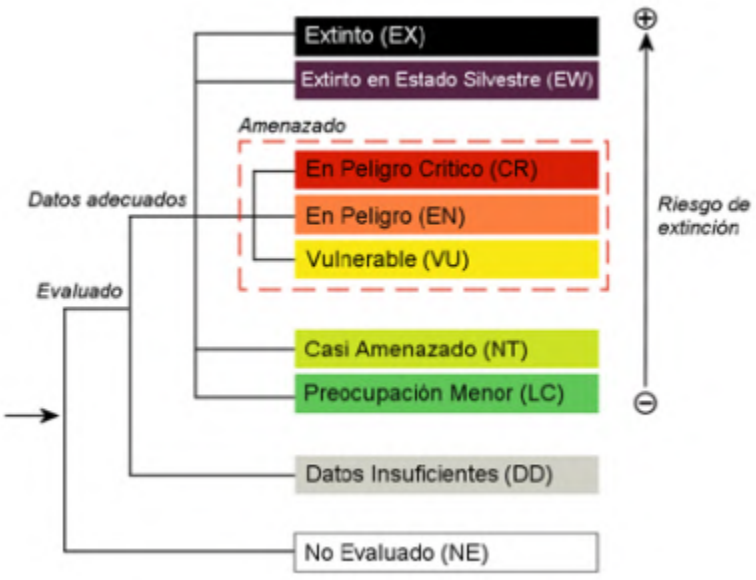
Las categorías de conservación de cada una de las especies, fueron determinadas según los criterios de clasificación definidos en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (2005) y sus decretos supremos asociados posteriores, donde se listan las especies clasificadas y su categoría de conservación (20 Procesos a la fecha): D.S. N°151/2007, D.S. N°50-51/2008, D.S. N°23/2009 del MINSEGPRES; y D.S. N°33/2011, D.S. N°41-42/2011, D.S. Nº19/2012, D.S. N°13/2013, D.S. N°52/2014, D.S. N° 38/2015, D.S N°16/2016, D.S. N°6/2017, D.S. N°79/2018, D.S. N°23/2019, D.S. N°16/2020, D.S. N° 44/2021, D.S. N°10/2023, D.S. N°02/2024 y D.S. N° 54/2025 del Ministerio del Medio Ambiente [MMA].

Las categorías de conservación dictadas en los Decretos Supremos antes mencionados, se basan en las Categorías y Criterios de Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2012). Por ende, al igual que en este documento, se clasifican como “*bajo amenaza*” las especies clasificadas en las siguientes categorías de conservación: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), incluyéndose,

además, las especies clasificadas Casi amenazada (NT)[22]. El resto de las categorías, se consideran de menor riesgo de extinción o como "*sin amenaza*".

En la **Figura N° 7-3** se muestra la estructura de las categorías de conservación de la UICN usadas en el presente estudio, señalando cuáles tienen mayor y menor riesgo de extinción, y destacando las categorías amenazadas.

Figura N° 7-3. Categorías de conservación de la UICN



Fuente Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2012.

Las categorías de aquellas especies que no se incluyen en los citados Decretos Supremos, fueron definidas según los estados consignados en la Ley de Caza N° 19.473 y su Reglamento (SAG, 2012a). Ambos cuerpos legales definen los estados de conservación con sustento legal para la fauna silvestre, y que corresponden a: Peligro de extinción; considerada homóloga a la categoría En Peligro (EN) de la UICN (2012), Vulnerable (VU, ambas "*bajo amenaza*"), y Rara (R), Escasamente o Inadecuadamente Conocida (I) y Fuera de Peligro (F, estas tres últimas se consideran "*sin amenaza*").

Para el caso de especies que no se encuentran definidas en los documentos anteriores, su estado de conservación se determinó según prelación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente [CONAMA] (2009), mediante Núñez et al. (1997); Corporación Nacional Forestal [CONAF] (1988); Glade (1993), Díaz-Páez y Ortiz (2003), Rottmann & López-Callejas (1992); y Cofré & Marquet, (1999). Las categorías utilizadas en estos documentos fueron

[22]Para efecto del presente monitoreo, se incluye como categoría de amenaza en base a la Guía para la descripción del área de influencia (Servicio de Evaluación Ambiental [SEA], 2015).

usadas tal y como se presentan en ellos, sin embargo, fueron consideradas categorías “bajo amenaza” todas las que fueron naturalmente homologables a las dictadas como tal por la UICN, de lo contrario fueron consideradas sin amenaza. Según lo anterior, se incluyen especies cuyas categorías no están estandarizadas, como las de Amenaza Indeterminada (A, Glade, 1993), Frágil (FR) y Sin Prioridad inmediata (NP; Cofré & Marquet, 1999).

Por otra parte, los criterios de protección de las especies se determinaron siguiendo los criterios señalados en el D.S. N°5/1998 MINAGRI (SAG, 2012a), correspondientes a: beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B), densidades poblacionales reducidas (S) o benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E). Al igual que las especies en estado de conservación, todas las especies bajo estos criterios de protección tienen prohibida su caza y/o captura en todo el territorio nacional (Ministerio de Agricultura [MINAGRI], 1998; SAG, 2012a, b; SAG, 2016).

En relación con la determinación de las especies consideradas como monumentos naturales de Chile, se sigue lo establecido en el D.S. Nº 2/2006 del MINAGRI.

Cabe mencionar, que el listado sistemático de especies sigue a Vidal y Labra (2008) para anfibios y reptiles; Martínez y González (2005, 2017) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos (los que en su mayoría coinciden con los listados aceptados por la autoridad).

c) Movilidad y especialistas de hábitat

La *movilidad* de una especie se entiende como la capacidad de escape natural de un individuo ante cambios en su hábitat, ya que mientras menor es la movilidad de las especies, menor es la probabilidad de migración o escape natural ante perturbaciones. Se clasifican de la siguiente forma según SAG (2004):

- Movilidad alta: Individuos que tienen la capacidad de desplazarse grandes distancias en poco tiempo por sus propios medios.
- Movilidad media: Individuos que tienen la capacidad de desplazarse distancias intermedias o bajas, por sus propios medios.
- Movilidad baja: Individuos que poseen rangos de desplazamiento muy reducidos, generalmente lo hacen sólo a unos pocos metros de sus cuevas o madrigueras.

La movilidad se definió para todos los registros a nivel de especie. Además, esta característica se precisó a nivel de género cuando todas las especies representantes del género compartían la misma capacidad de movimiento.

Por último, las especies especialistas de hábitat corresponden a las especies con distribución restringida a ambientes específicos (ej.: humedales) o escasos (ej.: bosques o ambientes de mayor productividad), por lo tanto, son más sensibles que las especies

generalistas o de amplia distribución frente a alteraciones de estos ambientes particulares (SAG, 2014).

d) Índice de Riesgo

Adicionalmente, las especies detectadas fueron clasificadas según el índice de riesgo basado en el libro “Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre” (SAG & CEDREM, 2004) pero actualizado según bibliografía en cuanto a nombre científico, distribución, endemismo y categoría de conservación de las especies.

El índice de riesgo (IR) refleja el grado de prioridad para la conservación de las especies y considera la suma ponderada de los siguientes criterios: estado de conservación (40%), grado de agregación (15%), movilidad (15%), especialista de hábitat (15%), endemismo (10%) y BSE[23] (5%). Los rangos de valores para la categorización en base al índice de riesgo son: > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo. Este índice se calculó para todos los registros de fauna nativa identificados a nivel de especies. Las especies introducidas y/o domésticas se excluyeron de este cálculo por no ser aplicable a ellas, ya que no son naturales de los ambientes estudiados.

7.1.4.5.5 Abundancia y Densidad

La abundancia de las especies detectadas fue evaluada para cada sector y ambiente, según grupo taxonómico y método de detección empleado (transecto, trampeo, cámara trampa, etc.).

Para ello, en primer lugar, se determinó el número de individuos por especie en el total de puntos de muestreo (N). A partir del cálculo de abundancia (N), se determinó la abundancia relativa, en dos escalas: a) la abundancia relativa total de la especie por clase, medida como el cuociente entre el número de ejemplares de la especie en estudio y el número total de ejemplares de todas las especies (de cada clase), expresada en porcentaje; b) la abundancia relativa de la clase, por ambiente (y por transecto), medida como el cuociente entre el número de ejemplares de todas las especies de cada clase (ej. reptiles y aves) observados en cada ambiente, y el número de transectos o puntos de muestreo efectuados en dicho ambiente.

Para el caso de los roedores y/o marsupiales capturados mediante trampeo, la abundancia relativa se expresa en relación con un esfuerzo de muestreo (número de trampas-noche). En estos casos se calculó el Índice de Densidad Relativa (IDR), como:

$$IDR\ (\%) = (\text{Número de individuos capturados} / \text{Esfuerzo de muestreo})*100$$

[23] Criterios de protección de especies: B: especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: especie con densidades poblacionales reducidas; E: especie catalogada benéfica para el equilibro de los ecosistemas naturales (SAG, 1998).

Siendo el esfuerzo de muestreo el producto entre el número de trampas y el número de noches de trampeo (trampas-noche). Cabe destacar, que para este cálculo no se consideraron especies registradas por evidencia indirecta.

7.1.4.5.6 Frecuencia

La frecuencia (F) puede ser expresada de forma relativa como una razón o un porcentaje, se calcula como el cuociente entre el número de puntos de muestreo en los cuales se detectó la especie (PM_{sp}), dividido por el número total de puntos muestreados (PM_{total}), y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{PM_{sp}}{PM_{total}}$$

En esta medida de frecuencia se consideraron todos los tipos de muestreo salvo los registros únicos, debido que, al no estar dirigido a todas las especies de un taxón, se puede sobreestimar la frecuencia de solo algunas de las especies registradas. Calcular la frecuencia relativa por sobre otras medidas, como abundancia relativa, posee la ventaja de utilizar sólo las presencias o ausencias de las especies en las unidades de muestreo, por tanto, permite utilizar tanto las evidencias directas como indirectas.

En este caso, se estimó la frecuencia agrupando todos los ambientes dentro de cada sector, por lo que se tiene un valor de frecuencia por especie.

7.1.4.5.7 Índice de similitud de Kulczynski

Para evaluar el grado de similitud faunística entre ambientes, se utilizó el índice de Kulczynski (variable adicional utilizado), basado en los registros de presencia/ausencia de las especies dentro de cada ambiente del área de estudio.

Este índice corresponde a una medida de similitud para datos binarios (presencia-ausencia). Entrega un valor de distancia entre pares de ambientes. De acuerdo con Podani (2000) el índice de Kulczynski (d_{jk}) trata de la media aritmética de dos probabilidades condicionales con respecto al número de datos coincidentes entre los ambientes. Este índice tiene un límite inferior de 0 y carece de límite superior. Se expresa a partir de la siguiente formula:

$$d_{jk} = \frac{\frac{M}{M + N_1} + \frac{M}{M + N_2}}{2}$$

Donde: d_{jk} corresponde al valor de distancia entre los ambientes *j* y *k*; M corresponde al número de especies presentes simultáneamente en ambos ambientes; N_1 corresponde al número de especies presentes en el ambiente *j* que se encuentran ausentes en el ambiente

k; N_2 corresponde al número de especies presentes en el ambiente *k* que se encuentran ausentes en el ambiente *j.*

Para visualizar esquemáticamente el grado de similitud entre distintos ambientes de fauna, se realizó un análisis de clúster, el que agrupa las unidades de comparación según los valores del índice de Kulczynski, formando un fenograma[24]. Este corresponde a una representación gráfica en forma de árbol, donde las unidades afines en similitud se disponen cercanas entre sí y son separadas por una menor cantidad de nodos.

Cabe destacar la utilidad del Índice de Similitud de Kulczynski, en cuanto permite comparar, visualmente la semejanza en la composición de especies en cada tipo de ambiente (basado en la presencia o ausencia de especies en dichos ambientes). A pesar de no estar solicitado en la RCA, se añade como un complemento a los parámetros de evaluación, con el fin de comparar la variable composición de especies del subcomponente fauna.

7.1.5 Materiales y equipos utilizados

Los materiales y equipos utilizados del componente fauna son:

Materiales: Formularios de terrenos para cada tipo de muestreo (transectos, trampeos, trampa cámara, playback), mapas, trampas Sherman, cebo (avena y esencia de vainilla para roedores, jurel para carnívoros).

Equipos: GPS, Cámara fotográfica, Binoculares 10 x 50, radio Handy, trampas cámara Bushnell, equipo de reproducción de playback.

El equipo de profesionales estuvo integrado por seis especialistas, divididos en tres grupos de trabajo.

7.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El muestreo y medición de cada parámetro se efectuó para el monitoreo de invierno 2025 a través de trabajo efectivo en terreno entre los días 11 al 14 de agosto (duración campaña: 10 al 15 de agosto de 2025) debido a las restricciones de acceso por parte de la comunidad de Peine, mientras que el procesamiento de datos y su análisis se realizó entre el 12 de agosto al 06 de septiembre de 2025.

El muestreo y medición de cada parámetro se efectuó para el monitoreo de verano en dos fases. La primera entre el 19 al 24 de marzo (campaña efectiva el 20 de marzo), y la segunda fase realizada entre el 26 de abril y 01 de mayo 2026 (campaña efectiva entre el 27 al 30 de abril), mientras que el procesamiento de datos y su análisis se realizó entre el 30 de abril al 15 de mayo de 2026.

[24] Se utiliza también dendrograma como término análogo.

7.2 RESULTADOS

7.2.1 Resultados del monitoreo campaña de invierno 2025

7.2.1.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

Los resultados de la campaña de invierno 2025 se presentan en detalle **en el Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres,** y en la **Tabla N° 7-2.**

En el área de estudio, en la presente campaña de monitoreo, se registraron 31 especies, siendo éstas: dos especies de reptiles, 20 especies de aves y nueve especies de mamíferos, no registrándose especies de anfibios (**Tabla N° 7-2**).

En esta campaña de invierno 2025 se registraron cinco nuevas especies (todas aves) para el periodo de monitoreo (tanto inviernos como anuales): *Parabuteo unicinctus* (peuco), *Anas bahamensis* (pato gargantillo), *Gallinula galeata* (tagüita del norte), *Nycticorax nycticorax* (huairavo) y *Plegadis ridgwayi* (cuervo del pantano de la puna). De estas cinco especies, sólo el huairavo había sido registrado antes, en el monitoreo histórico del PMB, mientras que las otras cuatro no habían sido observadas en el área, en ningún monitoreo anterior.

De las 31 especies de fauna detectadas, 15 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: de ellas, casi todas se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores). En detalle, estas especies en categoría corresponden a las dos especies de reptiles, siete especies de aves y seis especies de mamíferos (Ver detalle en **Tabla N° 7-2)**.

Del total de 15 especies en categoría de conservación, siete se consideran "*bajo amenaza*"; es decir, en las categorías En Peligro (una especie de reptil), Vulnerable (cuatro especies; tres aves y un mamífero) y Casi amenazada (dos especies de aves). Por otra parte, las otras ocho especies se catalogan *"sin amenaza"* (precautorias; **Tabla N° 7-2**).

En tanto, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 26 de las 31 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; en condición de densidades poblacionales reducidas y/o beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (categorías no excluyentes, ya que una especie puede incluirse en uno, dos o los tres criterios; detalles en **Tabla N° 7-2**).

En cuanto a su origen geográfico, cabe destacar que sólo dos de las 31 especies registradas en la campaña (6,4%) son endémicas de Chile (las dos especies de reptiles registradas); otras 27 especies (87,2%) se clasifican como nativas (20 especies de aves y

siete especies de mamíferos), mientras que dos especies (6,4%) son catalogadas como introducidas (incluyendo domésticas), ambas mamíferos (**Tabla N° 7-2**).

En relación con las especies especialistas de hábitat[25], 13 especies se consideran especialistas, siendo una de ellas un reptil, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani,* en borde de salar), y 12 especies de aves (habitantes de ambientes de humedal; **Tabla N° 7-2**).

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, dos especies se catalogan con movilidad media, y por último 26 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla N° 7-2**).

En cuanto al índice de riesgo, una especie de reptil se clasifica como de índice de riesgo máximo, tres especies se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto (tres especies de aves; caití, flamenco andino y flamenco de James), otras nueve se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio (un reptil, seis aves y dos mamíferos), y por último 17 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo (12 aves y cuatro mamíferos). A las especies introducidas/domesticadas (cabra y burro) no les fue asignado un índice de riesgo (**Tabla N° 7-2**).

Finalmente, en el análisis por sector, se observa que la mayor riqueza se registró en Tilopozo con 22 especies (un reptil, 12 aves y nueve mamíferos); seguido por Peine donde se registró una riqueza de 12 especies (ocho aves y cuatro mamíferos), mientras que La Punta y La Brava presenta la riqueza más baja, con nueve especies (un reptil y ocho aves). Considerando las especies y su presencia en cada sector, ninguna especie fue detectada en los tres sectores, en tanto que otras especies se encuentran restringidas a ambientes acuáticos (la mitad de las aves), y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (detalle en **Tabla N° 7-2**).

[25] Especies que están restringidas a un solo hábitat (Maliakal, 2003).

Tabla N° 7-2. Lista sistemática de especies de fauna registradas en la campaña de monitoreo de invierno 2025. Se indica presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	E	EH	M	IR	SECTOR		
										La Punta y La Brava	Peine	Tilopozo
REPTILIA												
SQUAMATA												
TROPIDURIDAE												
Liolaemus constanzae	Lagartija de Constanza	LC[5]	SE	-	E	N/A	N	B	30,35			X
Liolaemus fabiani	Lagartija de Fabián	EN[3]	SE	-	E	N/A	S	B	83,35	X		
TOTAL RIQUEZA REPTILIA										**1**	**0**	**1**
AVES												
ACCIPITRIFORMES												
ACCIPITRIDAE												
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho común	-	BE	-	N	R	N	A	3,35		X	X
Parabuteo unicinctus	Peuco	-	BE	-	N	R	N	A	3,35			X
ANSERIFORMES												
ANATIDAE												
Anas flavirostris	Pato jergón chico	-	-	-	N	R	S	A	30,00			X
Lophonetta specularioides	Pato juarjual	-	-	-	N	R	S	A	15			X
Anas bahamensis	Pato gargantillo	LC[5]	S	-	N	R	S	A	26,15			X
CHARADRIIFORMES												
CHARADRIIDAE												
Charadrius alticola	Chorlo de la puna	-	BS	-	N	R	N	A	10,85	X	X	
LARIDAE												
Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina	LC[6]	S	-	N	R	S	A	18,65	X	X	
RECURVIROSTRIDAE												
Recurvirostra andina	Caití	VU[8]	BS	-	N	R	S	A	57,85	X	X	
SCOLOPACIDAE												

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	E	EH	M	IR	SECTOR		
										La Punta y La Brava	Peine	Tilopozo
Calidris bairdii	Playero de Baird	-	B	-	N	V	S	A	31,65	X		
GRUIFORMES												
RALLIDAE												
Gallinula galeata	Tagüita del norte	-	S	-	N	R	S	A	16,65			X
PASSERIFORMES												
FURNARIIDAE												
Leptasthenura aegithaloides	Tijeral común	-	B	-	N	R	N	A	1,65			X
HIRUNDINIDAE												
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina de dorso negro	-	BE	-	N	R	N	A	10,85		X	X
TYRANNIDAE												
Lessonia oreas	Colegial del norte	-	BE	-	N	R	N	A	3,35	X		
Muscisaxicola cinereus	Dormilona cenicienta	-	BE	-	N	R	N	A	3,35			X
Agriornis montanus	Mero gaucho	-	BE	-	N	R	N	A	3,35			X
PELECANIFORMES												
ARDEIDAE												
Nycticorax nycticorax	Huairavo	-	E	-	N	R	S	A	9,15			X
THRESKIORNITHIDAE												
Plegadis ridgwayi	Cuervo de pantano de la puna	NT[2]	BS	-	N	V	S	A	34,35			X
PHOENICOPTERIFORMES												
PHOENICOPTERIDAE												
Phoenicoparrus andinus	Flamenco andino o Parina grande	VU[4]	SE	-	N	R	S	A	65,35	X	X	
Phoenicoparrus jamesi	Flamenco de James o Parina chica	VU[6]	SE	-	N	R	S	A	65,35	X	X	
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	NT[6]	SE	-	N	R	S	A	49,35	X	X	
									TOTAL RIQUEZA AVES	**8**	**8**	**12**
MAMMALIA												
ARTIODACTYLA												
CAMELIDAE												

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	E	EH	M	IR	SECTOR		
										La Punta y La Brava	Peine	Tilopozo
Capra hircus	Cabra	N/A	-	-	D	N/A	N	A	N/A			X
Lama guanicoe	Guanaco	VU[1]	S	-	N	N/A	N	A	48,65			X
Lama glama	Llama	N/A	-	-	N	N/A	N	A	N/A			X
CARNIVORA												
CANIDAE												
Lycalopex griseus	Zorro chilla	LC[1]	E	-	N	N/A	N	A	3,65			X
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	LC[1]	E	-	N	N/A	N	A	3,65		X	X
PERISSODACTYLA												
EQUIDAE												
Equus asinus	Burro	N/A	-	-	I	N/A	N	A	N/A		X	X
RODENTIA												
CRICETIDAE												
Abrothrix andina	Ratón andino	NP[9]	E	-	N	N/A	N	M	11,15			X
Phyllotis sp.*	Ratón orejudo	NP[9]	S	-	N	N/A	N	M	11,15		X	X
CTENOMYIDAE												
Ctenomys fulvus	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	LC[7]	S	-	N	N/A	N	B	33,65		X	X
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA										**0**	**4**	**9**
TOTAL RIQUEZA SECTOR										**9**	**12**	**22**

EC (Estado de conservación): EN: En peligro**; LC:** Preocupación menor; **DD**: Datos Insuficientes; **IC:** Inadecuadamente conocida**; NP:** Sin prioridad inmediata; **NT:** Casi amenazada; **VU:** Vulnerable; **S/EC.:** Sin estado de conservación.

FUENTES EC: **(1)** D.S. N°33/2011 MMA (2) D.S. N°13/2013 MMA **(3)** D.S. N° 52/2014; **(4)** D.S. N°38/2015 MMA; **(5)** D.S. N°16/2016 MMA; **(6)** D.S. N°23/2019 MMA; **(7)** D.S. N°16/2020 MMA**; (8)** D.S. N°44/2021 MMA**; (9)** Cofré & Marquet 1999. MMA. **BSE: B:** condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; **S:** condición de densidades poblacionales reducidas; **E:** condición benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Especies ordenadas sistemáticamente según Martínez & González (2005) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos. **MN:** Monumento natural.

O (origen): E: endémica; **N:** nativa; **I:** introducida; **D**: Domesticada.

EH (Especialista de hábitat): S: si; **N**: no

M (movilidad): B: baja; **M**: media; **A**: alta.

IR: Índice de riesgo: > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo.

N/A: No aplica; **-** : relleno de celda que no debe contener información. * ver detalle de cautela en texto.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.1.2 Análisis por clase

Cabe mencionar que, debido a restricciones de acceso por parte de la comunidad de Peine, y como ha ocurrido en varias ocasiones anteriores, no fue posible realizar el muestreo en parte de las lagunas del Peine (un punto en Salada), y otro punto en Tilopozo, por lo que se ejecutaron 23 de los 25 puntos de muestreo (ver registro de respaldo en **Anexo Fauna Vertebrados Terrestres y Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Lo anterior es muy relevante puesto que afectan la posibilidad de análisis de la evolución de las especies (sobre todo para el sistema Peine), ya que no se pudo muestrear parte de la laguna Salada, la que de acuerdo con el seguimiento del PMB es la que aporta los mayores valores de abundancia de aves, sobre todo para flamencos.

El análisis por cada clase de vertebrado es el siguiente:

7.2.1.2.1 Anfibios

En el caso de los anfibios, para esta campaña de invierno 2025, no se detectaron especies en los dos puntos de Tilopozo en que se realizó muestreo nocturno (**Tabla N° 7-1).**

7.2.1.2.2 Reptiles

Del total de 31 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, sólo dos corresponden a reptiles (6,4%), del Orden Squamata y de la familia Liolaemidae (**Tabla N° 7-2; Fotografía N° 7-4**).

Ambas especies de reptiles se encuentran clasificadas en categoría de conservación. Una especie, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), se clasifica En peligro (EN), mientras que la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en categoría Preocupación menor (**Tabla N° 7-2**).

La especie de reptil registrada se encuentra clasificada en categoría de conservación: La lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en categoría Preocupación menor (**Tabla N° 7-2**). La especie de reptil registrada es endémica de Chile y presenta baja movilidad. Además, se encuentra catalogada con densidades poblacionales reducidas (S) y benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E), **Tabla N° 7-2**). En cuanto al índice de riesgo, la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (30,35; **Tabla N° 7-2**). En relación con su presencia en los sectores, la lagartija de Constanza se ubica más bien en sectores terrestres de Tilopozo (**Tabla N° 7-2**).

Fotografía N° 7-4. Reptiles del área de estudio: lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, izquierda) y lagartija de Constanza (*L. constanzae*, derecha). Foto tomada en campaña invierno 2025.



Foto tomada en la campaña de invierno 2025. PM: FP4, fecha: 13/08/2025, coordenadas este: 576.403, coordenada norte: 7.375.395.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.1.2.3 Aves

Del total de 31 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 20 corresponden a aves (64,5%), las que se distribuyen en siete órdenes y 13 familias (**Tabla N° 7-2; Fotografía N° 7-5**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, siete (22,6%) se encuentran en categoría de conservación, correspondientes al pato gargantillo y la la gaviota andina (Preocupación menor); caití, flamenco andino y flamenco de James, clasificadas como Vulnerables, y flamenco chileno junto con el cuervo del pantano de la puna, clasificados como Casi amenazados (**Tabla N° 7-2**).

En relación con la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las 20 especies, 18 se encuentran en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que 11 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria (B), nueve especies presentan densidades poblacionales reducidas (S), y 10 especies son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural (**Tabla N° 7-2**).

En relación con el origen, todas las especies son nativas, mientras que 12 especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las 20 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al índice de riesgo, tres

especies presentan un riesgo alto (caití, flamenco andino y flamenco de James), otras cinco presentan un riesgo medio, y 12 especies presentan un riesgo bajo (**Tabla N° 7-2**).

Por otra parte, comparando los sectores, Tilopozo presentó la mayor riqueza, con 12 especies, mientras que Peine y La Punta-Las Brava mostraron la misma riqueza, con ocho especies (**Tabla N° 7-2**).

Fotografía N° 7-5. Aves del área de estudio: A) Parina grande (superior, izquierda), B) Cuervo de pantano de la puna (superior, derecha), C) Gaviota andina (inferior, izquierda) y D) Caití (inferior, derecha).



Fotos tomadas en campaña invierno 2025. A) PM: FP1B, fecha: 12/08/2025, coordenada este: 578.241, coordenada norte: 7.376.584; B) PM: FT1a, fecha: 13/08/2025, coordenada este: 577.830, coordenada norte: 7.370.368; C) PM: FP1, fecha: 12/08/2025, coordenada este: 577.768, coordenada norte: 7.376.209; D) PM: FP4, fecha: 13/08/2025, coordenada este: 576.403, coordenada norte: 7.375.395.
Fuente: Cedrem Consultores

7.2.1.2.4 Mamíferos

Del total de 30 especies de fauna detectadas en el área de estudio durante la campaña, nueve corresponden a mamíferos (30,0%), las que se distribuyen en cuatro órdenes y cinco familias (**Tabla N° 7-2**; **Fotografía N° 7-6; Fotografía N° 7-7**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, seis especies (66,7%) se encuentran clasificados en categoría de conservación, correspondientes al guanaco (*Lama guanicoe*) catalogada como Vulnerable; tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), zorro chilla (*Lycalopex griseus*) y zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus),* catalogados como Preocupación menor; y el ratón andino (*Abrothrix andina*) junto con *Phyllotis* sp., considerados Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 7-2**).

Cabe mencionar que para la especie *Phyllotis* sp., previamente registrada como *P. xanthopygus*, se agrega una nota de cautela: recientemente, en base a parámetros básicamente genéticos, se han aclarado y/o actualizado las especies de *Phyllotis* en la zona norte, indicando que *P. xanthopygus* es un complejo de varias especies, de las cuales en la zona norte se podrían registrar al menos cuatro especies: *P. limatus*, *P. magister*, *P. vaccarum* y *P. chilensis* (aunque esta última no ha sido descrita formalmente; Quiroga-Carmona et al. 2025). En particular, la especie *P. xanthopygus* estaría acotada a la patagonia chileno-argentina, y no se encontraría en la zona norte. En base a los registros documentados actualizados, en el área de estudio (zona cercana al borde sur del Salar de Atacama), la especie más probable de registrar en el área del proyecto sería *P. vaccarum* (ya que hay registros en las localidades de Toconao, Talabre y alrededores de Monturaqui). En todo caso, las especies nombradas como potenciales no implicarían un cambio en el bajo grado de amenaza considerado (NP, Sin prioridad).

En relación con la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las nueve especies, seis se encuentran catalogadas en categoría S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que ninguna especie se considera beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B), tres especies presentan densidades poblacionales reducidas (S), mientras que tres especies se consideran benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E; **Tabla N° 7-2**)**.** Ninguna de las especies registradas se considera Monumento Natural.

En relación con el origen de las especies de mamíferos, siete son nativas, y dos introducidas (el burro y la cabra). Una especie es catalogada como movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama), dos especies presentan movilidad media, y el resto son de alta movilidad. En cuanto al índice de riesgo de las especies, dos especies presentan riesgo medio (el guanaco y el tuco-tuco de Atacama), otras cuatro especies restantes presentan un índice de riesgo bajo, en tanto que para las especies domesticadas y/o introducidas (cabra y burro) no se calcula el índice de riesgo (**Tabla N° 7-2**).

Por su parte, comparando el registro de especies por sectores, el sector de La Punta y La Brava corresponde al de menor riqueza, sin especies, seguido por Peine con cuatro especies, en tanto que Tilopozo registró el máximo, con las nueve especies (**Tabla N° 7-2**).

Fotografía N° 7-6. Mamíferos en el área de estudio: Zorro culpeo. A) Zorro culpeo (arriba) y (B) Tuco tuco de Atacama (abajo).



Fotos tomadas en campaña de invierno 2025. A) PM: FI17, 12/08/2025, coordenada este: 586.032, coordenada norte: 7.383.098; B) PM: FT1a, fecha: 13/08/2025, coordenada este: 577.830, coordenada norte: 7.370.368.
Fuente: Cedrem Consultores.

Fotografía N° 7-7. Micromamífero del área de estudio: lauchón orejudo amarillo (izquierda) y muestreo (derecha).



Fotos tomadas en campaña invierno 2025. PM: FT3a, fecha: 14/08/2025, coordenada este: 575.626, coordenada norte: 7.370.684; B) PM: FT1a, fecha: 14/08/2025, coordenada este: 577.830, coordenada norte: 7.370.368.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.1.3 Composición por ambiente

Para los reptiles, en los ambientes de humedal pajonal, matorral y quebrada de Tilopozo se registró la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae),* en tanto que *L. fabiani* se registró en humedal salar de La Punta y La Brava *(***Tabla N° 7-3**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra en el humedal pajonal de Tilopozo, con 11 especies, seguido por el humedal salar de La Punta y La Brava, con ocho especies registradas durante la campaña (siete de ellas acuáticas), seguido por el humedal salar de Peine, con siete especies, mientras que los otros ambientes presentan una baja riqueza, con ninguna a una especie de ave (**Tabla N° 7-3**).

Para los mamíferos, la mayor riqueza se encuentra en el ambiente de humedal pajonal de Tilopozo junto con matorral de Tilopozo, con seis especies, seguido por el matorral de Peine, con tres especies. Por otra parte, el ambiente de quebrada de Tilopozo registró dos especies, mientras que el resto de los ambientes presentaron entre ninguna a una especie de mamífero (**Tabla N° 7-3**).

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con mayor riqueza corresponde al humedal pajonal de Tilopozo, con 18 especies registradas, que corresponden a un 58,1% de la riqueza total; le siguen los ambientes de humedal salar de La Punta y La Brava, con nueve especies; y el humedal salar de Peine junto con el matorral de Tilopozo, con ocho especies. El matorral de Peine presenta cuatro especies, la quebrada de Tilopozo presenta

tres especies y el herbazal de Tilopozo tiene dos especies. Por su parte, el ambiente área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar) no presentó registros durante esta campaña (**Tabla N° 7-3**).

En general, los ambientes de menor riqueza son un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza; ya que por una parte, también se encuentran en dichos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas.

Tabla N° 7-3. Especies de fauna registradas por ambiente (invierno 2025). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.

CLASE	AMBIENTE POR SECTOR							
	La Punta - La Brava	Peine		Tilopozo				
NOMBRE COMÚN	Humedal salar	Matorral	Humedal salar (Salada-Saladita interna*)	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza						X	X	X
Lagartija de Fabián	X							
TOTAL RIQUEZA REPTILIA	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**
AVES								
Aguilucho común		X				X		
Peuco						X		
Pato jergón chico						X		
Pato juarjual						X		
Pato gargantillo						X		
Chorlo de la puna	X		X					
Gaviota Andina	X		X					
Caití	X		X					
Playero de Baird	X							
Tagüita del norte						X		
Tijeral común					X			
Golondrina de dorso negro			X			X		
Colegial del norte	X							
Dormilona cenicienta						X		
Mero gaucho						X	X	
Huairavo						X		

CLASE	AMBIENTE POR SECTOR							
	La Punta - La Brava	Peine		Tilopozo				
NOMBRE COMÚN	Humedal salar	Matorral	Humedal salar (Salada-Saladita interna*)	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
Cuervo de pantano de la puna						X		
Flamenco andino o Parina grande	X		X					
Flamenco chileno	X		X					
Flamenco de James o Parina chica	X		X					
TOTAL RIQUEZA AVES	**8**	**1**	**7**	**0**	**1**	**11**	**1**	**0**
MAMMALIA								
Cabra						X		
Guanaco							X	
Llama						X		
Zorro chilla							X	
Zorro culpeo			X			X	X	X
Burro		X			X	X	X	
Ratón andino						X		
Ratón orejudo amarillo		X					X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama		X				X	X	
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA	**0**	**3**	**1**	**0**	**1**	**6**	**6**	**2**
RIQUEZA POR AMBIENTE	**9**	**4**	**8**	**0**	**2**	**18**	**8**	**3**

Nota: El orden en el listado de las especies sigue a la Tabla N° 7-2. *Indica datos de Laguna Interna. Saladita y parte de Salada.
Fuente: Elaboración Propia.

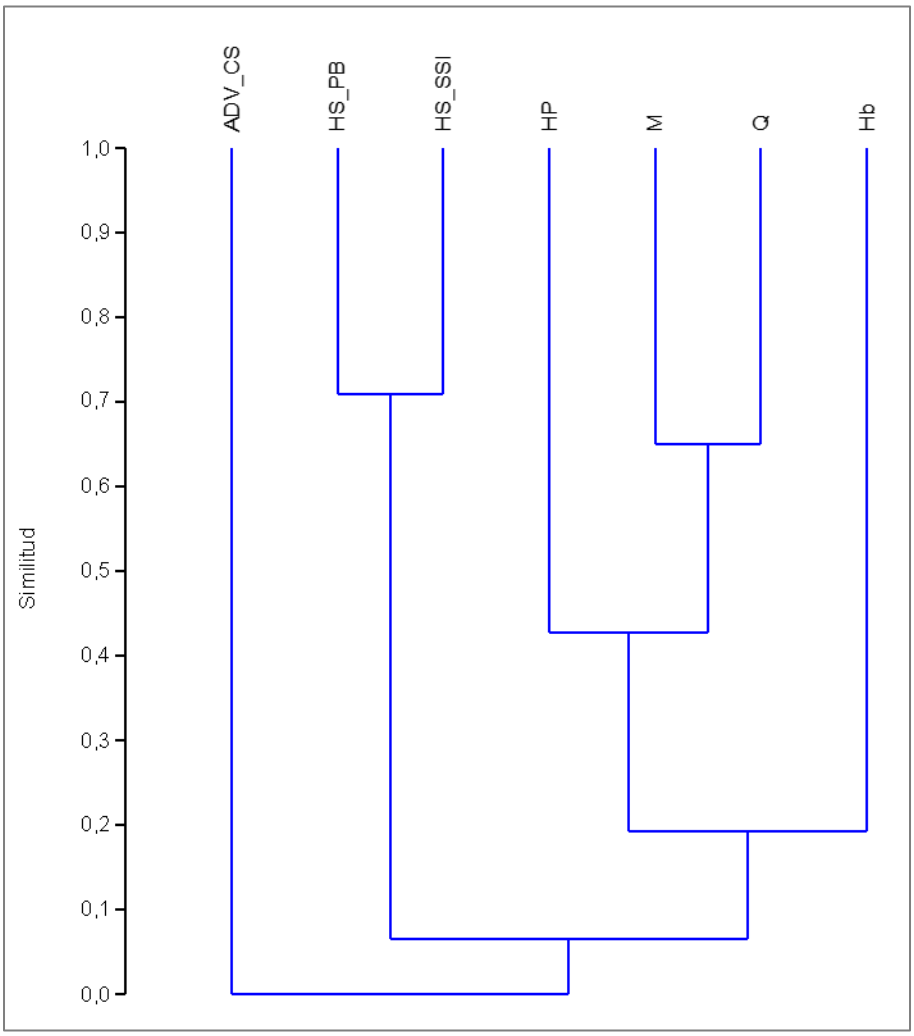
7.2.1.4 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla N° 1-3**, se obtiene el fenograma de similitud (**Figura N° 7-4**).

Según los resultados de similitud, se forman tres agrupaciones. Primero, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar con cerca de un 72% de similitud, correspondientes a La Punta y La Brava por una parte, y a las lagunas de Peine por otra. Luego, se agrupa un conjunto de cuatro ambientes (un ambiente acuático y tres terrestres) a una similitud cercana al 20%, dentro de los cuales los más similares son el matorral y la

quebrada, con un 65% de similitud. Fuera de los grupos queda el ambiente ADV costra salar de Tilopozo, sin similitud con los demás ambientes (**Figura N° 7-4**).

Figura N° 7-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña invierno 2025.



Abreviaturas de ambientes: ADV_CS: área desprovista de vegetación costra salar; **Hb**: herbazal; **HP**: humedal pajonal; **HS_PB:** humedal salar La Punta y la Brava; **HS_SSI:** humedal salar Salada, Saladita e Interna; **M:** matorral; **Q**: quebrada.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.1.5 Abundancia y Frecuencia

En el caso de las dos especies de reptiles, se contabilizaron 16 ejemplares, de los cuales la lagartija de Fabián fue dominante numéricamente, con 13 individuos, lo que corresponde a un 81,3% de abundancia relativa, en tanto que la lagartija de Constanza mostró una abundancia de tres ejemplares (18,7%). En el caso de la frecuencia, la lagartija de Fabián se observó en 6 de los 23 transectos, con una frecuencia de 26,1%, duplicando la frecuencia de la lagartija de Constanza, con 13,0% (**Tabla N° 7-4**).

En relación con las aves censadas, sobre un total de 295 individuos contabilizados, las especies más abundantes fueron la parina grande, con 99 ejemplares (33,6% de abundancia relativa), seguido por el flamenco chileno (70 ejemplares; 23,7%), la parina chica (n = 35; 11,9%), el chorlo de la puna (n = 19; 6,4%) y la gaviota andina (n = 17; 5,8%), mientras que el resto de las especies presentó una abundancia menor, variando entre uno a seis ejemplares (**Tabla N° 7-4**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el chorlo de la puna, el caití, la parina grande y el flamenco chileno (registradas en siete puntos, con un 30,4% de frecuencia), seguidos por la gaviota andina (cinco puntos; 21,7%). En tanto, el resto de las especies son menos frecuentes, variando en su registro en uno a tres puntos, con un 4,3% a 13,0% de frecuencia (**Tabla N° 7-4**).

En el caso de los macromamíferos, las especies más abundantes fueron la llama, con 55 ejemplares en un punto, con una frecuencia de 4,3%. De la cabra se observaron 18 ejemplares en un punto (sólo 4,3% de frecuencia) y del zorro culpeo, hubo registro directo de cinco individuos en cinco puntos de muestreo, con una frecuencia del 21,7%. Para el caso del burro, hubo registro directo de dos individuos en un punto, además de registro indirecto en otros cuatro puntos, lo que representa también un 21,7% de frecuencia, mientras que el chululo se observó con registro directo de tres ejemplares en un punto y registros indirectos en cuatro puntos de muestreo, con una frecuencia de 21,7% (**Tabla N° 7-4**). Las otras dos especies de roedores fueron observadas por trampeo, con una captura del ratoncito andino y cinco del lauchón orejudo amarillo (analizadas en IDR).

Tabla N° 7-4. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. (invierno 2025).

CLASE NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	3	18,8	3/23	13,0
Lagartija de Fabián	13	81,3	6/23	26,1
TOTAL REPTILIA	**16**	**100,0**	**-**	**-**
AVES				
Aguilucho común	2	0,7	2/23	8,7
Peuco	1	0,3	1/23	4,3
Pato jergón chico	2	0,7	1/23	4,3
Pato juarjual	5	1,7	1/23	4,3
Pato gargantillo	1	0,3	1/23	4,3
Chorlo de la puna	19	6,4	7/23	30,4
Gaviota Andina	17	5,8	5/23	21,7
Caití	22	7,5	7/23	30,4
Playero de Baird	6	2,0	1/23	4,3
Tagüita del norte	2	0,7	1/23	4,3
Tijeral común	1	0,3	1/23	4,3
Golondrina de dorso negro	6	2,0	3/23	13,0
Colegial del norte	1	0,3	1/23	4,3
Dormilona cenicienta	1	0,3	1/23	4,3
Mero gaucho	2	0,7	2/23	8,7
Huairavo	1	0,3	1/23	4,3
Cuervo de pantano de la puna	2	0,7	1/23	4,3
Flamenco andino o Parina grande	99	33,6	7/23	30,4
Flamenco chileno	70	23,7	7/23	30,4
Flamenco de James o Parina chica	35	11,9	3/23	13,0
TOTAL AVES	**295**	**100,0**	**-**	**-**
MAMMALIA				
Cabra	18(1)	-	1/23	4,3
Guanaco	1(1)	-	1/23	4,3
Llama	55(1)	-	1/23	4,3
Zorro chilla	1(1)	-	1/23	4,3
Zorro culpeo	5(5)	-	5/23	21,7
Burro	4X+2(1)	-	5/23	21,7
Ratón andino	-	-	-	-

CLASE NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Ratón orejudo amarillo	-	-	-	-
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	4X+3(1)	-	5/23	21,7

Nota 1: Para la clase Mammalia no es aplicable la suma total de ejemplares (como si ocurre para las clases Reptilia y Aves), ya que se mezclan grupos muy heterogéneos en tamaño corporal, tipo de registros (evidencia directa y/o indirecta), y metodologías de muestreo (transectos y trampeo de micromamíferos). **Nota 2:** El orden en el listado de las especies sigue a la Tabla N° 7-2 La X indica presencia indirecta. Para mamíferos, entre paréntesis se detalla el número de puntos de muestreo asociados a la abundancia absoluta directa.

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.6 Abundancia por ambiente (Densidad)

En cuanto a la abundancia relativa por ambiente (y estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentaron la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal salar, con 1,30 individuos/transecto (en 10 puntos de muestreo), seguido por la quebrada (1,00 ind/transecto), humedal pajonal (0,5 ind/transecto) y matorral (0,13 ind/transecto). En tanto, en el resto de los ambientes no se registró ningún ejemplar (ver **Anexo Fauna Vertebrados Terrestres**).

En el caso de las aves, la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar (10 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine), con 27,20 individuos/transecto; valor considerablemente mayor a los siguientes ambientes. Le sigue el ambiente de humedal pajonal, con 10,00 ind/transecto, y luego el ambiente de herbazal con 1,00 individuo/transecto y el matorral, con 0,25 ind/transecto. En tanto, los ambientes de quebrada y área desprovista de vegetación costra salar, no presentaron registros de aves (ver **Anexo Fauna Vertebrados Terrestres**).

Para los macromamíferos, ya se comparó la abundancia y frecuencia relativa por especie, y dado que para esta clase las evidencias son muy diferentes (incluyendo registros indirectos), no es aplicable un análisis grupal.

En el caso de los micromamíferos, se registraron dos especies mediante trampeo: el ratón andino y el ratón orejudo amarillo (**Tabla N° 7-5**). El ratón andino fue registrado sólo en uno de los cinco ambientes en los que se llevó a cabo el trampeo (humedal pajonal), con un IDR = 0,8%, con un ejemplar capturado (**Tabla N° 7-5**). Para el caso del ratón orejudo amarillo, éste fue registrado en dos ambientes, y la mayor abundancia fue en quebrada, con un IDR = 3,3% (con dos capturas), seguido por el matorral (IDR = 2,5%; **Tabla N° 7-5).** En tanto, en los ambientes de humedal salar, herbazal y humedal pajonal, no hubo registro (**Tabla N° 7-5**).

Cabe destacar que, por restricciones de acceso, en el ambiente de área desprovista de vegetación salar no se realizó trampeo de micromamíferos.

Tabla N° 7-5. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. (invierno 2025).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)												
Nombre común	**HS**		**ADV CS**		**Hb***		**HP**		**M**		**Q**	
	IDR	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**
Ratón andino	**0,0**	0 / 60	**-**	-	**0,0**	0 / 60	**0,8**	1 / 120	**0,0**	0 / 120	**0,0**	0 / 60
Ratón orejudo amarillo	**0,0**	0 / 60	**-**	-	**0,0**	0 / 60	**0,0**	0 / 120	**2,5**	3 / 120	**3,3**	2 / 60

Donde: **IDR** = (Nº Individuos / trampa-noche)*100; **N / TR** = Nº Individuos totales trampeados / Nº Trampas-noche). **AMBIENTES: HS:** Humedal salar; **ADV_CS**: área desprovista de vegetación costra salar; **Hb**: herbazal; **HP**: humedal pajonal; **M:** matorral; **Q**: quebrada. **Nota:** en esta campaña, por limitaciones de acceso, no se realizó trampeo en el ambiente de área desprovista de vegetación costra salar. Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2 Resultados del monitoreo campaña de verano 2026

7.2.2.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

Los resultados de la campaña de verano de 2026 se presentan en detalle en el **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**, y en la **Tabla N° 7-6**.

En el área de estudio, en la vigésima campaña de monitoreo, se registraron sólo 16 especies, con una especie de reptil, cinco especies de aves y 10 especies de mamíferos, no registrándose anfibios (**Tabla N° 7-6**). En esta campaña de verano 2026 se registraron dos especies nuevas, no observada en los monitoreos estivales previos, el Huairavo (*Nycticorax nycticorax*) el Mero de la Puna (*Agriornis albicauda*). Esta última especie, tampoco fue registrada en la Línea de Base del PMB (2015).

De las 16 especies de fauna detectadas, ocho se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: seis especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las dos especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Cofré & Marquet (1999). En detalle, estas especies en categoría corresponden a la especie de reptil detectada, una de las especies de aves y seis de las especies de mamíferos (Ver detalle en **Tabla N° 7-6)**.

Del total de ocho especies en categoría de conservación, tres se consideran "*bajo amenaza*"; es decir, en las categorías En Peligro crítico (una especie; la chinchilla cordillerana), Vulnerable (una especie: el mero de la puna) y Casi Amenazada (una especie, el puma). Por su parte, las otras cinco especies se catalogan *"sin amenaza"* (precautorias; **Tabla N° 7-6).**

Bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 11 de las 16 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; en condición de densidades poblacionales reducidas y/o beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (categorías no excluyentes, ya que una especie puede incluirse en uno, dos o los tres criterios; detalles en **Tabla N° 7-6**). Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, una de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural, y corresponde a la chinchilla cordillerana (**Tabla N° 7-6**).

En cuanto a su origen geográfico, cabe destacar que una de las 16 especies registradas en la campaña (6,3%) es endémica de Chile (la lagartija de Constanza); otras 13 especies de las 16 detectadas (81,3%) se clasifican como nativas (cinco especies de aves y ocho especies de mamíferos), mientras que dos especies son catalogadas como introducidas y/o domesticadas, *Equus asinus* (burro) y *Capra hircus* (cabra; **Tabla N° 7-6**).

En particular, para las aves, el estatus de residencia indica que las cinco especies son residentes (**Tabla N° 7-6**).

En relación con las especies especialistas de hábitat[26], cuatro especies se consideran especialistas, siendo tres especies de aves (habitantes de ambientes de humedal) y una especie de mamífero, la chinchilla cordillerana, habitante de roqueríos; **Tabla N° 7-6**).

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, una especie se cataloga con movilidad media, y por último 12 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla N° 7-6**).

En cuanto al índice de riesgo, una se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto (la chinchilla cordillerana), otras tres se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio (un reptil, un ave y un mamífero), y por último 10 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo (cuatro aves y cuatro mamíferos). A las especies introducidas y/o domesticadas no les fue asignado un índice de riesgo (**Tabla N° 7-6**).

Finalmente, en el análisis por sector, se observa una riqueza mayor en Tilopozo, con 15 especies (un reptil, cinco aves y nueve mamíferos), seguido de Peine que registró sólo cuatro especies (solo mamíferos). Es importante señalar que, en esta campaña de verano 2026 (al igual que las cinco anteriores de verano), debido a restricciones de acceso, no se pudo ingresar al sector de lagunas de Peine, pero en esta ocasión además no se pudo acceder a ninguna de las lagunas de La Punta y La Brava, lo que impidió el muestreo de 11 puntos de monitoreo de fauna. **Esto es muy relevante, pues como no se muestreó**

[26] Especies que están restringidas a un solo hábitat (Maliakal, 2003).

ninguna laguna, prácticamente no hay registro de aves acuáticas, que son las que aportan la mayor proporción de riqueza y abundancia del monitoreo, lo que hace a esta campaña no comparable en casi ningún parámetro del estudio.

Considerando la presencia de las especies en cada sector, ninguna especie se encuentra presente en los tres sectores, en tanto que otras tres especies se encuentran restringidas a ambientes terrestres de Peine y Tilopozo, y el resto sólo se encuentran en ambientes terrestres de Tilopozo ó Peine (detalle en **Tabla N° 7-6**).

Tabla N° 7-6. Lista sistemática de especies de fauna registradas en la vigésima campaña de monitoreo (verano 2026). Se indica, además, la presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA *Especie*	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	E	EH	M	IR	SECTOR		
										La Punta y La Brava	Peine	Tilopozo
REPTILIA												
SQUAMATA												
LIOLAEMIDAE												
Liolaemus constanzae	Lagartija de Constanza	LC[4]	SE	-	E	N/A	N	B	30,35			X
									TOTAL RIQUEZA REPTILIA	**NE**	**0**	**1**
AVES												
ACCIPITRIFORMES												
ACCIPITRIDAE												
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho común	S/EC	BE	-	N	R	N	A	3,35		X	X
ANSERIFORMES												
ANATIDAE												
Lophonetta specularioides	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	R	S	A	15			X
PASSERIFORMES												
TYRANNIDAE												
Agriornis albicauda	Mero de la puna	VU[5]	BE	-	N	R	N	A	35			X
PELICANIFORMES												
ARDEIDAE												
Ardea alba	Garza grande	S/EC	B	-	N	R	S	A	16,65			X
Nycticorax nycticorax	Huairavo	S/EC	E	-	N	R	S	A	9,15			X
									TOTAL RIQUEZA AVES	**NE**	**1**	**5**
MAMMALIA												

CLASE ORDEN FAMILIA ***Especie***	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	E	EH	M	IR	SECTOR		
										La Punta y La Brava	Peine	Tilopozo
ARTIODACTYLA												
BOVIDAE												
Capra hircus	Cabra	N/A	-	-	D	N/A	N	A	N/A			X
CAMELIDAE												
Lama glama	Llama	N/A	-	-	D	N/A	N	A	N/A			X
CARNIVORA												
CANIDAE												
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	LC[1]	E	-	N	N/A	N	A	3,65		X	X
FELIDAE												
Puma concolor	Puma	NT[2]	E	-	N	N/A	N	A	17,65			X
DIDELPHIMORPHIA												
DIDELPHIDAE												
Thylamys pallidior	Yaca del norte	S/EC	BSE	-	N	N/A	N	M	12,5		X	
PERISSODACTYLA												
EQUIDAE												
Equus asinus	Burro	N/A	-	-	I	N/A	N	A	N/A			X
RODENTIA												
CHINCHILLIDAE												
Chinchilla chinchilla	Chinchilla cordillerana o de cola corta	CR[3]	S	MN	N	N/A	S	B	64,15			X
CRICETIDAE												
Abrothrix andina	Ratón andino	NP[6]	E	-	N	N/A	N	M	11,15			X
Phyllotis sp.*	Ratón orejudo	NP[6]	-	-	N	N/A	N	M	11,15		X	X

CLASE ORDEN FAMILIA *Especie*	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	E	EH	M	IR	SECTOR		
										La Punta y La Brava	Peine	Tilopozo
CTENOMYIDAE												
Ctenomys fulvus	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	LC[5]	S	-	N	N/A	N	B	33,65		X	X
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA										**NE**	**4**	**9**
TOTAL RIQUEZA SECTOR										**NE**	**5**	**15**

Donde: **NE**: No Evaluado. **EC** (Estado de conservación): **CR**: Peligro crítico; **EN**: En peligro; **LC**: Preocupación menor; **NT**: Casi amenazada; **VU**: Vulnerable; **S/EC**: Sin estado de conservación; **N/A**: No aplica. FUENTES EC: (1) D.S. N°33/2011 MMA; (2) D.S. N°42/2011 MMA; (3) D.S. N°13/2013 MMA; (4) D.S. N°16/2016 MMA; (5) D.S. N°16/2020 MMA; (6) Cofré & Marquet 1999. BSE: B: condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: condición de densidades poblacionales reducidas; E: condición benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Especies ordenadas sistemáticamente según Martínez & González (2005) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos. MN: Monumento natural. O (origen): E: endémica; N: nativa; I: introducida (incluye D: Domesticada). E(Estatus): R: Residente; V: Visitante; N/A: No aplica EH (Especialista de hábitat): S: si; N: no. M (movilidad): B: baja; M: media; A: alta. IR: Índice de riesgo: > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo. El asterisco (*) en *Phyllotis* sp. indica ver nota de cautela en texto.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2.2 Análisis por clase

El análisis por cada clase de vertebrado es el siguiente:

7.2.2.2.1 Anfibios

En el caso de los anfibios, para esta campaña de verano 2026, no se detectaron especies en los dos puntos de Tilopozo, en que se realizó muestreo nocturno.

7.2.2.2.2 Reptiles

Del total de 16 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, una corresponde a reptil (6,3%), del Orden Squamata y de la familia Liolaemidae (**Tabla N° 7-6; Fotografía N° 7-8**).

En relación con la categoría de conservación, la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en categoría Preocupación Menor (**Tabla N° 7-6**).

La especie de reptil registrada es endémica de Chile y presenta baja movilidad, además se encuentra catalogada con densidades poblacionales reducidas (S) y benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (**Tabla N° 7-6**). En cuanto al índice de riesgo, la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (30,35; **Tabla N° 7-6**).

En relación con su presencia en los sectores, la lagartija de Constanza se ubica en sectores terrestres de Tilopozo (**Tabla N° 7-6**).

Fotografía N° 7-8. Reptil del área de estudio: lagartija de Constanza.



Foto tomada en la campaña de verano (abril, 2026), PM FT3a, fecha 27/04/2026, coordenada este: 575612, coordenada norte: 7370692.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2.2.3 Aves

Del total de 16 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, sólo cinco corresponden a aves (31,3%), las que se distribuyen en cuatro órdenes y cuatro familias (**Tabla N° 7-6**; **Fotografía N° 7-9**).

En esta campaña se registraron dos nuevas especies de aves para el monitoreo estival, y corresponden al mero de la puna, la que no se había registrado ni en invierno ni tampoco en el PMB histórico (2015) y el Huairavo, si registrado en monitoreo histórico.

Del total de aves registradas en el área de estudio, sólo una (20,0%) se encuentra en categoría de conservación, correspondientes al mero de la puna (Vulnerable, **Tabla N° 7-6**).

En relación con la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las cinco especies, casi todas (4) se encuentran en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que tres especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria (B), ninguna especie presenta densidades poblacionales reducidas (S), y tres especies son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural (**Tabla N° 7-6**).

En relación con el origen, todas las especies son nativas, mientras que tres especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las cinco especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al índice de riesgo, una especie presenta un riesgo medio, y cuatro especies presentan un riesgo bajo (**Tabla N° 7-6**).

Por otra parte, comparando los sectores, las cinco especies se registraron en el sector de Tilopozo, mientras que en Peine ni en la Punta y La Brava no se registró ninguna especie debido a la limitación de acceso (**Tabla N° 7-6**).

Fotografía N° 7-9. Aves del área de estudio: Huairavo (izquierda), Mero de la puna (derecha).



Fotos tomadas en la campaña de verano (marzo y abril, 2026). PM FT1a, coordenada este: 577807, coordenada norte: 7370408, Huairavo: fecha 20/03/2026, Mero de la puna: fecha 27/04/2026
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2.2.4 Mamíferos

Del total de 16 especies de fauna detectadas en el área de estudio durante la campaña, 10 corresponden a mamíferos (62,5%), las que se distribuyen en cinco órdenes y nueve familias (**Tabla N° 7-6; Fotografía N° 7-10; Fotografía N° 7-11**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, seis especies (60,0%) se encuentran clasificados en categoría de conservación, correspondientes a la chinchilla cordillerana (*Chinchilla chinchilla*), clasificada como En Peligro crítico; al puma (*Puma concolor*) Casi amenazada, al tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), y al zorro culpeo (*L. culpaeus*), catalogados en Preocupación menor y el ratoncito andino (*Abrothrix andina*) junto con *Phyllotis* sp. considerado Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 7-6**).

Como ya se mencionó en el informe anterior (invierno 2025), cabe mencionar que para la especie *Phyllotis* sp. se agrega una nota de cautela: recientemente, en base a parámetros básicamente genéticos, se han aclarado y/o actualizado las especies de *Phyllotis* en la zona norte, indicando que *P. xanthopygus* (especie que se indicaba en los monitoreos previos) es un complejo de varias especies, de las cuales en la zona norte se podrían registrar al menos cuatro especies: *P. limatus*, *P. magister*, *P. vaccarum* y *P. chilensis* (aunque esta última no ha sido descrita formalmente; Quiroga-Carmona et al. 2025). En particular, la especie *P. xanthopygus* estaría acotada a la Patagonia chileno-argentina, y no se encontraría en la zona norte. En base a los registros documentados actualizados por Quiroga-Carmona et al. 2025, en el área de estudio (zona cercana al borde sur del Salar de Atacama), la especie más probable de registrar en el área del proyecto sería *P. vaccarum* (ya que hay registros en las localidades de Toconao, Talabre y alrededores de Monturaqui), pero como criterio conservador, se deja como *Phyllotis* sp. En todo caso, las especies nombradas como potenciales no implicarían un cambio en el bajo grado de amenaza considerado (NP, Sin prioridad).

En relación con la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las 10 especies, seis se encuentran catalogadas en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que tres especies presentan densidades poblacionales reducidas (S), mientras que cuatro especies se consideran benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E) y una especie se considera beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B). Una de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural y corresponde a la chinchilla cordillerana (**Tabla N° 7-6**).

En relación con el origen de las especies de mamíferos, ocho especies son nativas, y las restantes son introducidas. Por otro lado, una especie de mamífero se considera especialista de hábitat (la chinchilla cordillerana). Cinco especies presentan movilidad alta, tres especies presentan movilidad media (la yaca, el ratón orejudo amarillo y el ratoncito andino), y dos especies movilidad baja (la chinchilla, el tuco-tuco de Atacama). En cuanto

al índice de riesgo que presentan las especies, una especie (la chinchilla) presenta un Riesgo alto, una especie presenta un índice de riesgo medio (el tuco-tuco de Atacama), y el resto de las especies presentan un índice de riesgo bajo, en tanto que para las especies introducidas o domésticas no se calcula el índice de riesgo **(Tabla N° 7-6**).

Por su parte, comparando el registro de especies por sectores, el sector de La Punta y La Brava corresponde al de menor riqueza, sin especies, en tanto que Tilopozo presenta la mayor riqueza con nueve especies, seguida del sector de Peine con cuatro especies registradas de mamíferos (**Tabla N° 7-6**).

Fotografía N° 7-10. Macromamíferos en el área de estudio: zorro culpeo (izquierda) y llamas (derecha).



Fotos tomadas en la campaña de verano (abril, 2026). Llamas: PM FT10, fecha 20/03/2026, coordenada este: 577820, coordenada norte: 7369281. Zorro culpeo: PM FT1a, fecha 27/04/2026, coordenada este: 577827, coordenada norte: 7370433.

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 7-11. Micromamíferos del área de estudio: ratón orejudo (izquierda) y ratón andino (derecha).



Fotos tomadas en la campaña de verano (abril, 2026).Ratón orejudo: PM FT3a, fecha 28/04/2026, coordenada este: 575626, coordenada norte 73706884; Ratón andino: PM FT13, fecha 28/04/2026, coordenada este: 577827, coordenada norte: 7370433.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2.3 Composición por ambiente

Para los reptiles, la lagartija de Constanza se presentó en dos ambientes del sector Tilopozo, correspondientes a humedal pajonal y matorral (**Tabla N° 7-7**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra en el humedal pajonal, con cinco especies registradas durante la campaña, seguido por el matorral de Peine, con sólo una especie, mientras que en el resto de los ambientes no se registraron especies de aves, o no se pudo muestrear. Los humedales salar de Peine y La Punta y La Brava no fueron evaluados, por imposibilidad de acceso (**Tabla N° 7-7**).

Para los mamíferos, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes de humedal-pajonal de Tilopozo, con seis especies, seguido por el herbazal de Tilopozo, con cinco especies, la quebrada y el matorral de Peine con cuatro especies, y el matorral de Tilopozo con tres especies. Para el ADV costra no se observó ninguna especie de mamífero, en tanto que los otros dos ambientes no fueron muestreados por restricciones de acceso (**Tabla N° 7-7**).

Agrupando las tres clases de vertebrados (y considerando la imposibilidad de acceso para el muestreo en las lagunas), el ambiente con mayor riqueza es el humedal pajonal de Tilopozo, con 12 especies registradas en total (un reptil, cinco aves y seis mamíferos), seguido por el herbazal de Tilopozo, con cinco especies (todos mamíferos), al igual que el matorral de Peine (un ave y cuatro mamíferos), la quebrada, con cuatro especies (todos mamíferos) al igual que el matorral de Tilopozo (un reptil y tres mamíferos). Por su parte, el ambiente área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar), no registró

especies, como se dijo, los humedales salares no fueron muestreados durante esta campaña (**Tabla N° 7-7**).

Tabla N° 7-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Vigésima campaña de monitoreo (verano 2026). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.

CLASE	AMBIENTE POR SECTOR							
	La Punta - La Brava	Peine		Tilopozo				
NOMBRE COMÚN	Humedal salar*	Matorral	Humedal salar (Salada-Saladita interna) *	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza						X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILIA	**NE**	**0**	**NE**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**
AVES								
Aguilucho común		X				X		
Pato juarjual						X		
Mero de la puna						X		
Garza grande						X		
Huairavo						X		
TOTAL RIQUEZA AVES	**NE**	**1**	**NE**	**0**	**0**	**5**	**0**	**0**
MAMMALIA								
Cabra						X		
Llama					X	X		
Zorro culpeo		X			X	X	X	
Puma								X
Yaca del norte		X						
Burro					X	X		
Chinchilla cordillerana o de cola corta								X
Ratón andino					X			X
Ratón orejudo		X			X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama		X				X	X	
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA	**NE**	**4**	**NE**	**0**	**5**	**6**	**3**	**4**

CLASE	AMBIENTE POR SECTOR							
	La Punta - La Brava	Peine		Tilopozo				
NOMBRE COMÚN	Humedal salar*	Matorral	Humedal salar (Salada-Saladita interna) *	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
RIQUEZA POR AMBIENTE	NE	5	NE	0	5	12	4	4

Nota: El orden en el listado de las especies sigue a la Tabla N° 7-6. . * = No evaluado en esta campaña M20 (no se muestreó Interna, Salada, Saladita y La Punta y La Brava). NE = No evaluada. Fuente: Elaboración Propia.

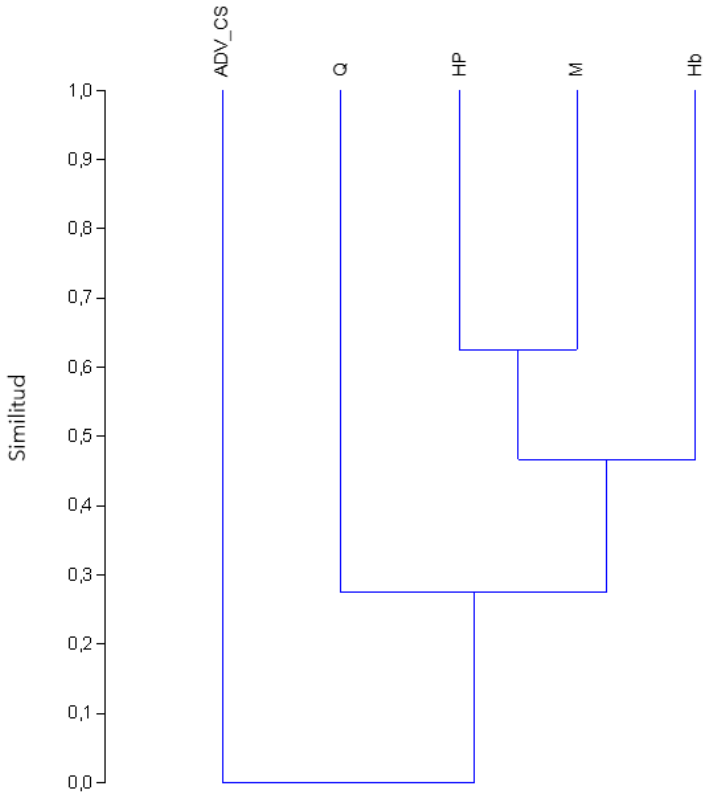
7.2.2.4 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes, se obtiene el fenograma de similitud (**Figura N° 7-5**).

Según los resultados de similitud, se forman dos agrupaciones. La mayor similitud (cercana al 62%) se presenta entre los ambientes de matorral y humedal-pajonal, los que se unen al herbazal (46%) y luego a la quebrada a una menor similitud (cercana al 28%; **Figura N° 7-5**).

En esta campaña, dado que no se tuvo acceso al monitoreo en lagunas, es que el fenograma de similitud no incluye las lagunas ni de Peine (Humedal Salar-Salada, Saladita e Interna), ni las de La Punta y La Brava, por limitaciones de acceso, de forma que no hay muestreo), por lo que dicho fenograma no es completamente comparable con las campañas en que sí se muestrearon todos los ambientes, de modo que se requiere cautela en el análisis.

Figura N° 7-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña verano 2026.



Abreviaturas de ambientes: ADV_CS: área desprovista de vegetación costra salar; **Hb**: herbazal; **HP**: humedal pajonal; **M:** matorral; **Q**: quebrada. En esta campaña M20, el ambiente de humedal salar no pudo ser muestreadas, por lo que no se incluyen en el análisis.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2.5 Abundancia y Frecuencia

En el caso de la especie de reptil, la lagartija de Constanza registró una abundancia de seis ejemplares avistados, lo que representa obviamente el 100,0% de abundancia relativa (**Tabla N° 7-8**). En el caso de la frecuencia (y considerando la menor cantidad de puntos de muestreo de esta campaña), dicha especie se observó en tres puntos, lo que equivale a un 21,4% de frecuencia (**Tabla N° 7-8**).

En relación con las aves censadas (y considerando el muestreo de 14 de los 25 puntos, en esta campaña), sobre un total de sólo nueve individuos contabilizados, la especie más abundante fue el pato juarjual, con cuatro ejemplares (44,4% de abundancia relativa), seguido por el aguilucho (dos ejemplares; 22,2% de abundancia relativa), mientras que el

resto de las especies presentaron una abundancia mínima de sólo un ejemplar (**Tabla N° 7-8**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el aguilucho (registrado en dos de los 14 puntos; con un 14,3% de frecuencia), y el resto de las especies son muy poco frecuentes, con un punto, con un 7,1% de frecuencia (**Tabla N° 7-8**).

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue la llama, registrada con 53 ejemplares observados en un punto de muestreo, además de registros indirectos en otros dos puntos, por lo que su frecuencia es de 21,4%. De la cabra se contabilizaron 19 ejemplares en un punto, además de registro indirecto en otro punto (frecuencia de 14,3%). En el caso del burro, hubo registro directo de cinco ejemplares en un punto, y registro indirecto en otro punto, lo que representa un 14,3% de frecuencia (**Tabla N° 7-8**). Del zorro culpeo se observaron siete ejemplares en siete puntos, con una frecuencia de 50,0%. En el caso de la única especie de micromamífero fosorial detectada en la campaña (Tilopozo), el tuco-tuco de Atacama, se observó dos individuos en dos puntos, además de registros indirectos en tres puntos, por lo que su frecuencia fue de 35,7% (**Tabla N° 7-8**). De la chinchilla cordillerana, se registró evidencia indirecta en un punto, al igual que de puma y de la yaca del norte (7,1% de frecuencia), en tanto que las otras dos especies de roedores fueron observadas por trampeo, con seis capturas del ratoncito andino y seis del lauchón orejudo amarillo.

Tabla N° 7-8. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Vigésima campaña de monitoreo (verano 2026).

CLASE NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	6	100,0	3/14	21,4
TOTAL REPTILIA	**6**	**100,0**	**-**	**-**
AVES				
Aguilucho común	2	22,2	2/14	14,3
Pato juarjual	4	44,4	1/14	7,1
Mero de la puna	1	11,1	1/14	7,1
Garza grande	1	11,1	1/14	7,1
Huairavo	1	11,1	1/14	7,1
TOTAL AVES	**9**	**100,0**	**-**	**-**
MAMMALIA				
Cabra	19 (1) + X	-	2/14	14,3
Llama	53 (1) + 2X	-	3/14	21,4
Zorro culpeo	7 (7)	-	7/14	50,0
Puma	X	-	1/14	7,1
Yaca del norte	X	-	1/14	7,1
Burro	5 (1) + X	-	2/14	14,3
Chinchilla cordillerana o de cola corta	X	-	1/14	7,1
Ratón andino	6 (2)	-	-	-
Ratón orejudo	6 (5)	-	-	-
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	2 (2) + 3X	-	5/14	35,7

(*) No se consideran los 11 puntos de muestreo a los que no se tuvo acceso por restricción de acceso (por eso, el total de puntos es 14).

Nota 1: Para la clase Mammalia no es aplicable la suma total de ejemplares (como si ocurre para las clases Reptilia y Aves), ya que se mezclan grupos muy heterogéneos en tamaño corporal, tipo de registros (evidencia directa y/o indirecta), y metodologías de muestreo (transectos y trampeo de micromamíferos).

Nota 2: El orden en el listado de las especies sigue a la Tabla 1 – 6. La X indica presencia indirecta. Para mamíferos, entre paréntesis se detalla el número de puntos de muestreo asociados a la abundancia absoluta directa.

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.6 Abundancia por ambiente (Densidad)

En cuanto a la abundancia relativa por ambiente (y estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentaron la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal de Tilopozo, con 2,0 individuos/transecto (en dos puntos), seguido por el

matorral, con 0,25 individuos/transecto, y en los otros ambientes muestreados no hubo registro de reptiles (ver **Anexo Fauna Vertebrados Terrestres**).

En el caso de las aves, la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal pajonal (con dos puntos de muestreo), con 4,0 individuos/transecto; valor mayor al matorral, con 0,125 ind/transecto. En los restantes ambientes muestreados no se registró ningún ejemplar (ver **Anexo Fauna Vertebrados Terrestres**). Claramente, estos resultados reflejan el sesgo de muestro incompleto, ya que no se muestreó ningún punto de humedal salar (que son los que contienen la mayor riqueza y abundancia de aves acuáticas).

Para los macromamíferos, ya se comparó la abundancia y frecuencia relativa por especie, y dado que para esta clase las evidencias son muy diferentes (incluyendo registros indirectos), no es aplicable un análisis grupal.

En el caso de los micromamíferos, fueron registradas dos especies mediante trampeo: el ratón andino y el ratón orejudo amarillo (**Tabla N° 7-9**). El ratón andino fue registrado en dos de los cinco ambientes en los que se llevó a cabo el trampeo, ambiente de herbazal (Hb), con un IDR de 1,67%, con dos ejemplares capturados, y la quebrada (Q), con un IDR de 6,67% (con cuatro capturas). El ratón orejudo amarillo fue registrado en cuatro de los cinco ambientes en los que se llevó a cabo el trampeo; y con un IDR variando entre 0,83% (en el ambiente de humedal pajonal) a 2,5% (en matorral), con uno a tres ejemplares capturados en los ambientes mencionados (**Tabla N° 7-9**). En el ambiente de humedal costra salar, en tanto, no hubo registro de especies, y en humedal salar no hubo muestreo (**Tabla N° 7-9**).

Tabla N° 7-9. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Vigésima campaña de monitoreo (verano 2026).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)												
Nombre común	**HS***		**ADV_CS**		**Hb**		**HP**		**M**		**Q**	
	IDR	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**	**IDR**	**N/TR**
Ratón andino	**NE**	NE	**0,0**	0/60	**1,67**	2/120	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**6,67**	4/60
Ratón orejudo amarillo	**NE**	NE	**0,0**	0/60	**1,67**	2/120	**0,83**	1/120	**2,50**	3/120	**0,0**	0/60

Donde: **IDR** = (Nº Individuos / trampa-noche) *100; **N / TR** = Nº Individuos totales trampeados / Nº Trampas-noche).
AMBIENTES: HS: humedal salar; **ADV_CS**: área desprovista de vegetación costra salar; **Hb**: herbazal; **HP**: humedal pajonal; **M:** matorral; **Q**: quebrada. **NE (*)**: No evaluado.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2.3 Límites considerados en la evaluación

En la línea de base del proyecto, se establecieron diferentes escalas de comparación (tanto en riqueza y composición como en abundancia), y en relación con los límites considerados, se tiene lo indicado en la RCA (pág. 57/72) niveles o límites comprometidos como “Mantención dentro de su variación histórica”.

8 TAPETES MICROBIANOS

Para esta componente, se presentan las actividades y resultados obtenidos a partir de los monitoreos semestrales de invierno 2025 y verano 2026, para las comunidades de microorganismos extremófilos, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE-N°21/2016 del Proyecto.

Los monitoreos de invierno 2025 y verano 2026 corresponden al decimonoveno (M19) y vigésimo (M20) monitoreo semestral del subcomponente tapetes microbianos. Este seguimiento quedó comprometido en la Adenda 5 del EIA, justamente con el fin de ir generando información de esta variable y que permita conocer su comportamiento en el tiempo.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a la caracterización laminar de tapetes microbianos; presencia de microbialitos; y presencia de evaporitas, según lo establecido en la RCA del Proyecto.

El período reportado en el presente informe se enmarca entre los días 11 al 13 de agosto de 2025, correspondiente al periodo de invierno y entre los días 17 al 19 de marzo de 2026, (periodo verano post-lluvias), fechas entre las que se llevó a cabo la campaña en terreno del monitoreo de invierno 2025 y verano 2026 de esta variable, respectivamente.

El objetivo del seguimiento de las comunidades de microorganismos asociados a tapetes microbianos es evaluar el comportamiento en el tiempo de dichas comunidades en los sistemas lagunares de Peine (laguna Salada, Saladita, Interna), La Punta-La Brava y Sector vegas de Tilopozo, a través de la caracterización de la estructura del tapete microbiano respecto a la pigmentación de las capas, con una frecuencia de monitoreo semestral. Es importante mencionar que los tapetes si bien forman parte del PMB, también conforman más bien una línea investigativa y de análisis, ya que no se tenía registros previos en dichas lagunas cuando se diseñó el PMB (Anexo 2, Adenda 5). Asimismo, durante el desarrollo del PMB, se indicó que el monitoreo estaría enfocado en una primera fase a localizar el componente Tapete Microbiano, presentes en cada laguna (La Punta, La Brava, Salada, Saladita e Interna), y en una segunda fase al seguimiento de la morfología de la estratificación de los colores de los tapetes microbianos, con una frecuencia de monitoreo semestral.

Cabe destacar, que los **tapetes microbianos** son definidos como ecosistemas de comunidades microbianas organizadas por funcionalidad ecológica los cuales se agrupan de forma estratificada o laminada, horizontalmente, en el sedimento (Prieto-Barajas *et al*., 2018; Chen *et al*., 2020). Por otro lado, los **microbialitos** son estructuras órgano-sedimentarias mineralizadas, formados a partir de antiguos tapetes microbianos litificados y en los cuales coexisten microorganismos que han ido precipitando minerales, manteniendo un rol ecológico funcional (*i.e.* quimiolitoautótrofos, quimioheterótrofos) (Eymard *et al*., 2020; Saona *et al*., 2024). Las **evaporitas** son estructuras sedimentarias de comunidades endolíticas, que retienen agua la cual luego se puede evaporar, en las cuales los microorganismos pueden existir protegidos de la radiación UV, pero con un rol fotosintético (Manaa y Aref, 2021; Saona *et al*., 2024).

8.1 MATERIALES Y MÉTODOS

8.1.1 Descripción del Área de Estudio

El área de estudio se localiza en el Salar de Atacama, el cual se encuentra ubicado en el altiplano de la región de Antofagasta. Corresponde a una cuenca endorreica, cuya superficie alcanza los 15.620 Km², flanqueada en toda su extensión por cordones cordilleranos, lo que determina que el agua que precipita en ella escurre superficial o subterráneamente hasta la parte baja de la hoya, donde se localiza el Salar propiamente tal. En términos climáticos, la cuenca del Salar de Atacama está bajo la influencia del tipo climático Desértico Marginal de Altura (CADE-IDEPE 2004), mientras que, de acuerdo con el régimen hídrico, se encuentra dentro de la zona denominada Árida Estepárica Fría de Altura, caracterizada por una estación de lluvias estivales que va de diciembre a marzo, un régimen térmico extremadamente frío y registro de heladas durante todo el año (Santibáñez et al. 2008).

Los salares son considerados altamente homogéneos, con grandes extensiones de superficie carentes de expresiones evidentes de vida. Sin embargo, en algunos sectores, el afloramiento de agua desde el acuífero o un nivel freático cercano a la superficie da lugar a la formación de ecosistemas lagunares y posibilita el desarrollo de ecosistemas de vegas y ecosistemas salinos, otorgándole, al menos localmente, un alto grado de heterogeneidad. Estos ecosistemas son también altamente heterogéneos espacial y temporalmente en respuesta a gradientes ambientales, de salinidad en el caso de las lagunas, y de humedad y salinidad en el caso de las vegas y ecosistemas salinos (Plan de Manejo Biótico del Proyecto, Adenda 5, Anexo 2).

El área de estudio incluye tres sectores, Sector Peine que incluye al complejo lagunar formado por Salada, Saladita e Interna, Sector La Punta-La Brava formado por las lagunas La Punta y La Brava, y finalmente el Sector vegas de Tilopozo donde se ubica un par de pozas profundas y un afloramiento de agua y que fueron incorporados de forma adicional para su inspección y registro (**Figura N° 8-1**).

Durante el monitoreo de verano 2026 el Sector La Punta-La Brava no fue monitoreado por el cierre de los caminos que estaban en mal estado y en el Sector Peine no fueron muestreados debido a la imposibilidad de acceder al sector con la finalidad de evitar perturbar a las poblaciones de flamencos presentes en estos cuerpos de agua o por ser época de reproducción (**ver Anexo Cartas y Prohibiciones**). Por estas razones, no fue posible realizar análisis temporales de las campañas de invierno y verano, no obstante y sin perjuicio de aquello, en este documento se presentan los resultados de las campañas de invierno (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2022, 2023, 2024, 2025) y verano (2017, 2018,

2019, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026). En este punto es importante señalar que **se considera muy importante poder contar con el acceso a todas las zonas, por un lado, para poder realizar todos los puntos establecidos por RCA y por otro, para poder hacer seguimiento de manera adecuada a la evolución de las componentes en el tiempo**.

Cabe mencionar que, las vegas de Tilopozo han sido considerado desde el primer monitoreo del PMB y han sido comunicadas a través de los reportes semestrales e informes anuales del PMB.

8.1.2 Estaciones de Monitoreo

En el área de estudio se emplazó entre los sectores un total de 16 estaciones de monitoreo, cuya codificación asignada corresponde a las lagunas y pozas de referencia en donde se ubican las estaciones. Se presenta además las coordenadas y plano de ubicación de las estaciones de monitoreo (**Tabla N° 8-1**; **Figura N° 8-1**). Como ya fuera mencionado, para el sector vegas de Tilopozo se incorporaron adicionalmente tres estaciones de muestreo, identificadas como TB-1, TB-2 y TB-3, con el objetivo de detectar o descartar presencia de tapetes microbianos, y en el caso de registrar presencia, evaluarla e incorporar esta información al análisis.

Tabla N° 8-1. Estaciones y coordenadas de monitoreo, Tapetes Microbianos, PMB.

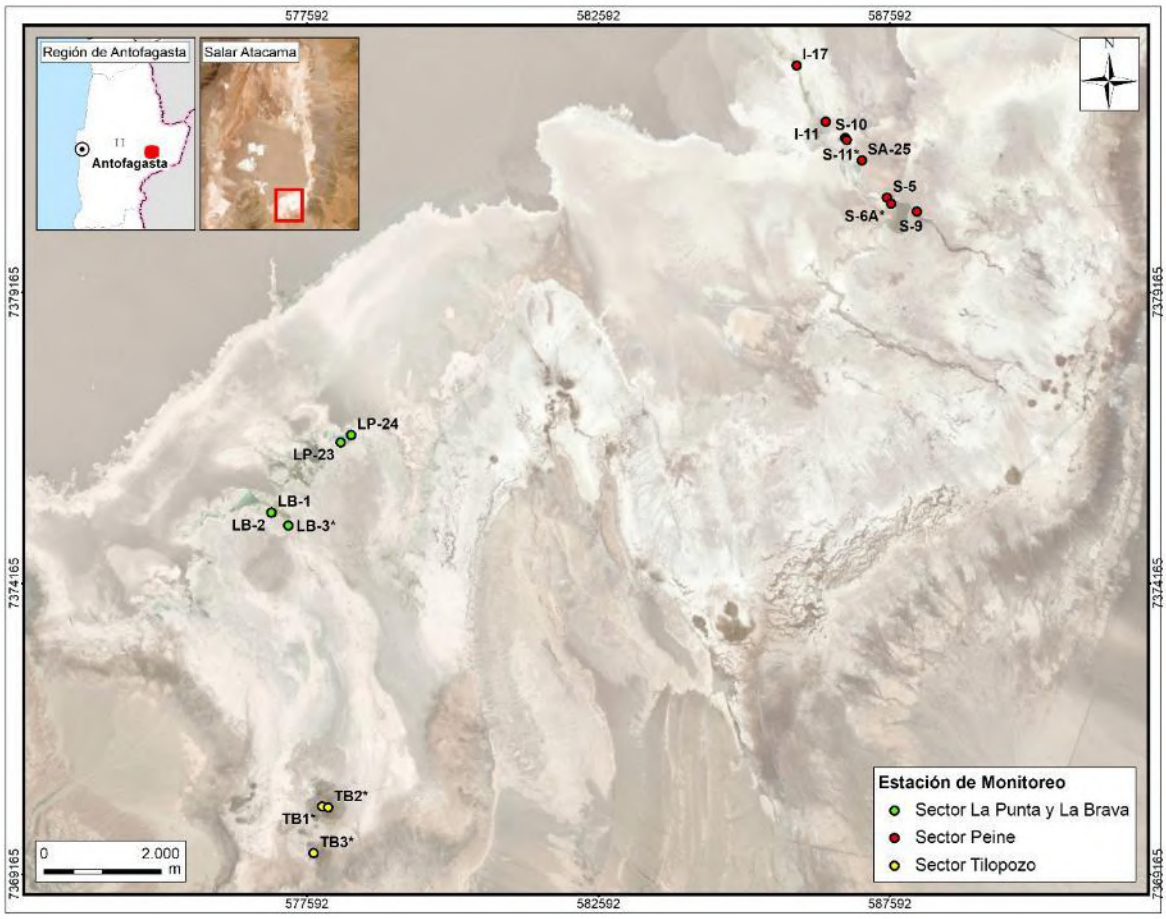
Sector	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84; Huso 19K)	
		Este (m)	Norte (m)
Sector Peine	S-5	587.547	7.380.789
	S-6A*	587.618	7.380.684
	S-9	588.061	7.380.551
	SA-25	587.117	7.381.430
	S-10	586.833	7.381.812
	S-11*	586.859	7.381.778
	I-11	586.494	7.382.095
	I-17	585.995	7.383.061
Sector La Punta y La Brava	LP-23	578.169	7.376.584
	LP-24	578.347	7.376.709
	LB-1	576.985	7.375.376
	LB-2	576.978	7.375.378
	LB-3*	577.270	7.375.157
	TB1*	577.852	7.370.329

Sector	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84; Huso 19K)	
		Este (m)	Norte (m)
Sector Tilopozo	TB2*	577.952	7.370.316
	TB3*	577.705	7.369.526

*Estaciones adicionales al PMB original. El año 2016, en base a un examen visual de localización de tapetes microbianos y con el fin de levantar información sobre esta materia, se determinaron los puntos adicionales de monitoreo a lo señalado por el Plan de Manejo Biótico, los cuales se identificaron como **S-6A, S-11** en Sistema Peine**, LB-3** en La Punta-La Brava. Los dos primeros puntos corresponden a sectores donde se evidenció una importante presencia de tapetes microbianos.

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 8-1. Ubicación estaciones de monitoreo, Tapetes Microbianos.



Fuente: Elaboración Propia

8.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Para evaluar el estado y evolución de los tapetes microbianos se establecieron los siguientes parámetros:

- La caracterización del perfil pigmentario laminar de los tapetes microbianos, el número de capas y el espesor.
- Determinación de macrozonas y tipologías
- Determinación visual de la presencia/ausencia de microbialitos y evaporitas, y su seguimiento en el tiempo.

8.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

La campaña de monitoreo fue realizada entre los días 11 al 13 de agosto de 2025, correspondiente al periodo de invierno y entre los días 17 al 19 de marzo de 2026, correspondiente al periodo de verano (post-lluvias). Para ello se realizó un reconocimiento visual y una evaluación de la matriz sedimentaria de las zonas con tapete microbiano, microbialito y/o evaporita en cada estación de monitoreo. Luego, se colectaron muestras de tapetes microbianos en triplicado (N=3).

En la estación de monitoreo se analizaron 3 microhábitats denominados Superficial (área de costa); Sumergido en el borde lagunar; y Profundo bajo la columna de agua. Cabe señalar que cada estación de monitoreo se encuentra estacada para levantar sistemáticamente en el tiempo y en el mismo punto las muestras de tapetes. De este modo, para tapetes superficiales (ubicados en el área de costa de las lagunas) se utilizó espátula metálica con la cual se extrajo una muestra expuesta de área húmeda, en tanto, para tapetes sumergidos (borde lagunar, bajo la columna de agua) se utilizaron palas y/o testigos de PVC de 5 cm de diámetro y 20 cm de largo. A continuación, se realizó *in situ* la caracterización general del microhábitat, y en gabinete a través del registro fotográfico con fotografías de alta resolución que incorpora una regla milimetrada se complementa la caracterización pigmentaria de cada tapete, el conteo de las capas estratificadas, la determinación del espesor total.

Por último, para microhábitat Profundo, bajo la columna de agua a metros de la línea de costa en la parte profunda se extrae con una pala o con saca testigo sedimento de fondo para evaluar y descartar la presencia-ausencia de tapetes microbianos y biofilms y se

realiza la medición de la profundidad de la columna de agua con una regla milimetrada y se obtiene el registro fotográfico en el punto.

A partir del número de capas estratificadas y del espesor total de los tapetes, se calculó el promedio respectivo usando la siguiente ecuación:

$$Promedio = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Esto fue realizado por cada tipo de tapete (superficial plano o sumergido). Para la caracterización general de una estación de monitoreo, se calculó el promedio considerando los datos obtenidos de tapetes superficiales planos y sumergidos en conjunto, asimismo para describir el Sector estudiado.

Para el caso de microbialitos y evaporitas, se realizó una evaluación visual del área detectándose y sugiriendo solo la presencia o ausencia de tales estructuras en las estaciones de monitoreo correspondientes, ya que la determinación para ambas estructuras requiere de un análisis microscópico de la estructura y composición interna para diferenciar evaporitas y microbialitos (Burne y Moore, 1987; Gischler *et al*., 2010).

Adicionalmente, se midieron *in situ* los parámetros físicos y químicos: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbiedad, y datos de laboratorio de salinidad y alcalinidad total obtenidos de la columna de agua y potencial redox, fósforo total, COT y Nitrógeno Total Kjeldahl, entre otros, obtenidos desde los sedimentos para cada estación monitoreada. Las muestras de agua y sedimentos fueron obtenidas para cada estación de monitoreo y enviadas para su posterior análisis al laboratorio acreditado ETFA, a cargo de la empresa ANAM S.A. (Análisis Ambientales S.A.) en invierno 2025 y en SGS S.A. en verano 2026. Por otra parte, se analizan datos de radiación solar proporcionados por la estación meteorológica de Albemarle Ltda., ubicada dentro de las instalaciones de la faena minera en el salar (**Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Aguas y Anexo Acreditaciones SMA Empresas ETFAs**).

La paleta de colores para Tapetes Microbianos (Rodriguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015), para la caracterización de la estructura pigmentaria de los tapetes y análisis de los resultados siguen los criterios teóricos de zonas macroscópicas pigmentadas, propuestas por *Riding y Awramik (2000) y Konhauser (2007*):

- Macro-zona sub-superficial (capas subsuperficiales), representada por la capa más superficial del tapete hasta la presencia de una capa de coloración verde.

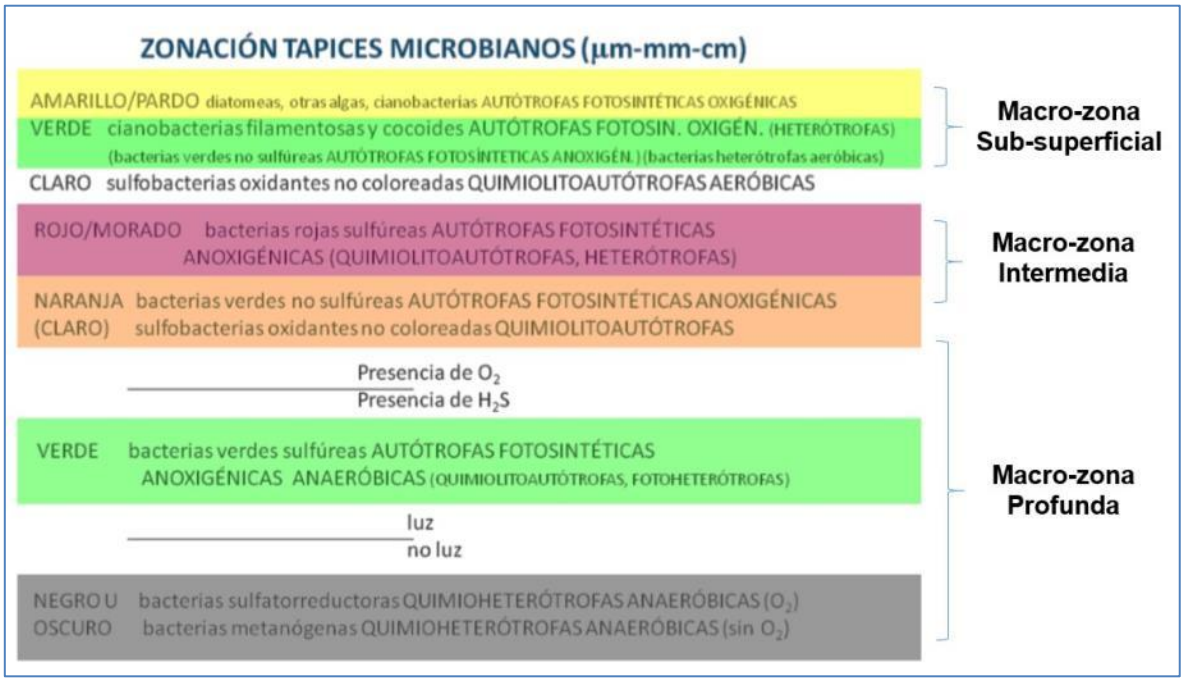
- Macro-zona intermedia (capas intermedias), comprendida desde la subcapa que sigue a la capa verde hasta una subcapa de pigmentación rosada-púrpura.
- Macro-zona profunda (capas profundas), configurada por el conjunto de subcapas posteriores a la capa púrpura-rosada.

En relación con la estructura de pigmentación en tapetes microbianos según la aproximación propuesta por macro-zonas, se obtienen tres principales tipologías de tapetes:

i) TIPOLOGÍA 1, tapetes que presentan 3 macro-zonas de pigmentación;
ii) TIPOLOGÍA 2, tapetes que presentan 2 macro-zonas de pigmentación; y
iii) TIPOLOGÍA 3, tapetes que presentan solo una macro-zona.

Cabe destacar que cada zona macroscópica está formada a su vez por un número variable de laminaciones. La clasificación de macrozonas se esquematiza en la **Figura N° 8-2**, elaborada de acuerdo con la zonación teórica de un tapete microbiano según las descripciones en Riding y Awramik (2000) y Konhauser (2007). Esta paleta de colores para Tapetes Microbianos (Rodriguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015) se encuentra indicada en la metodología de los Informes Anuales, en Figura 8.2 (Pág., 263) de Capítulo "*8.1.4 Metodología de muestreo, medición y análisis para la componente"* Cap. 8. "Tapetes Microbianos" del Informe Anual N°6 PMB.

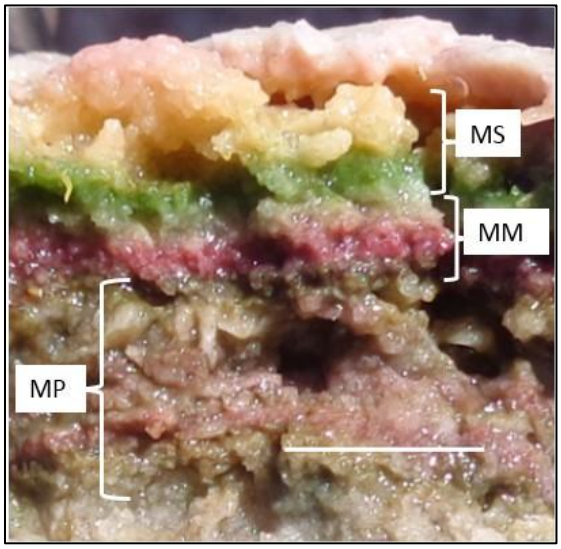
Figura N° 8-2. Zonación macroscópica utilizada para la caracterización de pigmentación laminar de tapetes microbianos en el área de estudio.



Fuente: (Tomado de Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015).

La **Fotografía N° 8-1** muestra un ejemplo de las capas pigmentadas observadas, en planicies del margen externo de la Laguna Salada (2016). Se indican las macrozonas (M) presentes: Subsuperficial (MS), Intermedia (MM), Profunda (MP).

Fotografía N° 8-1. Ejemplo de zonación de un Tapete microbiano.



(Marca de escala=10 mm)
Fuente: Elaboración propia

8.1.5 Materiales y Equipos Utilizados

Los materiales utilizados para el monitoreo de Tapetes son los siguientes:

- Equipo GPS Garmin GPSMAP 64sc,
- Cámara digital Sony α ILCE 6000L, con objetivo Macros α SEL30M35
- Testigos de PVC de 5 cm de diámetro y 20 cm de largo,
- Espátulas metálicas,
- Regla milimetrada de precisión,
- Flexómetro,
- Guantes de nitrilo y de goma.

8.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El muestreo se llevó a cabo los días 11 y 13 de agosto de 2025, correspondiente al periodo de invierno y entre los días 17 al 19 de marzo de 2026, correspondiente al periodo de verano (post lluvias).

La caracterización de los tapetes microbianos *in situ*, el registro de parámetros físicos y químicos y la caracterización del hábitat fueron consignados en una ficha de terreno para cada sector evaluado, las que se encuentran disponibles en el **Anexo Limnología y**

Tapetes Microbianos - Calidad de Aguas. Posteriormente, se realizó el análisis de los datos obtenidos en terreno en gabinete luego de finalizar el monitoreo.

8.2 RESULTADOS

8.2.1 Resultados Campaña Invierno 2025

8.2.1.1 Aspectos Generales Tapetes Microbianos

En la campaña invierno 2025 se analizaron *in situ* muestras de las 16 estaciones de monitoreo, distribuidas principalmente en el sector Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo. De este modo, se detectó la presencia de tapetes microbianos en 11 de las 16 estaciones evaluadas (68,8%), no detectándose la presencia de tapetes en las estaciones S-5 y S-10 del sector Peine, ni en TB-1, TB-2 y TB-3 del sector vegas de Tilopozo.

Todas las estaciones de monitoreo con presencia de tapetes microbianos presentaron tapetes localizados tanto en planicies expuestas del borde lagunar como también sumergidos bajo el agua (0,1 – 10 cm), las que correspondieron a las estaciones S-6A y S-9 (Laguna Salada), S-11 y SA-25 (Laguna Saladita), I-11 e I-17 (Laguna Interna), LP-23 y LP-24 (Laguna La Punta), y LB-1, LB-2 y LB-3 (Laguna La Brava).

En esta campaña, no se reportaron estaciones exclusivamente con presencia de tapetes superficiales planos o exclusivamente sumergidos (**Tabla N° 8-2** y **Tabla N° 8-1**). Esta condición también fue observada en las campañas de invierno de 2022, 2023 y 2024.

Cabe destacar, que esta es la primera campaña en la que se detectan tapetes microbianos sumergidos en las estaciones S-6A, S-9, S-11 e I-17, en el seguimiento de estas estaciones. En las nueve campañas anteriores (equivalentes a aproximadamente nueve años), no se habían observado tapetes sumergidos en estas estaciones. Este hallazgo resulta relevante, ya que sugiere una posible reconfiguración de las comunidades microbianas presentes en la zona sumergida de dichas estaciones, las cuales estarían comenzando a asociarse en forma de tapetes microbianos.

Tabla N° 8-2. Proporción de tapetes expuestos y sumergidos. Campaña invierno 2025.

Tapetes Microbianos	Cantidad	(%)
Estaciones con Tapetes expuestos	0	0
Estaciones con Tapetes sumergidos	0	0
Estaciones con Tapetes expuestos y sumergidos	11	100
Total Estaciones	11	100

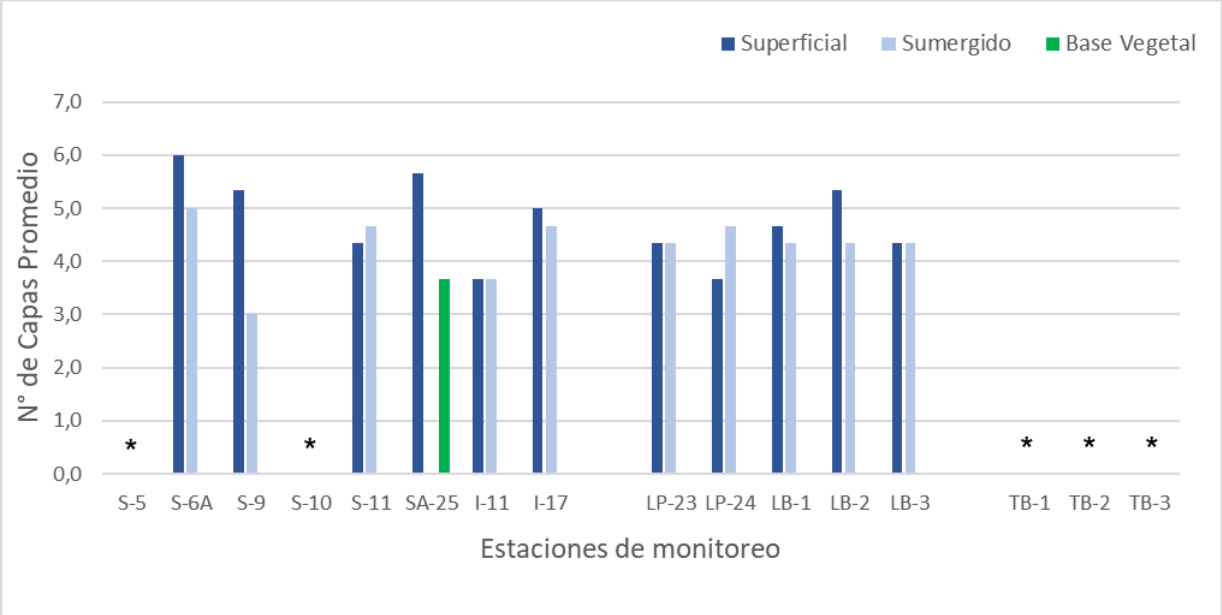
Fuente: Elaboración propia

A su vez, a través de la identificación visual desde el borde lagunar, se sugiere la presencia de microbialitos en 3 estaciones de monitoreo (I-11, LP-23, LB-1) y de evaporitas en una estación de monitoreo (LP-24).

Considerando ambos sectores evaluados, y tomando en cuenta el conjunto tanto de tapetes superficiales planos como sumergidos (según corresponda) y los valores promedios por estación, el mayor número de capas promedio fue observado en la estación S-6A (Laguna Salada) con 6,0 capas, mientras que, el menor valor registrado fue en la estación S-9 (Laguna Salada) con un promedio de 3,0 capas.

En específico, respecto a los tapetes de planicies expuestas, el mayor número de capas promedio fue detectado en S-6A (Laguna Salada) con 6,0 capas, mientras que la menor cantidad de capas se registró en I-11 (Laguna Interna) con 3,7 en promedio (**Figura N° 8-3**). Por otra parte, entre los tapetes sumergidos, el mayor número de capas fue detectado en S-6A (Laguna Salada) con 5,0 y la menor en S-9 (Laguna Salada) con 3,0 (**Figura N° 8-3**).

Figura N° 8-3. Número de capas ($\bar{X}$) y distribución de tapetes microbianos. Invierno 2025.

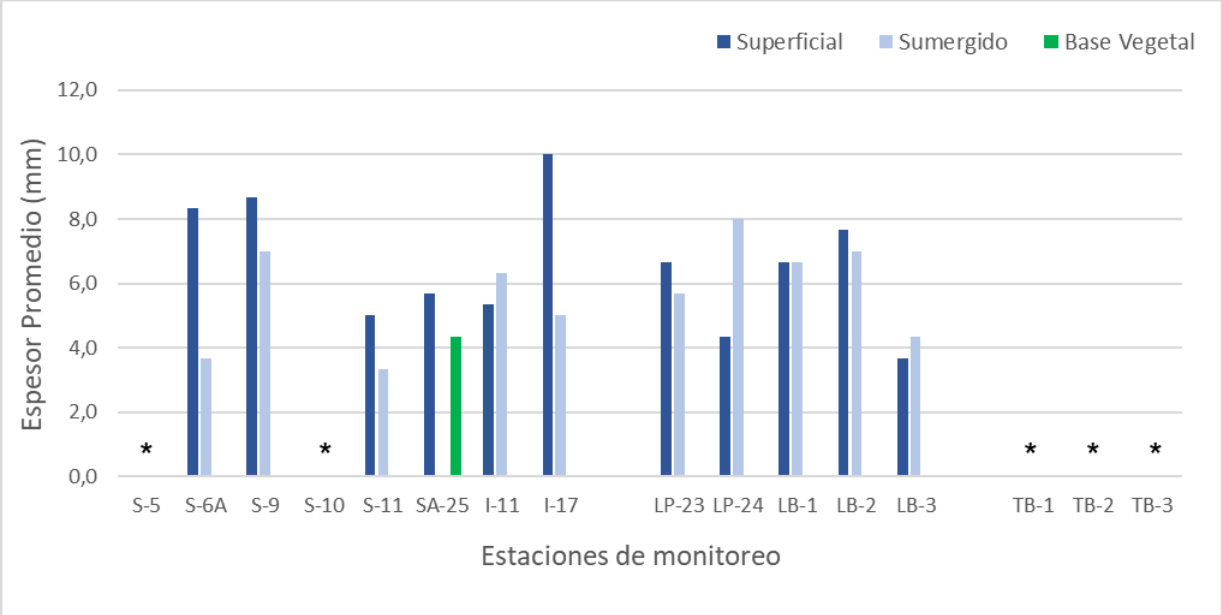


(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en la estación de muestreo.
Fuente: Elaboración propia

Concerniente al espesor promedio de los tapetes, por estación, considerando ambos sectores evaluados y tomando en conjunto tanto tapetes superficiales planos como sumergidos, se determinó que el mayor espesor promedio fue observado en I-17 (Laguna Interna) con 10,0 mm, mientras que el menor valor fue registrado en S-11 (Laguna Saladita) con 3,3 mm (**Figura N° 8-4**).

Específicamente, en cuanto a los tapetes de planicies expuestas, el mayor espesor promedio fue detectado en I-17 (Laguna Interna), con 10,0 mm, mientras que, fue menor en LB-3 (Laguna La Brava), con 3,7 mm en promedio. Por otra parte, entre los tapetes sumergidos, el mayor espesor promedio fue detectado en LP-24 (Laguna La Punta) con 8,0 mm y el menor fue en S-11 (Laguna Saladita) con 3,3 mm (**Figura N° 8-4**).

**Figura N° 8-4. Espesor de tapetes microbianos ($\bar{x}$).
Invierno 2025.**



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en la estación de muestreo.
Fuente: Elaboración propia

8.2.1.2 Tipología y Morfología de Tapetes Microbianos

Según zonación macroscópica de los tapetes detectados en el Sector La Punta-La Brava y Sector Peine, la caracterización de las capas pigmentadas mostró 3 tipos de tipologías:

- **Tipología 1:** presentó tres macro-zonas pigmentarias y se observó tanto en el Sector Peine como en el Sector La Punta y La Brava, siendo la tipología más frecuente entre los sectores. Presentaron en general capas subsuperficiales de color verde y/o naranja, capas intermedias color púrpura y/o rosado, y capas profundas con tonalidades marrón (**Tabla N° 8-14** y **Tabla N° 8-29**).

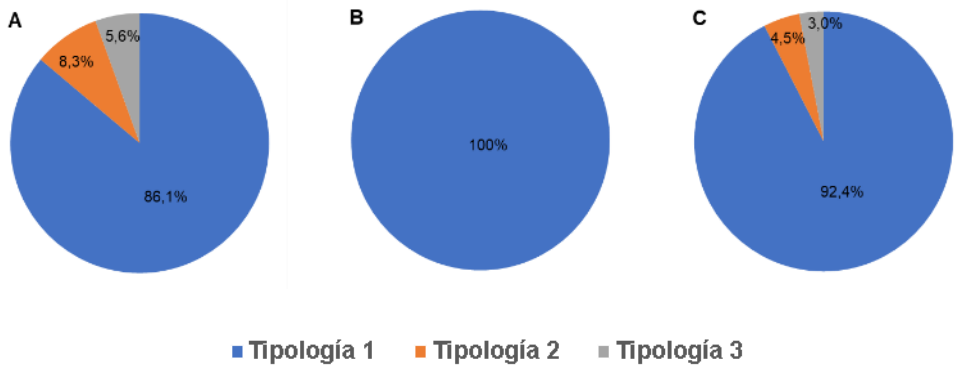
- **Tipología 2:** exhibió la presencia de dos macro-zonas y fue detectado solo en el Sector Peine, siendo la segunda tipología más frecuente entre los sectores. Estos tapetes presentaron principalmente macro-zonas subsuperficiales color verde y/o naranja, seguidas de capas color rosado y/o púrpura (**Tabla N° 8-15** y **Tabla N° 8-30**).

- **Tipología 3:** presentó, principalmente, la macro-zona subsuperficial, donde predominaban las capas de coloración verde, naranjo y en menor medida rosado o amarillo, y fue detectada solo en el Sector Peine (**Tabla N° 8-16** y **Tabla N° 8-31**).

En cuanto a la proporción de Tipología de tapetes presentes, se observó que en el Sector Peine la Tipología 1 fue la más abundante con 86,1% (**Figura N° 8-5 A**), mientras que en el Sector La Punta-La Brava la mayor prevalencia correspondió a Tipología 1 con un 100% (**Figura N° 8-5 B**). Las Tipologías 2 y 3, mostraron un 8,3% y 5,6%, en el sector Peine, respectivamente.

En el mismo contexto, al considerar el área total de estudio, se observó que la Tipología 1 fue predominante entre los tapetes con un 92,4%, seguido de Tipología 2 con 4,5% y finalmente la Tipología 3 con 3,0% (**Figura N° 8-5 C**).

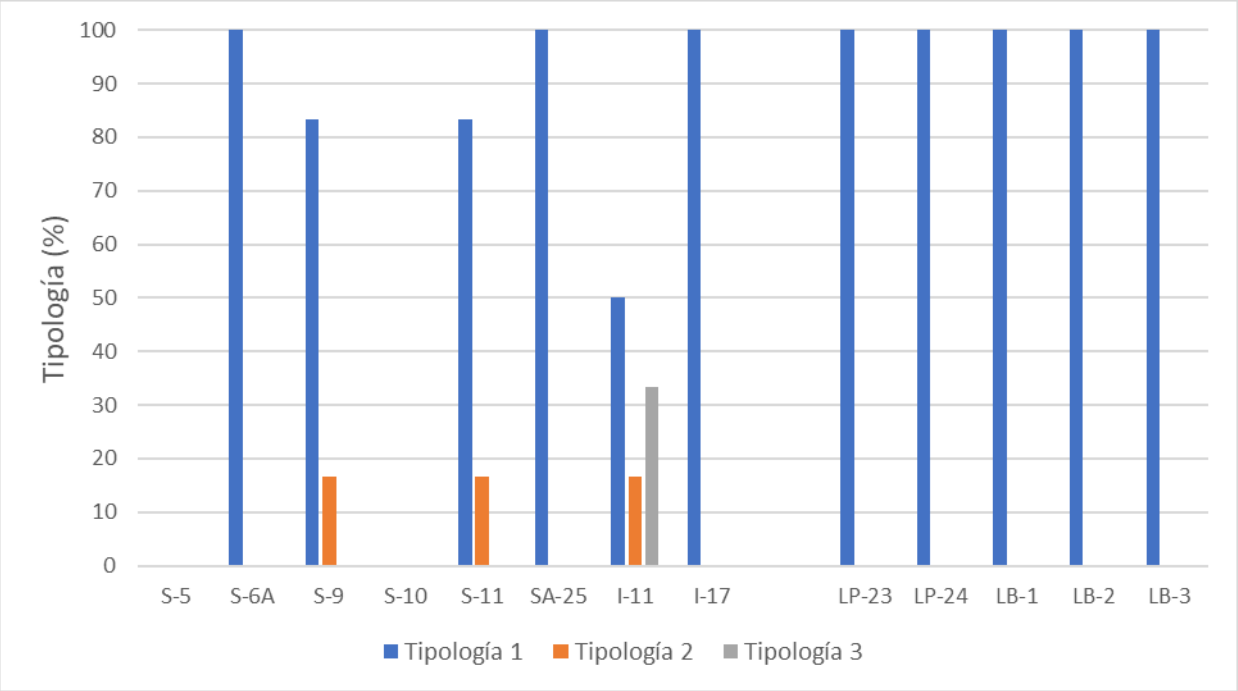
Figura N° 8-5. Proporción de Tipologías de tapetes según macro-zonas de pigmentación. (A) Sector Peine, (B) Sector La Punta-La Brava y (C) Área total de estudio. Invierno 2025.



Fuente: Elaboración propia

A su vez, en cada estación de monitoreo se determinó el porcentaje de la tipología de tapetes presentes del total de muestras tomadas (**Figura N° 8-6**). Se destaca la presencia de tapetes de Tipología 1 en el Sector Peine, principalmente en las estaciones S-6A, SA-25 e I-17 con un 100%, seguido de S-9 y S-11 con 83% de representatividad y en menor medida en I-11 con 50%. En el Sector La Punta-La Brava, se distingue la presencia de tapetes de Tipología 1 en todas las estaciones con un 100%. Respecto de la Tipología 2, se observó una menor representatividad en las estaciones S-9, S-11 e I-11 con un 17%. Por último, la Tipología 3, en el Sector Peine, mostró un 33% solo en I-11.

Figura N° 8-6. Tipologías de tapetes microbianos (%), por estación de monitoreo en los sectores Peine, La Punta-La Brava. Invierno 2025.



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en la estación de muestreo.
De un total de 16 estaciones se monitorearon solo 13 (S-5, S-6A y S-9, no fueron monitoreadas ya que no se tuvo acceso a estas estaciones del Sector Peine).
Fuente: Elaboración propia

En relación con la morfología de los tapetes en cada sector estudiado se distinguieron principalmente 3 tipos de morfología:

- Tapetes de superficie plana, uniformemente estructurados, estratificados y pigmentados, característicos de Laguna La Punta (S-11).
- Tapetes convexos, de consistencia mucilaginosa, los cuales se detectaron principalmente en Laguna La Brava (LB-1 y LB-2).
- Tapetes planos, de consistencia blanda, detectados especialmente en Laguna La Brava (LB-2).

Los tapetes microbianos en la campaña de invierno 2025 presentaron tres tipologías, predominando la Tipología 1. Las morfologías macroscópicas presentaron principalmente morfologías planas o convexas, de estructura coriácea y algunos con consistencia mucilaginosa. El rango de espesor varió entre 3 y 11 mm, mientras que el rango en el número de capas detectadas varió entre 2 y 6 mm (**Tabla N° 8-3**).

Tabla N° 8-3. Caracterización macroscópica Tapetes microbianos. Campaña Invierno 2025.

Sector	Estación de Monitoreo	Tipología (%)			Morfología principal	Espesor (mm)		Número de capas	
		1	2	3		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Peine	S-5	Sin tapetes							
	S-6A	100	0	0		9	3	6	5
	S-9	83	17	0		10	6	6	3
	S-10	Sin tapetes							
	S-11	83	17	0	Plana	7	3	6	3
	SA-25	100	0	0	Plana y coriácea	8	4	6	3
	I-11	50	17	33	Plana y coriácea	9	3	6	2
	I-17	100	0	0	Plana	10	4	5	4
La Punta-La Brava	LP-23	100	0	0	Plana	8	4	5	4
	LP-24	100	0	0	Plana y coriácea	9	3	5	3
	LB-1	100	0	0	Plana, convexa y coriácea. Mucilaginosa.	7	6	5	4
	LB-2	100	0	0	Plana, coriácea y consistencia blanda	11	4	6	4
	LB-3	100	0	0	Plana, coriácea y consistencia blanda	6	3	5	4
Tilopozo	TB-1	Sin tapetes							
	TB-2								
	TB-3								

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3 Tapetes microbianos por Sector y Estación de Monitoreo

A continuación, se presentan los resultados de las estructuras pigmentarias de los tapetes microbianos y la detección de microbialitos y/o evaporitas para los sectores evaluados (La Punta - La Brava, Peine y Vegas de Tilopozo).

8.2.1.3.1 Sector La Punta-La Brava

En este sector se observó el desarrollo de tapetes microbianos en todas las estaciones de monitoreo. En tanto, en las estaciones LB-1 y LP-23 se detectó la presencia microbialitos y en la estación LP-24 evaporitas.

En relación con el número de capas promedio por estación de monitoreo (considerando tanto tapetes superficiales planos como sumergidos coriáceos), en Laguna La Punta la mayor estratificación en promedio se determinó en LP-24 con 4,7 capas, mientras que, la menor estratificación se observó también en LP-24, con 3,7 capas. En Laguna La Brava, la mayor cantidad de estratificaciones, fue detectada en LB-2, con 5,3 capas promedio y la menor cantidad promedio fue de 4,3 detectada en LB-1, LB-2 y LB-3 (**Figura N° 8-3**).

Referente a las medidas de espesor promedio de los tapetes (considerando tanto superficiales planos como sumergidos coriáceos), según el sector evaluado, se evidenció que en la Laguna La Punta el mayor espesor promedio fue de 8,0 mm en LP-24 y un mínimo de 4,3 mm también en LP-24. Por otro lado, en la Laguna La Brava el mayor espesor promedio fue de 7,7 mm en la estación LB-2 y un mínimo de 3,7 mm en la estación LB-3 (**Figura N° 8-4**).

En general, en la Laguna La Punta y en la estación LB-1 de la Laguna La Brava se registró una continuidad espacial de los tapetes con morfología plana. En tanto, en las estaciones LB-2 y LB-3, los tapetes exhibieron una continuidad espacial y morfología plana y convexa.

En relación con la tipología, se determinó que la Tipología 1 fue la más frecuente (100 %) en todas las estaciones del sector, siendo las tonalidades predominantes en sus respectivas macro-zonas el verde (~44,0%) en la macro-zona subsuperficial, púrpura (~61%) en la macro-zona intermedia y marrón (~96%) en la macro-zona profunda (**Tabla N° 8-14**).

Cabe señalar que, los tapetes mejor estructurados en cuanto a una laminación macroscópica definida visualmente se detectaron principalmente en la Laguna La Brava (LB-1), en tanto, los menos estructurados se visualizaron en la Laguna La Punta, específicamente en la estación LP-24. La Laguna La Brava presentó tapetes convexos de textura superficial coriácea y tapetes planos de textura superficial gelatinosa (LB-1), de consistencia blanda y granular (LB-2).

A continuación, se presentan las características de la estructura de pigmentación de los tapetes microbianos presentes en cada estación de monitoreo del Sector La Punta-La Brava.

8.2.1.3.1.1 Laguna La Punta: Estación de monitoreo LP-23

La estación LP-23 se encuentra ubicada en la laguna La Punta, a una altura geográfica aproximada de 2313 msnm, se observaron afloramientos pequeños en la línea de costa, con flujos de agua superficiales y subsuperficiales, y con aguas ligeramente turbias. Las muestras provienen de una planicie expuesta ubicada en el borde de la laguna, la que

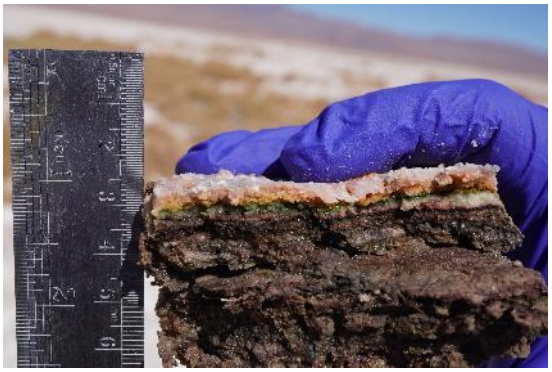
exhibe una superficie rugosa y levemente húmeda; sin presencia de huellas humanas, con evidencia de pisoteo de aves y vegetación ribereña. Además, presenta flujos de agua superficiales y subsuperficiales (**Fotografía N° 8-2 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie plana ubicada en el borde de la laguna, con costra salina (~1,5 mm) y coloración rosa-beige, la que exhibe una superficie rugosa y levemente húmeda; sin presencia de huellas humanas, con evidencia de pisoteo de aves y vegetación ribereña (**Fotografía N° 8-2 b** y **c**, **Tabla N° 8-4**), y (ii) una superficie semisumergida, aledaña al borde de la laguna, de sustrato blando y con tonalidades beige (**Fotografía N° 8-2 d** y **e**, **Tabla N° 8-5**). Ambos sitios sin huellas humanas. Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (17 cm de profundidad), no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-2 f**). Cabe destacar que, el examen visual de la estación de muestreo, indica la presencia de microbialitos (**Fotografía N° 8-2 g**).

Fotografía N° 8-2. a. Estación de monitoreo LP-23; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimento; g. Presencia de microbialitos. Laguna La Punta, invierno 2025.

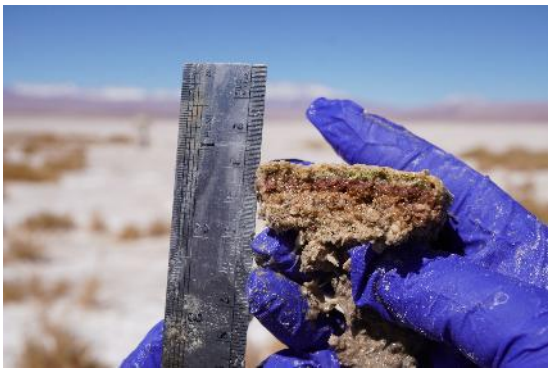
a.


b.


c.


d.


e.



f.



g.



Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, todas las muestras de tapetes presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde, seguido de amarillo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 5 y 8 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas (**Tabla N° 8-4**).

Tabla N° 8-4. Caracterización de las capas de tapetes microbianos en la estación de monitoreo LP-23. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Desecados				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra rosada	Costra rosada	Costra rosada
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
		Verde	Verde Amarillo	Verde
	Intermedio	Púrpura	Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón

Tapetes Superficiales Planos Desecados			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Planicie expuesta	Costra rosada	Costra rosada	Costra rosada
Total de laminaciones	4	5	4
Espesor (mm)	8	7	5
Profundidad (cm)	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, todos los tapetes sumergidos, presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron verde, seguido de naranjo y amarillo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosada, seguido de púrpura. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 8 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a nivel del agua que fueron tomadas las muestras varió entre 1,5 y 5,5 cm (**Tabla N° 8-5**).

Tabla N° 8-5. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos, en la estación de monitoreo LP-23. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Sin costra	Costra naranja
Macro-Zona	Subsuperficial	Verde Amarillo	Naranjo Amarillo Verde	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado	Púrpura	Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		4	5	4
Espesor (mm)		4	8	5
Profundidad (cm)		5,5	2	1,5

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.1.2 Laguna La Punta: Estación de monitoreo LP-24.

La estación LP-24 se encuentra ubicada en la laguna La Punta, a una altura geográfica de 2308 msnm, sin flujo y con aguas muy turbias. La estación de muestreo presentó parches

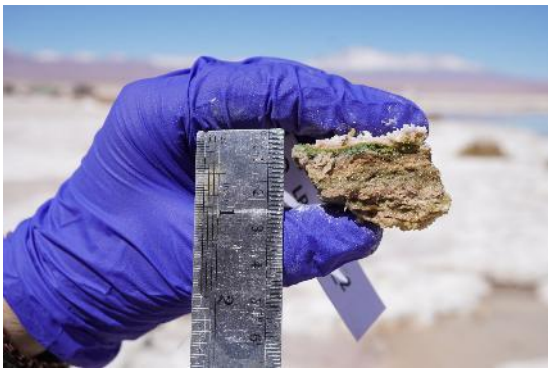
de hidrófitas y helófitas en ribera, y sin registro de huellas humanas. Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. (**Fotografía N° 8-3 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie plana, cercana al borde de la laguna, con costra salina (~2 mm) y coloración beige-rosa (**Fotografía N° 8-3 b** y **c**, **Tabla N° 8-6**), y (ii) una superficie coriácea, semisumergida, aledaña al borde de la laguna, de sustrato duro y con tonalidades beige, la cual, en esta campaña, se encontraba humedecida (**Fotografía N° 8-3 d** y **e**, **Tabla N° 8-7**). De un total de 10 campañas (considerando esta) la superficie coriácea se encontró humedecida (no sumergida) en invierno 2022 y 2024 y completamente desecada (sin tapetes sumergidos) en invierno 2023. Ambos sitios sin huellas humanas. Se destaca la continuidad espacial, homogeneidad y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (29,5 cm de profundidad), no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-3 f**). Cabe destacar que, el examen visual de la estación de muestreo, indica la presencia de evaporitas (**Fotografía N° 8-3 g**).

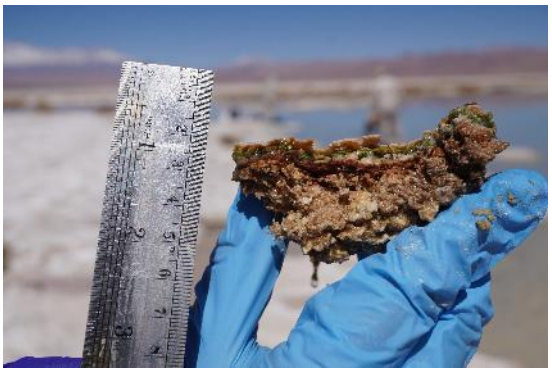
Fotografía N° 8-3. a. Estación de monitoreo LP-24; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento; g. Presencia de evaporitas. Laguna La Punta, invierno 2025.

a.


b.


c.


d.


e. 

f. 

g. 

Fuente: Elaboración propia

Los tapetes superficiales planos presentaron en una muestra tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda) correspondientes a Tipología 1, en otra muestra observaron dos macro-zonas (Subsuperficial e Intermedia), con Tipología 2 y en la última muestra, se observó solo una macro-zona (Subsuperficial), correspondiente a Tipología 3. En la zona Subsuperficial, se observó la tonalidad verde y naranjo en igual proporción, y en menor medida, amarillo. En la zona Intermedia se observó tanto la tonalidad púrpura como rosada. Finalmente, en la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete, fluctuó entre 3 y 5 mm, con un número entre 3 y 5 capas (**Tabla N° 8-6**).

Tabla N° 8-6. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LP-24. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
		Verde	Verde	Verde
			Amarillo	Amarillo

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
	Intermedio	Rosado	Púrpura	S/C
	Profunda	S/C	Marrón	S/C
Total de laminaciones		3	5	3
Espesor (mm)		3	5	5
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, todos los tapetes embebidos coriáceos presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde, seguido de amarillo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura, seguido de rosado. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 7 y 9 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras varió entre 1 y 10 cm (**Tabla N° 8-7**).

Tabla N° 8-7. Caracterización de las capas de tapetes microbianos embebidos coriáceos, en la estación de monitoreo LP-24. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Coriáceos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra naranja	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde Amarillo	Naranjo Verde Amarillo	Naranjo Verde
	Intermedio	Púrpura	Púrpura	Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	5	4
Espesor (mm)		8	9	7
Profundidad (cm)		1	10	5

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.1.3 Laguna La Brava: Estación de monitoreo LB-1

La estación LB-1 se encuentra ubicada en la laguna La Brava, a una altura geográfica aproximada de 2312 msnm, con la presencia de costras salinas insertas en el sustrato de fondo de modo aleatorio, bajo flujo y con aguas transparentes. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas, ni vegetación ribereña (**Fotografía N° 8-4 a**)

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie irregular y con una evidente desecación, con costra salina (~2 mm), cercana al borde de la laguna y de coloración principalmente beige, además de la presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-4 b** y **c**, **Tabla N° 8-8**), y (ii) una superficie sumergida, ubicada en el borde de la laguna, con estructuras de constitución mucilaginosa de una fuerte coloración naranja, de textura coriácea y morfología convexa sólida y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-4 d** y **e**, **Tabla N° 8-9**). En esta estación se destaca la continuidad espacial, además de una morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (21,3 cm de profundidad), no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-4 f**). Cabe destacar que, el examen visual de la estación de muestreo, indica la presencia de microbialitos (**Fotografía N° 8-4 g**).

Fotografía N° 8-4. a. Estación de monitoreo LB-1; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra sedimento; g. Presencia de microbialitos. Laguna La Brava, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

g. 

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura, seguido de rosado. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 6 y 7 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas (**Tabla N° 8-8**).

Tabla N° 8-8. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LB-1. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra rosada
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde	Naranjo Verde	Verde Naranjo
	Intermedio	Rosado Púrpura	Rosado Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	5	4
Espesor (mm)		6	7	7
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en los tapetes sumergidos coriáceos, de estructura mucilaginosa, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde, seguido de verde oscuro. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosada, seguido de púrpura y en menor medida, blanco. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 6 y 7 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras varió entre 2 cm y 3,7 cm (**Tabla N° 8-9**).

Tabla N° 8-9. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos, en la estación de monitoreo LB-1. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Coriáceos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Mucilaginoso	Mucilaginoso	Sin costra
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde oscuro	Naranjo Verde	Verde
	Intermedio	Rosado	Rosado Púrpura	Blanco Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		4	5	4
Espesor (mm)		7	6	7
Profundidad (cm)		3,4	3,7	2

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.1.4 Laguna La Brava: Estación de monitoreo LB-2

La estación LB-2 se encuentra ubicada en la laguna La Brava, a una altura geográfica de aproximada de 2308 msnm, con presencia de costras salinas insertas en el sustrato de fondo de modo aleatorio, sin flujo y con aguas transparentes. La estación de muestreo presentó una especie emergente correspondiente a una helófita (**Fotografía N° 8-5 a**).

La estación de monitoreo presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie irregular y con una evidente desecación, con costra salina (~3 mm), cercana al borde de la laguna y de coloración blanco-rosa, además de la presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-5 b** y **c**, **Tabla N° 8-10**), y (ii) una superficie sumergida, ubicada en el borde de la laguna, con estructuras mucilaginosas, de coloración naranja y otras estructuras coriáceas recubiertas de costra salina (~3 mm) con morfología convexa sólida y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-5 d** y **e**, **Tabla N° 8-11**). Se destaca la continuidad espacial, además de una morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (12,5 cm de profundidad), no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-5 f**).

Fotografía N° 8-5. a. Estación de monitoreo LB-2; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete sumergido coriáceo. Laguna La Brava, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo, verde y amarillo. En la zona Intermedia predominó solo la tonalidad púrpura. En la zona Profunda, predominó la tonalidad marrón y en menor medida, verde. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 11 mm, todas con un número de entre 5 y 6 capas (**Tabla N° 8-10**).

Tabla N° 8-10. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LB-2. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde Amarillo	Naranjo Verde Amarillo	Naranjo Verde Amarillo
	Intermedio	Púrpura	Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Verde Marrón
Total de laminaciones		5	5	6
Espesor (mm)		8	11	4
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En los tapetes sumergidos coriáceos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura y rosado. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 6 y 8 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras fue de entre 0,5 y 3,2 cm (**Tabla N° 8-11**).

Tabla N° 8-11. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos, en la estación de monitoreo LB-2. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Coriáceos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde	Naranjo Verde	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado Púrpura	Púrpura	Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	4	4
Espesor (mm)		8	7	6

Profundidad (cm)	3,2	2,3	0,5

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.1.5 Laguna La Brava: Estación de monitoreo LB-3

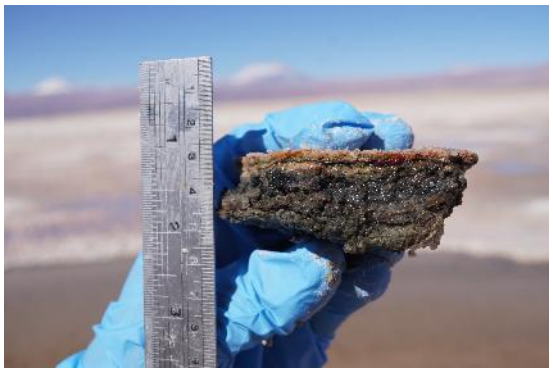
La estación LB-3 se encuentra ubicada en la desembocadura de un afluente a la laguna La Brava, correspondiendo a una estación de muestreo adicional a las comprometidas en el PMB. La estación se ubica a una altura geográfica aproximada de 2303 msnm, muy bajo flujo y con aguas transparentes. La estación de muestreo presentó escasa vegetación acuática hidrófita (**Fotografía N° 8-6 a**).

La estación de monitoreo, se localiza en un afluente de la laguna, exhibiendo escasa vegetación acuática, y presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie irregular y con una evidente desecación, con costra salina (~1,5 mm), cercana al borde de la laguna y de coloración blanco-beige, además se evidencia la presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-6 b** y **c**, **Tabla N° 8-12**), y (ii) una superficie sumergida pero ubicada en el borde de la laguna, con escasas estructuras mucilaginosas de coloración naranja y una mayor predominancia de estructuras coriáceas de coloración verde oscuro, con morfología convexa sólida en su mayoría, de consistencia blanda y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-6 d** y **e**, **Tabla N° 8-13**). Se destaca la continuidad espacial, además de una morfología plana y convexa de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (6 cm de profundidad), no se detectó presencia de tapetes microbianos, pero sí de biofilms púrpura (**Fotografía N° 8-6 f**).

Fotografía N° 8-6. a. Estación de monitoreo LB-3; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete sumergido coriáceo; f. Muestra de sedimentos. Laguna La Brava, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

Fuente: Elaboración propia

Los tapetes superficiales planos presentaron en todas las muestras las tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura, seguido de rosado. En la zona Profunda, predominó la tonalidad marrón y luego negro. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 3 y 5 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas (**Tabla N° 8-12**).

Tabla N° 8-12. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo LB-3. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde	Naranjo Verde	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado Púrpura	Púrpura	Púrpura
	Profunda	Negro	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	4	4

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Espesor (mm)	3	3	5
Profundidad (cm)	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

De los tapetes sumergidos coriáceos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron verde, seguido de naranjo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura, seguido de rosado. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 3 y 6 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras fue entre 0,1 y 1 cm (tapetes embebidos en agua) (**Tabla N° 8-13**).

Tabla N° 8-13. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos, en la estación de monitoreo LB-3. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Coriáceos Embebidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra rosada	Costra naranja	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Verde	Naranjo Verde	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado Púrpura	Rosado Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		4	5	4
Espesor (mm)		4	6	3
Profundidad (cm)		0,1	0,1	1

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.1.6 Comparación de la estructura y tipología de tapetes (Sector La Punta-La Brava)

En el Sector La Punta-La Brava, en invierno 2025, los tapetes de Tipología 1 fueron detectados en la Laguna La Punta (LP-23) y La Brava (LB-1, LB-2 y LB-3) (**Tabla N° 8-14**). Siendo frecuente, en la macro-zona subsuperficial, las capas verde, seguido de naranjo y en menor medida, amarillo, las que representarían a microorganismos fotosintéticos autótrofos oxigénicos que probablemente podrían corresponder a cianobacterias y microalgas (*i.e.* diatomeas) y bacterias productoras de compuestos carotenoides (Rodriguez-Aranda y Sanz Montero 2015). Por otro lado, en la macro-zona intermedia, las

tonalidades fueron principalmente púrpura, seguido de rosado, las cuales podrían estar relacionadas a microorganismos autótrofos fotosintéticos anoxigénicos que probablemente podrían corresponder a bacterias rojas sulfúreas, microorganismos quimiolitoautótrofos y otros heterótrofos. En la macro-zona Profunda predominaron las capas marrón, que representarían a microorganismos quimioheterótrofos anaerobios, incluyendo a algunos metanogénicos (**Tabla N° 8-14**).

Tabla N° 8-14. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 1, Sector La Punta-La Brava. Campaña invierno 2025.

		Estación/Muestra	LP-23 P			LP-23 C			LP-24 P	LP-24 C			LB-1 P			LB-1 C			LB-2 P			LB-2 C			LB-3 P			LB-3 C		
			1	2	3	1	2	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Verde																												
		Naranjo																												
		Amarillo																												
		Verde Oscuro																												
	Intermedia	Púrpura																												
		Rosado																												
		Blanco																												
	Profunda	Marrón																												
		Negro																												
		Verde																												

P: Tapete plano; C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

La Tipología 2 fue solo observada en Laguna La Punta (LP-24), con macro-zona subsuperficial e intermedia (**Tabla N° 8-15**). En la macro-zona subsuperficial, predominaron capas verde y naranjo, mientras que, en la macro-zona intermedia, predominaron capas rosadas. Las capas verdes observadas, representarían microorganismos fotosintéticos autótrofos oxigénicos (i.e. cianobacterias, microalgas, diatomeas). En tanto en la macro-zona intermedia la tonalidad predominante fue rosada, cuyas capas representarían a microorganismos autótrofos fotosintéticos anoxigénicos que probablemente podrían corresponder a las llamadas bacterias rojas sulfúreas, microorganismos quimiolitoautótrofos y heterótrofos (**Tabla N° 8-15**).

Tabla N° 8-15. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 2, Sector La Punta-La Brava. Campaña invierno 2025.

		Estación/Muestra	LP-24 P
			1
Macrozona	Subsuperficial	Verde	
		Naranjo	
	Intermedia	Rosado	

P: Tapete plano; C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

La Tipología 3 fue detectada solo en Laguna La Punta (LP-24), mostrando sólo la macro-zona subsuperficial (**Tabla N° 8-16**), en la cual predominaron las capas verde, naranja y amarillo. Estas capas, según lo mencionado anteriormente, podrían corresponder a microorganismos fotosintéticos autótrofos oxigénicos (*i.e.* cianobacterias, microalgas, diatomeas) (**Tabla N° 8-16**).

Tabla N° 8-16. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 3, Sector La Punta-La Brava. Campaña invierno 2025.

		Estación/Muestra	LP-24 P
			1
Macrozona	Subsuperficial	Verde	
		Naranjo	
		Amarillo	

P: Tapete plano; C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2 Sector Peine

En este sector se observó el desarrollo de tapetes microbianos en las estaciones de monitoreo de Laguna Salada, en las estaciones S-6A y S-9, Laguna Saladita en las estaciones S-11 y SA-25 y en Laguna Interna en I-11 e I-17. En tanto, en la estación I-11 se detectó la presencia microbialitos.

En relación con el número de capas promedio (considerando tanto tapetes superficiales planos como sumergidos coriáceos) por estación de monitoreo, la mayor estratificación promedio en la Laguna Salada fue observada en S-6A con 6,0 capas, mientras que la menor estratificación fue observada en S-9 con 3,0 capas. En Laguna Saladita, los tapetes con mayor estratificación en promedio se observaron en SA-25 con 5,7 capas, por otro lado, la menor estratificación se observó también en SA-25, con 3,7 capas. En Laguna La Interna, la mayor cantidad de estratificaciones, se observó en I-17, con 5,0 capas promedio y la menor cantidad promedio fue de 3,7 detectada en I-11 (**Figura N° 8-3**).

Referente a las medidas de espesor promedio de los tapetes (considerando tanto superficiales planos como sumergidos coriáceos), según el sector evaluado, se observó que la Laguna Salada presentó el mayor espesor promedio en S-9 con 8,7 mm, mientras que el menor espesor promedio fue observado en S-6A con 3,7 mm. En Laguna Saladita, el mayor espesor promedio fue detectado en SA-25 con 5,7 mm, y el menor espesor promedio en S-11 con 3,3 mm. Laguna Interna mostró un mayor espesor promedio en I-17 con 10,0 mm, mientras que, el menor espesor promedio fue de 5,0 mm detectado también en I-17 (**Figura N° 8-4**).

En general, en el Sector Peine, se observó entre las estaciones y lagunas, continuidad espacial de los tapetes con morfología plana, excepto en las estaciones SA-25 (Laguna Saladita) e I-11 (Laguna Interna), las que presentaron tapetes con una morfología plana y esferoidal (tapetes coriáceos). En relación con la tipología, se observó que la Tipología 1 fue la más frecuente (~86,1%) en el sector, siendo en esta tipología la tonalidad verde (~36%) en la macro-zona subsuperficial, rosado (~43%) en la macro-zona intermedia y marrón (~97%) en la macrozona profunda, las que más predominaron (**Tabla N° 8-29**). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a las capas macroscópicas definidas visualmente se detectaron principalmente en la Laguna Salada, en tanto, los menos estructurados se visualizaron en la Laguna Interna.

A continuación, se presentan las características de la estructura de pigmentación de los tapetes microbianos presentes en cada estación de monitoreo del Sector Peine.

8.2.1.3.2.1 Laguna Saladita: Estación de monitoreo S-5

La estación de monitoreo se encuentra ubicada a una altura geográfica aproximada de 2317 msnm, se caracterizó por presentar un borde lagunar quebradizo, irregular, con presencia de vegetación acuática y una profundidad promedio de 15,3 cm (**Fotografía N° 8-7 a**). En la estación S-5, no se observó desarrollo de tapetes microbianos, tanto en el borde superficial externo como en el borde sumergido de la laguna (**Fotografía N° 8-7 b**). Además, no se registraron ni microbialitos ni evaporitas.

Fotografía N° 8-7. a Estación de monitoreo S-5 y b. Muestra de sedimento, Laguna Salada, invierno 2025.

a. 

b. 

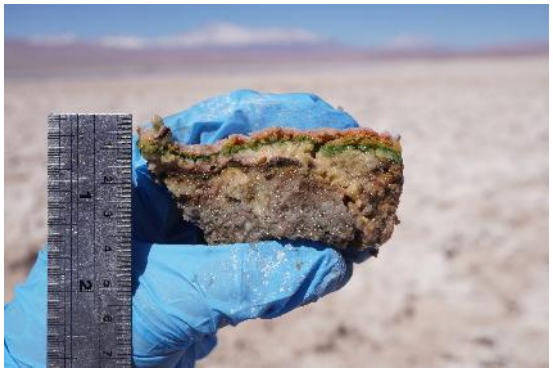
Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.2 Laguna Saladita: Estación de monitoreo S-6A

La estación de monitoreo se encuentra ubicada en la laguna Salada a una altura geográfica aproximada de 2310 msnm. La superficie de la estación de monitoreo se observó irregular, con marcas de huellas humanas, con ausencia de vegetación acuática y presencia de plumas (**Fotografía N° 8-8 a**)

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie plana, cercana al borde de la laguna, con costra salina (~3,6 mm) y coloración blanco-rosa, además se evidencia la presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-8 b** y **c**, **Tabla N° 8-17**), y (ii) una superficie sumergida, ubicada en el borde de la laguna, con estructuras planas y de consistencia blanda, de una coloración blanca, y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-8 d**, **Tabla N° 8-18**). Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (2,5 cm de profundidad), en este no se detectó presencia de tapetes microbianos.

Fotografía N° 8-8. a. Estación de monitoreo S-6A; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimentos. Laguna Salada, invierno 2025.

a. 
b. 
c. 
d. 
e. 
f. 

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo, verde y amarillo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosada, seguido de púrpura y en menor medida blanco.

En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 8 y 9 mm, todas con un número de 6 capas (**Tabla N° 8-17**).

Tabla N° 8-17. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo S-6A. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Embebidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra rosada	Costra rosada	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
		Amarillo	Verde	Amarillo
		Verde	Amarillo	Verde
	Intermedio	Rosado	Rosado	Blanco
		Púrpura	Púrpura	Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		6	6	6
Espesor (mm)		8	8	9
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En los tapetes sumergidos coriáceos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde oscuro. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosada, seguido de púrpura y en menor medida blanco. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 3 y 5 mm, todas con un número de 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras fue de 0,5 cm (**Tabla N° 8-18**).

Tabla N° 8-18. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos en la estación de monitoreo S-6A. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Sin costra	Sin costra
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
		Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro
	Intermedio	Rosado	Rosado	Blanco
		Púrpura	Púrpura	Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón

Tapetes Sumergidos Humedecidos			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Planicie expuesta Total de laminaciones	Costra blanca 5	Sin costra 5	Sin costra 5
Espesor (mm)	5	3	3
Profundidad (cm)	0,5	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.3 Laguna Saladita: Estación de monitoreo S-9

La estación S-9 se ubica en un afluente dentro de la laguna Salada, a una altura geográfica aproximada de 2308 msnm, con un flujo bajo y de aguas transparentes, una profundidad promedio de 9 cm, con ausencia de vegetación acuática y presencia de plumas. Próximo al área de monitoreo se observó presencia de aves. La planicie expuesta del borde de la laguna, donde se ubica la estación de monitoreo, exhibe una superficie lisa alterada por huellas humanas, con presencia de zonas de pigmentación gris rosada en el borde de la laguna (**Fotografía N° 8-9 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie plana, cercana al borde de la laguna, con costra salina (~3,6 mm) y coloración beige-rosa, además se evidencia la presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-9 b** y **c**, **Tabla N° 8-19**), y (ii) una superficie sumergida, ubicada en el borde de la laguna, con estructuras planas y de consistencia blanda, de una coloración beige, y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-9 b** y **c**, **Tabla N° 8-20**). Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (8 cm de profundidad), en este no se detectó presencia de tapetes microbianos.

Fotografía N° 8-9. a. Estación de monitoreo S-9; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimentos. Laguna Salada, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo, verde y amarillo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura y en menor medida, blanco. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 7 y 10 mm, todas con un número de entre 5 y 6 capas (**Tabla N° 8-19**).

Tabla N° 8-19. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo S-9. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra rosada	Costra rosada	Costra rosada
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
		Amarillo	Amarillo	Amarillo
		Verde	Verde	Verde
	Intermedio	Púrpura	Blanco Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	6	5
Espesor (mm)		7	9	10
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En los tapetes sumergidos coriáceos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, la tonalidad predominante fue verde. En la zona Intermedia predominó solo la tonalidad púrpura. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 6 y 9 mm, todas con un número de 3 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras fue de entre 2,5 y 3 cm (**Tabla N° 8-20**).

Tabla N° 8-20. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos en la estación de monitoreo S-9. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Coriáceos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Verde	Verde	Verde
	Intermedio	Púrpura	Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón

Tapetes Sumergidos Coriáceos			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Planicie expuesta	Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Total de laminaciones	3	3	3
Espesor (mm)	6	9	6
Profundidad (cm)	2,5	3	2,7

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.4 Laguna Saladita: Estación de monitoreo S-10

La estación S-10 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2312 msnm, la estación de monitoreo presenta una costra salina que bordea la laguna, se observa además vegetación acuática en el centro de la laguna, presencia de aves, y con un flujo nulo y de aguas ligeramente turbias (**Fotografía N° 8-10 a**). Luego de inspeccionar el área, se tomaron muestras de sedimento, en las cuales no se observó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-10 b**). En la presente campaña, no se registraron tapetes microbianos, ni microbialitos y/o evaporitas.

Fotografía N° 8-10. a. Estación de monitoreo S-10; b. Muestra de sedimento. Laguna Saladita, invierno 2025.

a. 

b. 

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.5 Laguna Saladita: Estación de monitoreo S-11

La estación S-11 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2313 msnm, la estación de monitoreo presenta una costra salina

que bordea la laguna, se observa además vegetación acuática en el centro de la laguna, presencia de aves, con un flujo nulo y de aguas ligeramente turbias (**Fotografía N° 8-11 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) planicie expuesta ubicada en el interior de la laguna, la que exhibe una superficie irregular, húmeda; sin presencia de huellas humanas, y áreas de coloración predominantemente rosa-beige, con presencia de costra salina (~1,0 mm) (**Fotografía N° 8-11 b** y **c**, **Tabla N° 8-21**), y (ii) una superficie sumergida, ubicada en el interior de la laguna, con estructuras planas y de consistencia blanda de una coloración beige, y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-11 d** y **e**, **Tabla N° 8-22**). Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (5,4 cm de profundidad), en este no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-11 f**).

Fotografía N° 8-11. a. Estación de monitoreo S-11; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie sumergida; e. Tapete sumergido; f. Muestra de sedimentos. Laguna Saladita, invierno 2025.

a.



b.

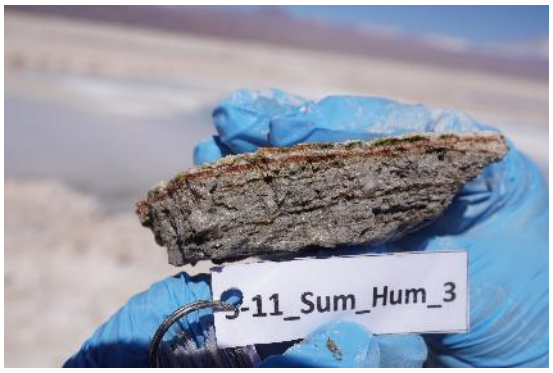


c.



d.



e. 

f. 

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, dos de las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1 y la restante muestra presentó dos macro-zonas (Subsuperficial e Intermedia), correspondiente a Tipología 2. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde, seguido de verde oscuro. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosada seguido de púrpura y blanco. En la zona Profunda, predominó la tonalidad marrón, seguido de verde. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 7 mm, todas con un número de entre 3 y 6 capas (**Tabla N° 8-21**).

Tabla N° 8-21. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo S-11. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Desecados				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra rosada
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde	Naranjo Verde	Verde oscuro
	Intermedio	Rosado Púrpura	Blanco Rosado	Rosado
	Profunda	Marrón Verde	S/C	Marrón
Total de laminaciones		6	4	3
Espesor (mm)		4	4	7
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En los tapetes sumergidos coriáceos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde oscuro, seguido de verde. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura, seguido de rosado y en menor

medida, blanco. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 3 y 4 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras fue de entre 0,9 y 1,5 cm (**Tabla N° 8-22**).

Tabla N° 8-22. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos coriáceos en la estación de monitoreo S-11. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos Coriáceos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Verde oscuro	Verde oscuro	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado Púrpura	Rosado Púrpura	Blanco Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	4	5
Espesor (mm)		4	3	3
Profundidad (cm)		1	1,5	0,9

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.6 Laguna Saladita: Estación de monitoreo SA-25

La estación SA-25 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2310 msnm. La estación de muestreo presentó parches de una hidrófita sumergida, sin vegetación ribereña, sin flujo y con aguas ligeramente turbias (**Fotografía N° 8-12 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie plana, próxima al borde de la laguna, con costra salina (~1,0 mm) y tonalidades beige y rosa (**Fotografía N° 8-12 b** y **c**, **Tabla N° 8-23**), y (ii) una superficie coriácea, cubierta parcialmente con costra, en el borde de la laguna, con formaciones esferoidales (tapetes microbianos asociados a una base vegetal), con tonalidades verde oscuro (**Fotografía N° 8-12 d** y **e**, **Tabla N° 8-24**); ambas sin huellas humanas. Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana y esferoidal, de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (16 cm de profundidad), no se detectó presencia de tapetes (**Fotografía N° 8-12 f**).

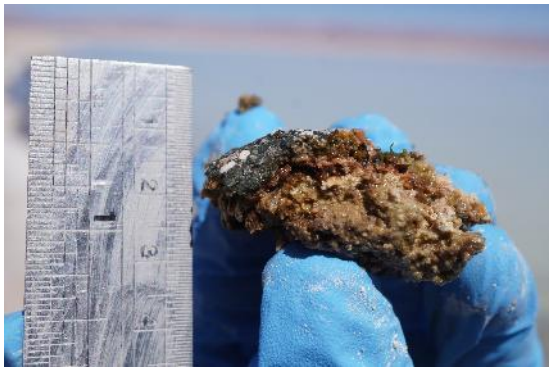
Fotografía N° 8-12. a. Estación de monitoreo SA-25; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento. Laguna Saladita, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

Fuente: Elaboración propia

De los tapetes superficiales planos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde, seguido de amarillo. En la zona Intermedia predominó la tonalidad púrpura y rosado, en igual proporción. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 8 mm, todas con un número de entre 5 y 6 capas (**Tabla N° 8-23**).

Tabla N° 8-23. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo SA-25. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra rosada
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo Amarillo Verde	Naranjo Verde Amarillo	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado Púrpura	Rosado Púrpura	Rosado Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		6	6	5
Espesor (mm)		8	4	5
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes coriáceos (esferoidales y asociados a base vegetal), todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, la tonalidad predominante fue verde oscuro, seguido de naranjo y verde. En la zona Intermedia predominó solo la tonalidad rosada. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 5 mm, todas con un número de entre 3 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras de 0 cm (embebidos) (**Tabla N° 8-24**).

Tabla N° 8-24. Caracterización de las capas de tapetes microbianos asociados a base vegetal en la estación de monitoreo SA-25. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Embebidos Base Vegetal				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Sin costra	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado	Rosado	Rosado
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón

Tapetes Embebidos Base Vegetal			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Planicie expuesta	Costra blanca	Sin costra	Costra blanca
Total de laminaciones	3	3	5
Espesor (mm)	5	4	4
Profundidad (cm)	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.7 Laguna Interna: Estación de monitoreo I-11

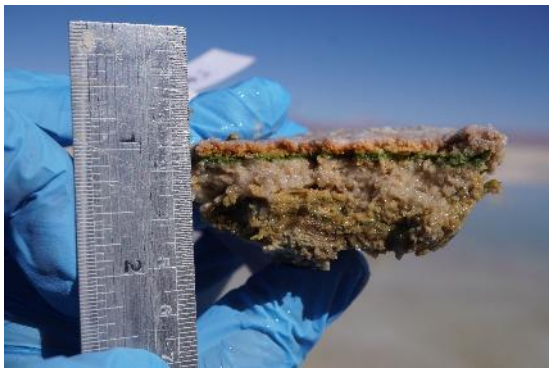
La estación I-11 se encuentra ubicada en la laguna Interna, a una altura geográfica aproximada de 2307 msnm, presenta bajo flujo y aguas transparentes. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas, ni vegetación ribereña (**Fotografía N° 8-13 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una superficie plana, cercana al borde de la laguna, con costra salina (~3,0 mm) y coloración beige y blanco (**Fotografía N° 8-13 b** y **c**, **Tabla N° 8-25**), y (ii) una superficie coriácea, ligeramente humedecida, ubicada en el borde de la laguna y con formaciones levemente esferoidales, con tonalidades naranjas (**Fotografía N° 8-13 d** y **e**, **Tabla N° 8-26**). Ambos sitios sin huellas humanas. Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana y esferoidal, de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (24,5 cm de profundidad), en este no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 8-13 f**). Cabe destacar que, el examen visual de la estación de muestreo, indica la presencia de microbialitos (**Fotografía N° 8-13 g**).

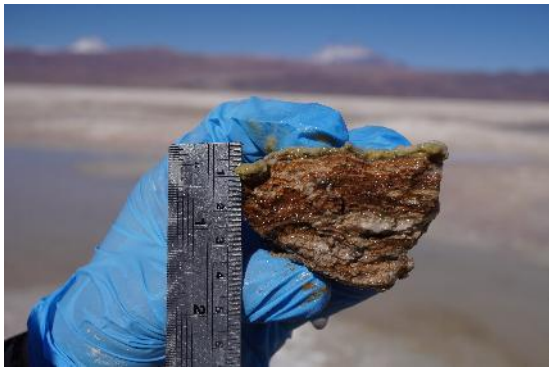
Fotografía N° 8-13. a. Estación de monitoreo I-11; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento; g. Presencia de microbialitos. Laguna Interna, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

g. 

Fuente: Elaboración propia

Los tapetes superficiales planos, presentaron en una muestra las tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1 y en las otras dos, se observó una macro-zona (Subsuperficial), correspondiente a Tipología 3. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde, seguido de amarillo. En la zona Intermedia predominó solo la tonalidad rosado y púrpura. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 8 mm, todas con un número de entre 2 y 6 capas (**Tabla N° 8-25**).

Tabla N° 8-25. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos, en la estación de monitoreo I-11. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Humedecidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra blanca	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
			Amarillo	Amarillo
		Verde	Verde	Verde
	Intermedio	S/C	S/C	Rosado
				Púrpura
	Profunda	S/C	S/C	Marrón
Total de laminaciones		2	3	6
Espesor (mm)		4	4	8
Profundidad (cm)		0	0	0

Fuente: Elaboración propia

De los tapetes sumergidos, dos de las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1, mientras que la tercera muestra presentó dos macro-zonas (Subsuperficial e Intermedia), correspondiente a Tipología 2. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron verde, seguido de naranja. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosado, seguido de blanco. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 3 y 9 mm, todas con un número de entre 3 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras varió entre 3,5 y 10 cm (**Tabla N° 8-26**).

Tabla N° 8-26. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos, en la estación de monitoreo I-11. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra naranja	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Verde	Verde	Naranjo
				Verde
	Intermedio	Blanco	Rosado	Blanco
		Rosado		Rosado
	Profunda	S/C	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		3	3	5
Espesor (mm)		3	7	9

Tapetes Sumergidos			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Profundidad (cm)	3,5	9,3	10

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.8 Laguna Interna: Estación de monitoreo I-17

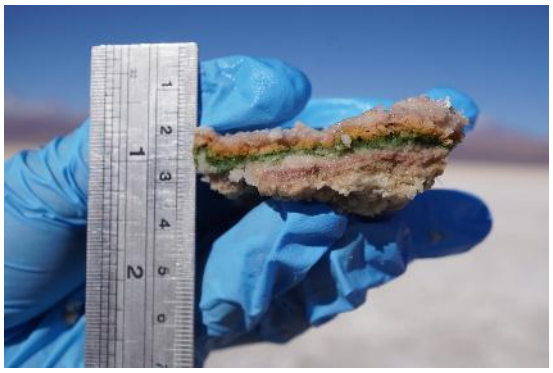
La estación I-17 se encuentra ubicada en la laguna Interna, a una altura geográfica aproximada de 2303 msnm, sin flujo y con aguas transparentes, no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas, ni vegetación ribereña (**Fotografía N° 8-14 a**).

El sector presenta dos tipos de superficies, (i) una planicie expuesta cercana al borde de la laguna, rugosa e irregular, con áreas de coloración predominantemente blanca-beige, con costra salina (~4,0 mm), y sin huellas humanas (**Fotografía N° 8-14 b** y **c**, **Tabla N° 8-27**), y (ii) una superficie sumergida, ubicada en el interior de la laguna, con estructuras planas y de consistencia blanda de una coloración beige, y sin presencia de huellas humanas (**Fotografía N° 8-14 d** y **e**, **Tabla N° 8-28**). Se destaca la continuidad espacial y la morfología plana de las capas en los tapetes en relación con la estación de monitoreo. Respecto del sedimento bajo la columna de agua (10 cm de profundidad), en este no se detectó presencia de tapetes microbianos pero si de biofilms (**Fotografía N° 8-14 f**).

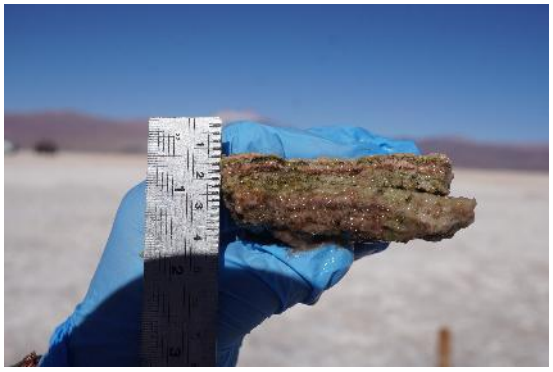
Fotografía N° 8-14. a. Estación de monitoreo I-17; b. Superficie plana; c. Tapete superficial plano; d. Superficie coriácea; e. Tapete superficial coriáceo; f. Muestra de sedimento. Laguna Interna, invierno 2025.

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

f. 

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tapetes superficiales planos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron naranjo y verde. En la zona Intermedia predominó la tonalidad blanca, seguido de púrpura y en menor medida rosado. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fue de 10 mm, todas con un número de 5 capas (**Tabla N° 8-27**).

Tabla N° 8-27. Caracterización de las capas de tapetes microbianos superficiales planos en la estación de monitoreo I-17. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Superficiales Planos Desecados				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra rosada	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Naranjo	Naranjo	Naranjo
		Verde	Verde	Verde
	Intermedio	Blanco	Blanco	Blanco
		Rosado	Púrpura	Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	5	5

Tapetes Superficiales Planos Desecados			
Muestra	Pigmentación		
	1	2	3
Planicie expuesta	Costra blanca	Costra rosada	Costra blanca
Espesor (mm)	10	10	10
Profundidad (cm)	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En los tapetes sumergidos, todas las muestras presentaron tres macro-zonas (Subsuperficial, Intermedia y Profunda), correspondiente a Tipología 1. En la zona Subsuperficial, las tonalidades predominantes fueron verde, seguido de naranjo y en menor medida, verde oscuro. En la zona Intermedia predominó la tonalidad rosado, seguido de púrpura. En la zona Profunda, predominó únicamente la tonalidad marrón. En cuanto al espesor del tapete fluctuó entre 4 y 6 mm, todas con un número de entre 4 y 5 capas. La profundidad a la que fueron tomadas las muestras fue de entre 1 y 1,5 cm (**Tabla N° 8-28**).

Tabla N° 8-28. Caracterización de las capas de tapetes microbianos sumergidos en la estación de monitoreo I-17. (S/C: sin capas pigmentadas).

Tapetes Sumergidos				
Muestra		Pigmentación		
		1	2	3
Planicie expuesta		Costra blanca	Costra rosada	Costra blanca
Macro-Zona	Subsuperficial	Verde oscuro Verde	Naranjo Verde	Naranjo Verde
	Intermedio	Rosado Púrpura	Rosado	Rosado Púrpura
	Profunda	Marrón	Marrón	Marrón
Total de laminaciones		5	4	5
Espesor (mm)		4	6	5
Profundidad (cm)		1	1	1,5

Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.2.9 Comparación de la estructura y tipología de tapetes (Sector Peine)

En el Sector Peine, en invierno 2025, los tapetes de Tipología 1 fueron detectados en la Laguna Salada (S-6A y S-9), en Laguna Saladita (S-11 y SA-25) y en Laguna Interna (I-11 e I-17) (**Tabla N° 8-29**),presentando, de manera frecuente, en la macro-zona subsuperficial capas verde y naranjo, y, en menor medida, amarillo o verde oscuro, que representarían a microorganismos fotosintéticos autótrofos oxigénicos que podrían corresponder a cianobacterias filamentosas y microalgas (*i.e.* clorofíceas). En tanto, en la macro-zona intermedia, las tonalidades fueron púrpura y rosado, cuyas capas representarían a microorganismos autótrofos fotosintéticos anoxigénicos los cuales podrían corresponder a bacterias rojas sulfúreas, microorganismos quimiolitoautótrofos y heterótrofos. En la macro-zona profunda predominaron las capas de coloración marrón, que representarían a microorganismos quimioheterótrofos anaerobios, inclusive metanogénicos (**Tabla N° 8-29**).

Tabla N° 8-29. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 1, Sector Peine. Invierno 2025.

Estación/Muestra			S-6 P			S-6 C			S-9 P			S-9 C			S-11 P		S-11 C			SA-25 P			SA-25 BV			I-11 P	I-11 C		I-17 P			I-17 C		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3	2	3	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Verde																																
		Naranjo																																
		Amarillo																																
		Verde Oscuro																																
	Intermedia	Púrpura																																
		Rosado																																
		Blanco																																
	Profunda	Marrón																																
		Verde																																

P: Tapete plano; BV: Tapete Base Vegetal; C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

También se observaron tapetes con Tipología 2 en las Lagunas Saladita e Interna del Sector Peine (**Tabla N° 8-30**). En Laguna Saladita (S-11), los tapetes presentaron frecuentemente la macro-zona subsuperficial de capas verde y naranjo, y en la macro-zona intermedia, capas de pigmentación rosada y blanco. Respecto a Laguna Interna (I-11), se caracterizaron por exhibir una macro-zona subsuperficial con capas de tonalidad verde y en la macro-zona intermedia presentó capas de tonalidad rosada y blanca. Cabe destacar que, en la Tipología 2, las capas verdes observadas, representarían microorganismos fotosintéticos autótrofos oxigénicos (*i.e.* cianobacterias, microalgas, diatomeas, entre otras). En tanto en la macro-zona intermedia las tonalidades fueron rosado y púrpura, cuyas capas representarían a microorganismos autótrofos fotosintéticos anoxigénicos que podrían corresponder bacterias rojas sulfúreas, microorganismos quimiolitoautótrofos y heterótrofos (**Tabla N° 8-30**).

Tabla N° 8-30. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 2, Sector Peine. Invierno 2025.

Estación/Muestra			S-11 P	I-11 P
			2	1
Macrozona	Subsuperficial	Verde		
		Naranjo		
	Intermedia	Rosado		
		Blanco		

P: Tapete plano; C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Además, se observó la presencia de tapetes de Tipología 3, especialmente en la Laguna Interna (I-11). En ella, sólo se observó la macro-zona Subsuperficial con tonalidades mayoritariamente verde y naranjo y en menor medida, amarillo (**Tabla N° 8-31**). Cabe mencionar, que estas capas podrían corresponder a microorganismos quimiolitoautótrofos aerobios, tales como bacterias oxidantes sulfúreas (capas de tonalidad blanca), y microorganismos fotosintéticos autótrofos anoxigénicos (capas de tonalidad amarilla) (**Tabla N° 8-31**).

Tabla N° 8-31. Caracterización de las principales capas de tapetes microbianos de Tipología 3, Sector Peine. Invierno 2025.

Estación/Muestra			I-11 P	
			1	2
Macrozona	Subsuperficial	Verde		
		Naranjo		
		Amarillo		

P: Tapete plano; C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3.3 Sector vegas de Tilopozo

En la campaña invierno 2025, no se detectó la presencia de tapetes microbianos en las estaciones de muestreo TB-1, TB-2 y TB-3 del sector vegas de Tilopozo. Cabe destacar, que sólo en invierno 2016, se hallaron tapetes microbianos de Tipología 3.

8.2.1.4 Registro de microbialitos y evaporitas

De acuerdo con el examen visual realizado en terreno, se sugiere la presencia de microbialitos en tres estaciones de monitoreo (I-11, LB-1 y LP-23) y la presencia de evaporitas en sólo una estación de monitoreo (LP-24) (**Tabla N° 8-32**).

Tabla N° 8-32. Registro de Microbialitos y Evaporitas en las estaciones de monitoreo. Campaña invierno 2025.

Estación de Monitoreo	Registro visual	
	Microbialito	Evaporita
S-5	**-**	**-**
S-6A	**-**	**-**
S-9	-	-
S-10	**-**	**-**
S-11	**-**	**-**
SA-25	-	-
I-11	**+**	-
I-17	-	-
LP-23	**+**	-
LP-24	-	**+**
LB-1	**+**	-
LB-2	-	-
LB-3	-	-
TB-1	-	-
TB-2	-	-
TB-3	-	-

+: Presencia; -: Ausencia

8.2.1.5 Parámetros físicos y químicos

Respecto de las variables físicas y químicas en matriz agua y sedimentos se realizó un análisis en la relación que podrían presentar con la presencia de tapetes microbianos. En la actual campaña se revisará esta posible relación en el sector La Punta-La Brava y Peine. En el sector vegas de Tilopozo no se registraron tapetes microbianos, por lo que no se considera dentro del análisis de variables relevantes de calidad de agua y sedimentos (**Tabla N° 8-33**).

En relación con las variables de calidad de agua registradas para la campaña de invierno 2025, en el sector La Punta-La Brava, destacan la Conductividad eléctrica y la Salinidad presentando en general mayores registros en las lagunas La Brava respecto de La Punta, siendo las estaciones LB-1 y LB-2 las que presentan los mayores resultados para ambos parámetros. Los valores de conductividad, en la laguna La Brava, oscilaron entre 36.480 µS/cm en LB-3 (afluente de la laguna) y 68.480 µS/cm en LB-2. En La Punta, en tanto, la conductividad osciló entre 32.040 µS/cm (LP-23) y 33.040 µS/cm (LP-24). Para el sector Peine, las conductividades oscilaron entre 28.420 µS/cm en S-9 laguna Salada y 42.320 µS/cm en I-17 laguna Interna (**Figura N° 8-7 a**).

La salinidad, en tanto, registró un mínimo de 17,57 g/Kg en la estación S-9 (Laguna Salada) y un máximo de 46,83 g/Kg en LB-2 (La Brava). Al igual que para conductividad, el sector la Brava, LB1 (44,83g/Kg) y LB2 (46,83 g/Kg), presenta los mayores niveles registrados de salinidad, esto dado que la conductividad está altamente correlacionada con la salinidad. Para las demás estaciones del sector se observan valores intermedios de salinidad (**Figura N° 8-7 b**).

Cabe destacar que, la presencia de agua-humedad en las estaciones de monitoreo y las concentraciones de conductividad-salinidad, son de alta importancia para la presencia de tapetes microbianos, porque estos microorganismos se encuentran supeditados a estas variables para su presencia y estructura en los sistemas acuáticos (Farias et al. 2014).

Por otra parte, en cuanto a la temperatura, se observaron mayores registros en la columna de agua en la laguna La Brava respecto de La Punta. Los mayores registros fueron obtenidos en LB-2 y LB-3 con valores de 18,66 °C y 23,52 °C respectivamente (**Figura N° 8-8 a**). Por su parte, las temperaturas registradas en el sector Peine oscilaron entre 11,54 °C y 24,07 °C registradas en las estaciones S-5 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna). Los registros fueron variables para las lagunas visitadas considerando que los horarios en que fueron tomadas las temperaturas fueron distintas.

Respecto al Oxígeno disuelto, en el sector La Punta y La Brava se observaron diferencias presentando concentraciones entre 1,89 mg/L (LP-23) y 3,22 mg/L (LP-24) en La Punta y entre 2,38 mg/L (LB-2) y 3,65 mg/L (LB-3) en La Brava. En tanto en el sector Peine, los registros oscilaron entre 1,73 mg/L en la estación I-11 (laguna Interna) y 3,62 mg/L en I-17 (laguna Interna) (**Figura N° 8-8 b**). Cabe destacar que, en la presente campaña, no se observaron mayores diferencias entre lagunas, sin embargo, acotar que cuando aumenta la conductividad-salinidad en la columna de agua, disminuye la solubilidad del oxígeno disuelto en ellas.

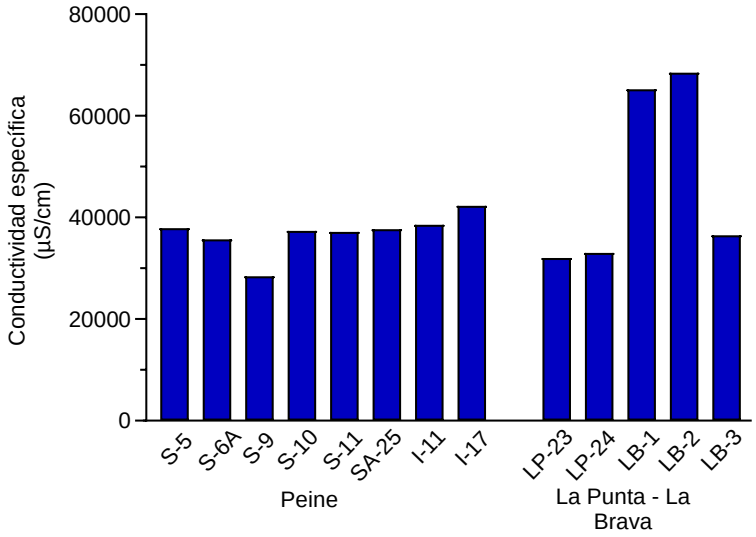
Respecto de la alcalinidad total ($CaCO_3$), en el sector La Punta-La Brava los resultados fueron distintas entre estaciones de monitoreos, el mayor registro fue detectado en la laguna La Brava en la estación LB-2 con 401 mg/L y el menor registro en la estación LB-3 con 295 mg/L, en cuanto a la Laguna La Punta se registraron valores intermedios. Por su parte en el sector Peine, los valores oscilaron entre 198 mg/L en la estación I-17 (laguna Interna) y 273 mg/L en S-9 (laguna Salada) (**Figura N° 8-9 a**).

En relación con el pH, se observaron valores homogéneos, con valores moderadamente alcalinos en todas las estaciones. En el sector La Punta-La Brava oscilaron entre 8,27 unidades en LB-1 y 8,44 unidades para las estaciones LP-23 y LP-24. En el sector Peine los registros también fueron similares entre ellas, con valores entre 8,00 unidades en S-9 (laguna Salada) y 8,46 unidades en S-5 (laguna Salada) (**Figura N° 8-9 b**).

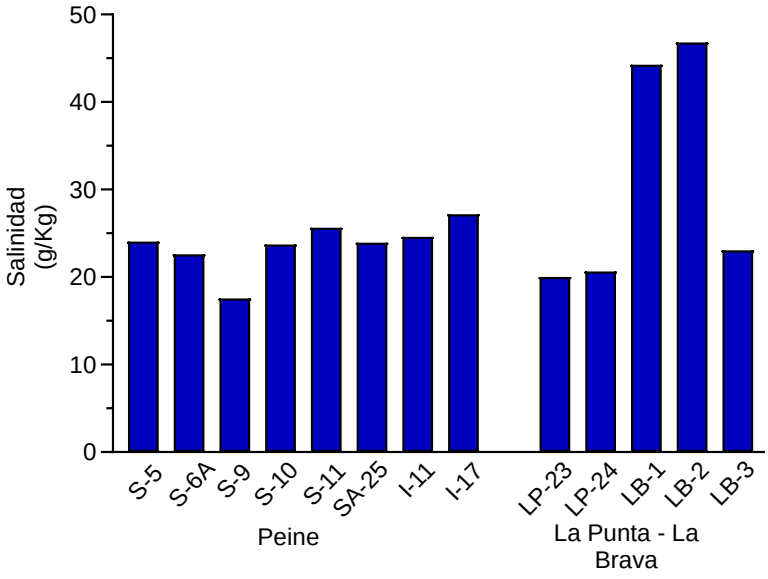
La turbiedad por su parte presentó registros entre 2,33 UNT en la estación LB-3 y 24,5 UNT en la estación S-11. Respecto al sector La Punta-La Brava se presentaron los mayores registros de turbiedad en la Punta con 24,4 UNT en LP-23, en tanto, en La Brava se observaron registros entre 2,33 UNT (LB-3) y 6,07 UNT (LB-2). En Peine, en general, los registros fueron más altos que en el sector La Punta-La Brava, observándose rangos entre 8,77 UNT en estación I-17 Laguna Interna y 24,5 UNT en estación S-11 Laguna Saladita (**Figura N° 8-10**).

A modo referencial, para el Salar se consignan los valores de radiación solar, obtenidos en los días en los que se realizó el monitoreo de cada estación. Los valores fluctuaron entre 20,57 MJ/m^2 en las estaciones del sector Peine y 20,50 MJ/m^2 en las estaciones de la laguna La Punta y La Brava. Los valores observados entre sectores son similares entre los días en que se realizaron los monitoreos (**Tabla N° 8-33**).

Figura N° 8-7. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025.



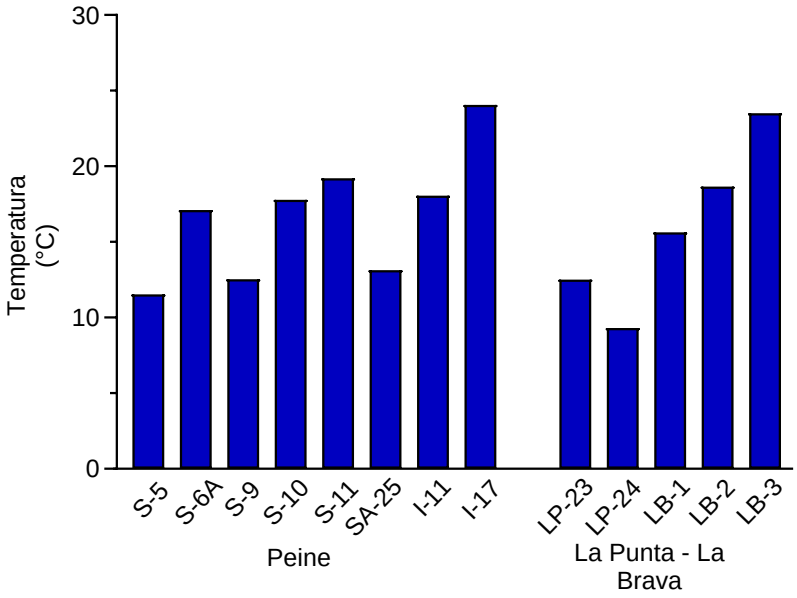
a.



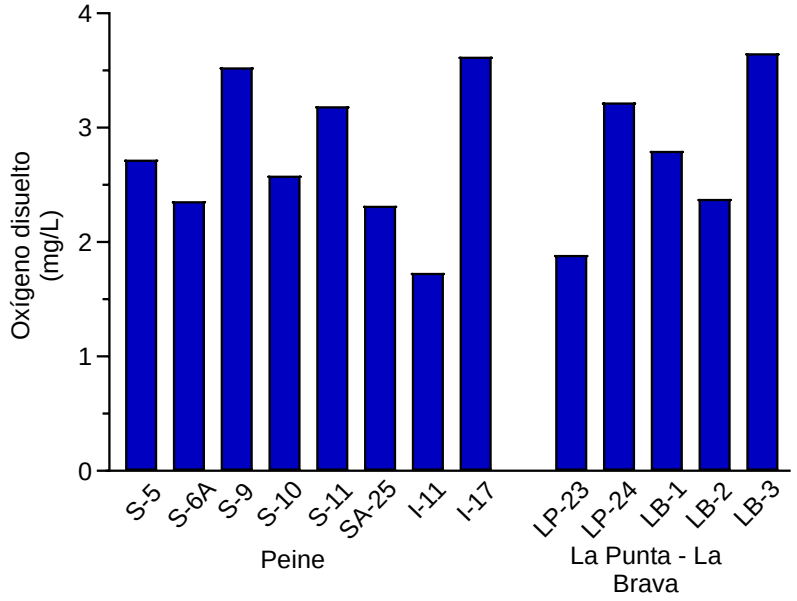
b.

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 8-8. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025.



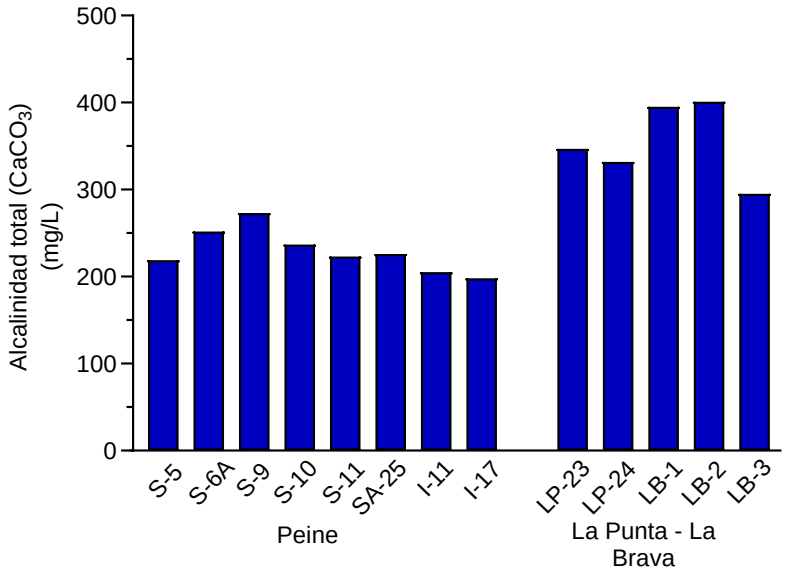
a.



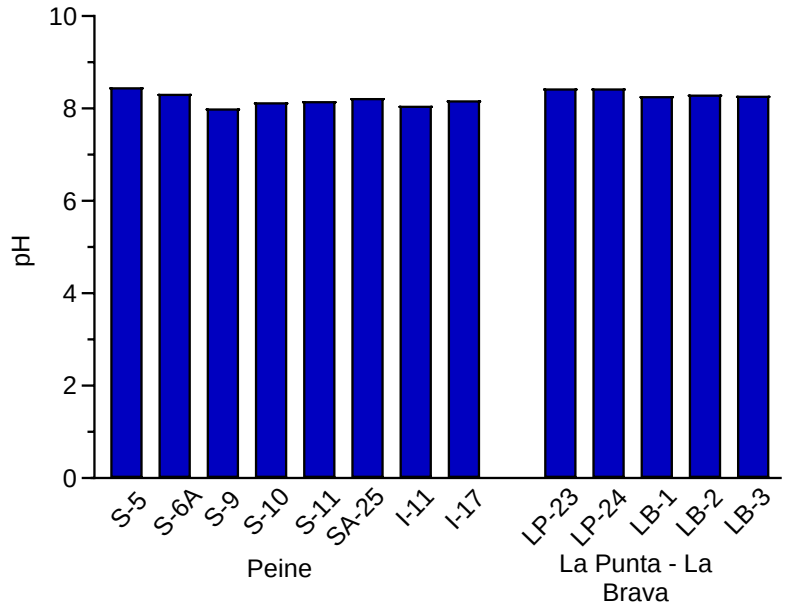
b.

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 8-9. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025.



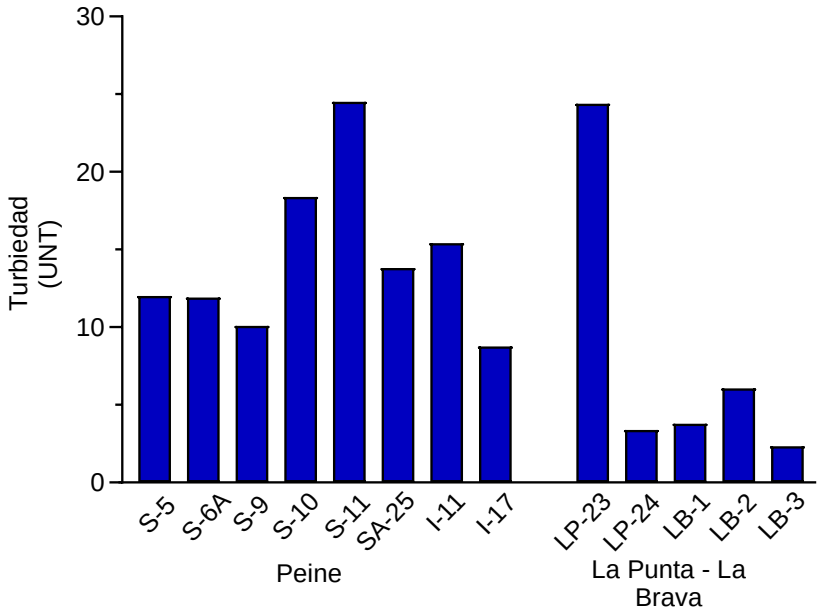
a.



b.

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 8-10. Variables de relevancia ambiental para la calidad de agua, en los sectores Peine y La Punta-La Brava. Campaña Invierno 2025.



Fuente: Elaboración propia

En relación con las variables de calidad de sedimentos registradas en el **sector La Punta-La Brava** para la campaña de invierno 2025, se destaca que para carbono orgánico total los registros fueron similares entre lagunas y estaciones. La Punta-La Brava, presentó registros que fluctuaron entre 72,51 g/Kg en LP-24 y 90,78 g/Kg en LB-3. En tanto, para fósforo total se observaron diferencias entre estaciones de monitoreo de ambas lagunas, en la laguna La Punta se registraron valores bajo el límite de detección (<500 mg/Kg) en LP-24 y en La Brava en la estación LB-3. Dentro de los registros cuantificables se detectaron valores entre 600 mg/Kg en LP-23 y LB-1 y 1000 mg/Kg en LB-2 (**Tabla N° 8-34**).

El nitrógeno total Kjeldahl, presentó diferencias en los registros en las lagunas La Punta-La Brava, cuyos valores oscilaron entre 1,991 g/Kg en LB-1 (La Brava) y 5,881 g/Kg en la estación LB-3 (La Brava), mientras que la laguna La Punta presentó valores intermedios (**Tabla N° 8-34**).

Referente al potencial óxido-reducción de los sedimentos, se observaron registros negativos correspondientes a ambientes anóxicos, los valores oscilaron entre -409 mV en la estación LB-2 y -381 mV registrado en la estación LP-23.

En cuanto al **sector de Peine**, para carbono orgánico total los registros fueron similares con un valor más alto en la estación S-11 de la laguna Saladita. Las lagunas Saladita e Interna presentaron registros que fluctuaron entre 73,38 g/Kg en SA-25 y 104,58 g/Kg en S-11, la laguna Interna obtuvo valores intermedios. En tanto, para fósforo total se observaron valores similares entre estaciones de monitoreo de ambas lagunas, dentro de los registros cuantificables se detectaron valores entre 500 mg/Kg en SA-25 y 900 mg/Kg en S-11 (**Tabla N° 8-34**).

El nitrógeno total Kjeldahl, presentó diferencias en los registros en las lagunas Saladita e Interna, cuyos valores oscilaron entre 2,340 g/Kg en I-17 (Interna) y 4,081 g/Kg en la estación SA-25 (Saladita) (**Tabla N° 8-34**).

Referente al potencial óxido-reducción de los sedimentos, se observaron registros negativos correspondientes a ambientes anóxicos, los valores oscilaron entre -403 mV en la estación S-11 y -388 mV registrado en la estación S-10, la laguna Interne presentó registros intermedios (ver **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Aguas**).

Tabla N° 8-33. Variables de calidad de agua de relevancia para tapetes microbianos en el sector La Punta-La Brava y Peine. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	L.D.	Laguna Salada			Laguna Saladita			Laguna Interna		La Punta		La Brava		
			S-9	S-5	S6-A	SA-25	S-10	S-11	I-11	I-17	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Temperatura	°C	-	12,53	11,54	17,12	13,13	17,78	19,22	18,07	24,07	12,51	9,31	15,63	18,66	23,52
pH	Unidad de pH	-	8,00	8,46	8,32	8,23	8,14	8,16	8,06	8,18	8,44	8,44	8,27	8,3	8,28
Conductividad	µS/cm	-	28.420	37.880	35.730	37.680	37.340	37.180	38.540	42.320	32.040	33.040	65.240	68.480	36.480
Salinidad	g/kg	-	17,57	24,05	22,62	23,95	23,74	25,63	24,59	27,2	20,03	20,63	44,26	46,83	23,08
Oxígeno disuelto	mg/L	-	3,53	2,72	2,36	2,32	2,58	3,19	1,73	3,62	1,89	3,22	2,8	2,38	3,65
Turbiedad	UNT	-	10,1	12	11,9	13,8	18,4	24,5	15,4	8,77	24,4	3,38	3,78	6,07	2,33
Radiación solar**	MJ/m^2		20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	1	273	219	252	226	237	223	205	198	347	332	395	401	295

*LD: Límite de Detección; **Sin información
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8-34. Variables de calidad de sedimentos de relevancia para tapetes microbianos en el sector La Punta-La Brava y Peine. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	L.D.	Laguna Salada			Laguna Saladita			Laguna Interna		La Punta		La Brava		
			S-9	S-5	S6-A	SA-25	S-10	S-11	I-11	I-17	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	1,62	38,34	85,61	41,13	51,1	54,7	69,9	72,04	34,34	109,28	83,41	126,33	61,72	35,67
Fósforo Total (P)	mg/Kg	500	500	4.000	<500	600	900	600	1.000	<500	2.200	800	<500	<500	<500
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,00312	1,782	4,448	3,402	3,696	2,854	3,716	5,980	3,015	5,472	4,906	5,283	0,564	11,442
Potencial Redox	mV	-	-370	-402	-387	-367	-405	-397	-397	-382	-399	-406	-400	-399	-409

Fuente: Elaboración propia

8.2.2 Resultados Campaña Verano 2026

En la presente campaña no fue posible muestrear en el Sector La Punta y La Brava, por encontrase cerrado el acceso por el mal estado de los caminos y en el sector Peine por estar en etapa de reproducción de los flamencos (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**). De este modo, no fue posible obtener información de los tapetes microbianos, microbialitos y/o evaporitas ni los parámetros físicos y químicos asociados a estos sectores.

Respecto del sector de Tilopozo, en la presente campaña no se detectaron tapetes microbianos, microbialitos ni evaporitas.

8.2.3 Límites Considerados en la evaluación de Tapetes Microbianos

La RCA 21/2016 no establece límites comprometidos para la componente de tapetes microbianos, indicando en forma explícita en página 60 de 72 de la RCA: “No aplica”.

9 SUELO O SUSTRATO

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2025 y verano 2026, para el subcomponente ambiental suelo – sustrato.

El periodo reportado en el presente informe anual Nº10 corresponde al monitoreo semestral de invierno realizado entre los 25 al 29 de agosto de 2025, llamado en adelante Monitoreo 19 (M19), como también la campaña semestral de verano, realizada entre los días 17 al 20 de marzo de 2026, denominada en adelante Monitoreo 20 (M20).

Se analiza la evolución de los parámetros estudiados para las campañas invernales y estivales de monitoreo entre 2016 y 2026 (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18, M19 y M20). Cabe señalar, que la campaña estival 2020 (M8) no pudo ser realizada para este componente debido a las restricciones por efecto de la situación sanitaria Covid-19 a nivel nacional, al igual que la campaña invernal 2021 (M11), por razones de seguridad. Puntualmente, en el presente monitoreo de verano (M20), realizado entre los días 17 y 20 de marzo de 2026, no fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a características físicas y químicas del suelo, según los parámetros a monitorear indicado en la RCA 021/2016 del proyecto, estos son: conductividad eléctrica, salinidad, pH, nutrientes (NPK), humedad, conductividad hidráulica (permeabilidad), materia orgánica y textura.

Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada**, por encargo de ALBEMARLE LTDA., apoyados para análisis físico-químicos de las muestras de suelo, por cuatro laboratorios que cuentan con acreditación ETFA (ALS Life Sciences, SGS Chile Ltda., Hidrolab y ANAM S.A.); un quinto acreditado ante la Comisión Nacional de Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y del Servicio agrícola y Ganaderos (Agrolab); y el sexto y último, que corresponde al Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile. Por su parte, el muestreo de suelos fue ejecutado por la ANAM S.A. en el monitoreo de invierno (M19) y por SGS Chile Ltda. en el monitoreo de verano (M20).

El objetivo del seguimiento es observar y analizar la evolución de los parámetros edafológicos monitoreados, en el marco de la etapa de operación del proyecto y de acuerdo con los alcances técnicos solicitados por la RCA 021/2016.

9.1 MATERIALES Y MÉTODOS

9.1.1 Área de estudio

El área de estudio se inserta en el denominado Núcleo del Salar de Atacama, el cual corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales y que corresponde aproximadamente a un 36,7% de la superficie total del salar.

Los suelos en área de estudio son muy escasos, ya que está constituida prácticamente en su totalidad por el cuerpo salino del Salar de Atacama. Se ha identificado sólo una unidad taxonómica que corresponde a suelo del tipo Entisol ubicada en la zona adyacente al salar (CADE-IDEPE 2004).

Los suelos del área de estudio muestran características que indican lixiviación diferencial durante y después de su acumulación. Lo más notable es una estratificación resultante de la disolución y redepositación de los minerales más solubles por las infrecuentes lluvias del desierto. Como resultado de esto, uno de los componentes importantes de este tipo de suelo –nitrato- se encuentra en profundidad, siendo escaso en el material superficial (Maksaev, 2001).

9.1.2 Ubicación de puntos de muestreo

Para el seguimiento se consideraron los 14 puntos de muestreo de suelo – sustrato (ver **Figura N° 9-1**), definidos en el proyecto (EIA-Adenda 5) de los cuales seis (6) se localizan según definición en el sector de Tilopozo, cuatro (4) en el sector de La Punta – La Brava, (de éstos, 3 en La Punta y 1 en La Brava), y cuatro (4) en el sector de Peine. En la **Tabla N° 9-1** se indican las coordenadas UTM de los puntos de muestreo, donde se observa una homologación de la codificación de los puntos y ajuste en su localización.

El criterio de la posición de los puntos de muestreo de la componente suelos, ha sido informado a partir del Informe Anual PMB Nº1, no cambiando el objetivo, ni la cantidad de puntos de monitoreo de suelos.

El seguimiento se realiza en las mismas unidades vegetales y edafológicas indicadas en el PMB del proyecto (Anexo 1 de Adenda 5 de ALB), y considera dos aspectos fundamentales: a) La presencia de vegetación y flora monitoreada en el Plan de Manejo Biótico y el tipo de suelo, respetando la distribución de los transectos del monitoreo de vegetación y flora, seleccionando siempre el sitio lo más próximo, pero considerando no intervenir el área monitoreada por el componente vegetación-flora, y b) un sitio en el cual el suelo presente características similares a aquel en el cual se encuentra la vegetación evaluada. En aquellas situaciones en las cuales el transecto de vegetación involucraba más de un tipo de suelo-vegetación, el punto de muestreo se seleccionó en función del suelo de mayor representatividad en el área y del tipo de humedal objetivo del muestreo.

Cabe señalar y considerar que, los puntos de muestreo de suelo son espacialmente dinámicos en el tiempo, dado que, como se describe más adelante en el numeral de método de muestreo, se extrae una muestra de una calicata y el área de extracción, queda como zona alterada. En consecuencia, las muestras de los monitoreos posteriores deben ser tomadas en sectores sin intervención antrópica, por lo que, estos puntos se desplazan respecto a los anteriores, siendo esta distancia en terreno inferior a 1 m., esto con el fin de que la variación del suelo y sus condiciones circundantes sean las mínimas posibles. Aun cuando las coordenadas determinadas mediante navegador GPS son mayores, esto es debido al margen de error normal propio del instrumento utilizado.

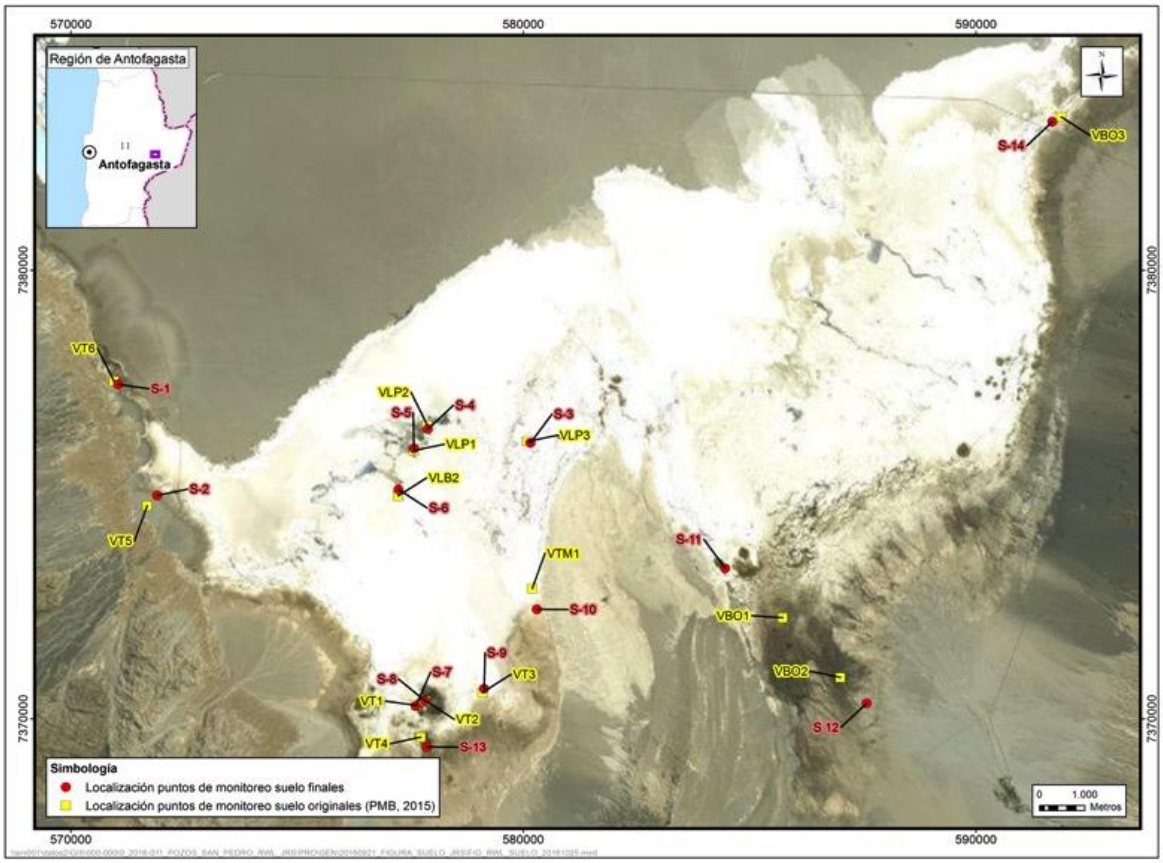
Tabla N° 9-1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S). Puntos de muestreo suelo.

Sector	Código Original Punto Muestreo Suelos (PMB, 2015)	ID Punto de Muestreo Suelos PMB[27]	Coordenadas UTM (WGS 84) posición final[28].	
Tilopozo	VT1	S 7	577.628	7.370.028
Tilopozo	VT2	S 8	577.831	7.370.399
Tilopozo	VT3	S 9	579.132	7.370.673
Tilopozo	VT4	S 13	577.870	7.369.378
Tilopozo	VT5	S 2	571.909	7.374.983
Tilopozo	VT6	S 1	571.048	7.377.456
La Punta	VLP1	S 5	577.586	7.376.028
La Punta	VLP2	S 4	577.889	7.376.463
La Punta	VLP3	S 3	580.159	7.376.154
La Brava	VLB2	S 6	577.240	7.375.111
Peine	VB01	S 11	584.461	7.373.360
Peine	VB02	S 12	587.586	7.370.350
Peine	VB03	S 14	591.689	7.383.312
Peine	VTM1	S 10	580.299	7.372.443

Fuente: Elaboración Propia.

[27] En cada punto de muestreo se toman dos muestras S N-1 y S N-2, colectando la primera en superficial y la segunda en profundidad
[28] Ubicación de puntos de muestreo desde RCA 21/2016

Figura N° 9-1. Localización original y final de calicatas de monitoreo del componente físico – Suelo en el área de estudio, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración Propia

9.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

En la **Tabla N° 9-2** se presentan los parámetros a caracterizar para evaluar el estado y evolución del componente suelo, de acuerdo con los compromisos adquiridos.

Tabla N° 9-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo.

Parámetro	Unidad medida
pH	Unidades de pH
Conductividad eléctrica	µS/cm
Materia orgánica	%
Nitrógeno (N)	mg/kg
Fósforo (P)	mg/kg
Potasio (K)	mg/kg

Parámetro	Unidad medida
Humedad	%
Conductividad hidráulica (permeabilidad)" k"	cm/hr
Textura (Soil Survey Staff.)	---
Salinidad	mg/kg

Durante la toma de muestras de suelos, en caso de interceptar el nivel freático, se registra su profundidad.

9.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

9.1.4.1 Metodología in situ

En terreno, el muestreo lo realiza la ETFA ANAM S.A., donde en cada uno de los puntos de muestreo, se realizan calicatas cuya profundidad varía en función de la homogeneidad del horizonte a muestrear, con una profundidad máxima alcanzada o de trabajo de 105 cm y 110 cm para el monitoreo de invierno (M19) y de verano (M20) respectivamente.

Cabe destacar que, aun cuando en la metodología original indicada en el Plan de Manejo Biótico, se definían dos profundidades de muestreo (i.e. una primera muestra a los 30 cm y una segunda a los 60 cm), se estimó según juicio experto, en terreno y en observación de las calicatas, que esto último podría inducir a que se tomaran dos muestras del mismo estrato u horizonte, o que se dejara de muestrear estratos u horizontes relevantes en el comportamiento del suelo para el desarrollo de la vegetación. Por lo tanto, se efectúa una delimitación de los horizontes o estratos del perfil y se toma la muestra en aquellos suelos que presentan un desarrollo pedogenético. Esto determina que en algunos casos las muestras son tomadas a diferentes profundidades, pero manteniendo el número de 2 muestras por calicata.

Una vez definidos los horizontes o estratos en el perfil de suelo, se procede a extraer las muestras de suelos (aproximadamente 500 gr) a dos profundidades diferentes en cada punto de muestreo y manteniendo dos muestras por punto (horizonte subsuperficial y horizonte inferior). Luego, éstas son etiquetadas y embaladas adecuadamente según procedimientos estándares y enviadas los respectivos laboratorios. Durante la realización del muestreo en terreno, se registra la ausencia o presencia de nivel freático en la profundidad de excavación para toma de muestras. Si se verifica la presencia de nivel freático, se registra su profundidad. Se aclara que dicho registro de nivel freático no forma parte del monitoreo de parámetros compromisos ante la SMA, por lo que los resultados de este tienen sólo carácter de información complementaria para caracterización de suelos.

Las muestras para los análisis de nitrógeno y salinidad son enviadas a AGROLAB (No requiere laboratorio ETFA), mientras que, para los análisis de conductividad eléctrica, pH, potasio, humedad y materia orgánica las muestras fueron remitidas a las ETFA ANAM S.A, ALS Life Sciences Chile, Hidrolab y SGS, dado que corresponden a parámetros que deben contar con autorización por parte de la SMA. Por último, el análisis de fósforo fue desarrollado por Hidrolab y la textura estuvo a cargo del laboratorio ALS Life Sciences Chile.

Para el caso de la conductividad hidráulica (No requiere ETFA), estas muestras son enviadas al laboratorio de física de suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile, al igual que en monitoreos anteriores (con la única excepción en M19 en el cual fueron analizadas por ANAM). Para el análisis de conductividad hidráulica - permeabilidad (metodología de permeámetro de carga constante) se toman 10 muestras por punto de muestreo, correspondiendo a cinco (5) muestras en cada profundidad (una con cuatro repeticiones), mediante un tubo de PVC de un diámetro y longitud de 5 cm. Este volumen de suelo es extraído de manera tal que no se afecte la densidad de las muestras, es decir, manteniendo las condiciones originales de terreno.

9.1.4.2 Análisis de laboratorio

Los análisis de las muestras de suelo del monitoreo de invierno 2025 (M19) y verano 2026 (M20) se realizaron en seis laboratorios; cuatro de ellos (ALS Life Sciences Chile, Hidrolab, ANAM S.A, y SGS), se encuentran acreditados como ETFA. Los otros dos laboratorios, que no requieren ser ETFA, dado que las variables analizadas aún no están acreditadas como exigencia de ETFA,[29] son el laboratorio de física de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile (para permeabilidad) y AGROLAB (para N disponible y salinidad). Este último laboratorio, que es específico para análisis de suelo, se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (**Ver Anexo Acreditaciones SMA empresas ETFAs y Anexo 1 Suelos o Sustrato**).

En la **Tabla N° 9-3,** se indican las metodologías utilizadas por los laboratorios para determinar los distintos parámetros evaluados en este subcomponente.

Tabla N° 9-3. Parámetros evaluados y método de análisis para monitoreos M19 y M20. Componente Suelo.

PARÁMETRO	LABORATORIO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Conductividad eléctrica (µS/cm)	ANAM (M19)	MQC000054 rev 5, basado en TMECC, 2002 04.10-A, Extracción sólido-agua, con relación 1:5, Conductímetro

[29] Revisión del listado ETFA 6 de marzo 2023

PARÁMETRO	LABORATORIO	MÉTODO DE ANÁLISIS
	SGS (M20)	I-ENV-LAB-270 Ed00 Basado en INIA 2006
pH	ANAM (M19)	MQC000055, Rev.05, basado en TMECC 04.11-2002
	SGS (M20)	I-ENV-LAB-271 Ed00 Basado en INIA 2006
Materia orgánica (%)	ANAM (M19)	MQC000059 rev 05, basado en TMECC, 2002
	ALS Life Sciences (M20)	QWI-ORG-MORG-01 (Issue A Modification 2). Method based on ASTM D2974
Humedad (%)	ANAM (M19)	MQC000056, Rev.09 basado en Standard Methods for teh Examination of Water and Wastewater Ed. 23, 2017
	Hidrolab (M20)	PFQ-085 Rev.1
Fósforo* (mg/kg)	Hidrolab (M19 Y M20)	CNA 6.1.
Potasio* (mg/kg)	ANAM (M19 Y M20)	3120. B. Inductively Coupled Plasma (ICP) Method.
Nitrógeno *(mg/kg)	AGROLAB (M19 Y M20)	Digestión Kjeldahl modificada. Procedimiento de CNA - Método 14.1-N(1)
Conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h)	ANAM (M19)	ASTM_D2434
	Fac. Agronomía - U. de Chile (M20)	Permeámetro de carga constante
Salinidad (mg/kg base seca)	AGROLAB (M19 Y M20)	Extracto de saturación y determinación por espectrofotometría de absorción atómica con lantano. Procedimiento de CNA - Método 4.2-Ca, Mg, K, Na
Textura	ALS (M19 Y M20)	QWI-IO-TEXT-01 (Issue A Modification 0).

* Para N, P, K, corresponde a concentraciones disponibles, no totales. Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se listan los cambios de laboratorio para todo el período de seguimiento del PMB, de los siguientes parámetros y monitoreos, para ser considerado en el análisis de resultados.

- Conductividad eléctrica y pH: en M2 pasan de DICTUC a ALS Life Sciences Chile, en M17 pasan a ANAM y en M20 pasan a SGS.
- Salinidad: en M2 pasan de DICTUC a AGROLAB y luego permanece sin cambios.
- Materia orgánica: en M2 pasa de DICTUC a SGS; en M7 pasa de SGS a ANAM; en M13 pasa a ALS Life Sciences Chile; en M17 pasa a ANAM y en M20 pasa a ALS Life Sciences Chile.
- Nitrógeno disponible: en M7 pasa de SGS a AGROLAB.
- Potasio disponible: en M7 pasan de SGS a ANAM; en M14 pasan a ALS Life Sciences Chile; y en M17 pasa a ANAM.

- Fósforo disponible: en M7 pasan de SGS a ANAM; en M14 pasan a ALS Life Sciences Chile; y en M17 pasa a Hidrolab.
- Humedad: en M7 pasa de SGS a ANAM; en M13 pasa a ALS Life Sciences Chile; en M17 pasa a ANAM; y en M20 pasa a Hidrolab.
- Textura: en M2 pasa de SGS a AGROLAB y en M13 pasa a ALS Life Sciences Chile.
- Conductividad hidráulica se realiza en el laboratorio de la Facultad de Agronomía - U. de Chile, con la única excepción en M19 que se realizó en ANAM.

9.1.4.3 Análisis de resultados

Finalmente, se realiza el análisis en gabinete, donde se procesan los datos de laboratorio y se comparan con los rangos (de referencia) establecidos para el monitoreo edáfico.

9.1.4.4 Materiales y equipos utilizados

Los materiales y/o equipos utilizados en el monitoreo, para el muestreo, son:

- Pala
- Picota
- Chuzo
- Guantes
- Cuchillo
- Pala jardinera
- Espátula
- Bolsas de plástico
- Tubos de PVC

El transporte de las muestras a los laboratorios se realizó en cajas de plástico, siendo enviadas vía transporte terrestre.

9.1.5 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El periodo reportado en el presente informe anual corresponde al monitoreo semestral de invierno realizado entre los 25 al 29 de agosto de 2025, llamado en adelante Monitoreo 19 (M19), como también la campaña semestral de verano, realizada entre los días 17 al 20 de marzo de 2026, denominada en adelante Monitoreo 20 (M20).

9.2 RESULTADOS

9.2.1 Resultados campaña de invierno 2025 (M19)

A continuación, se presentan los resultados agrupados de acuerdo con el tipo de análisis y toma de datos desarrollados. Los resultados se ordenan por sector y luego por estrata dentro de cada Punto de Muestreo.

- Conductividad Eléctrica, Salinidad, pH
- Materia Orgánica y Nutrientes (Nitrógeno, Potasio y Fósforo disponibles)
- Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático.

9.2.1.1 Conductividad Eléctrica, Salinidad y pH

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para **Conductividad Eléctrica**, **Salinidad** y **pH**. Monitoreo Invierno 2025, tabulados para cada punto de muestreo, y agrupados por sector. Cada punto de muestreo se separa en dos estratas, que se indican por medio de un guion en cada punto (ej. S 3-1 y S 3-2).

Tabla N° 9-4. Conductividad Eléctrica, Salinidad y pH. Monitoreo Invierno 2025.

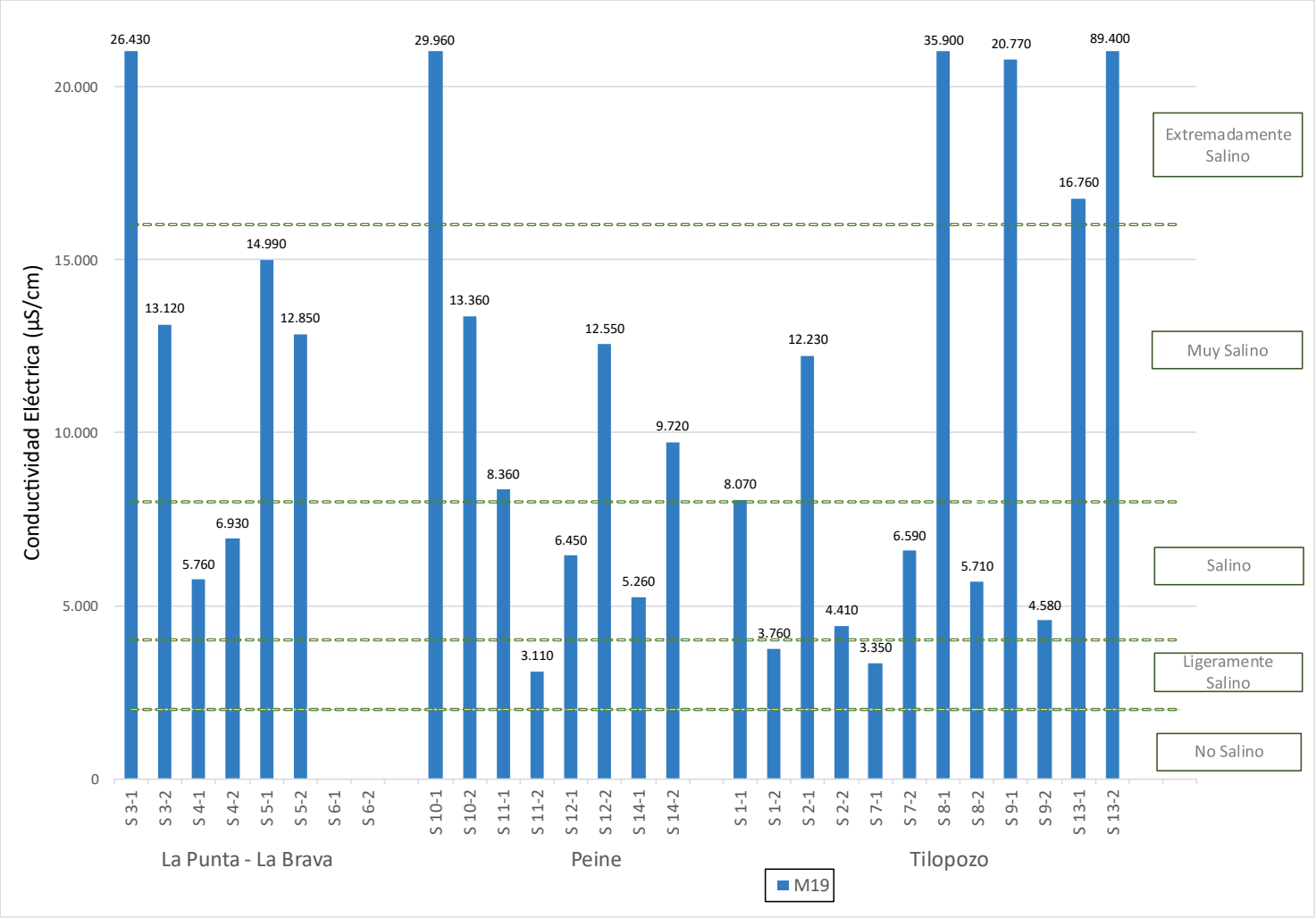
Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad eléctrica		Salinidad	pH	
		Valor (µS/cm)	Categoría	Valor (mg/kg)	Valor	Categoría
La Punta - La Brava	S 3-1	26.430	Extremadamente salino	29.186	8,2	Moderadamente alcalino
	S 3-2	13.120	Muy salino	13.079	8,2	Moderadamente alcalino
	S 4-1	5.760	Salino	13.828	8,9	Ligeramente alcalino
	S 4-2	6.930	Salino	9.860	8,6	Ligeramente alcalino
	S 5-1	14.990	Muy salino	17.562	8,6	Ligeramente alcalino
	S 5-2	12.850	Muy salino	22.441	8,5	Moderadamente alcalino
	S 6-1	Sin muestra por falta de acceso				
	S 6-2					
Peine	S 10-1	29.660	Extremadamente salino	47.531	9,3	Alcalino
	S 10-2	13.360	Muy salino	21.807	9,2	Alcalino
	S 11-1	8.360	Muy salino	12.065	8,4	Moderadamente alcalino
	S 11-2	3.110	Ligeramente salino	5.852	8,5	Moderadamente alcalino
	S 12-1	6.450	Salino	16.110	9,4	Alcalino
	S 12-2	12.550	Muy salino	18.706	9,3	Alcalino
	S 14-1	5.260	Salino	11.886	8,9	Ligeramente alcalino

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad eléctrica		Salinidad	pH	
		Valor (µS/cm)	Categoría	Valor (mg/kg)	Valor	Categoría
	S 14-2	9.720	Muy salino	8.859	8,6	Ligeramente alcalino
Tilopozo	S 1-1	8.070	Muy salino	21.537	9,4	Alcalino
	S 1-2	3.760	Ligeramente salino	4.880	9,2	Alcalino
	S 2-1	12.230	Muy salino	13.592	9,2	Alcalino
	S 2-2	4.410	Salino	2.555	9,2	Alcalino
	S 7-1	3.350	Ligeramente salino	55.938	8,5	Moderadamente alcalino
	S 7-2	6.590	Salino	14.291	8,9	Ligeramente alcalino
	S 8-1	35.900	Extremadamente salino	73.857	8,2	Moderadamente alcalino
	S 8-2	5.710	Salino	12.313	8,5	Moderadamente alcalino
	S 9-1	20.770	Extremadamente salino	28.617	8,3	Moderadamente alcalino
	S 9-2	4.580	Salino	5.404	8,9	Ligeramente alcalino
	S 13-1	16.760	Extremadamente salino	17.444	9,2	Alcalino
	S 13-2	89.400	Extremadamente salino	4.570	8,9	Ligeramente alcalino

Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1_Suelos _PMB_Anual N10.

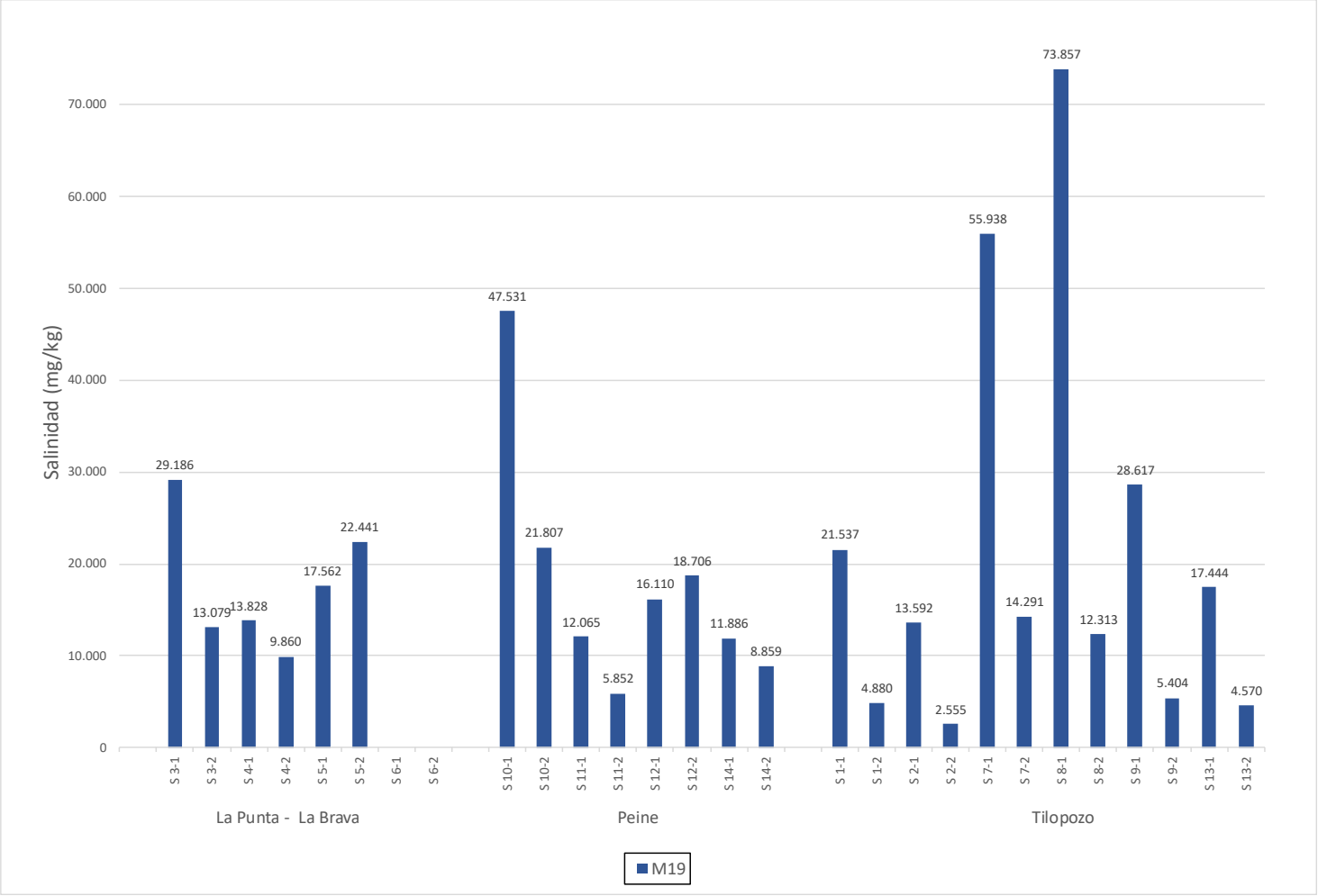
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-2. Resultados Conductividad Eléctrica, Campaña Invierno M19.



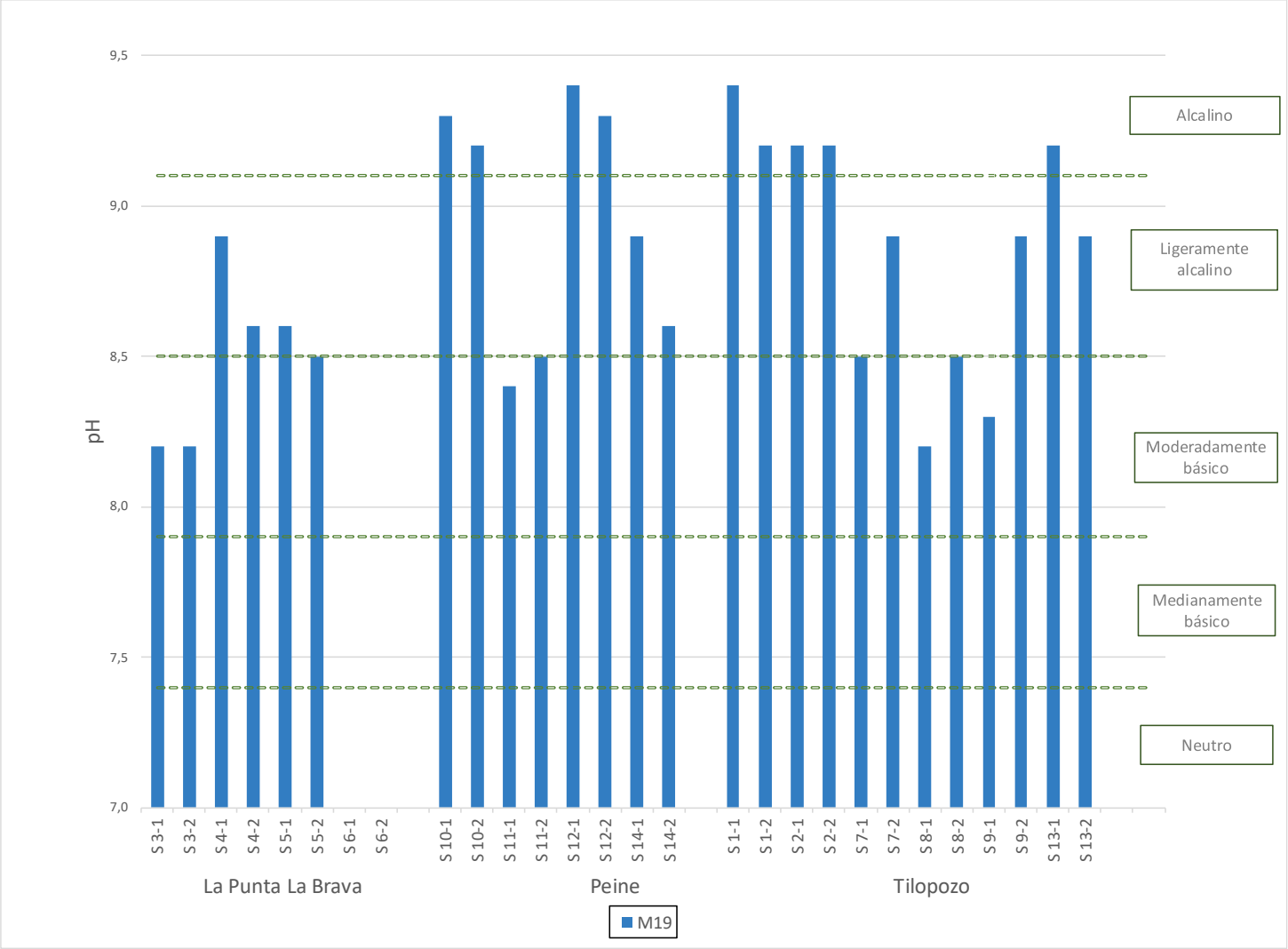
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-3. Resultados Salinidad, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-4. Resultados pH, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

9.2.1.2 Materia Orgánica y Nutrientes (Nitrógeno, Potasio y Fósforo disponibles)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para **Materia Orgánica, Nitrógeno, Potasio y Fósforo disponibles** para el Monitoreo Invierno 2025, tabulados para cada punto de muestreo, y agrupados por sector. Cada punto de muestreo se separa en dos estratas, que se indican por medio de un guion en cada punto.

Tabla N° 9-5. Materia Orgánica y Nitrógeno disponible. Invierno 2025 (M19).

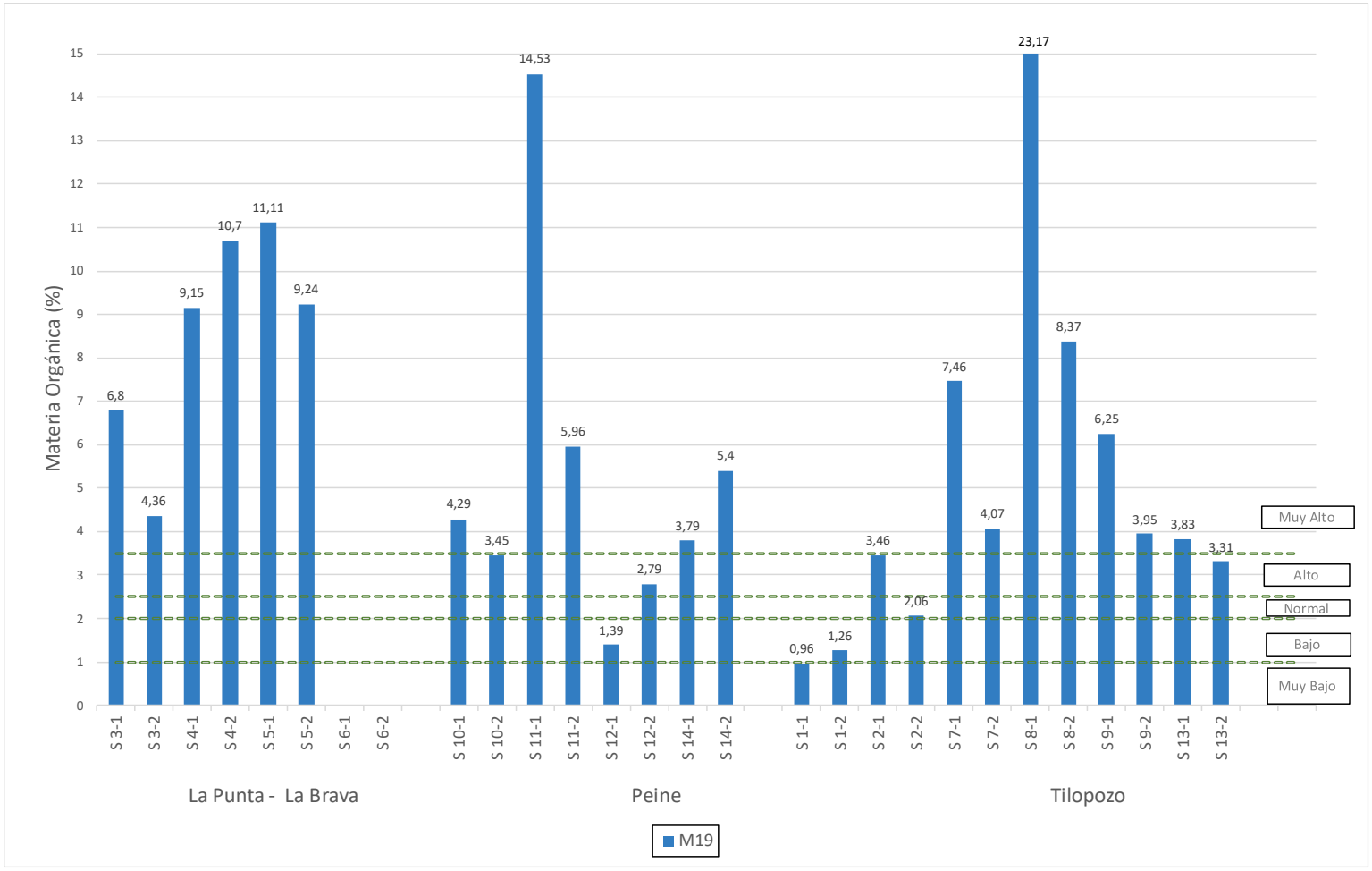
Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Materia orgánica		Nitrógeno disponible	
		Valor (%)	Categoría	Valor (mg/kg)	Categoría
La Punta - La Brava	S 3-1	6,8	Muy alto	26	Normal
	S 3-2	4,36	Muy alto	28	Normal
	S 4-1	9,15	Muy alto	42	Alto
	S 4-2	10,7	Muy alto	55	Alto
	S 5-1	11,11	Muy alto	57	Alto
	S 5-2	9,24	Muy alto	45	Alto
	S 6-1	Sin muestra por falta de acceso.			
	S 6-2				
Peine	S 10-1	4,29	Muy alto	20	Bajo
	S 10-2	3,45	Alto	30	Normal
	S 11-1	14,53	Muy alto	72	Muy alto
	S 11-2	5,96	Muy alto	48	Alto
	S 12-1	1,39	Bajo	21	Normal
	S 12-2	2,79	Alto	29	Normal
	S 14-1	3,79	Muy alto	18	Bajo
	S 14-2	5,4	Muy alto	27	Normal
Tilopozo	S 1-1	0,96	Muy bajo	18	Bajo
	S 1-2	1,26	Bajo	19	Bajo
	S 2-1	3,46	Alto	16	Bajo
	S 2-2	2,06	Normal	15	Bajo
	S 7-1	7,46	Muy alto	41	Alto
	S 7-2	4,07	Muy alto	28	Normal
	S 8-1	23,17	Muy alto	77	Muy alto
	S 8-2	8,37	Muy alto	54	Alto
	S 9-1	6,25	Muy alto	29	Normal

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Materia orgánica		Nitrógeno disponible	
		Valor (%)	Categoría	Valor (mg/kg)	Categoría
	S 9-2	3,95	Muy alto	22	Normal
	S 13-1	3,83	Muy alto	25	Normal
	S 13-2	3,31	Alto	32	Normal

Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1_Suelos_ PMB_Anual N10.

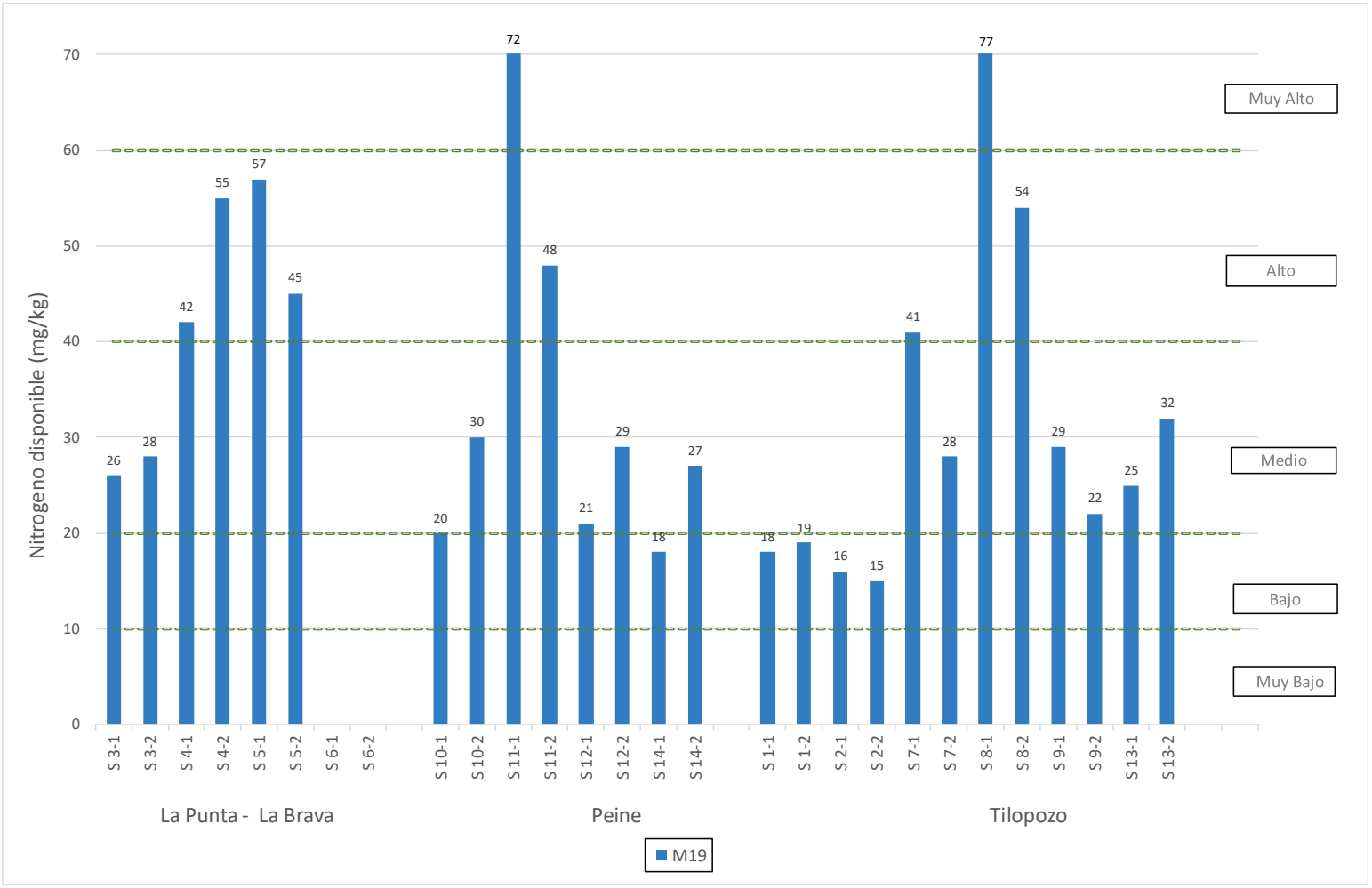
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-5. Resultados Materia Orgánica, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-6. Resultados Nitrógeno disponible, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

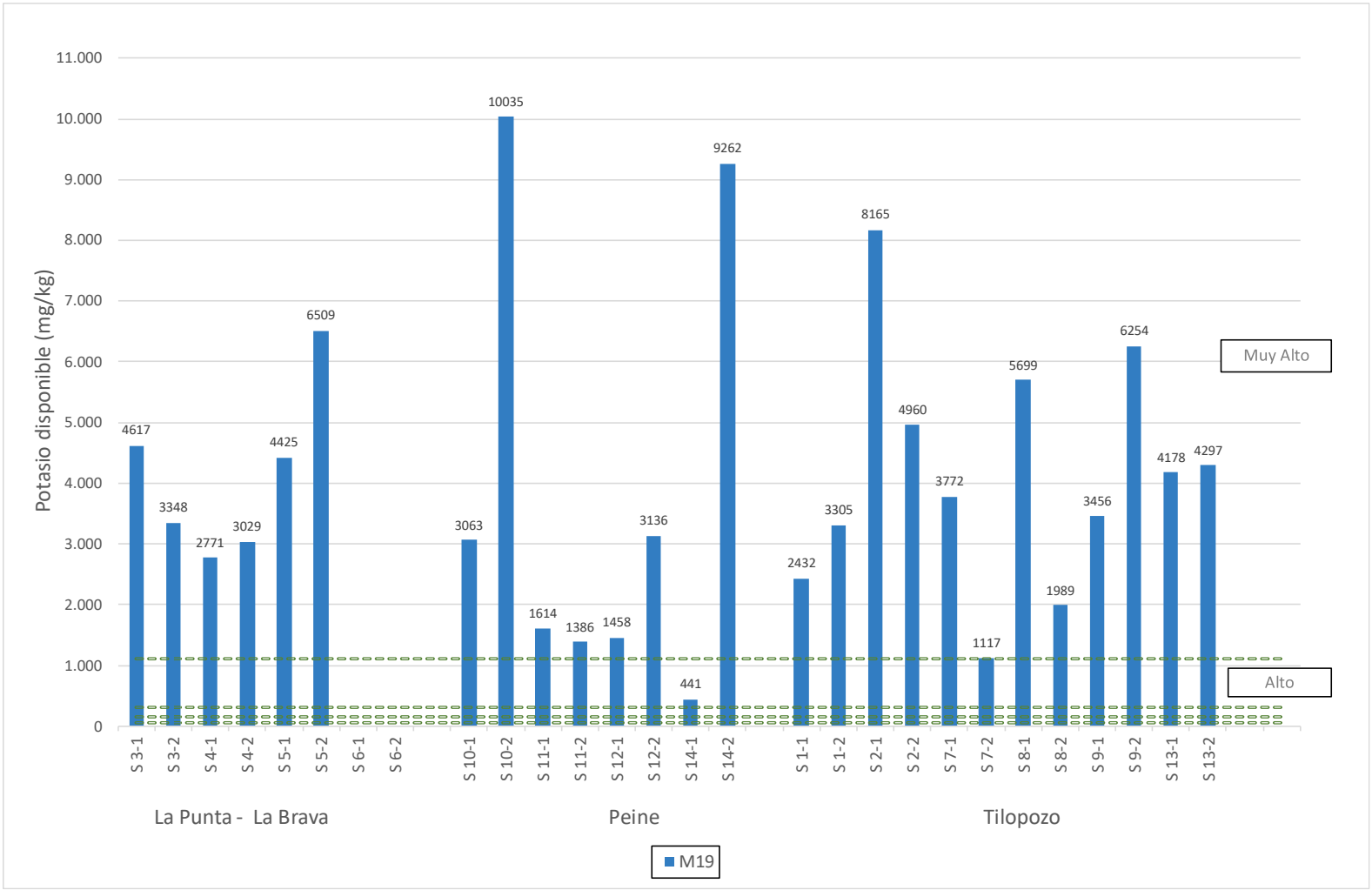
Tabla N° 9-6. Potasio y Fósforo disponibles. Invierno 2025 (M19).

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Potasio disponible		Fósforo disponible	
		Valor (mg/kg)	Categoría	Valor (mg/kg)	Categoría
La Punta - La Brava	S 3-1	4617	Muy alto	20,2	Alto
	S 3-2	3348	Muy alto	20,7	Alto
	S 4-1	2771	Muy alto	12,8	Medio
	S 4-2	3029	Muy alto	22,6	Alto
	S 5-1	4425	Muy alto	21	Alto
	S 5-2	6509	Muy alto	21,7	Alto
	S 6-1	Sin muestra por falta de acceso.			
	S 6-2				
Peine	S 10-1	3063	Muy alto	10,8	Medio
	S 10-2	10035	Muy alto	18,1	Medio
	S 11-1	1614	Muy alto	39,3	Muy alto
	S 11-2	1386	Muy alto	24,7	Alto
	S 12-1	1458	Muy alto	12,7	Medio
	S 12-2	3136	Muy alto	12,3	Medio
	S 14-1	441	Alto	14,6	Medio
	S 14-2	9262	Muy alto	22	Alto
Tilopozo	S 1-1	2432	Muy alto	16,4	Medio
	S 1-2	3305	Muy alto	12,4	Medio
	S 2-1	8165	Muy alto	13,4	Medio
	S 2-2	4960	Muy alto	14,3	Medio
	S 7-1	3772	Muy alto	24,2	Alto
	S 7-2	1117	Muy alto	23,9	Alto
	S 8-1	5699	Muy alto	33,8	Muy alto
	S 8-2	1989	Muy alto	20,6	Alto
	S 9-1	3456	Muy alto	24,9	Alto
	S 9-2	6254	Muy alto	21,4	Alto
	S 13-1	4178	Muy alto	15,6	Medio
	S 13-2	4297	Muy alto	13,5	Medio

. Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1_Suelos_ PMB_Anual N10.

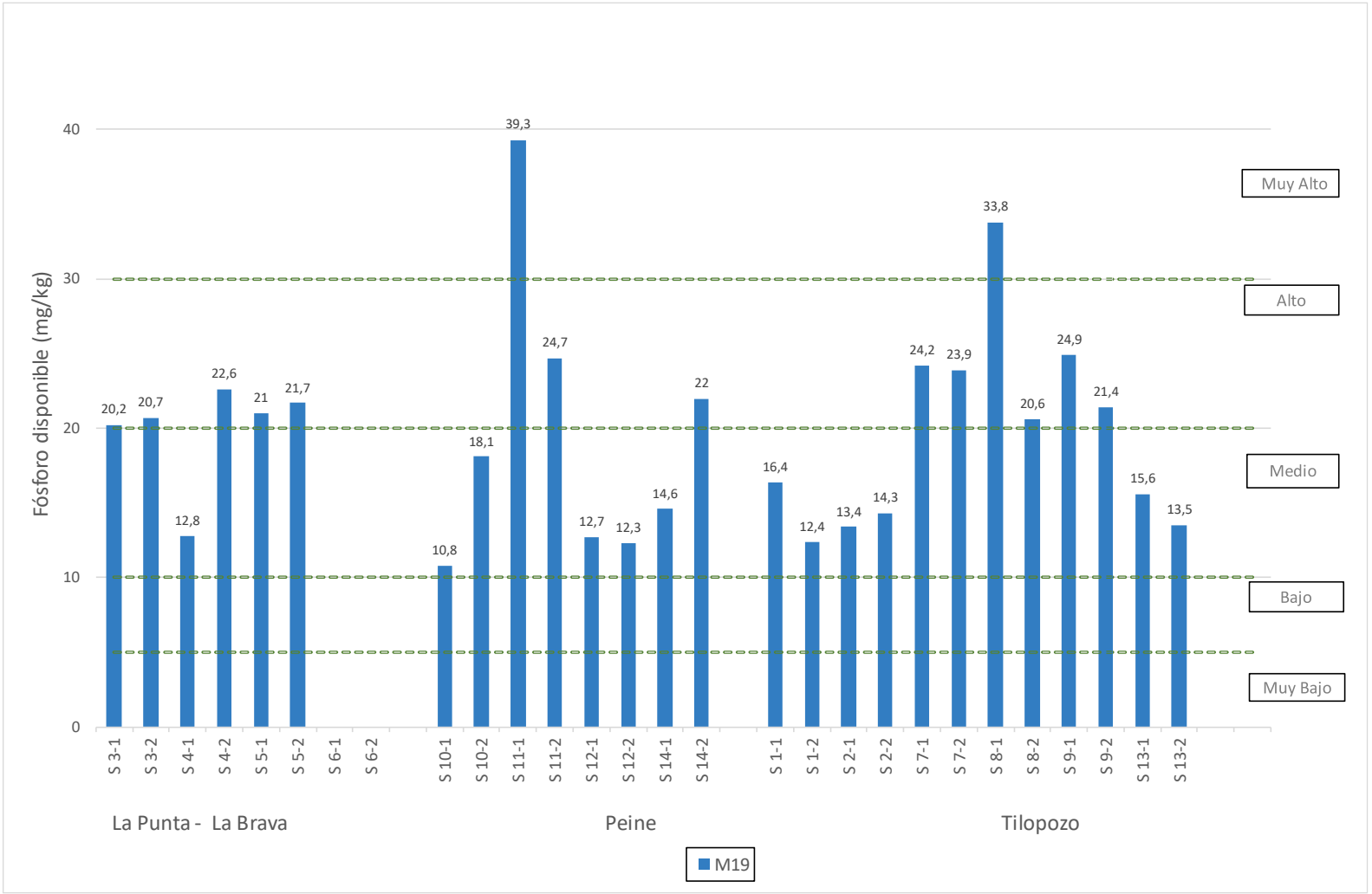
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-7. Resultados Potasio disponible, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-8. Resultados Fósforo disponible, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

9.2.1.3 Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para **Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático** disponibles para el Monitoreo Invierno 2025, tabulados para cada punto de muestreo, y agrupados por sector. Cada punto de muestreo se separa en dos estratas, que se indican por medio de un guion en cada punto, excepto para Nivel freático, que presenta una medida por cada punto de muestreo. El valor de Nivel Freático corresponde a lo descrito en terreno al momento de la toma de muestra para cada monitoreo.

Tabla N° 9-7. Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático. Invierno 2025.

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad hidráulica		Humedad	Clase textural		Nivel Freático
		Valor (cm/hr)	Categoría	Valor (%)	Clase (*)	Categoría	Profundidad (cm)
La Punta - La Brava	S 3-1	9,4	Alto	60,6	a	Gruesa	60
	S 3-2	5,3	Alto	49,2	FAa	Moderadamente fina	
	S 4-1	24,6	Alto	31,3	a	Gruesa	37
	S 4-2	27,1	Alto	40,2	Aa	Fina	
	S 5-1	126,3	Muy alto	44,2	Fa	Moderadamente gruesa	10
	S 5-2	12,6	Alto	55,7	Aa	Fina	
	S 6-1	Sin muestra por falta de acceso.					
	S 6-2						
Peine	S 10-1	1.132,7	Muy alto	16,8	FAa	Moderadamente fina	96
	S 10-2	1,4	Medio	33,2	aF	Gruesa	
	S 11-1	7,3	Alto	66,5	aF	Gruesa	57
	S 11-2	6,6	Alto	49,0	FAa	Moderadamente fina	
	S 12-1	93,4	Muy alto	0,8	FAa	Moderadamente fina	Sin nivel
	S 12-2	(**)		11,9	aF	Gruesa	
	S 14-1	323,3	Muy alto	27,2	FA	Moderadamente fina	39
	S 14-2	13,2	Alto	57,8	a	Gruesa	
Tilopozo	S 1-1	39,7	Muy alto	3,7	FAa	Moderadamente fina	Sin nivel
	S 1-2	15,6	Alto	16,2	a	Gruesa	
	S 2-1	45,2	Muy alto	16,2	Fa	Moderadamente gruesa	Sin nivel
	S 2-2	151,6	Muy alto	18,7	Aa	Fina	
	S 7-1	(**)		43,4	aF	Gruesa	95

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad hidráulica		Humedad	Clase textural		Nivel Freático
		Valor (cm/hr)	Categoría	Valor (%)	Clase (*)	Categoría	Profundidad (cm)
	S 7-2	20,8	Alto	53,6	FAa	Moderadamente fina	
	S 8-1	100,6	Muy alto	62,9	aF	Gruesa	41
	S 8-2	41,0	Muy alto	44,6	FAa	Moderadamente fina	
	S 9-1	84,4	Muy alto	66,4	a	Gruesa	49
	S 9-2	49,8	Muy alto	45,3	aF	Gruesa	
	S 13-1	136,9	Muy alto	25,1	a	Gruesa	77
	S 13-2	61,6	Muy alto	29,9	FAa	Moderadamente fina	

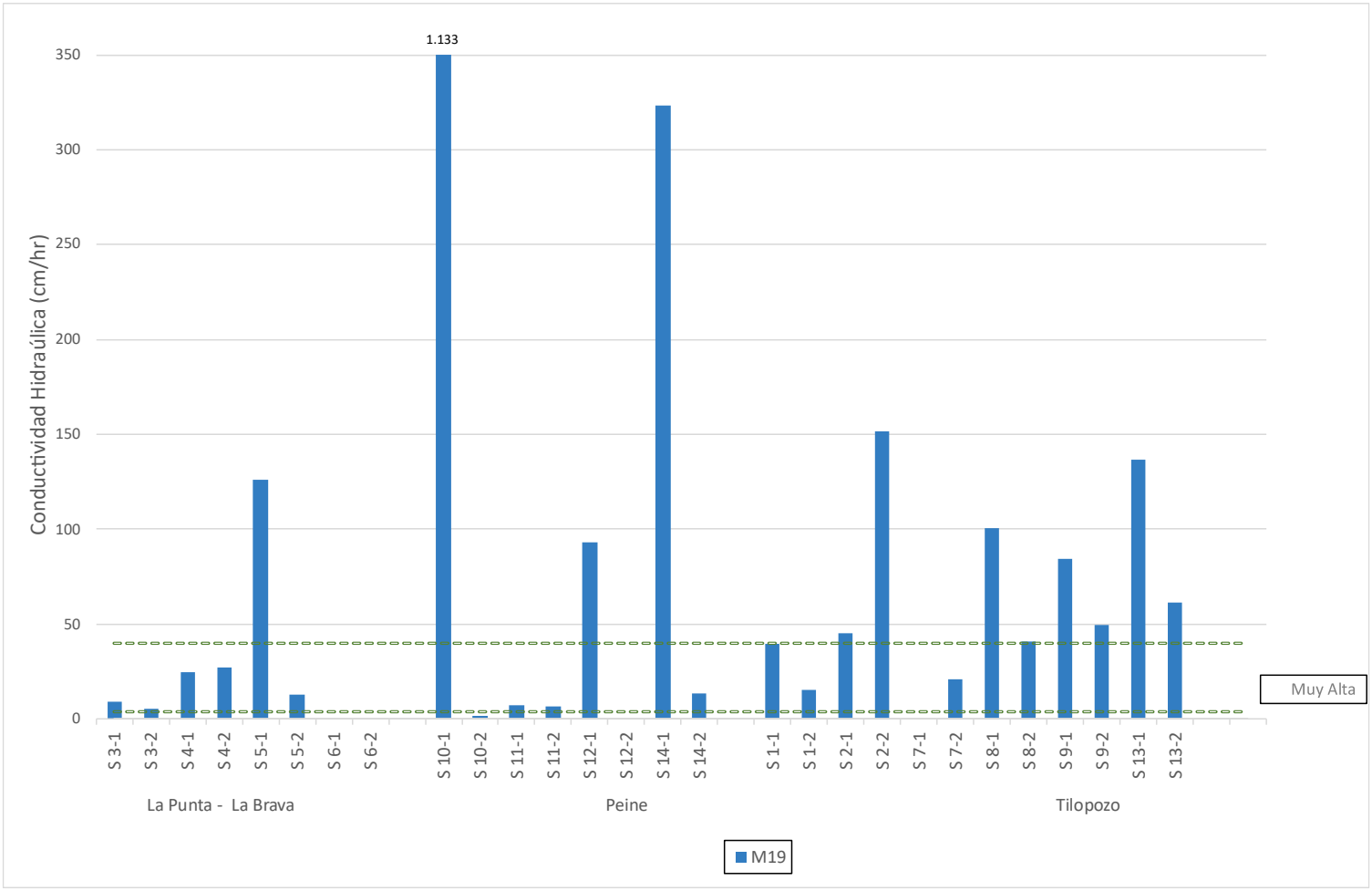
Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio en Anexo 1_Suelos_ PMB_Anual N10. (*) Ver código en Tabla siguiente. (**) Sin resultado de laboratorio.

Tabla N° 9-8. Código textura.

a	Arenosa	Fa	Franco arenosa
A	Arcillosa	FAa	Franco arcillo arenosa
aF	Areno francosa	FAL	Franco arcillo limosa
F	Franca	FL	Franco limosa
FA	Franco arcillosa	L	Limosa
Aa	Arcillo arenosa		

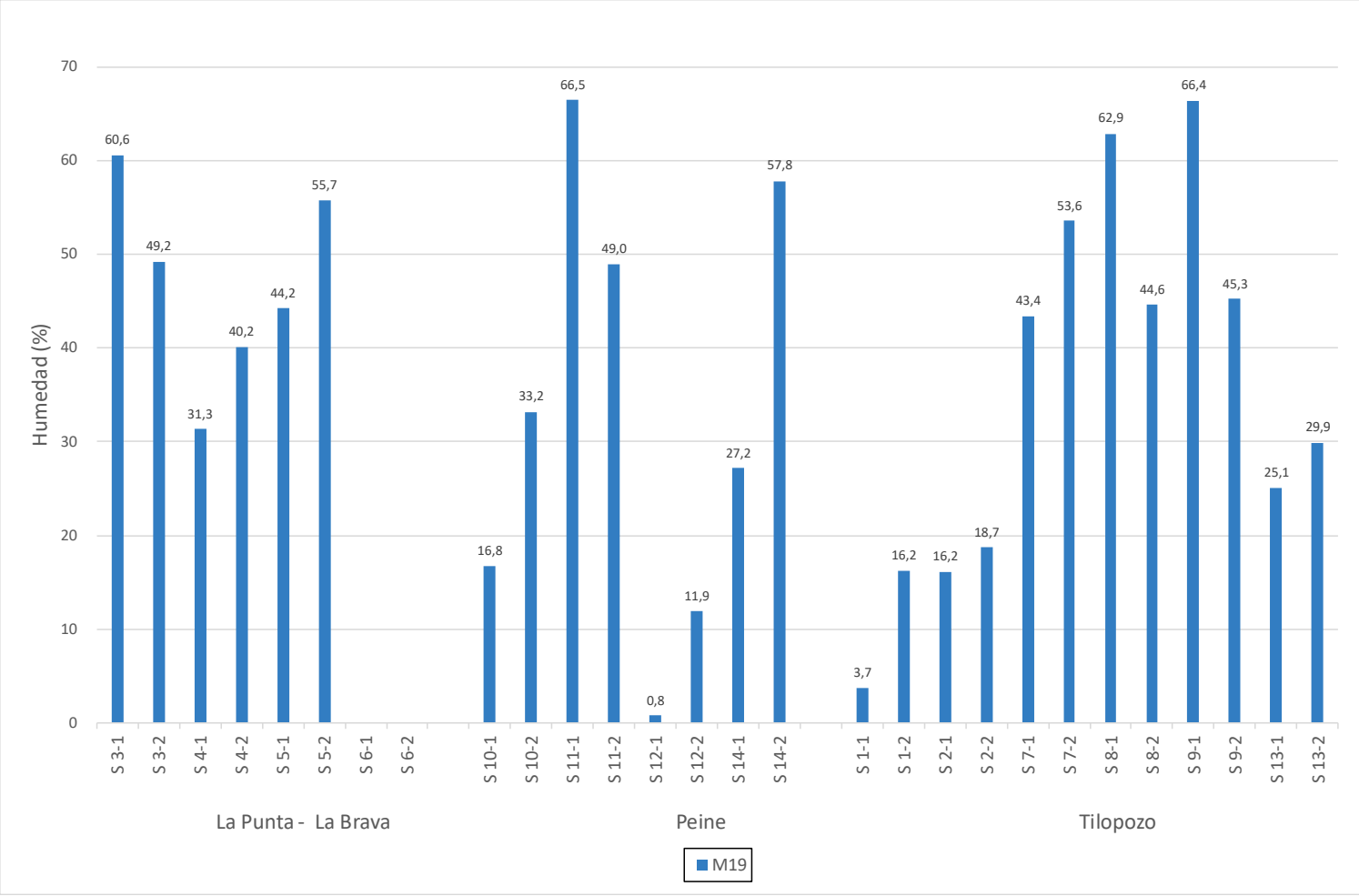
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-9. Resultados Conductividad hidráulica, Campaña Invierno M19.



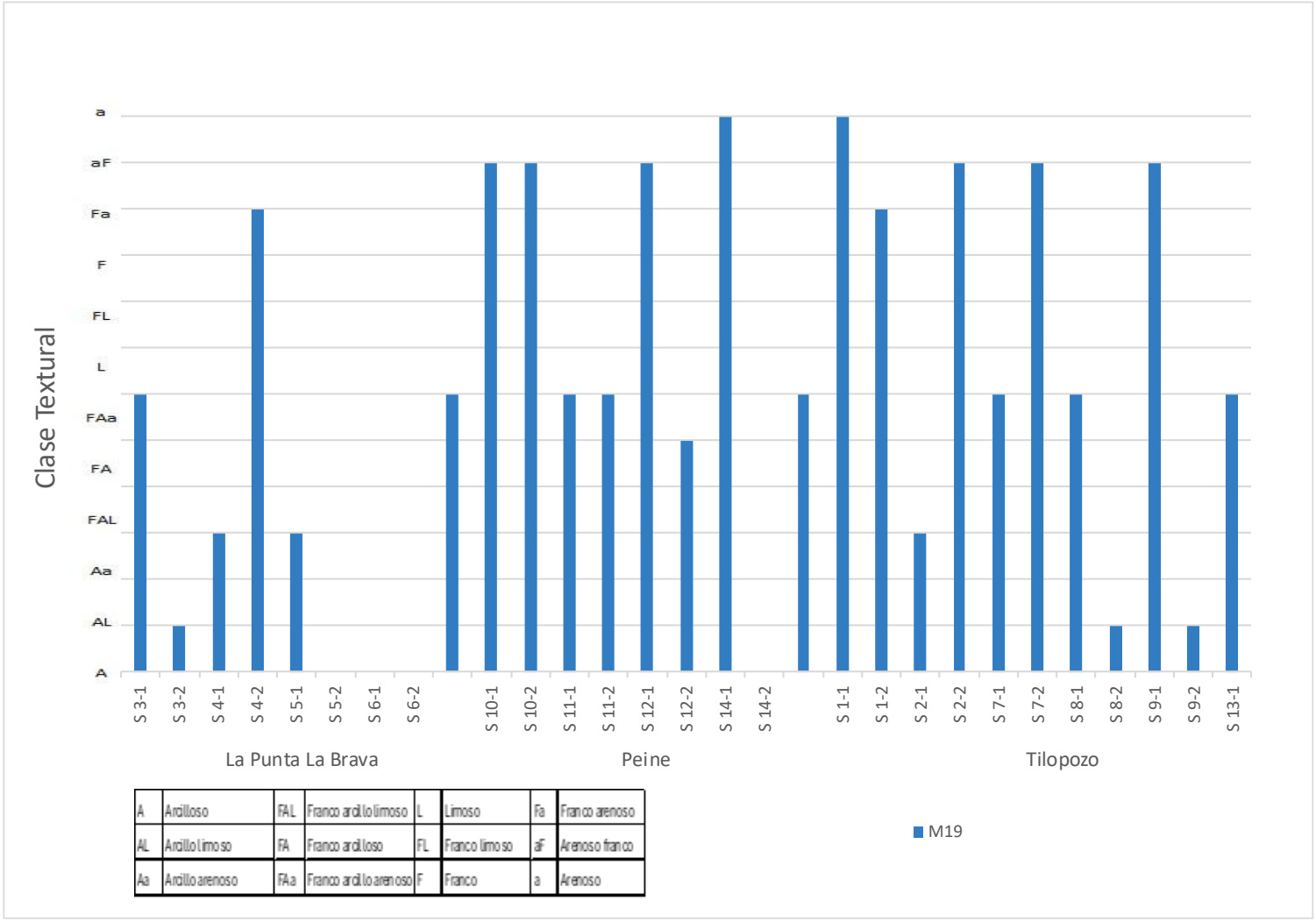
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-10. Resultados Humedad, Campaña Invierno M19.



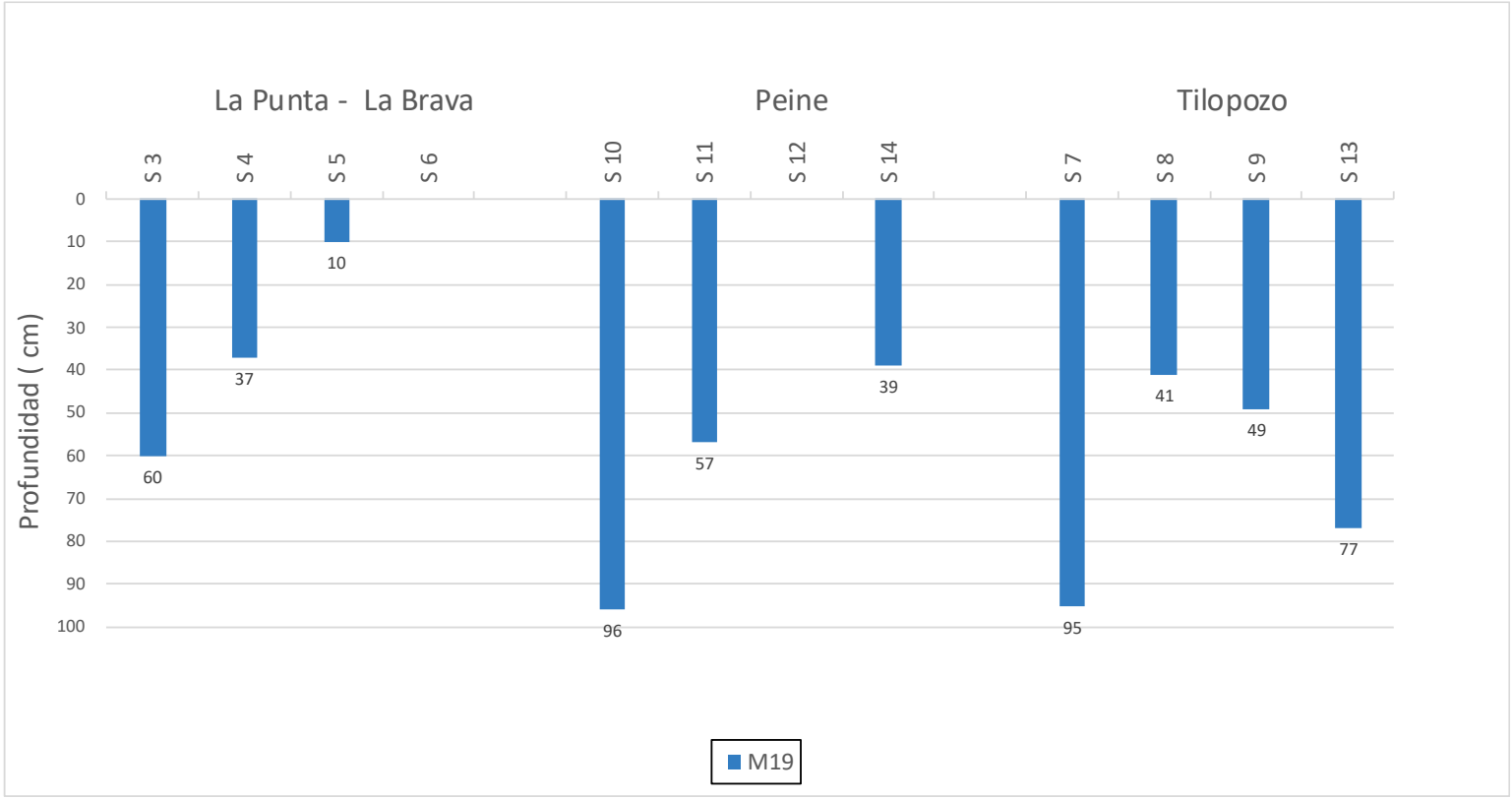
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-11. Resultados Clase textural, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 9-12. Resultados Nivel Freático, Campaña Invierno M19.



Fuente: Elaboración Propia. Monitoreos sin datos corresponden a ausencia de nivel freático (S1 S2 y S12) y S6 (Sin acceso al punto de muestreo).

9.2.2 Resultados campaña de verano 2026 (M20)

A continuación, se presentan los resultados agrupados de acuerdo con el tipo de análisis y toma de datos desarrollados. Los resultados se ordenan por sector y luego por estrata dentro de cada Punto de Muestreo.

- Conductividad Eléctrica, Salinidad, pH
- Materia Orgánica y Nutrientes (Nitrógeno, Potasio y Fósforo disponibles)
- Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático.

9.2.2.1 Conductividad Eléctrica, Salinidad y pH

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para **Conductividad Eléctrica**, **Salinidad** y **pH**. Monitoreo Verano 2026, tabulados para cada punto de muestreo, y agrupados por sector. Cada punto de muestreo se separa en dos estratas, que se indican por medio de un guion en cada punto (ej. S 3-1 y S 3-2).

De manera excepcional, durante el desarrollo de la campaña de verano 2026, la comunidad no autorizó el acceso al sector La Punta-La Brava. A raíz de este hecho, los puntos de este sector, clasificados como S-3, S-4, S-5 y S-6, no presentan resultados y el análisis de este informe se centra solamente en los sectores de Peine y Tilopozo. En el Anexo 1 Suelos o Sustrato se adjuntan los comentarios del equipo a cargo del muestreo en terreno que detallan la situación antes descrita.

Tabla N° 9-9. Conductividad Eléctrica, Salinidad y pH. Monitoreo Verano 2026.

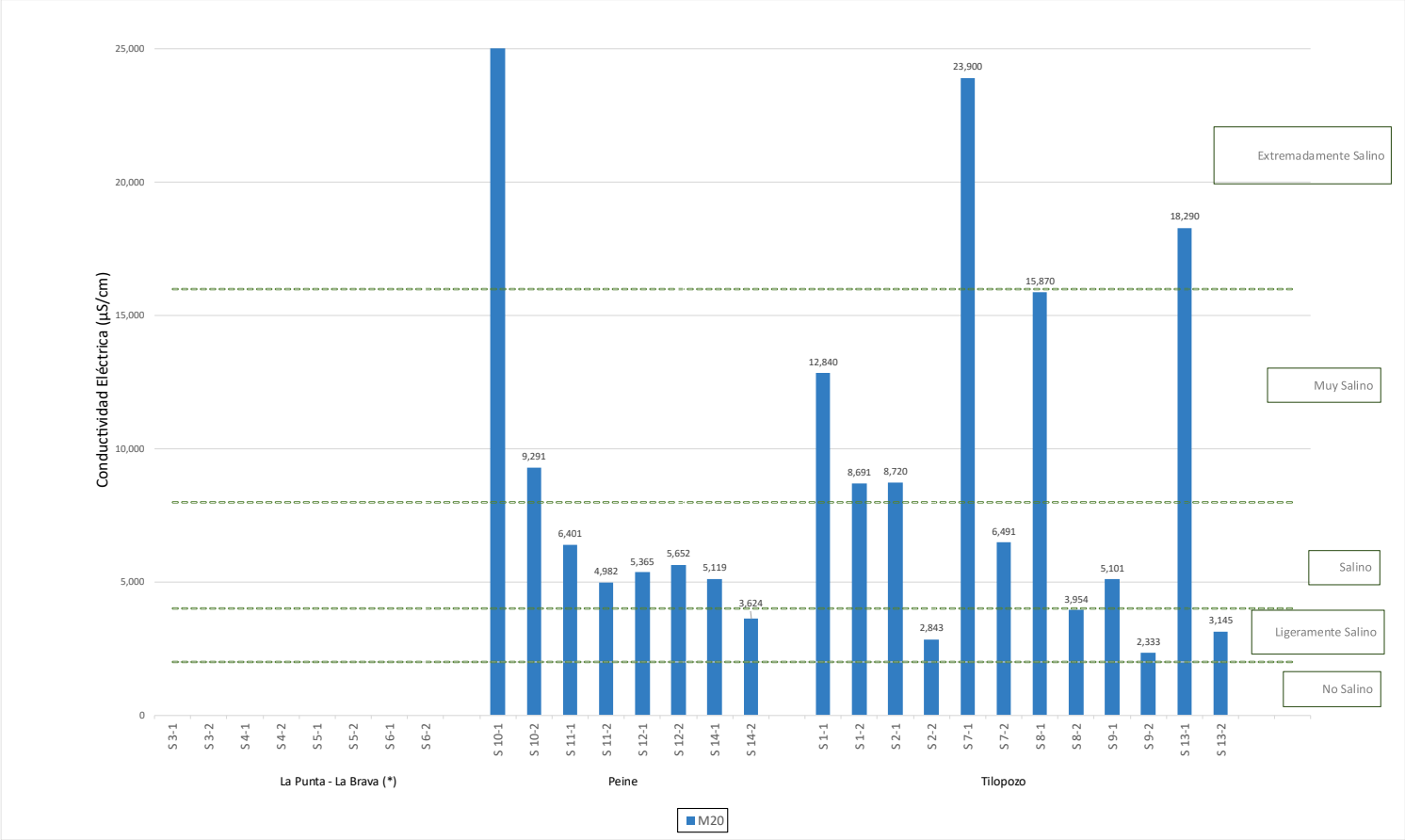
Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad eléctrica		Salinidad	pH	
		Valor (µS/cm)	Categoría	Valor (mg/kg)	Valor	Categoría
La Punta - La Brava	S 3-1	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 3-2	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 4-1	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 4-2	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 5-1	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 5-2	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 6-1	No muestreado (*)		(*)	No muestreado (*)	(*)
	S 6-2	No muestreado (*)	(*)	(*)	No muestreado (*)	-

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad eléctrica		Salinidad	pH	
		Valor (µS/cm)	Categoría	Valor (mg/kg)	Valor	Categoría
Peine	S 10-1	41.640	Extremadamente salino	54.404	8,3	Moderadamente básico
	S 10-2	9.291	Muy salino	14.596	8,5	Moderadamente básico
	S 11-1	6.401	Salino	25.681	7,9	Medianamente básico
	S 11-2	4.982	Salino	15.542	7,8	Medianamente básico
	S 12-1	5.365	Salino	5.808	7,7	Medianamente básico
	S 12-2	5.652	Salino	5.785	7,8	Medianamente básico
	S 14-1	5.119	Salino	5.573	8,4	Moderadamente básico
	S 14-2	3.624	Ligeramente salino	14.210	8,2	Moderadamente básico
Tilopozo	S 1-1	12.840	Muy salino	19.052	8,3	Moderadamente básico
	S 1-2	8.691	Muy salino	13.984	8,8	Ligeramente alcalino
	S 2-1	8.720	Muy salino	13.875	8,3	Moderadamente básico
	S 2-2	2.843	Ligeramente salino	3.559	8,6	Ligeramente alcalino
	S 7-1	23.900	Extremadamente salino	48.476	8,5	Moderadamente básico
	S 7-2	6.491	Salino	17.895	8,7	Ligeramente alcalino
	S 8-1	15.870	Muy salino	55.231	8,2	Moderadamente básico
	S 8-2	3.954	Ligeramente salino	9.719	8,6	Ligeramente alcalino
	S 9-1	5.101	Salino	21.081	9,2	Alcalino
	S 9-2	2.333	Ligeramente salino	5.420	8,7	Ligeramente básico
	S 13-1	18.290	Extremadamente salino	20.743	8,1	Moderadamente básico
	S 13-2	3.145	Ligeramente salino	1.749	8,3	Moderadamente básico

Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1_Suelos_PMB_Anual N10. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

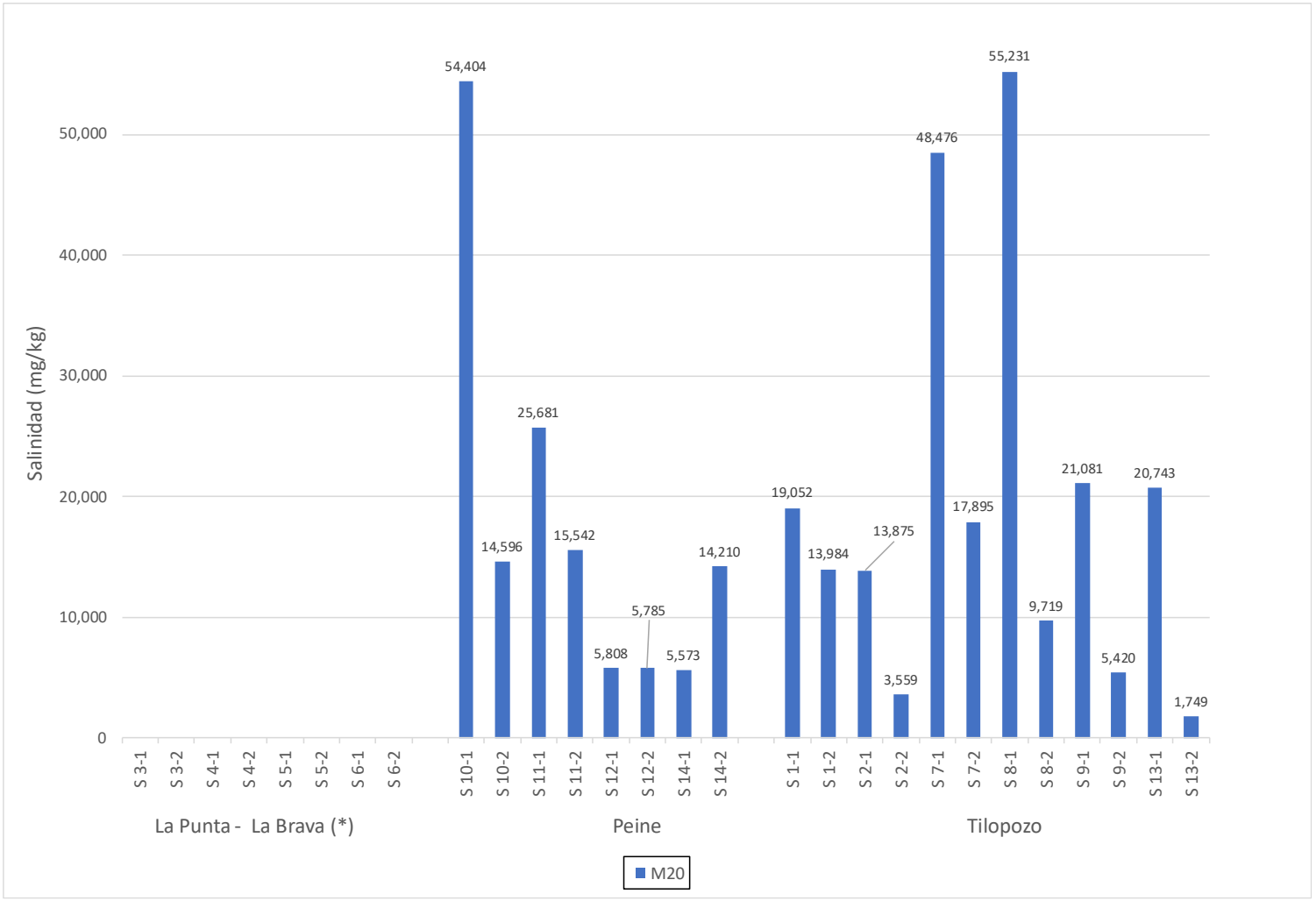
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-13. Resultados Conductividad Eléctrica, Campaña Verano M20.



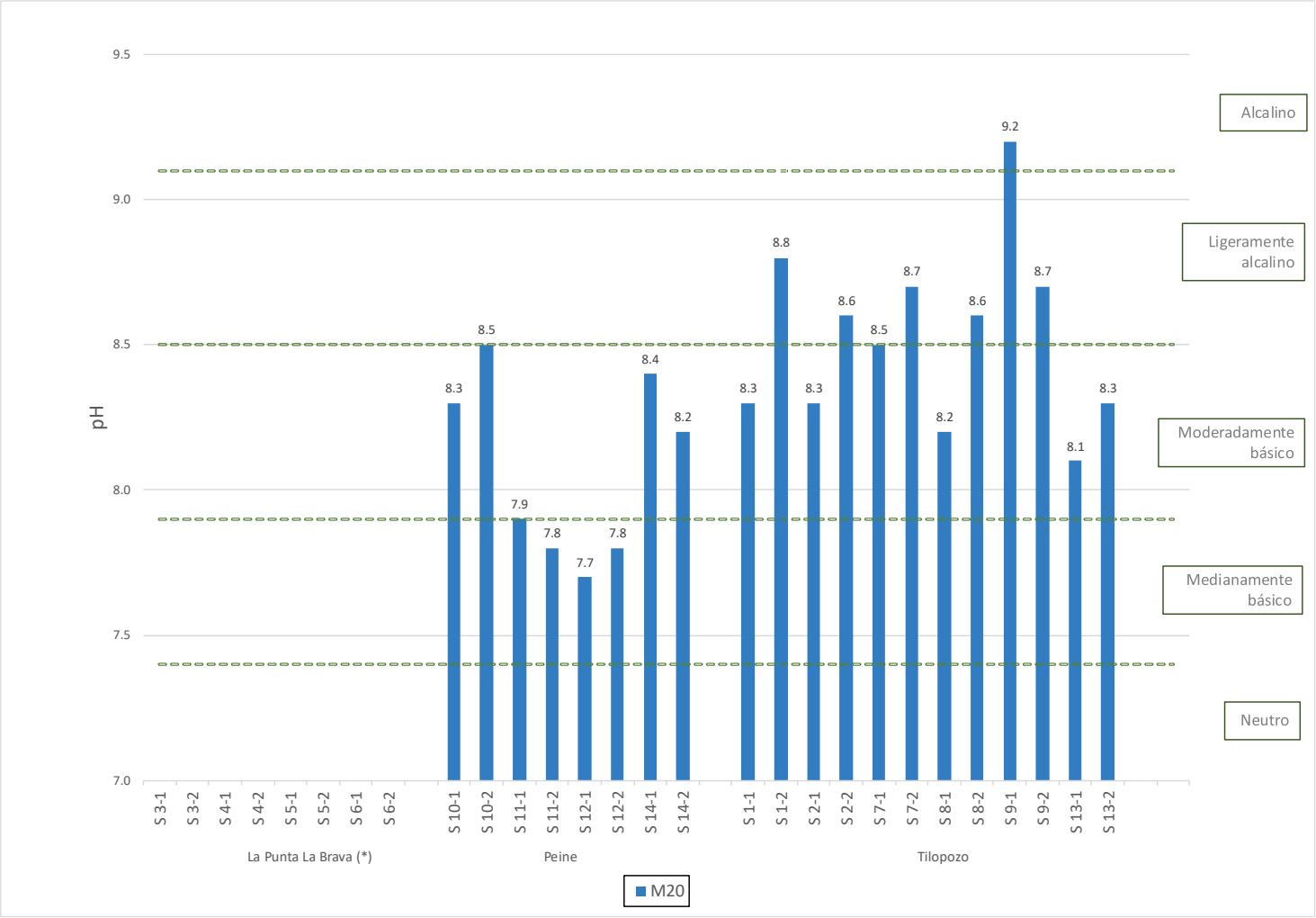
Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-14. Resultados Salinidad, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-15. Resultados pH, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

9.2.2.2 Materia Orgánica y Nutrientes (Nitrógeno, Potasio y Fósforo disponibles)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para **Materia Orgánica, Nitrógeno, Potasio y Fósforo disponibles** para el Monitoreo Verano 2026, tabulados para cada punto de muestreo, y agrupados por sector. Cada punto de muestreo se separa en dos estratas, que se indican por medio de un guion en cada punto.

Tabla N° 9-10. Materia Orgánica y Nitrógeno disponible Verano 2026.

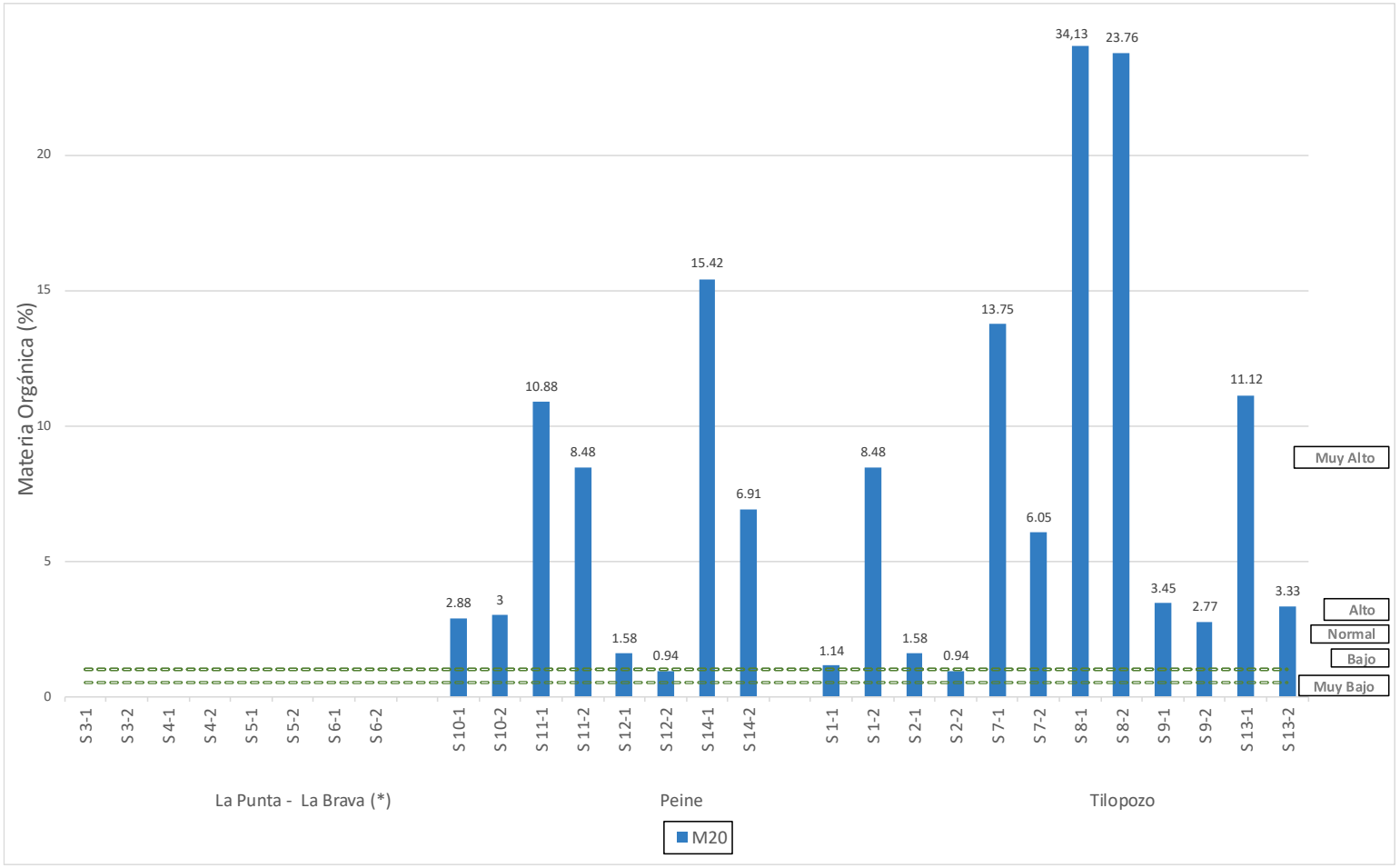
Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Materia orgánica		Nitrógeno disponible	
		Valor (%)	Categoría	Valor (mg/kg)	Categoría
La Punta - La Brava	S 3-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 3-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 4-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 4-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 5-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 5-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 6-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 6-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
Peine	S 10-1	2,88	Alto	21	Normal
	S 10-2	3	Alto	25	Normal
	S 11-1	10,88	Muy alto	52	Alto
	S 11-2	8,48	Muy alto	47	Alto
	S 12-1	1,58	Bajo	25	Normal
	S 12-2	0,94	Muy bajo	22	Normal
	S 14-1	15,42	Muy alto	18	Bajo
	S 14-2	6,91	Muy alto	34	Normal
Tilopozo	S 1-1	1,14	Bajo	21	Normal
	S 1-2	8,48	Muy alto	19	Bajo
	S 2-1	1,58	Bajo	22	Normal
	S 2-2	0,94	Muy bajo	20	Bajo
	S 7-1	13,75	Muy alto	45	Alto
	S 7-2	6,05	Muy alto	38	Normal
	S 8-1	34,13	Muy alto	118	Muy alto
	S 8-2	23,76	Muy alto	48	Alto
	S 9-1	3,45	Alto	28	Normal

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Materia orgánica		Nitrógeno disponible	
		Valor (%)	Categoría	Valor (mg/kg)	Categoría
	S 9-2	2,77	Alto	26	Normal
	S 13-1	11,12	Muy alto	29	Normal
	S 13-2	3,33	Alto	31	Normal

Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1_Suelos_PMB_Anual N10. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

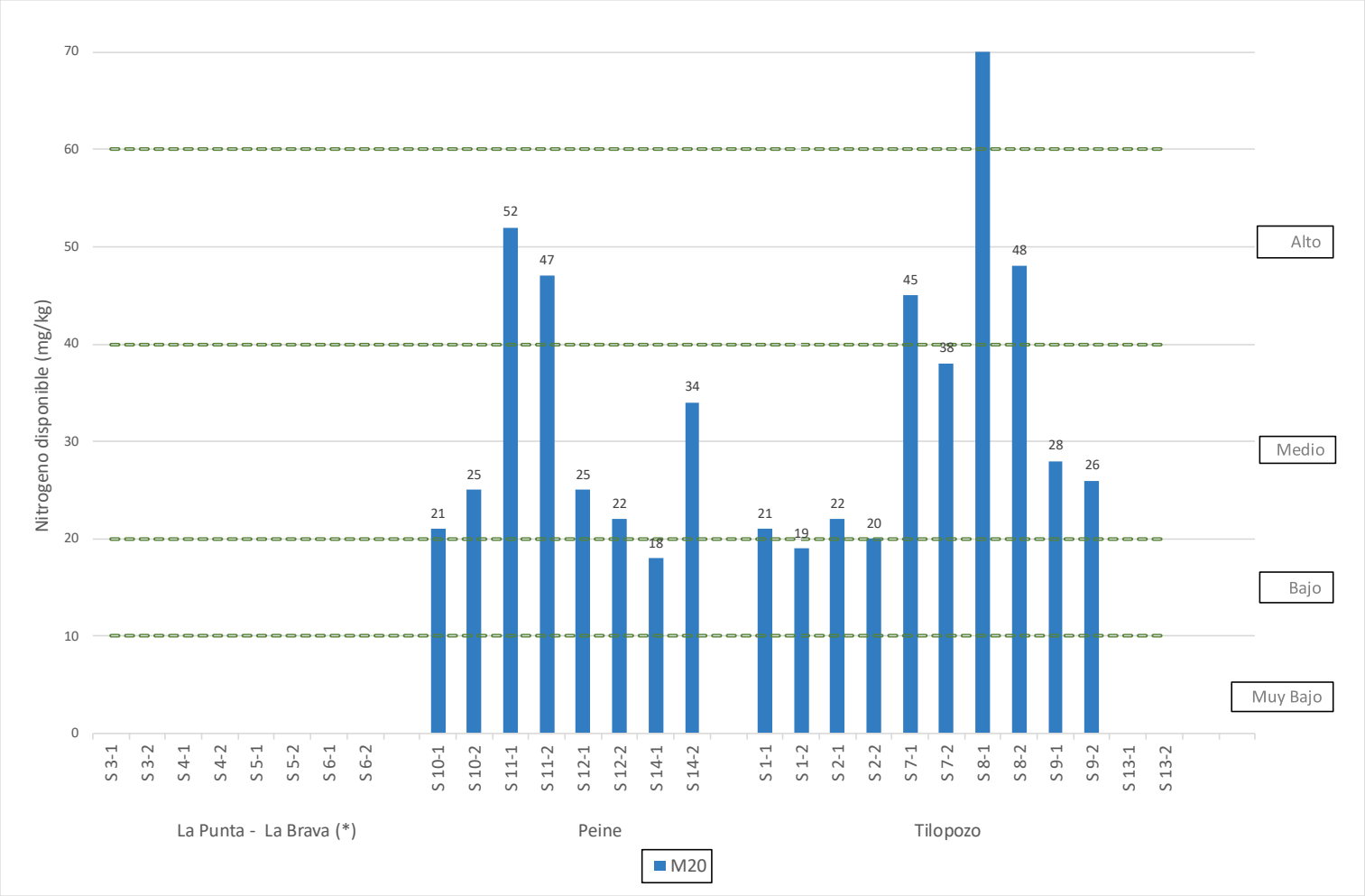
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-16. Resultados Materia Orgánica, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-17. Resultados Nitrógeno disponible, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

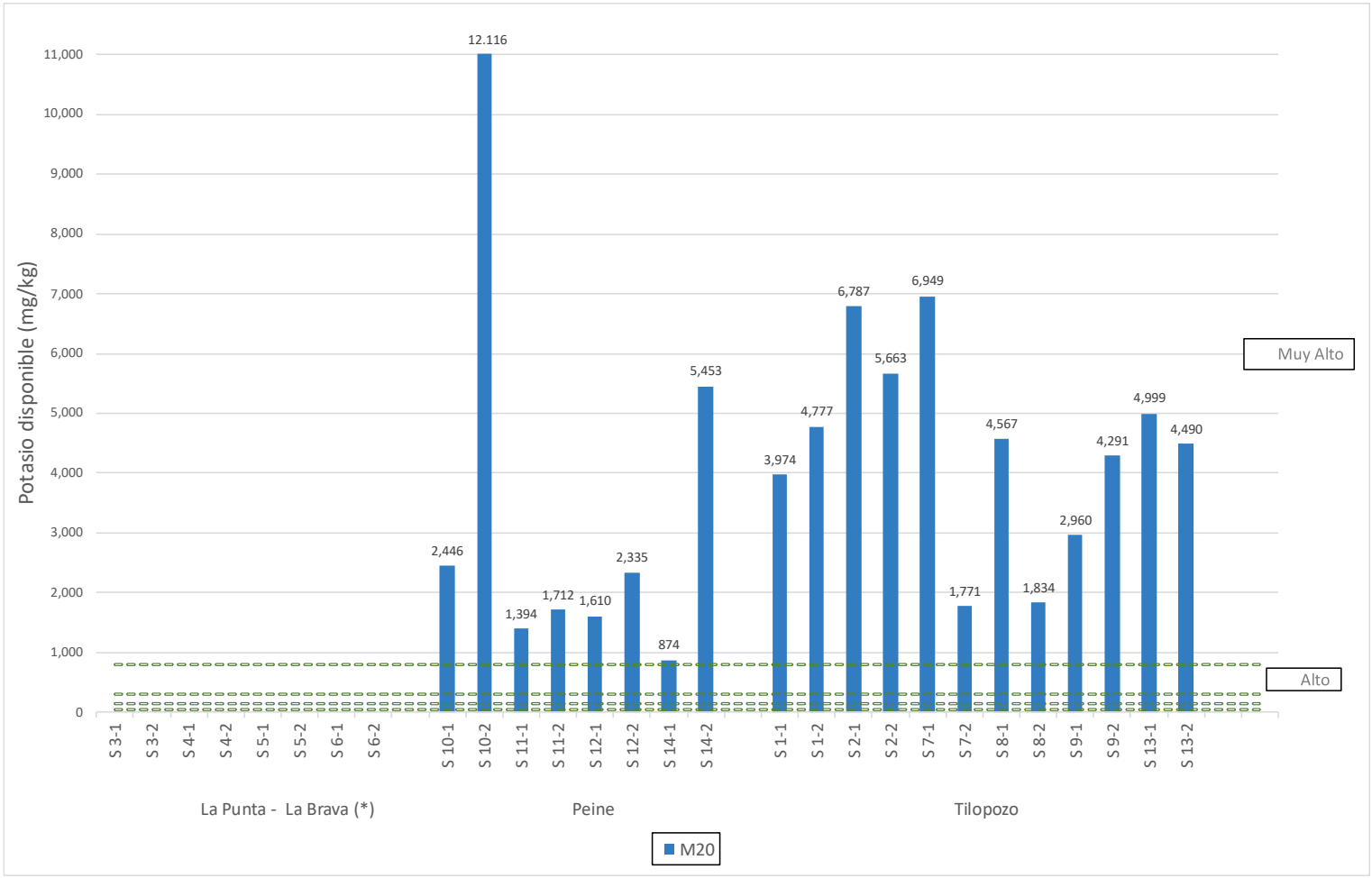
Tabla N° 9-11. Potasio y Fósforo disponibles. Verano 2026.

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Potasio disponible		Fósforo disponible	
		Valor (mg/kg)	Categoría	Valor (mg/kg)	Categoría
La Punta - La Brava	S 3-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 3-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 4-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 4-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 5-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 5-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 6-1	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
	S 6-2	No muestreado (*)	-	No muestreado (*)	-
Peine	S 10-1	2446	Muy alto	12,3	Medio
	S 10-2	12116	Muy alto	18,1	Medio
	S 11-1	1394	Muy alto	30,3	Muy alto
	S 11-2	1712	Muy alto	20,1	Alto
	S 12-1	1610	Muy alto	9,8	Bajo
	S 12-2	2335	Muy alto	10,5	Medio
	S 14-1	874	Muy alto	11,3	Medio
	S 14-2	5453	Muy alto	24,7	Alto
Tilopozo	S 1-1	3974	Muy alto	12,4	Medio
	S 1-2	4777	Muy alto	13	Medio
	S 2-1	6787	Muy alto	9,6	Bajo
	S 2-2	5663	Muy alto	11,8	Medio
	S 7-1	6949	Muy alto	18,4	Medio
	S 7-2	1771	Muy alto	33,5	Muy alto
	S 8-1	4567	Muy alto	38,9	Muy alto
	S 8-2	1834	Muy alto	29,5	Alto
	S 9-1	2960	Muy alto	33,8	Muy alto
	S 9-2	4291	Muy alto	32	Muy alto
	S 13-1	4999	Muy alto	14,1	Medio
	S 13-2	4490	Muy alto	11,9	Medio

Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1 Suelos_PMB_Anual_N10. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

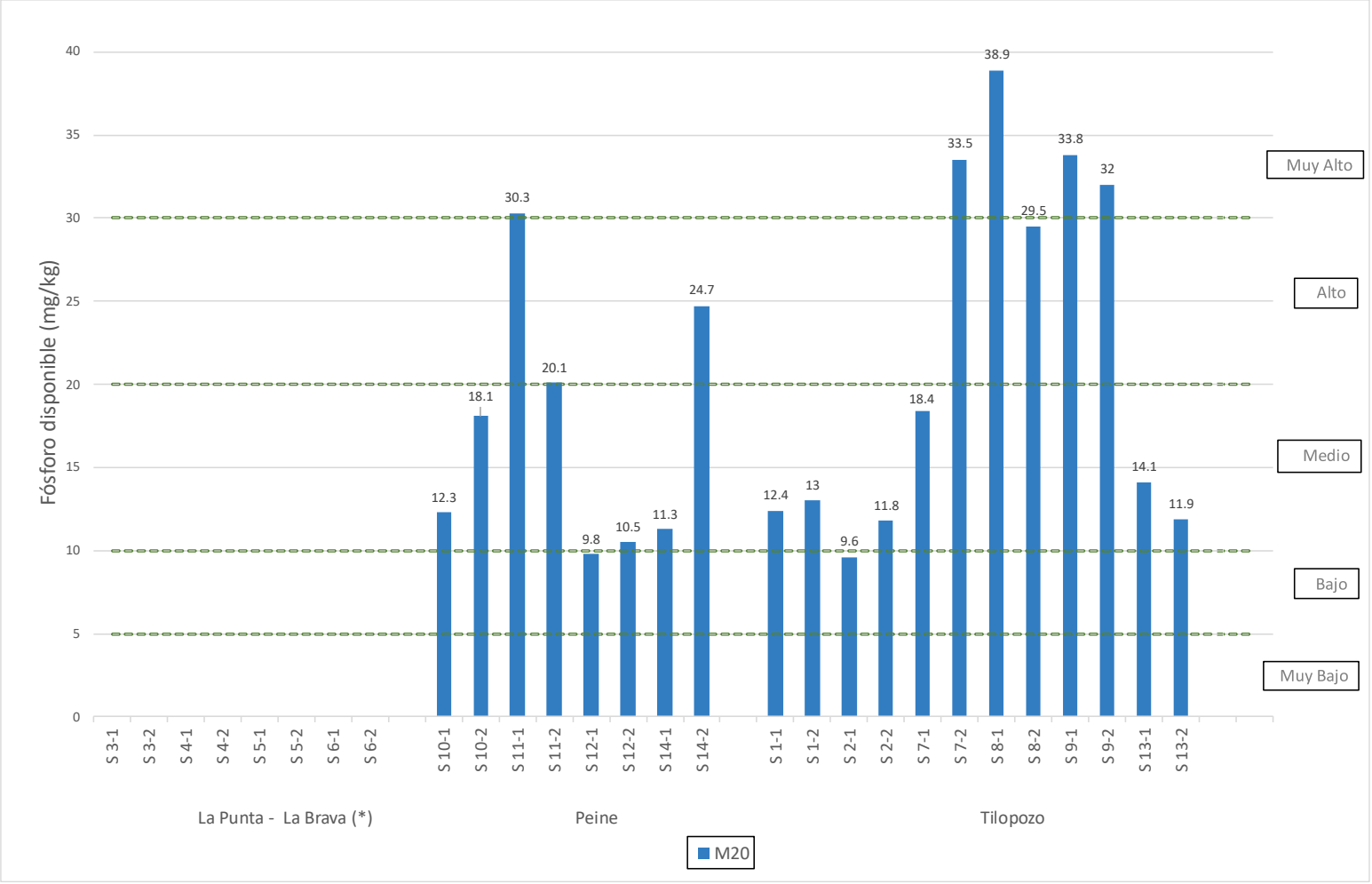
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-18. Resultados Potasio disponible, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-19. Resultados Fósforo disponible, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

9.2.2.3 Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para **Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático** disponibles para el Monitoreo Verano 2026, tabulados para cada punto de muestreo, y agrupados por sector. Cada punto de muestreo se separa en dos estratas, que se indican por medio de un guion en cada punto, excepto para Nivel freático, que presenta una medida por cada punto de muestreo. El valor de Nivel Freático corresponde a lo descrito en terreno al momento de la toma de muestra para cada monitoreo.

Tabla N° 9-12. Conductividad Hidráulica, Humedad, Textura y Nivel Freático. Verano 2026.

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad hidráulica		Humedad	Clase textural		Nivel Freático
		Valor (cm/hr)	Categoría	Valor (%)	Clase (*)	Categoría	Profundidad (cm)
La Punta - La Brava	S 3-1	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	
	S 3-2	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	
	S 4-1	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	-
	S 4-2	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	
	S 5-1	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	-
	S 5-2	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	
	S 6-1	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	-
	S 6-2	No muestreado (**)	-	No muestreado (**)	No muestreado (**)	-	
Peine	S 10-1	77	Muy alto	8,12	Arenosa	Gruesa	111
	S 10-2	4	Alto	32,1	Arenosa	Gruesa	
	S 11-1	396	Muy alto	66,7	Arenosa	Gruesa	116
	S 11-2	8	Alto	54,2	Arenosa	Gruesa	
	S 12-1	13	Alto	0,76	Arenosa	Gruesa	Ausente
	S 12-2	10	Alto	4,49	Arenosa	Gruesa	
	S 14-1	938	Muy alto	18,8	Arenosa	Gruesa	46
	S 14-2	1.658	Muy alto	57,2	Arenosa	Gruesa	
Tilopozo	S 1-1	496	Muy alto	7,26	Arenosa	Gruesa	Ausente

Sector	Punto de Muestreo - Estrata	Conductividad hidráulica		Humedad	Clase textural		Nivel Freático
		Valor (cm/hr)	Categoría	Valor (%)	Clase (*)	Categoría	Profundidad (cm)
	S 1-2	7	Alto	23,3	Arenosa	Gruesa	
	S 2-1	45	Muy alto	4,59	Arenosa	Gruesa	Ausente
	S 2-2	4	Alto	24,2	Arenosa	Gruesa	
	S 7-1	1.318	Muy alto	34,3	Arenosa	Gruesa	99
	S 7-2	18	Alto	52,9	Arenosa	Gruesa	
	S 8-1	630	Muy alto	62,1	Arenosa	Gruesa	59
	S 8-2	216	Muy alto	50,2	Arenosa	Gruesa	
	S 9-1	23	Alto	60,2	Arenosa	Gruesa	71
	S 9-2	126	Muy alto	46,7	Arenosa	Gruesa	
	S 13-1	951	Muy alto	19	Arenosa	Gruesa	116
	S 13-2	206	Muy alto	23,7	Arenosa	Gruesa	

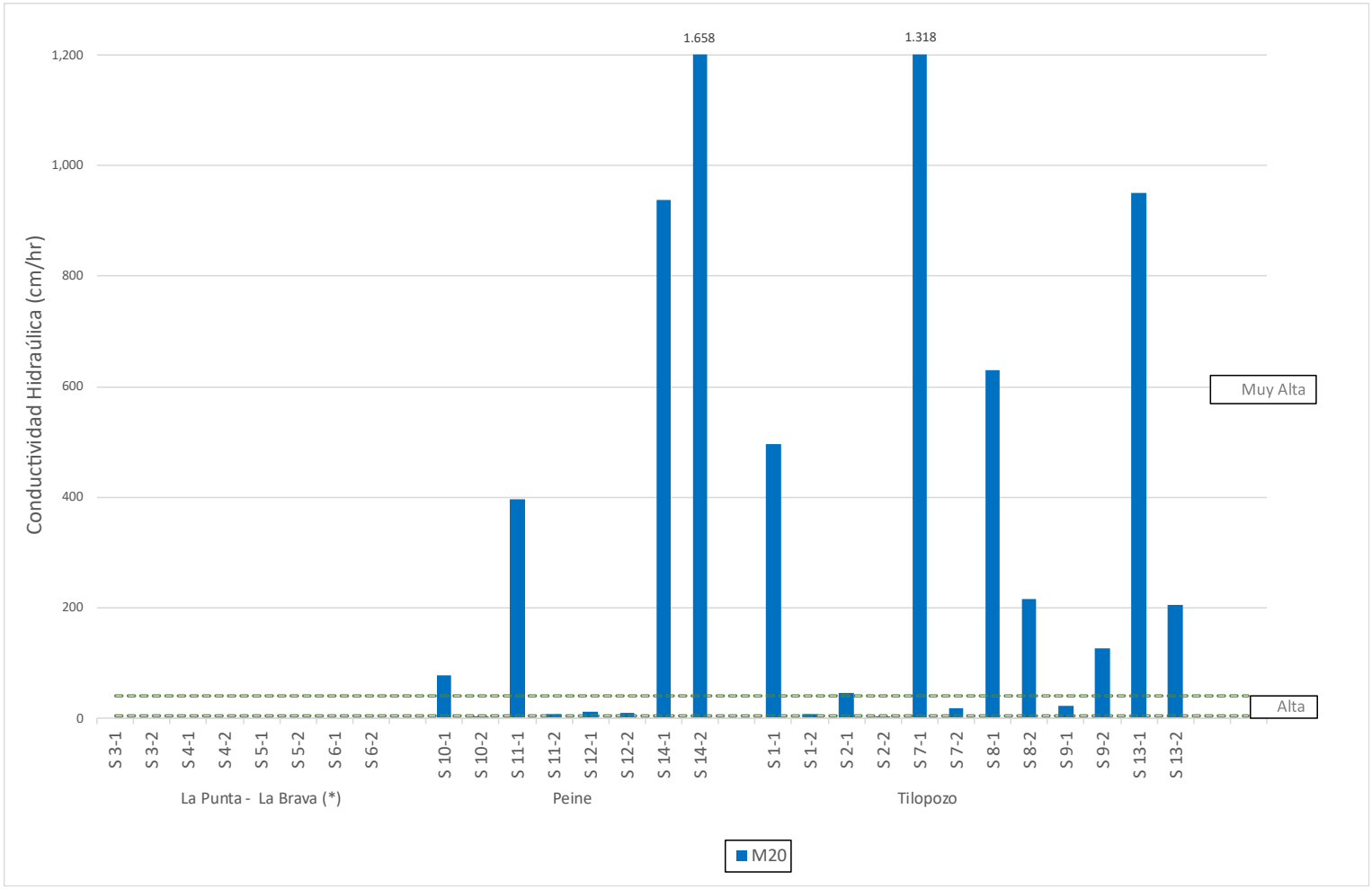
Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio disponibles en Anexo 1_Suelos_PMB_Anual N10. (*) Ver código en Tabla siguiente. (**) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Tabla N° 9-13. Código textura.

a	Arenosa	Fa	Franco arenosa
A	Arcillosa	FAa	Franco arcillo arenosa
aF	Areno francosa	FAL	Franco arcillo limosa
F	Franca	FL	Franco limosa
FA	Franco arcillosa	L	Limosa
Aa	Arcillo arenosa		

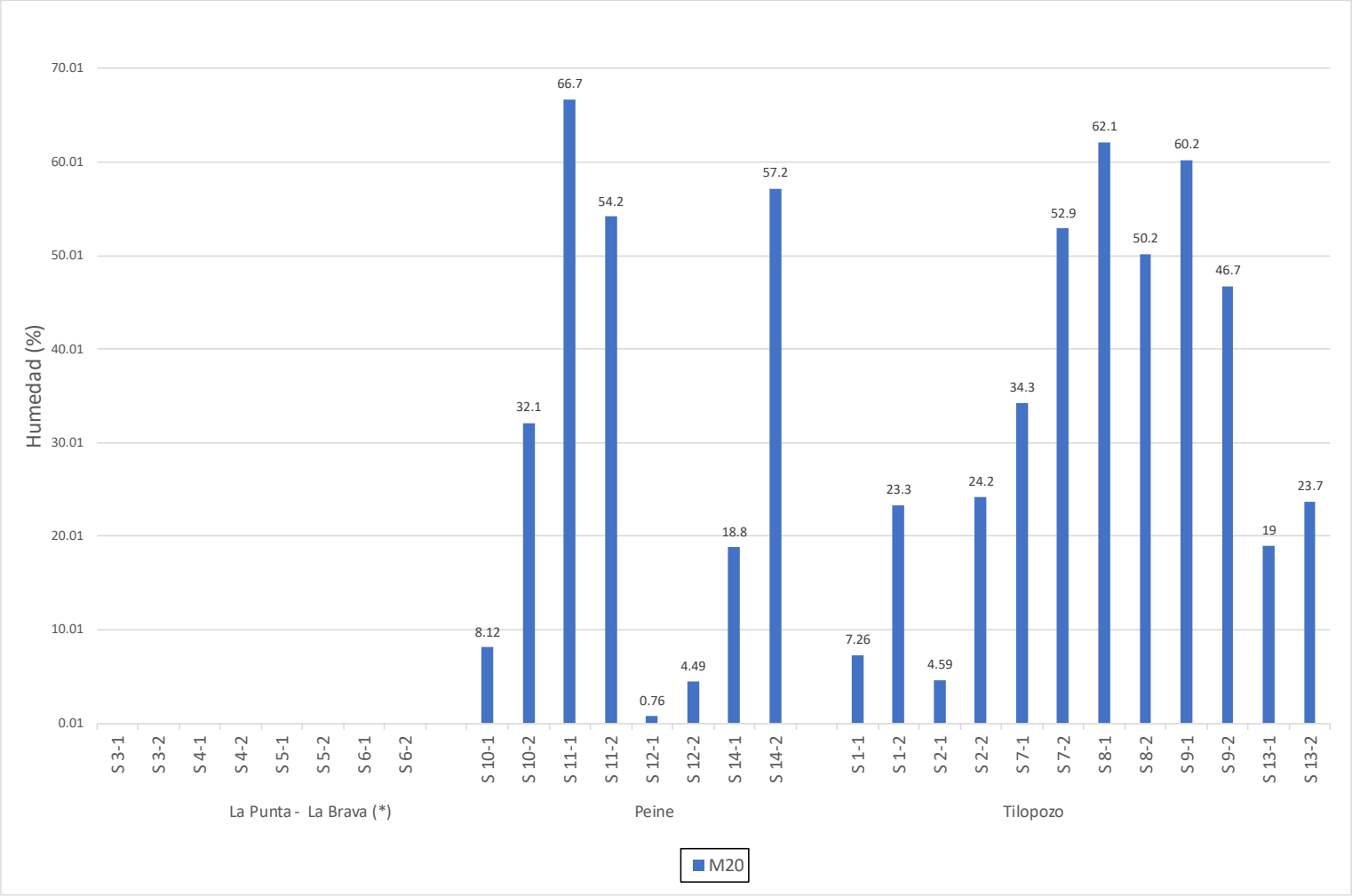
A continuación, se presentan los resultados de manera gráfica.

Figura N° 9-20. Resultados Conductividad hidráulica, Campaña Verano M20.



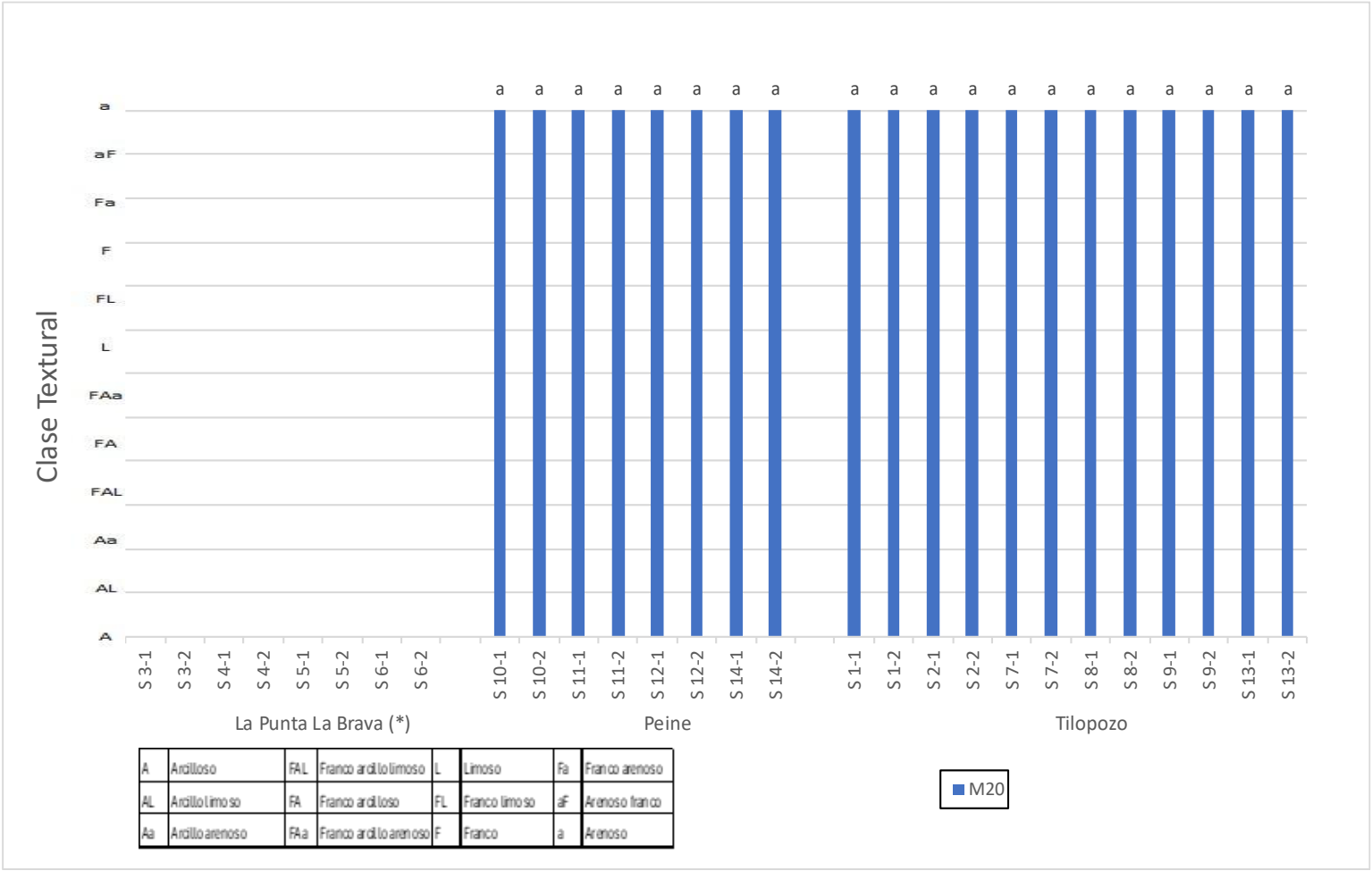
Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-21. Resultados Humedad, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-22. Resultados Clase textural, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

Figura N° 9-23. Resultados Nivel Freático, Campaña Verano M20.



Fuente: Elaboración Propia. (*) No fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones).

9.2.3 Límites considerados en la evaluación de Suelo o Sustrato

En la RCA 21/2016 del proyecto, dentro del Plan de Seguimiento, quedaron establecidos como Niveles o Límites comprometidos los de “Mantención dentro de su variación histórica”. Considerando lo anterior, y dado que no se presentaron antecedentes específicos para el subcomponente suelo (Línea de Base), como los desarrollados en estas campañas, el análisis comparativo de la evolución de estos parámetros se considera junto con la información de monitoreos realizados en el periodo de construcción del proyecto, esto es tomando como nivel base o referencial el primer Monitoreo de Verano, el que corresponde a (M2).

Es por esta razón que, en general, los análisis de la evolución del componente se desarrollan en base al monitoreo inicial M1, de invierno 2016 y el M2, de verano 2017. No obstante, para efectos de este Informe Anual N°10, se mantiene principalmente el enfoque estacional, analizando la evolución de las variables del suelo entre los monitoreos de invierno, como el monitoreo M1, M3, M5, M7, M9, M13, M15, M17 y el actual M19, así como las de verano, las que corresponden a M2, M4, M6, M10, M12, M14, M16, M18 y el actual M20.

10 LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS)

Este acápite corresponde a las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos de invierno 2025 y verano de 2026, para el subcomponente ambiental **flora y fauna acuática, calidad de aguas y sedimentos**, o Limnología, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA N°21/2016 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama de la empresa Albemarle, ubicado en la Región de Antofagasta.

Las variables ambientales que caracterizan esta componente de Limnología y que son objeto de seguimiento, corresponden a: variables físicas y químicas de agua y sedimentos, además de las variables comunitarias asociadas a fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton y plantas vasculares acuáticas (macrófitas) según lo establecido en la RCA del Proyecto.

Los periodos reportados en el presente informe corresponden tanto al monitoreo semestral de invierno 2025, el que se desarrolló en terreno entre los días 11 y 13 de agosto de 2025, como a los resultados del monitoreo semestral de verano 2026, realizado entre el 17 y 19 de marzo de 2026. Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada** por encargo del Titular del Proyecto.

Los objetivos específicos para esta componente de monitoreo son:

- Evaluar la calidad de agua superficial de los puntos de muestreo.
- Evaluar la calidad de sedimentos en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de fitobentos en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de fitoplancton en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de zoobentos en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de zooplancton en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de plantas vasculares acuáticas (macrófitas) en los puntos de muestreo.

10.1 MATERIALES Y MÉTODOS

10.1.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en el Salar de Atacama, el cual se encuentra ubicado en la alta cordillera de la región de Antofagasta. Corresponde a una cuenca endorreica, cuya superficie alcanza los 15.620 km², flanqueada en toda su extensión por cordones cordilleranos, lo que determina que el agua que precipita en ella escurre superficial o subterráneamente hasta la parte baja de la hoya, donde se localiza el Salar propiamente tal. En términos climáticos, la cuenca del Salar de Atacama está bajo la influencia del tipo climático Desértico Marginal de Altura (CADE-IDEPE 2004), mientras que, de acuerdo con el régimen hídrico, se encuentra dentro de la zona denominada Árida Estepárica Fría de Altura, caracterizada por una estación

de lluvias estivales que va de diciembre a marzo, un régimen térmico extremadamente frío y registro de heladas durante todo el año (Santibáñez *et al.* 2008).

Los salares son considerados altamente homogéneos, con grandes extensiones de superficie carentes de expresiones evidentes de vida. Sin embargo, en algunos sectores, el afloramiento de agua desde el acuífero o un nivel freático cercano a la superficie da lugar a la formación de ecosistemas lagunares y posibilita el desarrollo de ecosistemas de vegas y ecosistemas salinos, otorgándole al sistema, al menos localmente, un alto grado de heterogeneidad. Estos ecosistemas son altamente heterogéneos espacial y temporalmente en respuesta a gradientes ambientales, de salinidad en el caso de las lagunas, y de humedad y salinidad en el caso de las vegas y ecosistemas salinos (Plan de Manejo Biótico del Proyecto, Adenda 5, Anexo 2).

El área de estudio incluye tres sectores bien definidos, Sector Peine que incluye al complejo lagunar formado por Salada, Saladita e Interna, Sector La Punta-La Brava formado por las lagunas La Punta y La Brava, y finalmente el Sector Tilopozo donde se ubica un par de lagunas profundas y un afloramiento de agua (**Figura N° 10-1**).

10.1.2 Ubicación de puntos muestreo

Se analizan *in situ* 14 puntos de monitoreo, distribuidos en los sistemas lagunares Sector Peine conformado por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna y Sector Laguna La Brava, Laguna La Punta y Sector Tilopozo. Los puntos de monitoreo y sus coordenadas se presentan en la **Tabla N° 10-1** y su ubicación en **Figura N° 10-1**.

Cabe destacar que el Plan de Seguimiento PMB, señala 12 estaciones, no obstante, con el fin de cumplir a cabalidad los objetivos y en función de tener una mayor representatividad espacial de acuerdo la naturaleza heterogénea de los sistemas lagunares, se han adicionado desde el primer año de monitoreo dos estaciones, una estación de muestreo en el sector La Brava (LB-3) y una en el sector Tilopozo (TB-3). Lo anterior, ya fue previamente informado en los Informes Anuales desde el Nº1 al N°9 del PMB.

Complementariamente, en agosto de 2016, como parte de una prospección y evaluación inicial *in situ* (terreno) de la posición y cantidad de puntos de monitoreo establecidos en el PMB, se propone por parte del equipo asesor en limnología ajustes necesarios en este aspecto. Esto con el fin de cumplir a cabalidad los objetivos del seguimiento, que es asociar los puntos a los cuerpos de agua de manera de poder hacer seguimiento en el tiempo de la biota acuática y de los parámetros de calidad de aguas y sedimento. Cabe señalar que los puntos originales indicados por la RCA no se ubicaban exactamente en cuerpos de agua (TB-1 y TB-2); o bien se encontraban muy próximos entre sí (se desplaza LB-2 de LB-1); o se debieron mover para mejorar la accesibilidad al cuerpo de agua, procurando mantener una posición con buena representatividad del sistema lagunar para efecto de la toma de muestras (I-17 y LP-23).

Es así como en el marco de dar cumplimiento a los compromisos del seguimiento, como también de la representatividad de la componente en el monitoreo 2017, por un lado, se realizó

un leve desplazamiento dentro de la misma área, de la localización de algunas estaciones de muestreo (5 estaciones), de acuerdo con criterios expresados anteriormente, y por otro, se sumaron adicionalmente como ya se mencionó dos nuevas estaciones, una estación de muestreo en el sector La Brava (LB-3) y una en el sector de Tilopozo (TB-3), con el propósito de robustecer la calidad del muestreo y representar óptimamente cada sistema (**Tabla N° 10-1**).

Como ha sido mencionado, en el monitoreo de verano de 2026 ninguna de las estaciones del Sector Peine fue muestreada, lo anterior, por encontrarse cerrado el acceso a las lagunas debido a la época de reproducción de flamencos. Asimismo, tampoco fue posible muestrear las estaciones del sector La Punta-La Brava, debido a dificultades de acceso asociadas al mal estado de los caminos.(**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

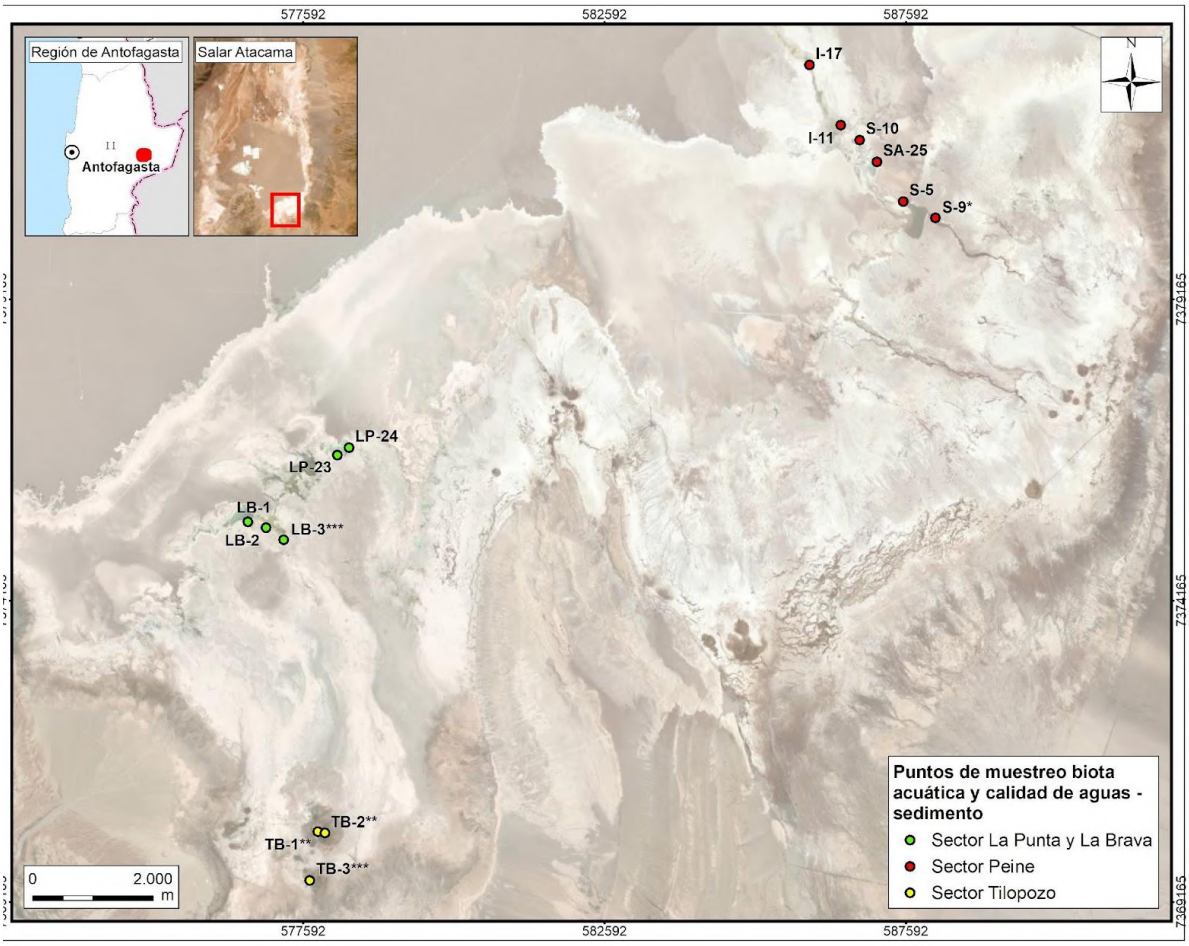
Tabla N° 10-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2025 y verano 2026.

Sector	Sub Sector	Estación	Coordenadas VIGENTES UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)	
			Este	Norte
Sector Peine****	Salada	S-5	587.551	7.380.785
	Salada	S-9*	588.086	7.380.518
	Saladita	SA-25	587.114	7.381.447
	Saladita	S-10	586.827	7.381.805
	Interna	I-11	586.515	7.382.055
	Interna	I-17	585.996	7.383.052
Sector La Punta y La Brava	La Punta	LP-24	578.356	7.376.704
	La Punta	LP-23	578.164	7.376.581
	La Brava	LB-1	576.677	7.375.474
	La Brava	LB-2	576.978	7.375.378
	La Brava	**LB-3*** **	577.272	7.375.176
Sector Tilopozo	Tilopozo	TB-1**	577.837	7.370.331
	Tilopozo	TB-2**	577.956	7.370.310
	Tilopozo	**TB-3*** **	577.705	7.369.524

Fuente: Elaboración propia. * En el Sector Peine, puntualmente la estación S-9 en el 2017 fue desplazada a la orilla opuesta del curso de agua, con el fin de facilitar la ejecución de toma de muestras y levantamiento de datos en terreno. (Ref. desde Inf Anual Nº1 Albemarle - marzo 2017). ** En el sector Tilopozo, se debió modificar la ubicación de las estaciones TB-1 y TB-2 debido a que las coordenadas de la ubicación inicial no estaban asociadas a cuerpos de agua. (Ref. desde Inf Anual Nº1 Albemarle - marzo 2017). (Ver **Fotografía N° 10-1**). ***Estaciones Adicionales incluidas desde invierno 2016. **** En las campañas de veranos 2021, parte de 2022, 2023 a 2025 e inviernos 2023 y 2024, no pudo ser realizado el monitoreo en el Sector Peine, por encontrarse cerrado el acceso a las lagunas debido a la época de reproducción de flamencos.

Se destacan en negrita en la **Tabla N° 10-1**, las dos estaciones adicionales, **LB-3** en La Brava y **TB-3** en Tilopozo, incluidas desde el inicio del plan de seguimiento ambiental biótico por parte del Titular del Proyecto, con el objetivo de tener una mejor representatividad de los sistemas evaluados, así como procurar un permanente acceso a los puntos de monitoreo.

Figura N° 10-1. Ubicación de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Agua y Sedimentos, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 10-1. Ubicación de las estaciones TB-1 (izquierda) y TB-2 (derecha) de acuerdo al Plan de Manejo Biótico (PMB, 2015), sin presencia de cuerpos de agua.

Ubicación original TB-1 **Ubicación original TB-2**



Fuente: Elaboración propia.

10.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Para evaluar el estado y evolución de la calidad de agua y sedimentos se establecieron los siguientes parámetros:

- En agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad, turbiedad, oxígeno disuelto, clorofila “a” (fitoplancton y perifiton), alcalinidad parcial, alcalinidad total, bicarbonato, carbonatos, cloruro, nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo total, ortofosfato, sulfato, aceites y grasas;

- En sedimentos: carbono orgánico total, fósforo total, materia orgánica, nitrógeno total Kjeldahl, potencial redox y granulometría.

Algunos parámetros si bien no están comprometidos en el PMB, se analizaron en laboratorio y se informan sus registros, como calcio total y magnesio total, que se requieren para el cálculo de la alcalinidad, y como los propios parámetros de alcalinidad parcial y total, por ser requisito para medir otros como carbonatos y bicarbonatos, que sí son parte del monitoreo. El parámetro turbiedad se incorpora, ya que fue evaluado como requerimiento para descripción de tapetes microbianos y se considera la medición de la profundidad (cm) como variable de importancia limnológica (Ver **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

Los parámetros utilizados para caracterizar el estado de las comunidades biológicas corresponden a composición, riqueza (número de *taxa*), abundancia, abundancia relativa, diversidad (Shannon-Wiener) y equidad de Pielou (J’).

10.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

10.1.4.1 Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos

En cada una de las estaciones visitadas se evalúan parámetros *in situ* correspondientes a temperatura, pH, turbiedad, oxígeno disuelto en el agua y la profundidad (cm) de la columna de agua. También, se colectan muestras de agua y sedimentos para su posterior análisis en laboratorio acreditado como ETFA, a cargo de la empresa ANAM S.A. (Análisis Ambientales S.A.) (Campaña Invierno 2025, M19) y SGS S.A (Campaña Verano 2026, M20). Cabe mencionar, que los certificados de análisis correspondientes a la campaña invierno 2025 y verano 2026 emitidos por la ETFA correspondiente, se presentan en el formato ETFA requerido por la SMA (RES. 1194/2015) en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua** y **Anexo Limnología_Sedimentos**.

Para la evaluación de las variables *in situ*, se calibran diariamente los sensores utilizados con las soluciones del fabricante y siguiendo las instrucciones de este. Además, los sensores son ubicados en la columna de agua, de manera de evitar la alteración del registro en el agua, debido a la actividad propia del muestreo biológico o de sedimentos (agitación de agua, resuspensión de sedimentos, etc.). Por la misma razón, las muestras de agua colectadas para analizar en laboratorio son tomadas aguas arriba o antes de la toma de muestras biológicas o de sedimento. La profundidad (cm) de la columna de agua se mide con regla graduada en 3 puntos de ésta en la estación de muestreo para obtener un valor promedio.

Las muestras de agua son colectadas y transportadas por personal de la ETFA que corresponda según la serie de normas NCh 411 (partes 1, 2, 3, 4, 6, 10 y 11) para el muestreo de aguas crudas y residuales. Los frascos con las muestras de agua son transportados en cajas de material aislante de temperatura, rellenos con hielo en escarcha, y enviados directamente al laboratorio de manera de que las muestras fueran analizadas dentro de los plazos o *holding time* requeridos. Todas las cajas incluyen un frasco testigo para corroborar la temperatura.

El muestreo de sedimentos consiste en colectar una porción de sustrato sumergido en cada una de las estaciones evaluadas, vaciando el sedimento en contenedores específicos para ello y cuidando de no contaminar la muestra con agentes externos. Estas muestras son debidamente etiquetadas, almacenadas y transportadas hasta el laboratorio para su análisis, procurando no realizar contaminación cruzada entre las distintas muestras (según serie de normas NCh 411, partes 1, 2, 3, 4, 6, 10 y 11, para el muestreo de aguas crudas y residuales).

Las metodologías y unidades de medida utilizadas para el análisis de las variables físicas y químicas de agua son las señaladas en la **Tabla N° 10-2**.

Tabla N° 10-2. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de agua.

Parámetro	Unidad	Métodos
Temperatura	°C	(Cod.SMA:55124) ILM000007 med. terreno
pH	pH	(Cod.SMA:55040) ILM000007 med. terreno
Conductividad	µS/cm	(Cod.SMA:51332) ILM000015 med. terreno
Salinidad*	g/kg	ILM000015 med. terreno
Oxígeno disuelto	mg/L	(Cod.SMA:51441) ILM000015 med. terreno
Turbiedad	UNT	MLM 000006
Clorofila “a” (Fitoplancton)	µg/L	SM 10200-H2c Ed. 23
Clorofila “a” (Perifiton)	mg cl-a/m²	SM 10300-C7 Ed. 23
Alcalinidad Parcial ($CaCO_3$)	mg/L	SM 2320 B Ed. 23
Alcalinidad Total ($CaCO_3$)	mg/L	(Cod.SMA:54495) SM 2320 B Ed. 23
Bicarbonato ($CaCO_3$)	mg/L	(Cod.SMA:54496) SM 2320 B Ed. 23
Carbonatos ($CaCO_3$)	mg/L	(Cod.SMA:54497) SM 2320 B Ed. 23
Cloruro (Cl)	mg/L	(Cod.SMA:54879) SM 4110 B Ed. 23
Nitrato (NO_3^-)	mg/L	(Cod.SMA:54881) SM 4110 B Ed. 23
Nitrito (NO_2^-)	mg/L	(Cod.SMA:54882) SM 4110 B Ed. 23
Amonio ($N\text{-}NH_4^+$)	mg/L	(Cod.SMA:54731) SM 4500-NH3 F
Nitrógeno Total Kjeldahl (NKT)	mg/L	(Cod.SMA:55011) SM 4500 Norg B-C NH3 D 201
Fósforo Total (P)	mg/L	(Cod.SMA:54957) SM 4500-P E Ed. 23
Ortofosfato	mg/L	SM 4500-P E Ed. 23
Sulfato (SO_4^{-2})	mg/L	(Cod.SMA:54883) SM 4110 B Ed. 23
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	(Cod.SMA:54477) SM 5520 B-D

(*) El parámetro Salinidad cuando se expresa en g/Kg corresponde a *salinidad absoluta* (cantidad de sales en 1 kilo de agua) y cuando está expresado en g/L corresponde a *salinidad común* (cantidad de sales en 1 litro de agua). Ambas unidades son equivalentes en valor, ya que como referencia se toma la densidad promedio considerada por Albemarle en el informe hídrico del PSAH de las lagunas LM-01 LM_02, LM-03 y LM04 desde 2016 a 2020 que corresponde a 1,04 g/mL. También la Salinidad se puede expresar en PSU (*Practical Salinity Unit*), donde 1 PSU está definido como 1 g de sal en 1000 g de agua (g/Kg). Para fines prácticos se puede presentar el parámetro en cualquiera de estas unidades ya que son equivalentes.

Fuente: Elaboración propia.

Las metodologías y unidades de medida utilizadas para el análisis de las variables físicas y químicas de sedimentos son las señaladas en **Tabla N° 10-3**.

Tabla N° 10-3. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de Sedimentos.

Parámetro	Unidad	Método (laboratorio ANAM)
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	MQC000059 basado en TMECC 05.0
Fosforo Total (P)	mg/Kg	(Cod.SMA:55390) MQC000057 rev 07, basado en SM
Materia Orgánica	%	(Cod.SMA:55403) MQC000059 basado en TMECC 05.0
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	(Cod.SMA:88826) MLAB-S-09 Rev.0 INIA 2006
Potencial Redox	mV	-

Fuente: Elaboración propia.

Respecto de los resultados granulométricos que se realizan para cada estación, éstos se clasifican según la escala de Wentworth (1922), la cual cataloga los sedimentos según el tamaño de grano. En la **Tabla N° 10-4** se muestran las categorías de la escala que son utilizadas para caracterizar los sedimentos, que van desde limo a grava muy fina. Las estadísticas para la obtención del diámetro medio de grano y el grado de selección por estación, se realizan con el método de Folk y Ward (1957) en escala de Wentworth con el paquete estadístico GRADISTAT v8.0 (Blott & Pye, 2001).

Tabla N° 10-4. Escala de tamaño de grano utilizada en base a Wentworth (1922).

Tamaño de grano (mm)	Clasificación
4	----------
	Grava Muy Fina
2	----------
	Arena Muy Gruesa
1	----------
	Arena Gruesa
0,5	----------
	Arena Media
0,25	----------
	Arena Fina
0,125	----------
	Arena Muy Fina
0,063	----------
	Limo

Fuente: Blott & Pye (2001)

10.1.4.2 Metodología de muestreo flora y fauna acuática

El muestreo de flora y fauna acuática se realiza utilizando como referencia dos documentos internacionales de metodologías. Los documentos referidos corresponden a "*Metodologías para el establecimiento del estado ecológico según la DMA (Directiva Marco del Agua) de la Confederación Hidrológica del Ebro*", Ministerio de Medio Ambiente de España (2005) y las metodologías de examinación biológica definidas por la Asociación de Salud Pública Americana de Estados Unidos (APHA) mediante su publicación de "*Métodos estándar para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*". También, se consideró lo recomendado por la Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile (SUBPESCA, 2018) y la Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos (MMA, 2011). Las referencias se resumen en la **Tabla N° 10-5**.

Tabla N° 10-5. Resumen de metodologías de muestreo de componentes biológicos.

Componente	Metodología	
	APHA[1]	DMA[2] -SUBPESCA[3]
Fitoplancton	SM10200C / SM10200F	Protocolo de muestreo y análisis para Fitoplancton
Fitobentos	SM10300B / SM10200F	Protocolo de muestreo y análisis para Microalgas Bentónicas
Zooplancton	SM10200B / SM10200G	Protocolo de muestreo y análisis para Zooplancton
Zoobentos	SM10500B / SM10500C	Protocolo de muestreo y análisis para macroinvertebrados bentónicos
Macrófitas	SM10400B / SM10400C	Protocolo de muestreo y análisis para plantas vasculares acuáticas

[1] APHA: Standard Methods (2012). [2] DMA: Directiva Marco del Agua (2005).[3] Guía Subpesca (2018).

Para llevar a cabo el muestreo de flora y fauna acuática, se contó con la autorización de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura a través R. Ex N° E-2023-472 del 04-08-2023. El documento se presenta como "**Permiso de Pesca de Investigación"** en el "**Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua"** de este Informe Anual Nº10.

El muestreo fue realizado por especialistas de **Limnológica Estudios Ambientales EIRL**., autorizada para llevar a cabo actividades de pesca de investigación de recursos hidrobiológicos en el área de estudio. A continuación, se describen las metodologías particulares usadas para cada una de las comunidades.

- **Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)**: En cada punto de seguimiento, se identificó visualmente las plantas vasculares y se estimó la abundancia relativa o cobertura (%) de cada especie o grupo de especies utilizando un cuadrante de 50X50 cm en tres muestras al azar. Las plantas que no fue posible identificar *in situ* fueron herborizadas y transportadas a laboratorio, y enviadas a especialistas botánicos para su posterior identificación. Se clasificaron las plantas acuáticas en base a la bibliografía disponible: Pereira & Parra (1984), Ramírez et al (1982), Vila et al. 2006 y Rodríguez & Dellarossa 1998.

- **Fitobentos**: La estimación de la riqueza y abundancia de la flora bentónica (fitobentos), se realizó mediante el recuento bajo microscopio óptico. Se obtuvo 2 muestras representativas, desde los primeros centímetros del sedimento, tomando 1 mm^3 por muestra con una jeringa-core de 5 mL. El método de análisis consistió en obtener alícuotas de dichas muestras para preparaciones microscópicas, las cuales fueron analizadas en relación con la riqueza taxonómica y recuento de microalgas presentes (Wetzel&Likens, 1991). La identificación de las diatomeas y de los otros grupos del fitobentos se realizaron utilizando las claves de Prescott (1970), Rivera (1983), Krammer&LangeBertalot (1986, 1991), Simonsen (1987), Parra et al. (1982a, 1982b, 1982c y 1983), Pereira & Parra, 1984, Round et al. (1996), Rumrich et al. (2000) y Lange-Bertalot (2001). El análisis se realizó según el procedimiento del laboratorio AquaExpert “Análisis Taxonómico Cualitativo y Cuantitativo de Fitobentos” basado en SM 10300 C.

- **Fitoplancton:** La obtención de muestras fitoplanctónicas se hizo semestralmente en duplicado, colectando directamente 500 mL de agua de los sistemas en botellas plásticas. El agua colectada fue fijada con solución Lugol, para evitar descomposición previa a su análisis en laboratorio. Las muestras fueron preparadas y analizadas al microscopio, determinando la riqueza y abundancia de las microalgas presentes (Wetzel&Likens 1991). La identificación de las diatomeas y de los otros grupos del fitoplancton se realizó utilizando las claves de Prescott (1970), Rivera (1983), Krammer&LangeBertalot (1986, 1991), Simonsen (1987), Parra et al. (1982a, 1982b, 1982c y 1983), Pereira & Parra, 1984, Round et al. (1996), Rumrich et al. (2000) y Lange-Bertalot (2001). El análisis se realizó según el procedimiento del laboratorio AquaExpert “Análisis Taxonómico Cualitativo y Cuantitativo de Fitoplancton” basado en SM 10200 F.

- **Zoobentos**: La estimación de la composición y abundancia de la fauna bentónica se realizó mediante el recuento directo por grupo de organismos. Esto se midió en muestras en duplicado por punto de monitoreo obtenidas con un core de 0,004 m2 las que fueron preservadas en alcohol al 70%. El método de análisis consistió en examinar las muestras bajo la lupa, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos y contándolos. La clasificación de los organismos se realizó en base a los trabajos de Bertrand (1995), Lopretto & Tell (1995), Merrit & Cummins (1996), Lugo-Ortiz & MacCafferty (1995-1999),

Fernández & Domínguez (2001), Domínguez et al. (2006). El análisis se realizó según el procedimiento del laboratorio AquaExpert “Análisis Taxonómico Cualitativo y Cuantitativo de Macrozoobentos” basado en SM 10500 A y C.

- **Zooplancton**: La estimación de la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica se realizó obteniendo muestras representativas del plancton, utilizando una red o tamiz dotado con una malla N°10 (110 µm). Las muestras se tomaron en duplicado y se realizó extrayendo un volumen conocido de agua superficial con un contenedor graduado, para posteriormente ser filtrado en el tamiz o red. Cada muestra fue preservada en alcohol al 70% de concentración final. El método de análisis consistió en examinar las muestras bajo la lupa en una cámara BOGOROW, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos y contándolos. La clasificación de los organismos zooplanctónicos se realizó según en base a los trabajos de Araya & Zuñiga (1985) y Pennak (1989). El análisis se realizó según el procedimiento del laboratorio AquaExpert “Análisis Taxonómico Cualitativo y Cuantitativo de Zooplancton” basado en SM 10200 G.

Para cada componente o ensamble biológico de la biota acuática (fitobentos, fitoplancton fauna bentónica y zooplancton) se realizó un análisis comunitario, estimándose la abundancia, riqueza de *taxa*, diversidad de *taxa* y equidad para cada punto de muestreo: La diversidad biológica de Shannon-Wiener (H') y su cálculo se realizó en base a todos los organismos presentes en las muestras según la expresión:

$$H'(nits) = -\sum_{i=1}^{S} pi * ln\, p_i$$

Donde, S = número de especies y pi = proporción de la especie i en la muestra

El valor de este índice se encuentra acotado entre 0 y el logaritmo natural (S), tendiendo a cero en comunidades poco diversas.

También se determinó la homogeneidad de las abundancias de especies en la muestra a través del índice de equidad (J'), de acuerdo a la expresión:

$$J' = \frac{H'}{H\ max} = \frac{H'}{ln\, S}$$

Donde, H’ = índice de Shannon-Wiener, H’max = valor máximo teórico de H’ y S = número de especies.

El valor de este índice se encuentra acotado entre 0 y 1, tendiendo a uno en comunidades donde los *taxa* están representados de forma equitativa.

10.1.5 Materiales y equipos utilizados

Los materiales, equipos e instrumentos utilizados se indican en la **Tabla N° 10-6** y **Tabla N° 10-7**.

Tabla N° 10-6. Instrumentos de medición *in situ* de parámetros del agua

Análisis	Referencias del Método
Temperatura (°C)	Medidor Multiparamétrico HANNA HI 98194
pH	
Oxígeno disuelto (mg/L)	
Conductividad (µS/cm)	
Salinidad (g/Kg)	
Turbiedad (UNT)	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 10-7. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática.

Componente	Instrumento/fijador
Fitobentos	Cepillo para superficies duras (25 cm^2) y Jeringa-core de 5 mL para superficies blandas. Fijador Lugol
Fitoplancton	Frascos de 500 mL. Fijador Lugol
Zoobentos	Core de 0,004 m^2 para sistemas lénticos. Fijador alcohol*.
Zooplancton	Tamiz de 60 micrones. Fijador alcohol*.
Macrófitas	Cuadrante 50x50 cm

*Se utilizó como fijador alcohol, debido a los efectos cancerígenos que se pueden generar con el uso de la formalina. Fuente: Elaboración propia.

10.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

La campaña de monitoreo correspondiente a invierno de 2025 se realizó entre las **fechas 11 y 13 de agosto de 2025**, mientras que la campaña de verano 2026 tuvo lugar entre el **17 y 19 de marzo de 2026**, días en los cuales se visitaron las estaciones y se tomaron tanto las muestras de agua y sedimentos, como aquellas correspondientes a biota. En la **Tabla N° 10-8** se presenta el detalle de las fechas de visita por sector y obtención de muestras para cada variable evaluada en los monitoreos respectivos.

Tabla N° 10-8. Fechas de muestreo de cada una de las variables evaluadas en las campañas de invierno 2025 y verano 2026.

Componente	Variable	Fecha toma muestra					
		Sector La Punta y La Brava		Sector Tilopozo		Sector Peine	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Agua	Temperatura	11/08/2025	Sin acceso al sector por mal estado de caminos.	13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	Sin acceso al sector por periodo reproductivo de flamencos
	pH	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Conductividad	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Salinidad	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Turbiedad	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Oxígeno disuelto	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Clorofila "a" en Fitoplancton	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Clorofila en Perifiton	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Alcalinidad Parcial (CaCO3)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Alcalinidad Total (CaCO3)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Bicarbonato (CaCO3)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Carbonatos (CaCO3)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Cloruro (Cl)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Nitrato (N-NO3-)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Nitrito (N-NO2-)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Nitrógeno amoniacal (NH4+)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Nitrógeno Total Kjeldahl (NKT)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Fosforo Total	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Ortofosfato	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Sulfato (SO4-2)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Aceites y Grasas (A y G)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
Sedimento	Carbono Orgánico Total (COT)	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Fosforo Total (P) M.S.	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Materia Orgánica	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Nitrógeno Total Kjeldahl	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Potencial Redox	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
Biota	Fitobentos	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Fitoplancton	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Zoobentos	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Zooplancton	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	
	Macrófitas	11/08/2025		13/08/2025	19/03/2026	12/08/2025	

Fuente: Elaboración propia

10.2 RESULTADOS

10.2.1 Caracterización del hábitat durante campañas de invierno 2025 y verano 2026

A continuación, se describen las estaciones de muestreo emplazadas en los sectores La Punta y La Brava, Vegas de Tilopozo y Peine, en el contexto del seguimiento ambiental y en las campañas de invierno 2025 y verano 2026.

10.2.1.1 Sector La Punta y La Brava

Este sector comprende las lagunas La Punta y La Brava, en el cual fueron emplazadas cinco estaciones de monitoreo, tres ubicadas en Laguna La Brava (LB-1; LB-2 y LB-3) y dos en Laguna La Punta (LP-23 y LP-24) (ver **Tabla N° 10-1** y **Figura N° 10-1**). Durante la campaña de verano 2026 no fue posible acceder a realizar labores de monitoreo al sector debido a mal estado de los caminos.

- Estación LB-1

La estación LB-1 se encuentra ubicada en la laguna La Brava, a una altura geográfica aproximada de 2.321 msnm[30], con un ancho de sección estimado de 254,6 m, con una profundidad de columna de agua de 19,9 cm en promedio[31]. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con la presencia de costras salinas insertas en el sustrato de fondo de modo aleatorio, sin flujo y con aguas transparentes. La estación de monitoreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas, ni vegetación ribereña. Se sugiere la presencia de microbialitos al interior de la laguna (**Fotografía N° 10-2**).

Fotografía N° 10-2. Estación LB-1. Campaña Invierno 2025. a. Vista panorámica de la estación. b. Microbialito.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

[30] Medición de altura geográfica de las estaciones de muestreo realizada con navegador GPS Garmin.
[31] Profundidad Promedio (cm) obtenida de tres mediciones de la columna de agua realizadas por estación con uso de regla graduada (Ver detalle de mediciones en Fichas de Terreno del Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua).

- Estación LB-2

La estación LB-2 se encuentra ubicada en la laguna La Brava, a una altura geográfica aproximada de 2.330 msnm, con un ancho de sección estimado de 221,9 m, de profundidad de columna de agua de 12,3 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con presencia de costras salinas insertas en el sustrato de fondo de modo aleatorio, sin flujo y con aguas transparentes. La estación de monitoreo presentó una especie emergente correspondiente a una helófita (**Fotografía N° 10-3**).

Fotografía N° 10-3. Estación LB-2. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación. ; b. Helófita *Triglochin concinna*.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación LB-3

La estación LB-3 se encuentra ubicada en la desembocadura de un afluente a la laguna La Brava, correspondiendo a una estación de monitoreo adicional a las comprometidas en el PMB. La estación se ubica a una altura geográfica aproximada de 2.337 msnm, con un ancho de sección estimado de 2,5 m, de profundidad de columna de agua de 5,5 cm en promedio. El tipo de sustrato corresponde a sedimento fino, de bajo flujo y con aguas transparentes. La estación de monitoreo presentó plantas acuáticas correspondientes a hidrófitas sumergidas (**Fotografía N° 10-4**).

Fotografía N° 10-4. Estación LB-3. Campaña Invierno 2025. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino e hidrófita *Ruppia filifolia*.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación LP-23

La estación LP-23 se encuentra ubicada en la laguna La Punta, a una altura geográfica aproximada de 2.302 msnm, con un ancho de sección estimado de 131,9 m, de profundidad de columna de agua de 16,7 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, sin flujo y aguas transparentes. La estación de monitoreo presentó parches de hidrófitas sumergidas y tres especies de helófitas en ribera. Se sugiere la presencia de microbialitos al interior de la laguna (**Fotografía N° 10-5**).

Fotografía N° 10-5. Estación LP-23. Campaña Invierno 2025. a. Vista panorámica de la estación. b. Helófita *Puccinellia frigida*.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación LP-24

La estación LP-24 se encuentra ubicada en la laguna La Punta, a una altura geográfica aproximada de 2.310 msnm, con un ancho de sección estimado de 239,8 m, de profundidad de columna de agua de 29,5 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, sin flujo y aguas ligeramente turbias. La estación de monitoreo presentó parches de hidrófitas sumergidas y helófitas en ribera. Se sugiere la presencia de evaporitas al interior de la laguna.
(**Fotografía N° 10-6**).

Fotografía N° 10-6. Estación LP-24. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación. b. Hidrófita *Ruppia filifolia*.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

10.2.1.2 Sector Tilopozo

Este sector corresponde al área denominada vegas de Tilopozo y en ella se ubican tres estaciones de monitoreo, las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden a afloramientos con pozas profundas, mientras que, TB-2 corresponde a un sistema somero tipo pajonal hídrico (ver **Tabla N° 10-1** y **Figura N° 10-1**).

- Estación TB-1

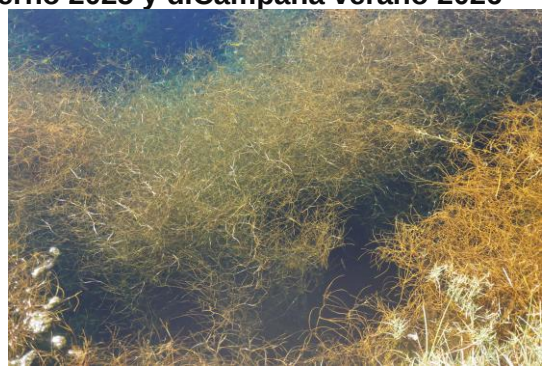
La estación TB-1 corresponde a un afloramiento (poza) y pajonal hídrico ubicado a una altura geográfica aproximada de 2.314 msnm, con un área estimada de 58,8 m^2 en invierno 2025 y verano 2026, un ancho de sección aproximado de 8,73 y 7,80 m y una profundidad de 2,62 y 2,55 m entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación en ambas campañas corresponde a roca madre, sedimento arena y limo en invierno y a arena, limo y detrito en verano, sin flujo sin presencia de olores ni aceites y con aguas transparentes.

Además, en esta estación se observó en ambas campañas un canal aledaño de 97 cm de ancho; con especies emergentes (helófitas) principalmente de los géneros *Schoenoplectus*, *Distichlis* y lamas de microalgas flotantes en el canal, se observó también la presencia de peces de la especie *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859), taxón introducido y sin categoría de conservación según RCE (2012). Cabe destacar que, la poza presenta gran cantidad de hidrófitas sumergidas (*Zannichellia palustris*) y lamas de microalgas que crecen sobre y entre dichas plantas, condición observada en ambas campañas de monitoreo (**Fotografía N° 10-7**). Se observó la presencia de caracoles durante el periodo de verano.

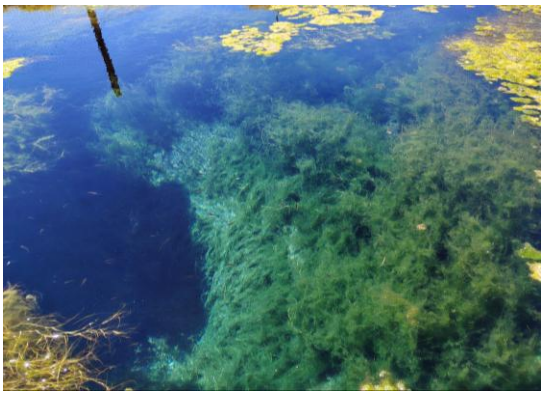
Cabe mencionar que, en la estación se observaron llamas, burros y cabras en actividades de pastoreo y la poza cercada en su línea de costa.

Fotografía N° 10-7. Estación TB-1. Vista panorámica de la estación a.Campaña Invierno 2025 y c. Campaña verano 2026. Parche *Zannichellia palustris* (hidrófita) con lamas de microalgas bajo el agua. b.Campaña Invierno 2025 y d.Campaña verano 2026

a. 

b. 

c. 

d. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación TB-2

La estación TB-2 corresponde a un pajonal hídrico, ubicado a una altura geográfica aproximada de 2.317 msnm, con un área aproximada de 358,6 m^2, en cuyo costado fluye un pequeño brazo emergente de 0,87 m de ancho en invierno y 0,71 m en verano, y con una profundidad de 14 cm en promedio entre periodos de muestreo. Respecto del sustrato, durante ambos periodos se observó arena, limo y detrito, con velocidad de la corriente nula y aguas transparentes, sin presencia de olores ni aceites.

La estación de monitoreo estaba completamente cubierta por especies emergentes (helófitas) principalmente del género *Juncus* y *Schoenoplectus*, además en invierno se observaron *Distichlis* y algas flotantes. En la estación se detectó la presencia de *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859), taxón invasor e introducido (**Fotografía N° 10-8 a, b, c** y **d**).

Cabe señalar que, al igual que en TB-1, en la campaña invierno 2025, la estación de monitoreo se encontró con la vegetación ramoneada y con la presencia llamas, burros y cabras.

Fotografía N° 10-8. Estación TB-2. Campaña Invierno 2025. a. y c. Vista panorámica de la estación, presencia de pajonal hídrico. b. Presencia de helófita *Schoenoplectus americanus*. Campaña Verano 2026. c y d. Estación 100% cubierta *de S. americanus* y ramoneada principalmente por el ganado camélido y caprino presente.

a.  b. 

c.  d. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación TB-3

La estación TB-3 corresponde a un afloramiento (poza) y pajonal hídrico ubicado a una altura geográfica aproximada de 2.320 msnm aproximadamente, que abarca un área estimada de 86,9 m^2 y 88,0 m^2, una profundidad de 154,6 cm y 173,0 cm entre periodos de monitoreo. El sustrato en invierno y verano corresponde a roca madre, grava, arena y sedimento fino y detrito (materia orgánica particulada gruesa), sin flujo y con aguas transparentes.

En la estación se detectaron especies emergentes (helófitas) principalmente del género *Baccharis* y *Schoenoplectus* junto a la hidrófita *Zannichellia palustris* en ambos periodos de muestreo. Se observó también la presencia de peces de la especie *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859), taxón introducido y sin categoría de conservación según RCE (2012) (**Fotografía N° 10-9**). Cabe señalar que al costado de la estación se ubica una bomba de agua de propiedad de minera Albemarle.

Fotografía N° 10-9. Estación TB-3. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. presencia de lamas microalgales dentro de la poza y helófitas en la línea de costa y Campaña Verano 2026 c. Vista panorámica de la estación, presencia de *Schoenoplectus americanus* y *Baccharis linearis* en línea de costa. y d. Interior de la poza.

a. 

b. 

c. 

d. 

Fuente: Elaboración propia.

10.2.1.3 Sector Peine

El Sector Peine, que corresponde a la laguna Salada (S-9 y S-5), laguna Saladita (S-10 y SA-25) y laguna Interna (I-11 e I-17) fue monitoreado de manera parcial en invierno 2025. Durante la campaña de verano 2026 no fue posible acceder a ninguna de las estaciones del sector, ya que permanecieron cerradas por el periodo reproductivo de flamencos **(Ver Anexo Cartas y Prohibiciones)**.

- Estación S-5

La estación S-5 corresponde a un sector somero de laguna Salada, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2.313 msnm, en la campaña de invierno presentó un ancho de sección estimado de 101,4 m, con una profundidad de columna de agua de 11,5 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con un flujo nulo y de aguas

transparentes. La estación de monitoreo presentó parches de la hidrófita sumergida (*Ruppia*) y sin vegetación ribereña.

Fotografía N° 10-10. Estación S-5. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*).

a.  **b.** 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación S-9

La estación S-9 corresponde a un sector somero de laguna Salada, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2.292 msnm, con un ancho de sección estimado de 74,2 m, una profundidad de columna de agua de 9,30 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con bajo flujo y de aguas transparentes. La estación de monitoreo presentó parches de la hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*) y sin vegetación ribereña.

Fotografía N° 10-11. Estación S-9. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*).

a.  **b.** 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación S-10

La estación S-10 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2.313 msnm, con un ancho de sección estimado de 51,8 m, una profundidad de columna de agua de 9,0 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con un flujo nulo y de aguas ligeramente turbias. La estación de monitoreo presentó parches de la hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*) y sin vegetación ribereña.

Fotografía N° 10-12. Estación S-10. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*).

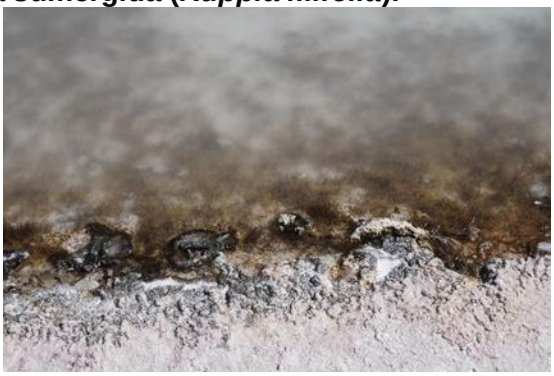
a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación SA-25

La estación SA-25 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica aproximada de 2.312 msnm, con un ancho de sección estimado de 108,7 m, y una profundidad de columna de agua de 19,5 cm en promedio. El sustrato de la estación correspondió a sedimento fino, sin flujo y con aguas ligeramente turbias. La estación de monitoreo presentó parches de una hidrófita sumergida (*Ruppia*) y sin vegetación ribereña.

Fotografía N° 10-13. Estación SA-25. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de hidrófita sumergida (*Ruppia filifolia*).

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación I-11

La estación I-11 se encuentra ubicada en la laguna Interna, a una altura geográfica aproximada de 2.307 msnm, con un ancho de sección estimado de 193,4 m, y de una profundidad de 12,8 cm en promedio. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, de flujo bajo y de aguas ligeramente turbias. La estación de monitoreo no presentó plantas acuáticas, ni vegetación ribereña.

Fotografía N° 10-14. Estación I-11. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Sustrato fino.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

- Estación I-17

La estación I-17 se encuentra ubicada en la laguna Interna, a una altura geográfica aproximada de 2.308 msnm, con un ancho de sección de 26,3 m, y de una profundidad de 6,4 cm en promedio. El sustrato corresponde a sedimento fino, sin flujo y de aguas transparentes. La estación de monitoreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas, ni vegetación ribereña. La estación presentó un espejo de agua de menor tamaño respecto de las campañas anteriores.

Fotografía N° 10-15. Estación I-17. Campaña Invierno 2025 a. Vista panorámica de la estación y b. Sedimento fino.

a.  b. 

Fuente: Elaboración propia.

10.2.2 Resultados del muestreo campaña de invierno 2025 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)

10.2.2.1 Resultados Calidad de agua

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la campaña de invierno 2025 de los parámetros de calidad de agua evaluados en las diferentes estaciones de los sectores de estudio. Los informes de ensayo de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua**.

Para la componente de calidad de agua, se entrega de forma adicional a sus Anexos, las planillas Excel con los formatos establecidos en la Resolución Exenta SMA 894 del 24.06.19 que Dicta Instrucciones para la Elaboración y Remisión de Informes de Seguimiento Ambiental del Componente Agua.

10.2.2.1.1 Resultados Sector La Punta y La Brava

El sector de La Punta y La Brava (**Tabla N° 10-9**) se caracteriza por presentar aguas con una alta conductividad, mostrando en la presente campaña valores entre 32.040 y 68.480 µS/cm y una salinidad entre 20,03 y 46,83 g/Kg. La variación de estos parámetros está asociada principalmente al alto contenido de sales como cloruro (entre 10.034,2 y 25.540,3 mg/L) y sulfato (entre 1.621 y 5.403 mg/L), siendo las estaciones LB-1 y LB-2 de laguna La Brava las que presentan el mayor contenido de sales comparado con el resto de las estaciones monitoreadas en el sector (>65.000 µS/cm en conductividad). En la laguna La Punta se registraron valores de conductividad y salinidad menores que los observados en La Brava, siendo la estación LP-23 la que presentó los registros más bajos del sector. Sin embargo, los valores medidos siguen siendo altos y consistentes con las condiciones propias de un salar. En este sentido, las estaciones LP-23 y LP-24 registraron conductividades de 32.040 y 33.040 µS/cm, y salinidades de 20,03 y 20,63 g/kg, respectivamente. En esta laguna además se registraron altas concentraciones en cloruro (>10.000 mg/L) y sulfato (>1.600 mg/L).

Durante la campaña de invierno 2025, en los cuerpos de agua de este sector se registró un amplio rango de temperaturas, con valores entre 9,31°C y 12,51°C en laguna La Punta y entre 15,63°C y 23,52°C en laguna La Brava. El pH fue moderadamente alcalino, el que fluctuó entre 8,27 y 8,44 unidades para el sector, observándose los mayores registros en las estaciones de La Punta. Este parámetro se relaciona principalmente con la alcalinidad total y el bicarbonato, que presentó valores entre 295 y 401 mg/L, junto con los aportes de carbonato (entre <1 y 10 mg/L). El oxígeno disuelto presentó concentraciones que oscilaron entre 1,89 y 3,65 mg/L, registrándose el mayor valor en LB-3 (afluente de La Brava). La turbiedad tuvo un rango de valores entre 2,33 y 24,4 UNT observándose el mayor valor en LP-23. Por su parte, para clorofila “a” y clorofila “a” en Perifiton, se registraron concentraciones bajo el límite de detección para todas las estaciones del sector.

En relación con los compuestos nitrogenados se observó que el nitrato y nitrito presentaron en todas las estaciones del sector valores por debajo el límite de detección, mientras que, para el amonio se registraron valores en LB-3 (0,01 mg/L) y en LB-2 (0,064 mg/L) y para el nitrógeno total Kjeldhal en LB-2 (0,075 mg/L) y en LB-3 (0,013 mg/L). En las demás estaciones se registraron valores bajo el límite de detección para amonio y nitrógeno total Kjeldhal. Por su parte, para los compuestos fosforados como el fósforo total se observaron valores entre 0,281 y 0,803 mg/L y para el ortofosfato entre 0,7 y 2,4 mg/L, detectándose los mayores valores en LB-3. El parámetro de aceites y grasas presentó valores bajo el límite de detección para todas las estaciones del sector.

Tabla N° 10-9. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Min LB (**)	Max LB (**)	La Punta		La Brava		
					LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Temperatura (*)	°C	-	7,5	24,9	12,51	9,31	15,63	18,66	23,52
pH (*)	Unidad de pH	-	7,77	8,32	8,44	8,44	8,27	8,3	8,28
Conductividad (*)	µS/cm	-	22.300	77.600	32.040	33.040	65.240	68.480	36.480
Salinidad (*)	g/kg	-	22,7	24,9	20,03	20,63	44,26	46,83	23,08
Oxígeno disuelto (*)	mg/L	-	5,3	9,12	1,89	3,22	2,8	2,38	3,65
Turbiedad (*)	UNT	-	2,7	5,7	24,4	3,38	3,78	6,07	2,33
Clorofila "a"	µg/L	0,02	<1,00	1,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m²	0,02	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Alcalinidad Parcial (CaCO3)	mg/L	1	-	-	5	4	<1	<1	<1
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	1	268	387	347	332	395	401	295
Bicarbonato (CaCO3)	mg/L	1	-	-	337	324	395	401	295
Carbonatos (CaCO3)	mg/L	1	-	-	10	8	<1	<1	<1
Cloruro (Cl-)	mg/L	0,101	22.224	22.865	10.034,2	11.238,1	24.046,1	25.540,3	12.153,9
Nitrato (N-NO3-)	mg/L	0,203	<0,5	<0,5	<0,203	<0,203	<0,203	<0,203	<0,203
Nitrito (N-NO2-)	mg/L	0,039	<0,15	<0,15	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
Amonio (N-NH4+)	mg/L	0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,064	0,01
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	0,01	0,27	1,25	<0,010	<0,010	<0,010	0,075	0,013
Fósforo Total (P)	mg/L	0,0004	<0,05	<0,05	0,577	0,629	0,29	0,281	0,803
Ortofosfato	mg/L	0,5	-	-	1,7	1,9	0,8	0,7	2,4
Sulfato (SO4-2)	mg/L	0,112	6.716	7.261	1.621,0	1.730,0	5.253,8	5.403,0	3.379,5
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	4	424	749	<4	<4	<4	<4	<4

Fuente: Elaboración propia. (*) Parámetros registrados *in situ*. (**) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante las campañas de invierno de 2008, 2013 y 2014 de la Línea Base. Los registros consignados para fósforo total y ortofosfato fueron validados por el laboratorio ANAM.

10.2.2.1.2 Resultados Sector Tilopozo

Los valores obtenidos en el sector de Tilopozo, muestran un sistema de vegas mucho menos salino que el de La Punta y La Brava (**Tabla N° 10-10**), con valores más bajos en conductividad (entre 4.027 y 4.113 µS/cm), salinidad (≤2,18 g/Kg), cloruro (905,3 a 917,2 mg/L) y sulfato (394,5 a 418,6 mg/L). Además, se registró un pH neutro de 6,75 a 6,94 y valores de alcalinidad total y de bicarbonato entre 354 y 359 mg/L. El oxígeno disuelto registrado en estos cuerpos de agua presentó concentraciones entre 3,44 y 3,83 mg/L, mientras que las temperaturas oscilaron entre 23,01 y 25,58 °C, siendo el menor registro de temperatura encontrado en la estación TB-2, que corresponde a un pajonal hídrico de baja profundidad (<20 cm). Por su parte, en las estaciones TB-1 y TB-3 que corresponden a pozas de <2 m de profundidad de afloramiento subsuperficial, se registraron temperaturas >25°C.

Por otro lado, la turbiedad en este sector mostró valores entre 0,95 y 9,02 UNT, la clorofila “a” en fitoplancton presentó valores entre <0,02 y 12,74 µg/L y la clorofila “a” en Perifiton entre <0,02 y 209,91 mg cl-a/m², observándose los máximos de estos parámetros en TB-3 y los registros bajo el límite de detección en la estación TB-2. En relación con los compuestos nitrogenados, presentaron valores por debajo el límite de detección en las tres estaciones del sector. En el caso del fósforo total se registraron valores entre 0,136 y 0,176 mg/L y el ortofosfato presentó concentraciones de 0,5 mg/L para TB-3 y valores bajo el límite de detección para TB-1 y TB-2. El parámetro de aceites y grasas presentó valores bajo el límite de detección para todas las estaciones del sector (**Tabla N° 10-10**).

Tabla N° 10-10. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Tilopozo		
			TB-1	TB-2	TB-3
Temperatura (*)	°C	-	25,58	23,01	25,34
pH (*)	Unidad de pH	-	6,75	6,94	6,92
Conductividad (*)	µS/cm	-	4.113	4.027	4.053
Salinidad (*)	g/kg	-	2	2,13	2,14
Oxígeno disuelto (*)	mg/L	-	3,83	3,66	3,44
Turbiedad (*)	UNT	-	0,95	1,09	9,02
Clorofila "a"	µg/L	0,02	4,04	<0,02	12,74
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m²	0,02	66,52	<0,02	209,91
Alcalinidad Parcial (CaCO3)	mg/L	1	<1	<1	<1
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	1	354	359	359
Bicarbonato (CaCO3)	mg/L	1	354	359	359
Carbonatos (CaCO3)	mg/L	1	<1	<1	<1
Cloruro (Cl-)	mg/L	0,101	917,2	910,9	905,3
Nitrato (N-NO3-)	mg/L	0,203	<0,203	<0,203	<0,203
Nitrito (N-NO2-)	mg/L	0,039	<0,039	<0,039	<0,039

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Tilopozo		
			TB-1	TB-2	TB-3
Amonio (N-NH4+)	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Fósforo Total (P)	mg/L	0,0004	0,155	0,136	0,176
Ortofosfato	mg/L	0,5	<0,5	<0,5	0,5
Sulfato (SO4-2)	mg/L	0,112	398,9	394,5	418,6
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	4	<4	<4	<4

Fuente: Elaboración propia. (*) Parámetros registrados *in situ*.

10.2.2.1.3 Resultados Sector Peine

Los resultados de las lagunas muestreadas del Sector Peine en invierno 2025 (**Tabla N° 10-11**) se encuentran en los rangos propios de sistemas acuáticos salinos, es decir, alta conductividad (entre 28.420 y 42.320 µS/cm) y salinidad elevada (entre 17,57 y 27,2 g/kg), lo cual está asociado al contenido de sales como cloruros (entre 9.666,1 y 14.626,9 mg/L) y sulfatos (entre 1.298,3 y 2.501,0 mg/L), observándose los valores más altos para estos parámetros en laguna Interna. En estos cuerpos de agua se registró un amplio rango de temperaturas, con valores entre 11,54°C y 12,53 en laguna Salada, entre 13,13°C y 17,78°C en laguna Saladita y entre 18,07°C y 24,07°C en laguna Interna, observándose el máximo registro en estación I-17. El pH fue moderadamente alcalino para el sector con valores entre 8,00 y 8,46, los cuales se relacionan con los aportes de bicarbonato (entre 181 y 273 mg/L) y carbonatos (<1 a 38 mg/L).

El oxígeno disuelto registrado, estuvo en un rango entre 1,73 y 3,62 mg/L, registrándose la mayor concentración en la laguna Interna. La turbiedad tuvo valores entre 8,77 y 18,4 UNT, alcanzando el mayor registro en S-10 (laguna Saladita) y el menor registro en I-17 (laguna Interna). Por su parte para clorofila “a” y clorofila en Perifiton se registraron concentraciones bajo el límite de detección para todas las estaciones del sector. Para los compuestos nitrogenados se observa que el nitrato y nitrito presentaron en todas las estaciones del sector valores por debajo el límite de detección, mientras que para amonio se registraron valores entre 0,01 mg/L (S-5) y 0,121 mg/L (I-11) y para nitrógeno total Kjeldhal se observaron valores entre 0,012 mg/L (S-5) y 0,138 mg/L (I-11). El fósforo total presentó valores entre 0,029 y 0,485 mg/L y por su parte el ortofosfato presento valores entre <0,5 y 1,4 mg/L. Para el parámetro aceites y grasas se registraron concentraciones bajo el límite de detección para todas las estaciones del sector (**Tabla N° 10-11**).

Tabla N° 10-11. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Min LB (**)	Max LB (**)	Salada		Saladita		Interna	
					S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Temperatura (*)	°C	-	4,8	24,5	12,53	11,54	13,13	17,78	18,07	24,07
pH (*)	Unidad de pH	-	8,1	8,6	8,00	8,46	8,23	8,14	8,06	8,18
Conductividad (*)	µS/cm	-	25.350	45.900	28.420	37.880	37.680	37.340	38.540	42.320
Salinidad (*)	g/kg	-	8,7	23,3	17,57	24,05	23,95	23,74	24,59	27,2
Oxígeno disuelto (*)	mg/L	-	4,1	9,6	3,53	2,72	2,32	2,58	1,73	3,62
Turbiedad (*)	UNT	-	21,3	152	10,1	12	13,8	18,4	15,4	8,77
Clorofila "a"	µg/L	0,02	8,4	18,2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m²	0,02	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Alcalinidad Parcial (CaCO3)	mg/L	1	-	-	<1	19	<1	<1	<1	<1
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	1	273	491	273	219	226	237	205	198
Bicarbonato (CaCO3)	mg/L	1	-	-	273	181	226	237	205	198
Carbonatos (CaCO3)	mg/L	1	-	-	<1	38	<1	<1	<1	<1
Cloruro (Cl-)	mg/L	0,101	9.634	17.575	9.666,1	13.584,5	12.759,8	13.661,8	13.552,6	14.626,9
Nitrato (N-NO3-)	mg/L	0,203	<0,5	<0,5	<0,203	<0,203	<0,203	<0,203	<0,203	<0,203
Nitrito (N-NO2-)	mg/L	0,039	<0,15	<0,15	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
Amonio (N-NH4+)	mg/L	0,001	-	-	0,02	0,01	0,012	0,022	0,121	0,029
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	0,01	0,42	1,41	0,025	0,012	0,016	0,026	0,138	0,035
Fósforo Total (P)	mg/L	0,0004	<0,05	<0,05	0,033	0,22	0,242	0,239	0,029	0,485
Ortofosfato	mg/L	0,5	-	-	<0,5	0,6	0,7	0,7	<0,5	1,4
Sulfato (SO4-2)	mg/L	0,112	845	3.474	1.298,3	1.933,2	1.761,9	1.789,8	2.160,2	2.501,0
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	4	137,0	619,0	<4	<4	<4	<4	<4	<4

Fuente: Elaboración propia. (*) Parámetros registrados *in situ.* (**) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante las campañas de invierno de 2008, 2013 y 2014 de la Línea Base.

10.2.2.2 Resultados Calidad de sedimentos

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para los parámetros de calidad de sedimentos evaluados en las diferentes estaciones de los sectores de estudio, durante la campaña de invierno 2025. Los certificados de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología – Sedimentos**.

10.2.2.2.1 Resultados Sector La Punta y La Brava

En la **Tabla N° 10-12** se presentan los resultados de calidad en sedimentos para la campaña invierno 2025 del Sector de La Punta - La Brava. La concentración de carbono orgánico total y porcentaje de materia orgánica variaron de 35,67 a 126,33 g/Kg y de 6,15% a 21,78%, respectivamente, registrándose los valores más altos para estos parámetros en laguna La Brava (LB-1). El Nitrógeno Total Kjeldahl contenido en el sedimento, varió entre 0,564 y 11,442 g/Kg, con el mayor valor registrado en LB-3. Respecto al fósforo total, los valores registrados oscilaron en un rango de <500 a 2.200 mg/Kg, con el máximo registro en LP-23. Referente al potencial óxido-reducción de los sedimentos, en todas las estaciones se registraron valores negativos, que indican sedimentos donde se favorecen reacciones de reducción con valores entre -409 mV (LB-3) y -399 mV (LP-23 y LB-2).

Tabla N° 10-12. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	L.D.	Min LB (*)	Max LB (*)	La Punta		La Brava		
					LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	1,62	**22**	**48**	109,28	83,41	126,33	61,72	35,67
Fósforo Total (P)	mg/Kg	500	**8**	**55**	2.200	800	<500	<500	<500
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,00312	**1,596**	**6,351**	5,472	4,906	5,283	0,564	11,442
Materia Orgánica	%	0,28	**3,9**	**8,2**	18,84	14,38	21,78	10,64	6,15
Potencial Redox	mV	-	**-161,6**	**-61**	-399	-406	-400	-399	-409

Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante la campaña de verano de 2015 de la Línea Base (única campaña de referencia para este componente).
L.D.= Límite de detección.

En relación con el análisis granulométrico, en laguna La Punta el diámetro medio de grano obtenido en LP-23 correspondió a *Limo* (0,056 mm) con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* y para LP-24 correspondió a *Arena fina* (0,204 mm), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado*. En laguna La Brava, para las estaciones LB-1 y LB-2 el diámetro medio de grano correspondió a *Arena media* (0,255 a 0,320 mm), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* y para LB-3 correspondió a *Arena fina* (0,230 mm) con un grado de selección de *Pobremente seleccionado* (**Tabla N° 10-13**).

Tabla N° 10-13: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2025.

Sub Sector	Estación	Diámetro medio (*)		Grado de selección (*)	
		(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
La Punta	LP-23	0,056	Limo	0,0043	Muy pobremente seleccionado
	LP-24	0,204	Arena Fina	0,0066	Muy pobremente seleccionado
la Brava	LB-1	0,255	Arena Media	0,0058	Muy pobremente seleccionado
	LB-2	0,320	Arena Media	0,0060	Muy pobremente seleccionado
	LB-3	0,230	Arena Fina	0,0036	Pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración propia. (*) Estadísticas de tamaños de grano obtenidas con el método de Folk y Ward (1957) en escala de Wentworth (1922), con el paquete estadístico GRADISTAT v8.0

10.2.2.2.2 Resultados Sector Tilopozo

En la **Tabla N° 10-14** se presentan los resultados de calidad en sedimentos para la campaña invierno 2025 del Sector de Tilopozo. Las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden respectivamente a pozas de <2 m de profundidad de afloramiento subsuperficial y la estación TB-2 corresponde a un pajonal hídrico de baja profundidad. Los resultados mostraron valores de carbono orgánico total (COT) entre 66,07 y 239,21 g/Kg y de materia orgánica entre 11,39% y 41,24%, encontrándose sus máximos en TB-2. El nitrógeno total Kjeldahl varió de 3,755 g/Kg a 4,020 g/Kg, siendo su máximo en TB-3. En el caso del fósforo total, los valores oscilaron de <500 mg/Kg en TB-1 a 58.200 mg/Kg en TB-2. Por su parte, el potencial óxido-reducción en los sedimentos, presentó valores negativos en todas las estaciones del sector, entre -387 mV y -327 mV, indicando sedimentos donde se favorecen las reacciones de reducción.

Tabla N° 10-14. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2025.

Parámetro	Unidad	L.D.	TB-1	TB-2	TB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	1,62	99,3	239,21	66,07
Fósforo Total (P)	mg/Kg	500	<500	58.200	600
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,00312	3,755	3,849	4,020
Materia Orgánica	%	0,28	17,12	41,24	11,39
Potencial Redox	mV	-	-387	-327	-385

Fuente: Elaboración propia. L.D.= Límite de detección.

Los resultados granulométricos para el sector Tilopozo, muestran que el diámetro medio de grano obtenido en las estaciones correspondió a *Arena muy fina* en TB-1 y TB-3 (0,089 y 0,063 mm, respectivamente) y a *Arena fina* en TB-2 (0,139 mm de diámetro medio de grano), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* (**Tabla N° 10-15**).

Tabla N° 10-15: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2025.

Estación	Diámetro medio (*)		Grado de selección (*)	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
TB-1	0,089	Arena Muy Fina	0,0041	Muy pobremente seleccionado
TB-2	0,139	Arena Fina	0,0047	Muy pobremente seleccionado
TB-3	0,063	Arena Muy Fina	0,0041	Muy pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración propia. (*) Estadísticas de tamaños de grano obtenidas con el método de Folk y Ward (1957) en escala de Wentworth (1922), con el paquete estadístico GRADISTAT v8.0

10.2.2.2.3 Resultados Sector Peine

En el sector Peine (**Tabla N° 10-16**) la concentración de carbono orgánico total y porcentaje de materia orgánica variaron de 34,34 a 85,61 g/Kg y de 5,92% a 14,76%, respectivamente, registrándose los valores más altos en laguna Salada (máximos en S-5). El Nitrógeno Total Kjeldahl contenido en los sedimentos, varió de 1,782 a 5,980 g/Kg, siendo las concentraciones mayores las obtenidas en laguna Interna. Respecto al fósforo total, los valores registrados oscilaron en un rango de 500 mg/Kg a 4.000 mg/Kg, con el máximo registro obtenido en S-5. Referente al potencial óxido-reducción, en todas las estaciones se registraron sedimentos con características reductoras con valores entre -405 mV (S-10) y -367 mV (SA-25) (**Tabla N° 10-16**).

Tabla N° 10-16. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine. Campaña invierno 2025.

Parámetro	Unidad	L.D.	Min LB	Max LB	Salada		Saladita		Interna	
					S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	1,62	**3**	**43**	38,34	85,61	51,1	54,7	72,04	34,34
Fósforo Total (P)	mg/Kg	500	**34**	**78**	500	4.000	600	900	1.000	<500
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,00312	**0,140**	**5,300**	1,782	4,448	3,696	2,854	5,980	3,015
Materia Orgánica	%	0,28	**0,5**	**7,4**	6,61	14,76	8,81	9,43	12,42	5,92
Potencial Redox	mV	-	**-160**	**46,4**	-370	-402	-367	-405	-397	-382

Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante la campaña de verano de 2015 de la Línea Base (única campaña de referencia para este componente). L.D.= Límite de detección.

En relación con el análisis granulométrico, en laguna Salada los diámetros medios de grano para S-9 correspondieron a *Arena fina* (0,151 mm), con un grado de selección de *Pobremente seleccionado* y a *Limo* en la estación S-5 (0,059), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado.* Por su parte en la laguna Saladita los diámetros medios de grano obtenidos comprendieron a *Arena fina* (0,182 mm) en SA-25 con un grado de selección de *Pobremente seleccionado y Arena muy fina* en S-10 (0,090 mm), con un grado de selección

de Muy pobremente seleccionado. En laguna Interna, el diámetro medio de grano correspondió a *Arena muy fina* (0,087 mm) para I-11 y *Arena fina* (0,127 mm) para I-17, con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* y *Pobremente seleccionado,* respectivamente (**Tabla N° 10-17**).

Tabla N° 10-17: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine. Campaña Invierno 2025.

Sub Sector	Estación	Diámetro medio (*)		Grado de selección (*)	
		(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
Salada	S-9	0,151	Arena Fina	0,0028	Pobremente seleccionado
	S-5	0,059	Limo	0,0042	Muy pobremente seleccionado
Saladita	SA-25	0,182	Arena Fina	0,0030	Pobremente seleccionado
	S-10	0,090	Arena Muy Fina	0,0042	Muy pobremente seleccionado
Interna	I-11	0,087	Arena Muy Fina	0,0042	Muy pobremente seleccionado
	I-17	0,127	Arena Fina	0,0028	Pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración propia. (*) Estadísticas de tamaños de grano obtenidas con el método de Folk y Ward (1957) en escala de Wentworth (1922), con el paquete estadístico GRADISTAT v8.0

10.2.2.3 Resultados Biota acuática

10.2.2.3.1 Fitobentos

El fitobentos corresponde al complejo de comunidades microalgales que viven asociadas a un sustrato del fondo de los cuerpos de agua (Parra & Bicudo, 1996), las cuales son representadas por microalgas bentónicas. Su importancia radica en ser productores primarios en el ecosistema (estando o no asociadas a los tapetes microbianos) sosteniendo en parte la diversidad de invertebrados y la avifauna que se alimentan de ellas.

10.2.2.3.1.1 Sector La Punta y La Brava

La comunidad de fitobentos en el Sector La Punta y La Brava, en la campaña de invierno 2025 estuvo compuesta por 23 géneros microalgales, con valores de riqueza por estación que oscilaron entre 8 géneros en la estación LP-24 (La Punta) y 15 géneros en la estación LP-23 (La Punta). Respecto a la abundancia de microalgas bentónicas, fluctuó entre 298.432 cel/cm^2 en LP-23 (La Punta) y 4.490.000 cel/cm^2 en LB-2 (La Brava) (**Tabla N° 10-18**).

La comunidad fitobentónica presentó una diversidad y equidad mayor en la estación LP-23, ubicada en la laguna La Punta, con valores de 1,83 nits/ind y 0,68 unidades. Por otro lado, en la estación LB-1 de La Brava, se observó la menor diversidad y equidad con registros de 0,96 nits/ind y 0,42 unidades (**Tabla N° 10-18**).

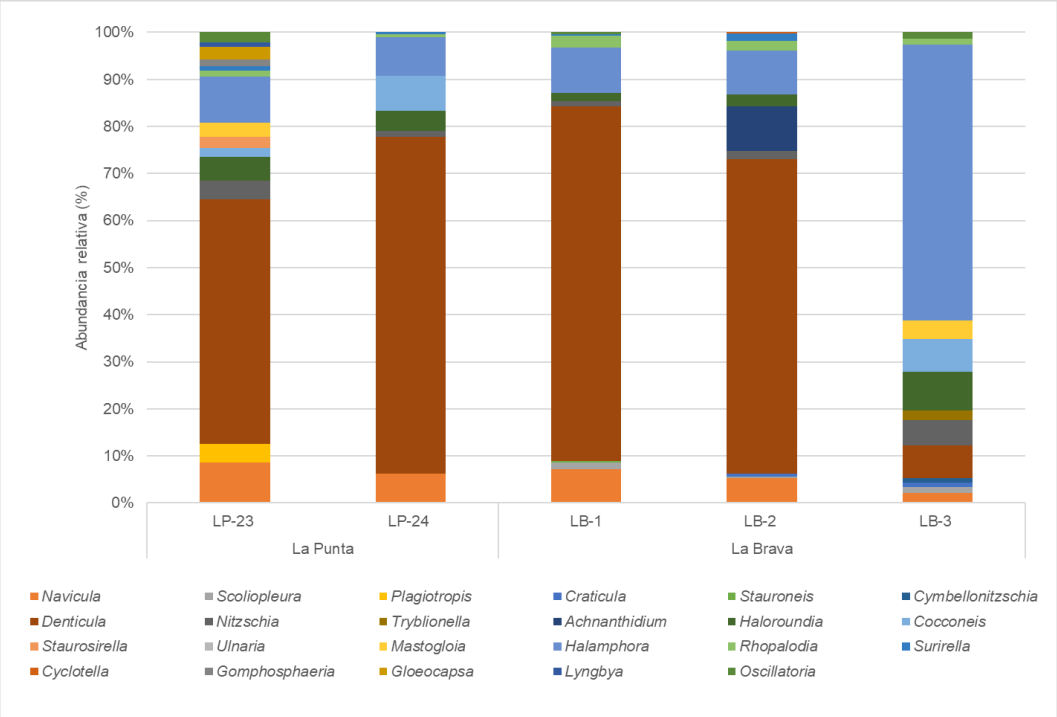
En relación con los *taxa* dominantes durante la campaña de invierno 2025, se observó que las mayores representatividades fueron mostradas por las diatomeas *Denticula* en la mayoría de las estaciones de monitoreo y *Halamphora* específicamente en la estación LB-3 (**Figura N° 10-2**).

Tabla N° 10-18. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones				
				Sector La Punta y La Brava				
				LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula*	25.841	129.545	270.000	237.500	36.923
		Scoliotropidaceae	*Scoliopleura*			54.000	12.500	23.077
		Plagiotropidaceae	*Plagiotropis*	11.455				
		Stauroneidaceae	*Craticula*				27.500	13.846
			Stauroneis			13.500		
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Cymbellonitzschia*					18.462
			Denticula	155.455	1.500.682	2.848.500	3.005.000	120.000
			Nitzschia	11.591	29.318	40.500	72.500	92.308
			Tryblionella					36.923
	Achnanthales	Achnanthaceae	*Achnanthidium*				432.500	
			Haloroundia	14.932	86.591	67.500	107.500	143.077
		Cocconeidaceae	*Cocconeis*	5.659	158.182			120.000
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Staurosirella*	7.091				
			Ulnaria					
	Mastogloiaceae	Mastogloia	*Mastogloia*	9.205				69.231
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Halamphora*	29.182	171.136	364.500	417.500	1.015.385
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia*	3.545	14.318	94.500	95.000	23.077
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella*	2.932	7.500	13.500	70.000	
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella*				12.500	
Cyanobacteriia	Cyanobacteriales	Gomphosphaeriaceae	*Gomphosphaeria*	4.227				
		Gloeocapsaceae	*Gloeocapsa*	7.909				
		Microcoleaceae	*Lyngbya*	2.932				
		Oscillatoriaceae	*Oscillatoria*	6.477		13.500		23.077
Límites LB (*)		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación Inv-2025**				
Abundancia total (cél/cm^2)		**16**	**8.753**	**298.432**	**2.097.273**	**3.780.000**	**4.490.000**	**1.735.385**
Riqueza de géneros (S)		**5**	**17**	**15**	**8**	**10**	**11**	**13**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**1,83**	**1,06**	**0,96**	**1,24**	**1,60**
Equidad (J')		**-**	**-**	**0,68**	**0,51**	**0,42**	**0,52**	**0,62**

Fuente: Elaboración propia. LB: Línea base. (*) Mínimo LB y Máximo LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en las estaciones del sector Peine durante todas las campañas (invierno y verano) de la Línea Base. **Nota:** A diferencia de los Informes Anuales 1 y 2, en el presente informe los valores máximos y mínimos de LB corresponden solo a los registros de las estaciones donde se realiza el monitoreo del Plan de Manejo Biótico. El valor máximo de LB corresponde a 8.753 cel/cm^2, considerando campañas de invierno y verano LB, y no a los presentados en el Informe Anual 2 con un valor de 2.673 cel/cm^2. No obstante, los valores señalados se encuentran dentro del mismo orden de magnitud.

Figura N° 10-2. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector La Punta y La Brava (Invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.1.2 Sector Tilopozo

Dentro del Sector vegas de Tilopozo, las estaciones evaluadas registraron un total de 7 géneros. La riqueza por estación de monitoreo presentó el mayor registro en la estación TB-3 con 7 géneros y el menor en TB-2 con 4 géneros. Respecto a las abundancias, en TB-1 se observó el mayor registro con un valor de 3.292.788 cel/cm^2 y el menor en TB-2 con 637.895 cel/cm^2 (**Tabla N° 10-19**).

La diversidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo, fue mayor para la estación TB-3 con 1,10 nits/ind y menor en la estación TB-2 con 0,71 nits/ind. Respecto a la equidad, se observó que el mayor registro en la estación TB-1 con 0,59 unidades y el menor TB-2 con 0,51 unidades (**Tabla N° 10-19**).

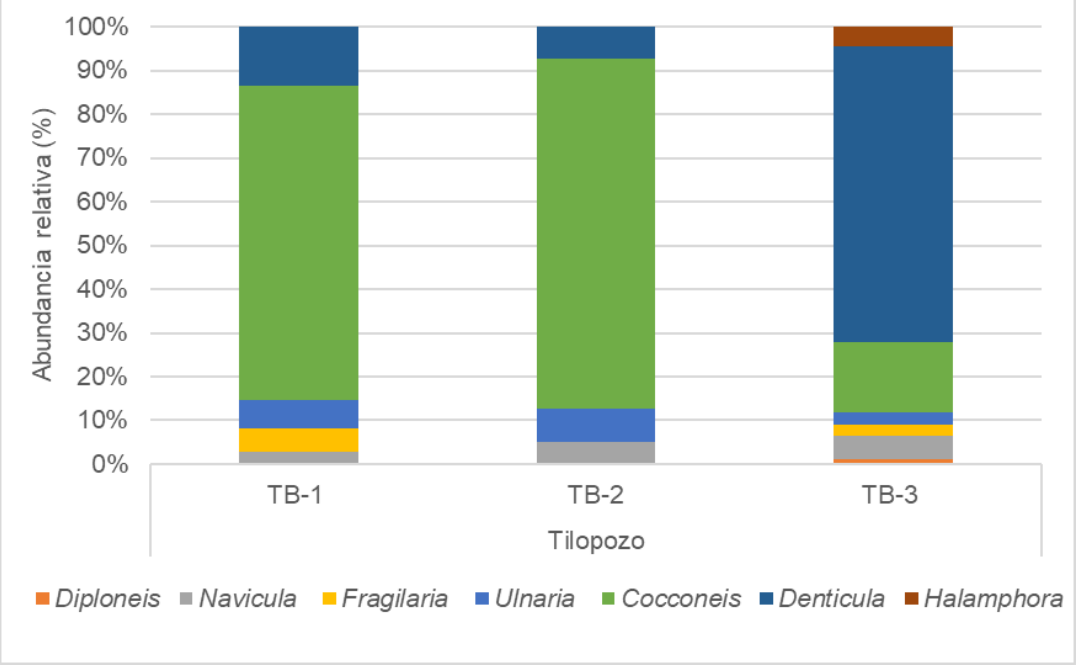
Se puede observar que los *taxa* dominantes, correspondieron a las diatomeas *Cocconeis* (TB-1 y TB-2) y *Denticula* (TB-3), las que presentaron las mayores abundancias relativas entre las estaciones evaluadas (**Figura N° 10-3**). El análisis por clase de la comunidad de fitobentos, mostró que la clase Bacillariophyceae correspondientes a las diatomeas, presentan la mayor representatividad en el Sector de Tilopozo (**Tabla N° 10-19**).

Tabla N° 10-19. Comunidad fitobentónica. Sector Tilopozo (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones		
				Sector Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	*Diploneis*			16.489
		Naviculaceae	*Navicula*	94.111	31.842	72.178
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria*	175.240		32.667
			Ulnaria	216.346	48.553	39.822
	Achnanthales	Cocconeidaceae	*Cocconeis*	2.364.663	511.447	221.044
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	442.428	46.053	925.400
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Halamphora*			60.200
Abundancia total (cél/cm^2)				**3.292.788**	**637.895**	**1.367.800**
Riqueza de géneros (S)				**5**	**4**	**7**
Diversidad Shannon (nits/ind)				**0,94**	**0,71**	**1,10**
Equidad (J')				**0,59**	**0,51**	**0,56**

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-3. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Tilopozo (Invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.1.3 Sector Peine

La comunidad fitobentónica en el Sector Peine, en la campaña de invierno 2025 estuvo compuesta por 13 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 3 géneros presentes en la estación S-10 (Saladita) y 10 géneros en la estación S-9 (Salada). Respecto a la abundancia de microalgas bentónicas, fluctuó entre 2.280.000 cel/cm^2 en S-9 (Salada) y 557.708 cel/cm^2 en SA-25 (Saladita).

La comunidad presentó una diversidad mayor para la estación S-9 (Salada) con 1,22 nits/ind y menor en la estación S-10 (Saladita) con 0,34 nits/ind. Respecto a la equidad, se observó que el máximo valor fue de 0,53 unidades detectado en S-9 (Salada) y el mínimo de 0,29 unidades en I-17 (Interna) (**Tabla N° 10-20**).

En relación con los *taxa* dominantes durante la campaña de invierno 2025, se observó que las mayores representatividades fueron mostradas por las diatomeas *Halamphora* (Salada y Saladita) y *Denticula* específicamente en la laguna Interna (

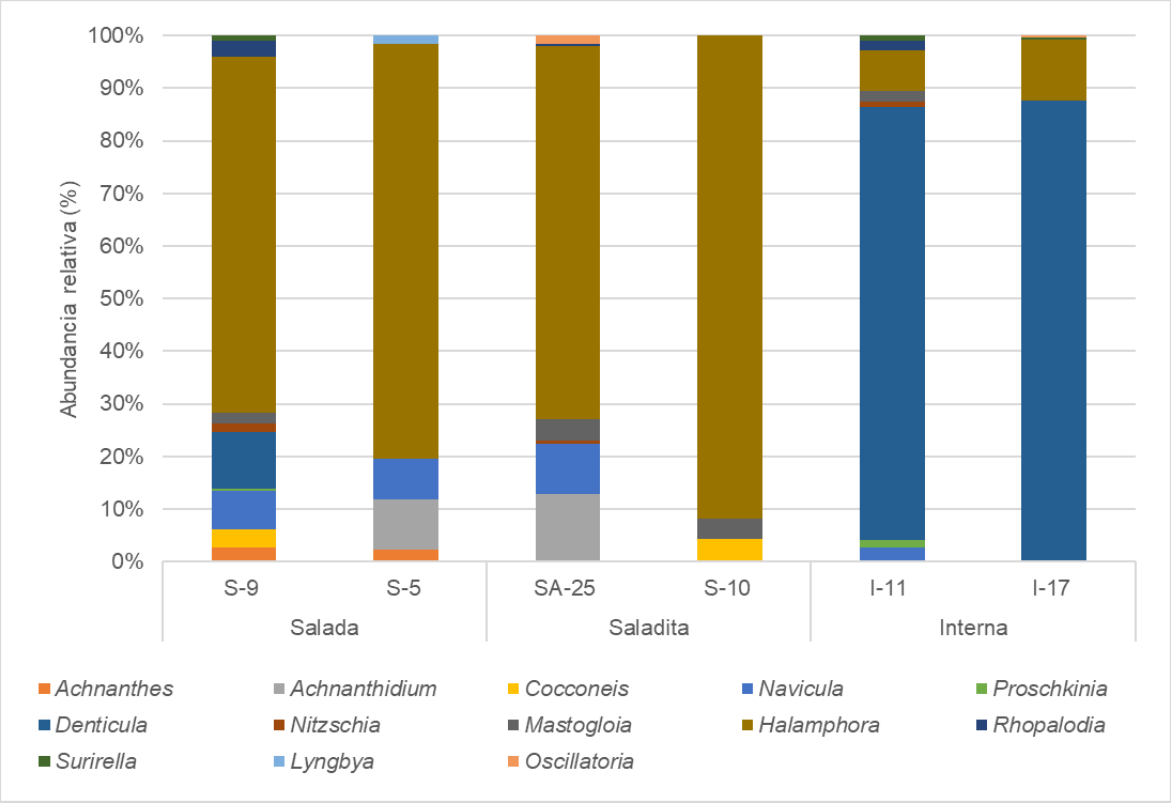
Figura N° 10-4).

Tabla N° 10-20. Comunidad fitobentos, Abundancia (cel/cm^2) y Riqueza en Sector Peine (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones					
				Sector Peine					
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	*Achnanthes*	60.000	15.345				
			Achnanthidium		61.121	71.597			
		Cocconeidaceae	*Cocconeis*	82.500			75.000		
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula*	165.000	50.948	53.472		40.000	
		Proschkiniaceae	*Proschkinia*	7.500				20.000	
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	247.500				1.225.000	658.579
			Nitzschia	37.500		3.611		15.000	
	Mastogloiaceae	Mastogloia	*Mastogloia*	45.000		22.222	67.500	30.000	
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Halamphora*	1.545.000	511.293	395.764	1.620.000	115.000	86.368
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia*	67.500		1.806		25.000	
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella*	22.500				15.000	3.000
Cyanobacteriia	Cyanobacteriales	Microcoleaceae	*Lyngbya*		10.259				
		Oscillatoriaceae	*Oscillatoria*			9.236			3.000
Límites LB (*)		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación Inv-2025**					
Abundancia total (cél/cm^2)		**47**	**6.787**	**2.280.000**	**648.966**	**557.708**	**1.762.500**	**1.485.000**	**750.947**
Riqueza de géneros (S)		**2**	**14**	**10**	**5**	**7**	**3**	**8**	**4**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**1,22**	**0,76**	**0,98**	**0,34**	**0,75**	**0,41**
Equidad (J')		**-**	**-**	**0,53**	**0,47**	**0,50**	**0,31**	**0,36**	**0,29**

Fuente: Elaboración propia. (*) Mínimo LB y Máximo LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en las estaciones del sector Peine durante las campañas de invierno de la Línea Base.

Figura N° 10-4. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Peine (Invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.2 Fitoplancton

Corresponde a la comunidad de microalgas fotosintetizadoras que se hallan en suspensión en las aguas y que puede ser delimitada ecológica y fisionómicamente (Parra & Bicudo, 1996). Su importancia ecológica, al igual que el fitobentos, radica en ser productores primarios en el ecosistema, sosteniendo en parte la diversidad de invertebrados y la avifauna que se alimentan de los microorganismos que componen el fitoplancton. A continuación, se presentan los resultados del fitoplancton obtenidos en la campaña de invierno 2025.

10.2.2.3.2.1 Sector La Punta y La Brava

La comunidad de fitoplancton en el Sector La Punta - La Brava, en la campaña de invierno 2025 presentó 10 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 3 y 7 géneros, con el registro mínimo en las estaciones LB-1 (La Brava) y el máximo en LB-3 (La Brava). Respecto a la abundancia de las microalgas planctónicas, fluctuaron entre 10,50 cel/mL en LB-2 (La Brava) y 27,00 cel/mL en LB-3 (La Brava) (**Tabla N° 10-21**).

La comunidad presentó una diversidad mayor en la estación LB-3 (La Brava) con 1,67 nits/ind, mientras que, el menor valor fue registrado en la estación LB-1 (La Brava) con 1,02 nits/ind

(**Tabla N° 10-21**). En tanto, la equidad fluctuó entre 0,75 unidades observado en la estación LP-23 (La Punta) y 0,93 unidades en las estaciones LP-24 (La Punta) y LB-1 (La Brava).

Respecto de los *taxa* dominantes registrados durante la campaña de invierno 2025, se detectó que las mayores representatividades fueron observadas para las diatomeas *Denticula* y *Navicula* entre las estaciones de monitoreo y *Cocconeis* específicamente en LB-2 y LB-3 (

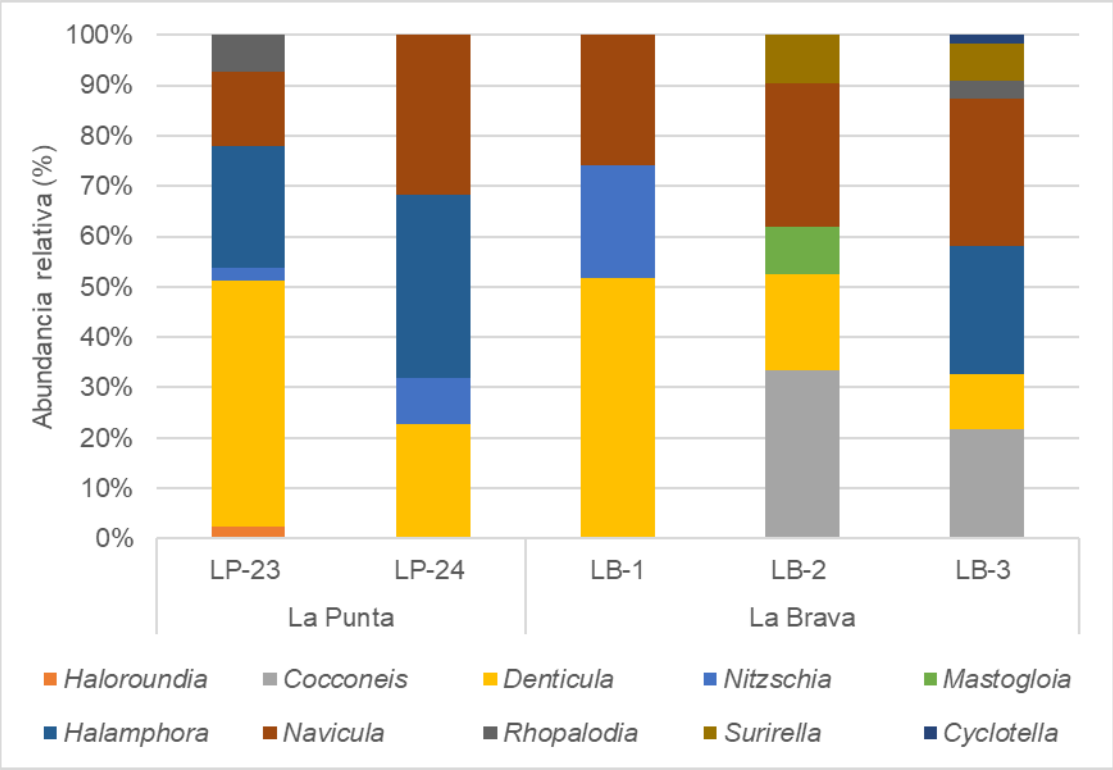
Figura N° 10-5).

Tabla N° 10-21. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones				
				Sector La Punta y La Brava				
				LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	*Haloroundia*	0,50				
		Cocconeidaceae	*Cocconeis*				3,50	6,00
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	10,00	5,00	7,00	2,00	3,00
		Bacillariaceae	*Nitzschia*	0,50	2,00	3,00		
	Mastogloiaceae	Mastogloia	*Mastogloia*				1,00	
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Halamphora*	5,00	8,00			7,00
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula*	3,00	7,00	3,50	3,00	8,00
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia*	1,50				1,00
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella*				1,00	2,00
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella*					0,50
Límites LB (*)		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación Inv-2025**				
Abundancia total (cel/mL)		**76**	**4905**	**20,50**	**22,00**	**13,50**	**10,50**	**27,50**
Riqueza de géneros (S)		**6**	**14**	**6**	**4**	**3**	**5**	**7**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**1,35**	**1,29**	**1,02**	**1,49**	**1,67**
Equidad (J')		**-**	**-**	**0,75**	**0,93**	**0,93**	**0,92**	**0,86**

Fuente: Elaboración propia. (*) Mínimo LB y Máximo LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en las estaciones del sector Peine durante todas las campañas (invierno y verano) de la Línea Base. **Nota:** A diferencia de los Informes Anuales 1 y 2, en el presente informe los valores máximos y mínimos de LB corresponden solo a los registros de las estaciones donde se realiza el monitoreo del Plan de Manejo Biótico. El valor consignado como máximo de riqueza LB de 14 géneros, y no de 12, como se indicó en el Informe Anual 2. No obstante, los valores señalados se encuentran dentro del mismo orden de magnitud.

Figura N° 10-5. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector La Punta y La Brava (Invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.2.2 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Vegas de Tilopozo, las estaciones evaluadas registraron un total de 9 géneros. La riqueza osciló entre 4 géneros registrados en TB-1 y TB-3 y 8 géneros en TB-2. Respecto de las abundancias, fluctuaron entre 21,00 cel/mL en TB-3 y 34,50 cel/mL en TB-2 (**Tabla N° 10-22**).

La comunidad presentó una diversidad mayor para la estación TB-2 con 1,71 nits/ind y menor en la estación TB-1 con 1,06 nits/ind. Respecto a la equidad, se observó que el máximo valor fue de 0,89 unidades detectado en TB-3 y el mínimo de 0,77 unidades en TB-1 (**Tabla N° 10-22**).

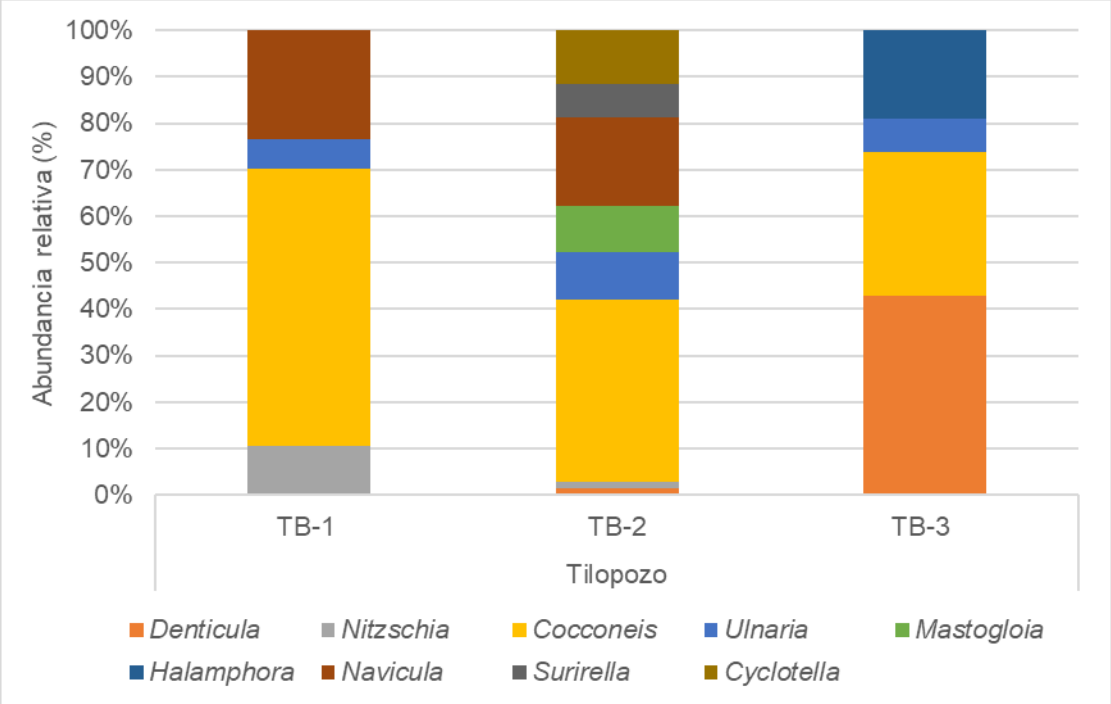
Respecto de los *taxa* dominantes, las diatomeas *Cocconeis* y *Navicula*, presentaron las mayores representatividades entre las estaciones TB-1 y TB-2, en tanto, en TB-3 a *Cocconeis* se agregan las diatomeas *Denticula* y *Halamphora* con alta representatividad (**Figura N° 10-6**).

Tabla N° 10-22. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones		
				Sector Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*		0,50	9,00
		Bacillariaceae	*Nitzschia*	2,50	0,50	
	Achnanthales	Cocconeidaceae	*Cocconeis*	14,00	13,50	6,50
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Ulnaria*	1,50	3,50	1,50
	Mastogloiaceae	Mastogloia	*Mastogloia*		3,50	
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Halamphora*			4,00
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula*	5,50	6,50	
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella*		2,50	
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella*		4,00	
Abundancia total (cel/mL)				**23,50**	**34,50**	**21,00**
Riqueza de géneros (S)				**4**	**8**	**4**
Diversidad Shannon (nits/ind)				**1,06**	**1,71**	**1,23**
Equidad (J')				**0,77**	**0,82**	**0,89**

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-6. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Tilopozo (Invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.2.3 Sector Peine

La comunidad de fitoplancton en el Sector Peine presentó 12 géneros microalgales, con valores de riqueza que fluctuaron entre 3 y 9 géneros, con el menor registro en la estación I-17 (Interna) y el mayor en la estación S-5 (Salada). Respecto a la abundancia de las microalgas planctónicas, estas fluctuaron entre 18,50 cel/mL en SA-25 (Saladita) y 90,50 cel/mL en I-11 (Interna), registrándose las mayores abundancias en la laguna Interna (**Tabla N° 10-23**).

La comunidad presentó una diversidad mayor para la estación S-5 (Salada) con 1,81 nits/ind y menor en las estaciones I-11 (Interna) e I-17 (Interna) con 0,69 nits/ind. Respecto a la equidad, se observó que el máximo valor fue de 0,92 unidades detectado en SA-25 (Saladita) y el mínimo de 0,43 unidades en I-11 (Interna).

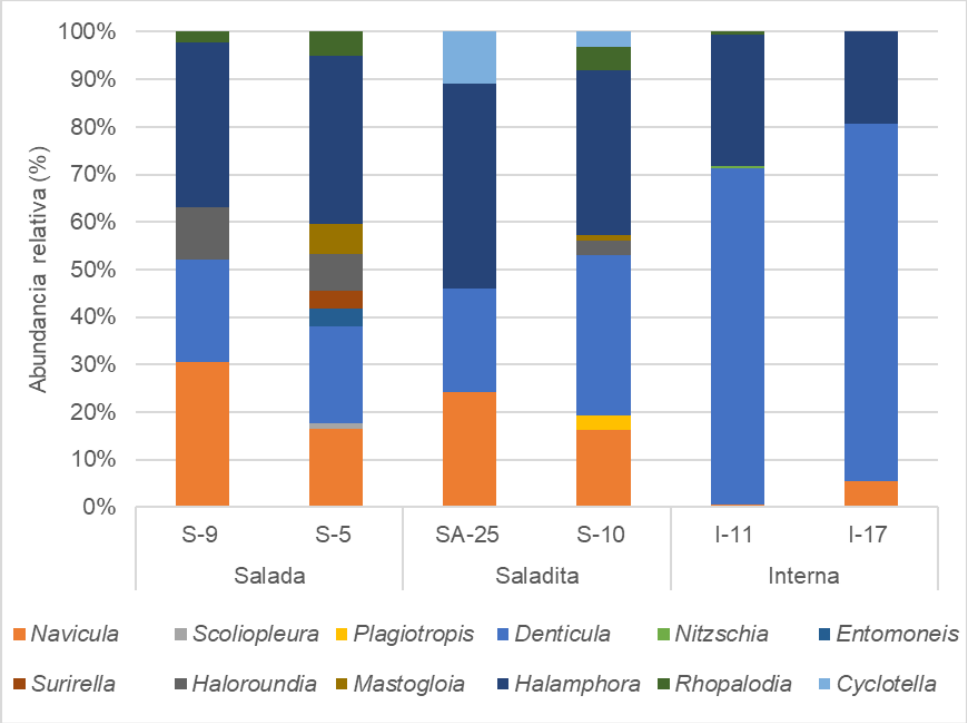
Respecto de los *taxa* dominantes registrados durante la campaña de invierno 2025, se detectó que las mayores representatividades fueron observadas principalmente para las diatomeas *Denticula* y *Halamphora* (**Figura N° 10-7**).

Tabla N° 10-23. Comunidad fitoplancton, Abundancia (cel/mL) y Riqueza en Sector Peine (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones					
				Sector Peine					
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula*	7,00	6,50	4,50	8,00	0,50	4,50
		Scoliotropidaceae	*Scoliopleura*		0,50				
		Plagiotropidaceae	*Plagiotropis*				1,50		
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	5,00	8,00	4,00	16,50	64,00	62,00
			Nitzschia					0,50	
	Surirellales	Entomoneidaceae	*Entomoneis*		1,50				
		Surirellaceae	*Surirella*		1,50				
	Achnanthales	Achnanthaceae	*Haloroundia*	2,50	3,00		1,50		
	Mastogloiaceae	Mastogloia	*Mastogloia*		2,50		0,50		
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Halamphora*	8,00	14,00	8,00	17,00	25,00	16,00
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia*	0,50	2,00		2,50	0,50	
	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella*			2,00	1,50		
Límites LB (*)		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación Inv-2025**					
Abundancia total (cel/mL)		**29**	**5.280**	**23,00**	**39,50**	**18,50**	**49,00**	**90,50**	**82,50**
Riqueza de géneros (S)		**4**	**12**	**5**	**9**	**4**	**8**	**5**	**3**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**1,39**	**1,81**	**1,28**	**1,55**	**0,69**	**0,69**
Equidad (J')		**-**	**-**	**0,86**	**0,83**	**0,92**	**0,74**	**0,43**	**0,63**

Fuente: Elaboración propia. (*) Mínimo LB y Máximo LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en las estaciones del sector Peine durante las campañas de invierno de la Línea Base.

Figura N° 10-7. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Peine (Invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.3 Zooplancton

Los organismos zooplanctónicos son animales invertebrados cuyas características distintivas son su tamaño principalmente microscópico, su movilidad limitada, ser dependientes de los movimientos verticales y horizontales del agua (Samanez *et al*., 2014) y ser organismos heterótrofos (componente animal del plancton) (Wetzel, 2001). Estos organismos son los consumidores secundarios de los ecosistemas acuáticos, siendo activos filtradores del fitoplancton o bien, de dieta omnívora consumiendo tanto microalgas como zooplancteres en estado larvario (De los Ríos-Escalante, 2010). A continuación, se presentan los resultados del zooplancton obtenidos en la campaña de invierno 2025.

10.2.2.3.3.1 Sector La Punta y La Brava

En el sector de las lagunas La Punta y La Brava en invierno de 2025, se registraron riquezas entre 0 y 3 *taxa* por estación de organismos zooplanctónicos, siendo la máxima obtenida en la estación LB-1 y la mínima de cero *taxa* en LB-3. La fauna zooplanctónica en este sector estuvo compuesta por el branchiópodo *Artemia franciscana,* por los copépodos Calanoida *Boeckella* sp. y Harpacticoida *Tigriopus* sp., y por los insectos dípteros de la familia *Ephydridae.* Los *taxa* con mayor frecuencia fueron *Boeckella* sp. en laguna La Punta y *Tigriopus* sp. en laguna La Brava. Las abundancias totales de zooplancton por estación tuvieron un rango de entre 0,00 a 11,65 ind/L, con un registro cero en LB-3 y el máximo en LP-23 (**Tabla N° 10-24**).

El organismo más abundante fue *Boeckella sp*. alcanzando 11,65 ind/L en LP-23, seguido por *Tigriopus* sp*.* que obtuvo un máximo de 5,40 ind/L en LB-2. La estructura comunitaria del zooplancton en este sector muestra que el grupo dominante en laguna La Punta fue el copépodo *Boeckella* sp*.*, mientras que, en La Brava fue el copépodo *Tigriopus* sp. (**Tabla N° 10-24**; **Figura N° 10-8**).

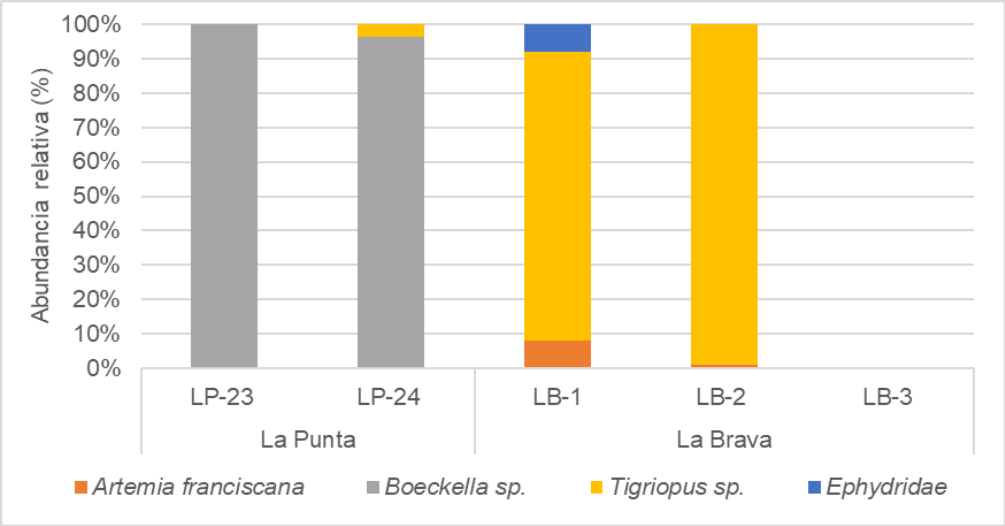
Respecto a la diversidad y equidad, la diversidad varió entre 0,05 nits/ind en LB-2 y 0,56 nits/ind en LB-1 y la equidad fue baja (<0,8) obteniéndose valores entre 0,08 (LB-2) y 0,51 (LB-1). Para las estaciones LP-23 y LB-3 no se pudieron estimar estos índices debido a que presentaron menos de 2 *taxa* (**Tabla N° 10-24**).

Tabla N° 10-24. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Taxa	La Punta		La Brava		
				LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	*Artemia franciscana*			0,15	0,05	
Copepoda	Calanoida	Centropagidae	*Boeckella sp.*	11,65	8,05			
	Harpacticoida	Harpacticidae	*Tigriopus sp.*		0,30	1,55	5,40	
Insecta	Diptera	Ephydridae	Ephydridae			0,15		
Límites LB		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación en Invierno 2025**				
Abundancia total (Ind/L)		**0**	**239,1**	**11,65**	**8,35**	**1,85**	**5,45**	**0,00**
Riqueza de taxa (S)		**0**	**4**	**1**	**2**	**3**	**2**	**0**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**-**	**0,15**	**0,56**	**0,05**	**-**
Equidad (J')		**-**	**-**	**-**	**0,22**	**0,51**	**0,08**	**-**

Fuente: Elaboración propia. Mínimo LB y Máximo LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector, durante las campañas de invierno de 2008, 2013 y 2014 de la Línea Base.

Figura N° 10-8. Abundancia relativa del zooplancton en Sector La Punta y La Brava (invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.3.2 Sector Tilopozo

En las estaciones muestreadas en el sector de Tilopozo en invierno de 2025, se registraron riquezas entre 1 y 4 *taxa* por estación de organismos zooplanctónicos. La fauna zooplanctónica en este sector estuvo compuesta por el gasterópodo *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación “En Peligro Crítico” según el DS 52 MMA del 2014), por los insectos dípteros (Chironomidae) *Rheotanytarsus sp*. y *Corynoneura* sp. y por los insectos coleópteros (Elmidae) *Austrelmis sp*.

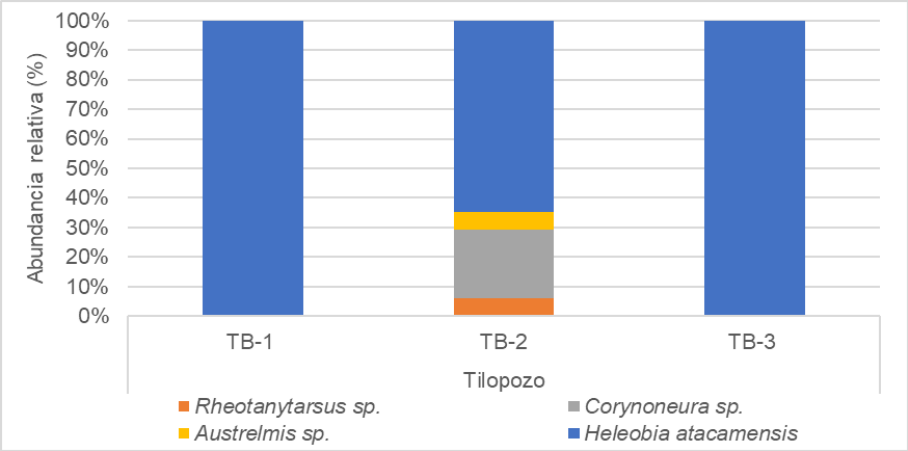
Las abundancias totales del zooplancton por estación tuvieron un rango de 0,03 a 0,85 ind/L, con el mínimo en TB-1 y el máximo en TB-2 (**Tabla N° 10-25**). El organismo más abundante por estación correspondió a *Heleobia atacamensis* alcanzando 0,55 ind/L en TB-2 (**Tabla N° 10-25** y **Figura N° 10-9**). Respecto a los índices comunitarios, solo en la estación TB-2 se pudieron estimar, donde la diversidad alcanzó 0,96 nits/ind y la equidad fue de 0,69. En TB-1 y TB-3 no se pudieron estimar estos índices debido a que se encontró un taxón en estas estaciones (**Tabla N° 10-25**).

Tabla N° 10-25. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Taxa	Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Insecta	Diptera	Chironomidae	*Rheotanytarsus sp.*		0,05	
			Corynoneura sp.		0,20	
	Coleoptera	Elmidae	*Austrelmis sp.*		0,05	
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia atacamensis*	0,03	0,55	0,05
Abundancia total (Ind/L)				**0,03**	**0,85**	**0,05**
Riqueza de taxa (S)				**1**	**4**	**1**
Diversidad Shannon (nits/ind)				**-**	**0,96**	**-**
Equidad (J')				**-**	**0,69**	**-**

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-9. Abundancia relativa del zooplancton Sector Tilopozo (invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.3.3 Sector Peine

En la comunidad de zooplancton del sector de Peine en invierno 2025, se observaron riquezas entre 0 y 4 *taxa* en las estaciones de muestreo, siendo la máxima obtenida en las estaciones S-5, S-10, I-17 y la mínima de cero *taxa* en la estación I-11 (laguna Interna). La fauna zooplanctónica en este sector estuvo compuesta por el branquiópodo *Artemia franciscana,* por copépodos Harpacticoida *Tigriopus* sp, por los insectos dípteros *Dasyhelea sp*., Ephydridae y Syrphidae y por el gasterópodo *Heleobia sp.* presentando las mayores dominancias (**Tabla N° 10-26**;

Figura N° 10-10)

Los valores de abundancia total por estación para el zooplancton variaron entre 0,00 ind/L en I-11 y 1,10 ind/L en I-17 (laguna Interna). Los organismos con mayor abundancia en el sector Peine fueron los copépodos *Tigriopus* sp., obteniendo su máximo registro de 0,95 ind/L en I-17 (laguna Interna) (**Tabla N° 10-26**).

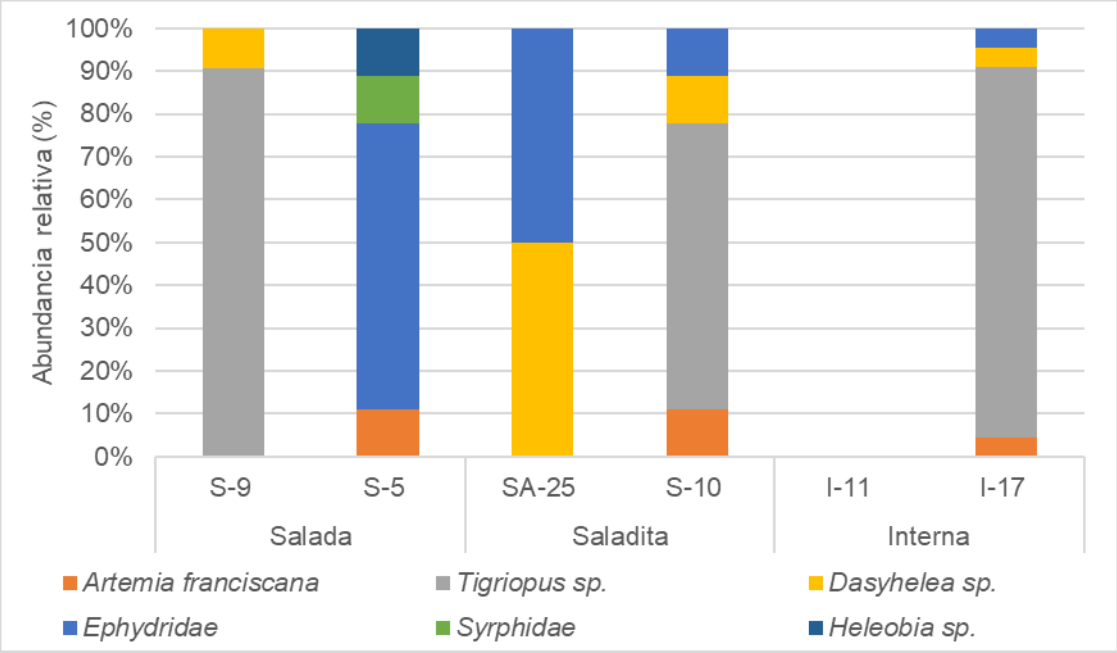
Respecto a la diversidad y equidad, la diversidad en las estaciones estuvo en el rango de 0,31 nits/ind (S-9) a 1,00 nits/ind (S-5 y S-10). La equidad por su parte varió entre los valores 0,40 (I-11) a 1,00 (S-5) (**Tabla N° 10-26**).

Tabla N° 10-26. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Taxa	Salada		Saladita		Interna	
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	*Artemia franciscana*		0,05		0,10		0,05
Copepoda	Harpacticoida	Harpacticidae	*Tigriopus sp.*	0,48			0,60		0,95
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Dasyhelea sp.*	0,05		0,05	0,10		0,05
		Ephydridae	Ephydridae		0,30	0,05	0,10		0,05
		Syrphidae	Syrphidae		0,05				
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia sp.*		0,05				
Límites LB		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación en Invierno 2025**					
Abundancia total (Ind/L)		**0,3**	**137,3**	**0,53**	**0,45**	**0,10**	**0,90**	**0,00**	**1,10**
Riqueza de taxa (S)		**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**0**	**4**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**0,31**	**1,00**	**0,69**	**1,00**	**-**	**0,55**
Equidad (J')		**-**	**-**	**0,45**	**0,72**	**1,00**	**0,72**	**-**	**0,40**

Fuente: Elaboración propia. Mínimo LB y Máximo LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector, durante las campañas de invierno de 2008, 2013 y 2014 de la Línea Base.

Figura N° 10-10. Abundancia relativa del zooplancton Sector Peine (invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.4 Zoobentos

Se refiere a la fauna de invertebrados que habita los sustratos sumergidos de los medios acuáticos. En las lagunas salinas el zoobentos está constituido por crustáceos como anfípodos y copépodos, larvas de insectos (Chironomidae, Ceratopogonidae, Ephydridae, entre otros), gusanos Lumbriculidae y moluscos gastrópodos como *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación “En Peligro Crítico” según el DS 52 MMA del 2014). Los organismos zoobentónicos corresponden a consumidores secundarios de los ecosistemas acuáticos, siendo activos carnívoros, herbívoros y detritívoros, siendo el eslabón entre los productores primarios, los consumidores secundarios y los niveles tróficos superiores. A continuación, se presentan los resultados del zoobentos de la campaña de monitoreo de invierno 2025.

10.2.2.3.4.1 Sector La Punta y La Brava

En el sector La Punta y La Brava el zoobentos presentó una riqueza de *taxa* entre 2 y 4, ocurriendo el máximo en las estaciones LP-23 (La Punta) y LB-1 (La Brava). La fauna estuvo compuesta por insectos dípteros *Dasyhelea* sp. y *Palpomya* sp. (Ceratopogonidae) e insectos de la familia Muscidae, los anfípodos *Hyalella* sp., los copépodos Harpacticidae *Tigriopus* sp., los ostrácodos Cyprididae y por los gasterópodos *Heleobia* sp. (**Tabla N° 10-27).**

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango de 390 ind/m^2 (LB-2) a 3.378 ind/m^2 (LB-3). Los organismos más abundantes fueron los insectos dípteros *Dasyhelea* sp. siendo mayoritarios en LB-3 y LP-23 (2.988 y 1.039 ind/m^2, respectivamente). Fueron

seguidos en abundancia por los gasterópodos *Heleobia* sp., con el mayor valor en LP-24 (1.039 ind/m^2) y luego por Cyprididae, encontrados en LP-23 (1.169 ind/m^2) (**Tabla N° 10-27; Figura N° 10-11**).

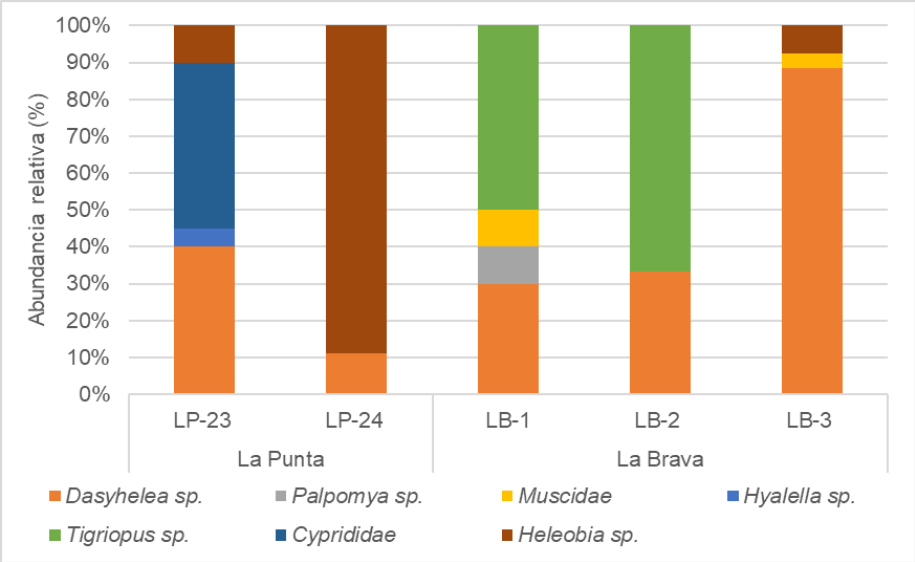
Las estimaciones de diversidad estuvieron entre 0,35 nits/ind en la estación LP-24 y 1,17 nits/ind en la estación LB-1 y la equidad tuvo estimaciones entre los rangos 0,39 en la estación LB-3 y 0,92 en la estación LB-2 (**Tabla N° 10-27**).

Tabla N° 10-27. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector La Punta y La Brava (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Taxa	La Punta		La Brava		
				LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Dasyhelea sp.*	1.039	130	390	130	2.988
			Palpomya sp.			130		
		Muscidae	Muscidae			130		130
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	130				
Copepoda	Harpacticoida	Harpacticidae	*Tigriopus sp.*			650	260	
Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	Cyprididae	1.169				
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia sp.**	260	1.039			260
Límites LB		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación en Invierno 2025**				
Abundancia total (Ind/m²)		**-**	**-**	**2.598**	**1.169**	**1.299**	**390**	**3.378**
Riqueza de taxa (S)		**0**	**6**	**4**	**2**	**4**	**2**	**3**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**1,11**	**0,35**	**1,17**	**0,64**	**0,43**
Equidad (J')		**-**	**-**	**0,80**	**0,50**	**0,84**	**0,92**	**0,39**

Fuente: Elaboración propia. Mínimo LB y Máximo LB corresponden al valor mínimo y máximo de riqueza de *taxa* registrados en este sector, durante las campañas de Invierno 2013 y 2014 de la Línea Base.* Corresponde a *Heleobia atacamensis* (Collado etal. 2023 y Valdovinos y Muñoz 2025).

Figura N° 10-11. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.4.2 Sector Tilopozo

En las estaciones muestreadas en el sector de Tilopozo en invierno de 2025, el zoobentos presentó una riqueza de *taxa* entre 2 (TB-1 y TB-3) y 3 (TB-2). La fauna estuvo compuesta por el gasterópodo *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación "En Peligro Crítico" según el DS 52 MMA del 2014), por los anfípodos *Hyalella* sp. y por los gusanos Clitellata *Helobdella* sp. y Turbellaria *Dugesia* sp.

Los valores de abundancia total en las estaciones estuvieron en el rango de 909 ind/m^2 (TB-1) a 12.213 ind/m^2 (TB-2). Los organismos más abundantes fueron la especie *Heleobia atacamensis*, registrando las mayores abundancias en TB-2 con 9.744 ind/m^2 y en TB-3 con 3.768 ind/m^2, seguidos en abundancia por los anfípodos *Hyalella* sp., con una abundancia considerable en TB-2 con 2.209 ind/m^2 (**Tabla N° 10-28;**

Figura N° 10-12).

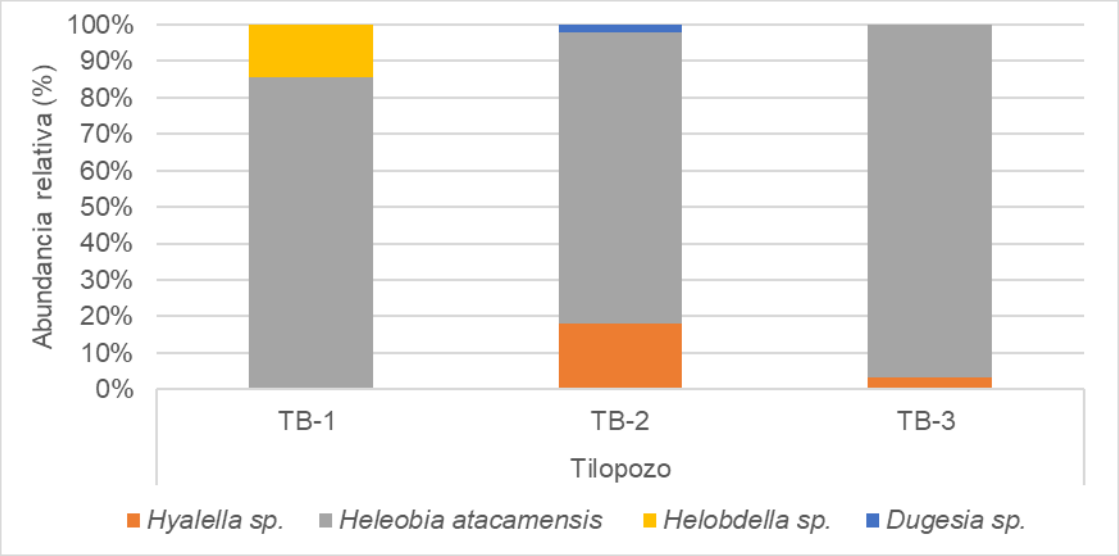
Respecto a los índices comunitarios, las estimaciones de diversidad y equidad fueron bajas, obteniendo resultados de diversidad entre los rangos 0,15 nits/ind en la estación TB-3 y 0,57 nits/ind en la estación TB-2 y las equidades fueron estimadas entre los rangos 0,21 en TB-3 y 0,52 en TB-2 (**Tabla N° 10-28**).

Tabla N° 10-28. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector Tilopozo (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Taxa	Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*		2.209	130
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia atacamensis*	780	9.744	3.768
Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Helobdella sp.*	130		
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	*Dugesia sp.*		260	
Abundancia total (Ind/m²)				**909**	**12.213**	**3.898**
Riqueza de taxa (S)				**2**	**3**	**2**
Diversidad Shannon (nits/ind)				**0,41**	**0,57**	**0,15**
Equidad (J')				**0,59**	**0,52**	**0,21**

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-12. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.4.3 Sector Peine

En las estaciones muestreadas en el sector de Peine en invierno de 2025, el zoobentos registró una riqueza entre 1 y 4 *taxa*, encontrándose el máximo en la estación S-5 (laguna Salada). La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta por los insectos dípteros (Ceratopogonidae) *Dasyhelea* sp. y *Palpomya* sp., y también de la familia Ephydridae, por los copépodos Harpacticidae *Tigriopus* sp., por los ostrácodos Cyprididae, por los gasterópodos *Heleobia* sp. y por los gusanos Lumbriculidae.

Las abundancias totales por estación tuvieron valores de 260 ind/m^2 en I-17 a 24.685 ind/m^2 en S-5. Los organismos más abundantes fueron los ostrácodos Cyprididae que alcanzaron los 21.697 ind/m^2 en S-5 (laguna Salada) y 7.016 ind/m^2 en S-9 (Laguna Salada). Fueron seguidos en abundancia por los gasterópodos *Heleobia* sp. que alcanzaron los 6.626 ind/m^2 en S-9 (Laguna Salada) y los 5.847 en SA-25 (Laguna Saladita) (**Tabla N° 10-29** y **Figura N° 10-13**)

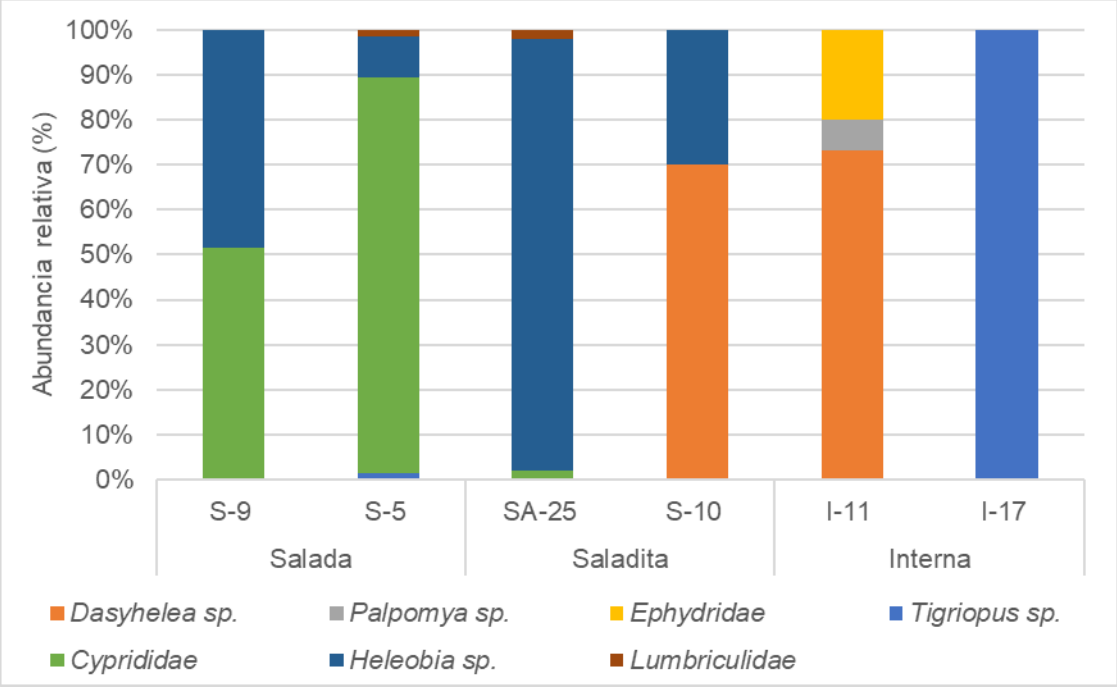
Respecto a los índices comunitarios, las estimaciones de diversidad estuvieron entre 0,21 nits/ind en SA-25 (laguna Saladita) y 0,73 nits/ind en I-11 (laguna Interna). Las equidades estimadas estuvieron entre los rangos 0,19 en SA-25 laguna Saladita y 1,00 en S-9 laguna Salada. Para la estación I-17 no se pudieron estimar debido a que se encontró solo un taxón en esa estación (**Tabla N° 10-29**).

Tabla N° 10-29. Comunidad de zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector Peine (Campaña Invierno 2025).

Clase	Orden	Familia	Taxa	Salada		Saladita		Interna	
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	*Dasyhelea sp.*				909	1.429	
			Palpomya sp.					130	
		Ephydridae	Ephydridae					390	
Copepoda	Harpacticoida	Harpacticidae	*Tigriopus sp.*		390				260
Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	Cyprididae	7.016	21.697	130			
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia sp.*	6.626	2.209	5.847	390		
Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae		390	130			
Límites LB		**Mínimo LB**	**Máximo LB**	**Valores por estación en Invierno 2025**					
Abundancia total (Ind/m²)		**-**	**-**	**13.642**	**24.685**	**6.106**	**1.299**	**1.949**	**260**
Riqueza de taxa (S)		**2**	**5**	**2**	**4**	**3**	**2**	**3**	**1**
Diversidad Shannon (nits/ind)		**-**	**-**	**0,69**	**0,46**	**0,21**	**0,61**	**0,73**	**-**
Equidad (J')		**-**	**-**	**1,00**	**0,33**	**0,19**	**0,88**	**0,66**	**-**

Fuente: Elaboración propia. Mínimo LB y Máximo LB corresponden a los valores mínimos y máximos de riqueza de *taxa* registrados en estas estaciones del sector Peine, durante las campañas de invierno 2013 y 2014 de la Línea Base.

Figura N° 10-13. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (invierno 2025).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.2.3.5 Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)

La comunidad de plantas vasculares acuáticas (macrófitas), corresponde a la comunidad que conforma la vegetación acuática, ya sea especies de vegetación emergente o sumergida, ya sea enraizada o flotante, en los sistemas acuáticos (Ramírez & San Martín 2006). Por otra parte, se debe distinguir entre hidrófita, que corresponde a las plantas que viven todo su ciclo de vida dentro del agua en zonas litorales de lagos, lagunas, ríos entre otros, y helófita que corresponde a las plantas que son dependientes de la presencia de agua, generalmente están presentes en ambientes más de ribera y terrestres (ambientes palustres), y son capaces de tolerar alta desecación (Lacoul y Freedman 2006). A continuación, se presentan los resultados de las plantas vasculares acuáticas de la campaña de monitoreo de invierno 2025.

En la campaña de invierno 2025, en las Lagunas de Peine, La Punta-La Brava y Vegas de Tilopozo, fueron detectadas 10 especies, las que correspondieron a las hidrófitas *Ruppia filifolia, Zannichellia palustris* y *Myriophyllum* sp., y a las helófitas *Schoenoplectus americanus*, *Salicornia neei (ex S. fruticosa)*, *Triglochin concinna*, *Puccinellia frigida*, *Distichlis spicata*, *Juncus balticus* y *Baccharis linearis*. Con relación al origen, corresponden todas a especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida, excepto *Myriophyllum* sp. que corresponde a un género cosmopolita. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación (**Tabla N° 10-31**).

Tabla N° 10-30. Plantas vasculares acuáticas detectadas en el área de estudio (Invierno 2025).

Clase	Familia	Especie	Nombre Común	Hábito	Origen
Liliopsida	Ruppiaceae	*Ruppia filifolia*	Pelo de Agua	Hidrófita	Nativa
	Zannichelliaceae	*Zannichellia palustris*	Cachagüita	Hidrófita	Nativa
	Cyperaceae	*Schoenoplectus americanus**	Totora	Helófita	Nativa
	Juncaginaceae	*Triglochin concinna*	Sin nombre	Helófita	Nativa
	Poaceae	*Puccinellia frigida*	Sin nombre	Helófita	Nativa
	Poaceae	*Distichlis spicata*	Grama salada	Helófita	Nativa
	Juncaceae	*Juncus balticus*	Junco	Helófita	Nativa
Magnoliopsida	Amaranthaceae	*Salicornia neei (ex S. fruticosa*	Hierba sosa	Helófita	Nativa
	Asteraceae	*Baccharis linearis*	Romerillo	Helófita	Nativa
	Haloragaceae	*Myriophyllum* sp.	Pino de agua	Hidrófita	Cosmopolita

Fuente: Elaboración propia. *Anteriormente nombrada como *Schoenoplectus californicus*

Los sectores de Peine, La Punta-La Brava y Vegas de Tilopozo presentaron baja riqueza de plantas vasculares acuáticas (**Tabla N° 10-31**). Para el sector La Punta-La Brava se detectaron 4 especies, 6 especies para vegas de Tilopozo y solo 1 especie en el Sector Peine. Entre sectores la estación con mayor riqueza de especies correspondió a LP-23 (La Punta) y a TB-

3 (Tilopozo) con 4 especies y con el menor registro se observó a la estación I-17 (Interna) y LB-1 (La Brava) con 0 especies.

Respecto a la cobertura (%), se observó en el sector La Punta-La Brava la presencia de parches de *Ruppia filifolia* en algunas estaciones de monitoreo. En el sector La Punta-La Brava se observaron coberturas entre 7% en la estación LP-23 y 23% en la estación en LP-24, cabe destacar que, esta especie hidrófita fue detectada siempre sumergida. Por otra parte, en las orillas de la laguna La Punta en la estación LP-23 se reportó a las helófitas emergentes *Triglochin concinna* y *Puccinellia frigida* con un 7% y 10% y *Salicornia neei* (50%). En la estación LP-24 se detectó un parche de *S. neei* de 65%. En la laguna La Brava se reportó un pequeño parche aislado de *T. concinna* con 20% en LB-2 (**Tabla N° 10-31**).

En tanto, en el sector de vegas de Tilopozo, se detectó la presencia de la hidrófita libre flotante *Zannichellia palustris* con porcentajes de cobertura de 7% y 33,3% en las estaciones TB-1 y TB-3. Además de la presencia de las helófitas emergentes, *Schoenoplectus americanus* con coberturas entre 13% y 93% en TB-1 y TB-2 respectivamente, *Distichlis spicata* con 50% en TB-1, *Juncus balticus* con una cobertura 7% en TB-2, *Myriophyllum* sp. con una cobertura 7% en TB-3 y por último *Baccharis linearis* con un 33% de cobertura en TB-3 (**Tabla N° 10-31**).

Respecto del sector Peine, se detectó la presencia solo de la hidrófita sumergida *Ruppia filifolia* en la mayoría de las estaciones de monitoreo, con coberturas entre 12% y 63% en las estaciones I-11 (Interna) y SA-25 (Saladita) (**Tabla N° 10-31**).

Tabla N° 10-31. Comunidad de Plantas vasculares acuáticas y porcentaje de cobertura en el área de estudio (Campaña invierno 2025).

Especie	Estaciones													
	Salada		Saladita		Interna		La Punta		La Brava			Vegas de Tilopozo		
	S5	S9	SA-25	S-10	I-11	I-17	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3	TB-1	TB-2	TB-3
Ruppia filifolia	X (63%)	X (33%)	X (63%)	X (23%)	X (12%)		X (7%)	X (23%)			X (6%)			
Zannichellia palustris												X (33%)		X (7%)
*Schoenoplectus americanus**												X (13%)	X (93%)	X (33%)
Triglochin concinna							X (7%)			X (20%)				
Puccinellia frigida							X (10%)							
Distichlis spicata												X (50%)		
Juncus balticus													X (7%)	
Salicornia neei (ex S.fruticosa)							X (50%)	X (65%)						
Baccharis linearis														X (33%)
Myriophyllum sp.														X (7%)
Riqueza especies (S)	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**4**	**2**	**0**	**1**	**1**	**3**	**2**	**4**

Fuente: Elaboración propia. N=3. Cuadrante 50x50 cm. *Anteriormente nombrada como *Schoenoplectus californicus*

10.2.3 Resultados del muestreo campaña de verano 2026 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)

10.2.3.1 Resultados Calidad de agua

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la campaña de verano 2026 de los parámetros de calidad de agua evaluados en las diferentes estaciones de los sectores de estudio. Los certificados de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**.

Para la componente de calidad de agua, se entrega de forma adicional a sus Anexos, las planillas Excel con los formatos establecidos en la Resolución Exenta SMA 894 del 24.06.19 que Dicta Instrucciones para la Elaboración y Remisión de Informes de Seguimiento Ambiental del Componente Agua.

10.2.3.1.1 Resultados Sector La Punta y La Brava

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.1.2 Resultados Sector Tilopozo

Los valores obtenidos en el sector de Tilopozo, muestran un sistema de vegas con valores bajos en conductividad eléctrica (entre 3.516 y 3.588 µS/cm), cloruro (888 a 971 mg/L) y sulfato (441 a 443 mg/L). Se registró un pH neutro entre 7,66 a 7,86 y valores de alcalinidad total entre 346,5 y 359,6 mg/L. En tanto, para bicarbonato los valores oscilaron entre 422,3 y 438,3 mg/L. Las temperaturas registradas en estos cuerpos de agua fueron altas y estables, las cuales oscilaron entre 24,6 y 25,7 °C, mientras que, el oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 2,72 y 4,42 mg/L. Los valores de salinidad para las tres estaciones del sector fueron de 2 g/Kg. Cabe mencionar que la estación TB-2 corresponde a un pajonal hídrico de baja profundidad y las estaciones TB-1 y TB-3 correspondieron a pozas de <3 m de profundidad de afloramiento subsuperficial (**Tabla N° 10-32**). Asimismo, clorofila *a* en perifiton y alcalinidad parcial se encuentran sin información (ver carta de SGS en Sección 1.6 del **Anexo Limnología - Calidad de Agua**).

Por otro lado, la turbiedad en este sector mostró valores entre 0,70 y 1,85 UNT observándose los máximos de estos parámetros en TB-1 y TB-3, la clorofila “a” en fitoplancton presentó valores entre <1 y 1 µg/L. En relación con los compuestos nitrogenados, el nitrito presentó valores por debajo el límite de detección en todas las estaciones del sector, mientras que, el nitrato osciló entre 4,12 y 4,59 mg/L, el amonio presentó valores entre 0,01 y 0,03 mg/L y el Nitrógeno Total Kjeldhal registros <0,2 mg/L en todas las estaciones de monitoreo. En el caso

del fósforo total los registros variaron entre 0,49 y 0,54 mg/L y el ortofosfato entre 0,53 y 0,89 mg/L. Por otro lado, el parámetro de aceites y grasas presentó valores por debajo del límite de detección (<2 mg/L) en todas las estaciones del Sector Tilopozo (**Tabla N° 10-32**).

Tabla N° 10-32. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026.

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Tilopozo		
			TB-1	TB-2	TB-3
Temperatura (*)	°C	-	25,6	24,6	25,7
pH (*)	Unidad de pH	-	7,66	7,86	7,86
Conductividad (*)	µS/cm	-	3.588	3.518	3.516
Salinidad	g/Kg	1	2	2	2
Oxígeno disuelto (*)	mg/L	-	4,42	3,56	2,72
Turbiedad (*)	UNT	-	1,24	0,7	1,85
Clorofila "a"	µg/L	1	1	<1	<1
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m²	-	S/I	S/I	S/I
Alcalinidad Parcial (CaCO3)	mg/L	-	S/I	S/I	S/I
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	0,2	349,3	346,5	359,6
Bicarbonato (CaCO3)	mg/L	0,2	425,8	422,3	438,3
Carbonatos (CaCO3)	mg/L	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cloruro (Cl-)	mg/L	1,0	880	971	965
Nitrato (N-NO3-)	mg/L	0,04	4,59	4,12	4,40
Nitrito (N-NO2-)	mg/L	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Amonio (N-NH4+)	mg/L	0,01	0,03	0,01	0,02
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fósforo Total (P)	mg/L	0,01	0,54	0,50	0,49
Ortofosfato	mg/L	0,05	0,89	0,53	0,57
Sulfato (SO4-2)	mg/L	5	441	441	443
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	2	<2	<2	<2

Fuente: Elaboración propia. (*) Parámetros registrados *in situ*.

10.2.3.1.3 Resultados Sector Peine

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector Peine, debido a estar en etapa reproductiva de los flamencos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.2 Resultados Calidad de sedimentos

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para los parámetros de calidad de sedimentos evaluados en las diferentes estaciones de los sectores de estudio, durante la campaña de verano 2026. Los certificados de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología – Sedimentos**.

10.2.3.2.1 Resultados Sector La Punta y La Brava

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, debido al mal estado de los caminos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.2.2 Resultados Sector Tilopozo

En la **Tabla N° 10-33** se presentan los resultados de calidad en sedimentos para la campaña verano 2026 del Sector Tilopozo. Las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden respectivamente a pozas de <3 m de profundidad de afloramiento subsuperficial y la estación TB-2 corresponde a un pajonal hídrico de baja profundidad. Los resultados mostraron valores de carbono orgánico total (COT) entre 107 y 285 g/Kg y de materia orgánica entre 16,36% y 36,83%, encontrándose sus máximos en TB-2. El nitrógeno total Kjeldahl varió de 6,92 y 17,58 g/Kg. En el caso del fósforo total, los valores oscilaron de 296 mg/Kg en TB-2 a 1.796 mg/Kg en TB-1. Por su parte, el potencial óxido-reducción obtenido *in situ* en los sedimentos, osciló entre 54,3 y 70,2 mV favoreciendo reacciones de oxidación.

Tabla N° 10-33. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026.

Parámetro	Unidad	L.D.	TB-1	TB-2	TB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	1	107	255	285
Fósforo Total (P)	mg/Kg	3	1.796	296	521
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,01	17,58	6,92	12,80
Materia Orgánica	%	0,1	16,36	36,83	28,91
Potencial Redox	mV	-	55,5	70,2	54,3

Fuente: Elaboración propia. (*). L.D.= Límite de detección; Potencial REDOX fue obtenido en terreno. Se transformaron las unidades a g/Kg de los parámetros COT y Nitrógeno Total Kjeldahl.

Los resultados granulométricos para el sector Tilopozo, muestran que el diámetro medio de grano obtenido en las estaciones correspondió a *Arena Muy Fina* en TB-1 (0,100 mm), a *Limo* en TB-2 (0,030 mm) y a *Arena Muy Fina* en TB-3 (0,078 mm), con grados de selección *Muy pobremente seleccionado* (**Tabla N° 10-34**).

Tabla N° 10-34: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026.

Estación	Diámetro medio (*)		Grado de selección (*)	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
TB-1	0,100	Arena Muy Fina	0,0061	Muy pobremente seleccionado
TB-2	0,030	Limo	0,0051	Muy pobremente seleccionado
TB-3	0,078	Arena Muy Fina	0,0075	Muy pobremente seleccionado

(*) Estadísticas de tamaños de grano obtenidas con el método de Folk y Ward (1957) en escala de Wentworth (1922), con el paquete estadístico GRADISTAT v8.0. Fuente: Elaboración propia.

10.2.3.2.3 Resultados Sector Peine

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector Peine, debido a corresponder a un período de reproducción de los flamencos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3 Resultados Biota acuática

10.2.3.3.1 Fitobentos

10.2.3.3.1.1 Sector La Punta y La Brava

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava debido a imposibilidad de acceso por mal estado de los caminos. (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.1.2 Sector Tilopozo

En el Sector vegas de Tilopozo, en la campaña verano 2026, las estaciones evaluadas registraron un total de 16 géneros microalgales. La riqueza de géneros por estación de monitoreo presentó el mayor registro en la estación TB-1 con 13 géneros y el menor en la estación TB-2 con 8 géneros. Respecto a las abundancias registradas, la estación TB-2 presentó el mayor registro con 1.815.000 cél/cm², mientras que, la estación TB-1 registró la menor abundancia con 1.265.000 cél/cm² (**Tabla N° 10-35**).

La diversidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo fue mayor para la estación TB-3 con 1,52 nits/ind y menor en la estación TB-2 con 1,10 nits/ind. Respecto a la equidad (J'), se observó que el mayor registro lo presentó la estación TB-3 con 0,63 unidades y el menor las estaciones TB-1 y TB2 con 0,53 unidades (**Tabla N° 10-35**).

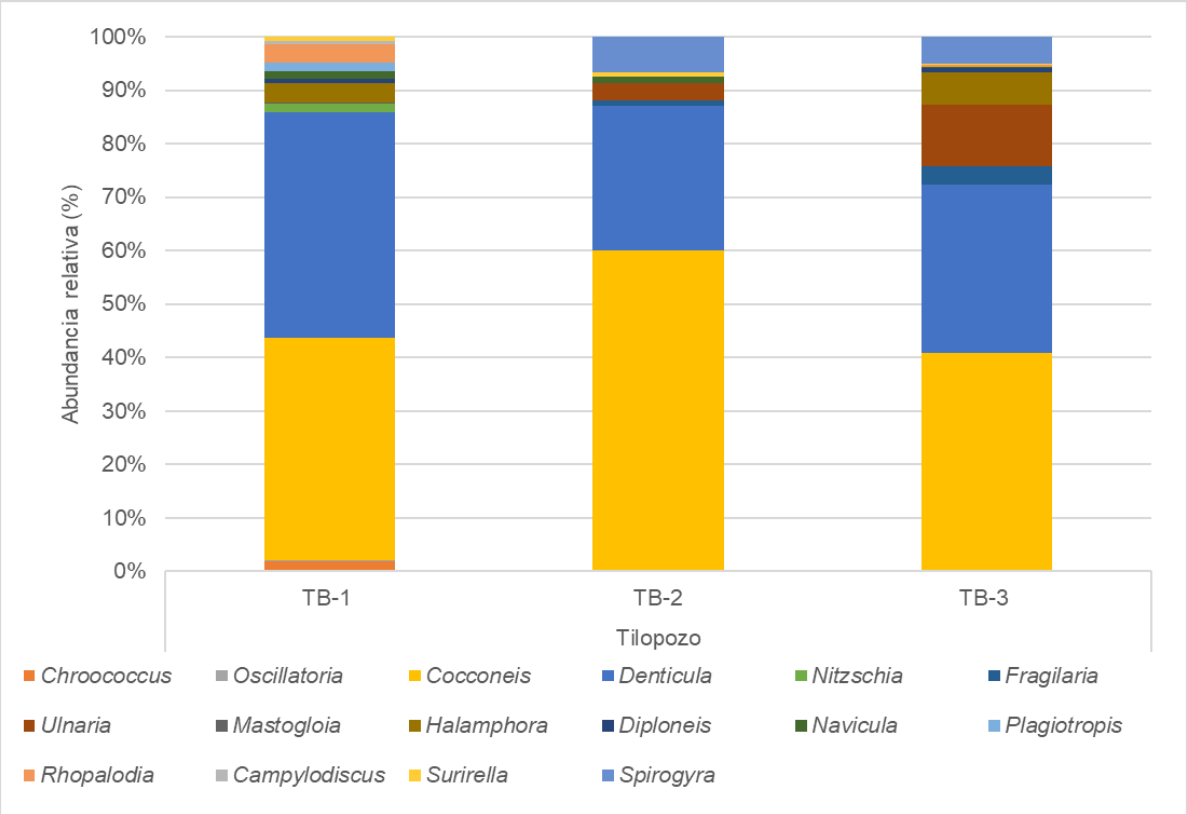
Respecto de los géneros dominantes, las diatomeas *Cocconeis* y *Denticula* presentaron las mayores representatividades entre las estaciones evaluadas (**Figura N° 10-14**).

Tabla N° 10-35. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026).

Clase	Orden	Familia	Género	Sector/Estación		
				Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	*Chroococcus*	25.000		
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria*	2.500	4.091	3.462
Bacillariophyceae	Achnanthales	Cocconeidaceae	*Cocconeis*	525.000	1.086.364	733.599
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*	532.500	491.364	568.187
			Nitzschia	22.500		
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria*		16.364	63.049
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria*		60.455	206.456
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	*Mastogloia*	2.500		
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Halamphora*	45.000		109.533
		Diploneidaceae	*Diploneis*	10.000		13.352
		Naviculaceae	*Navicula*	17.500	20.455	6.429
		Plagiotropidaceae	*Plagiotropis*	20.000		
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia*	45.000		6.429
	Surirellales	Sururellaceae	*Campylodiscus*	7.500		
			Surirella	10.000	13.182	3.214
Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	*Spirogyra*		122.727	90.742
Abundancia total (cel/cm^2)				**1.265.000**	**1.815.000**	**1.804.451**
Riqueza de géneros (S)				**13**	**8**	**11**
Diversidad Shannon (nits/ind)				**1,37**	**1,10**	**1,52**
Equidad (J')				**0,53**	**0,53**	**0,63**

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-14. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.3.3.1.3 Sector Peine

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al sector Peine debido a las razones explicadas anteriormente (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.2 Fitoplancton

10.2.3.3.2.1 Sector La Punta y La Brava

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava debido al mal estado de los caminos (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.2.2 Sector Tilopozo

Dentro del Sector vegas de Tilopozo, las estaciones evaluadas para fitoplancton registraron un total de 6 géneros pertenecientes a la clase Bacillariophyceae y Zygnematophyceae. La riqueza por estación osciló entre 2 géneros observados en TB-1 y 6 géneros registrados en

TB-2. Respecto de las abundancias de microalgas planctónicas, estas fluctuaron entre 8,5 cél/mL en la estación TB-1 y 49,5 cél/mL en la estación TB-2 (**Tabla N° 10-36**).

En relación con los valores de diversidad se observó una mayor diversidad de 1,41 nits/ind en la estación TB-2 y la menor, de 0,55 nits/ind, en la estación TB-1. En tanto, la equidad (J') presentó valores que oscilaron entre 0,79 unidades en las estaciones TB-1 y TB-2 y 0,80 unidades en la estación TB-3 (**Tabla N° 10-36**).

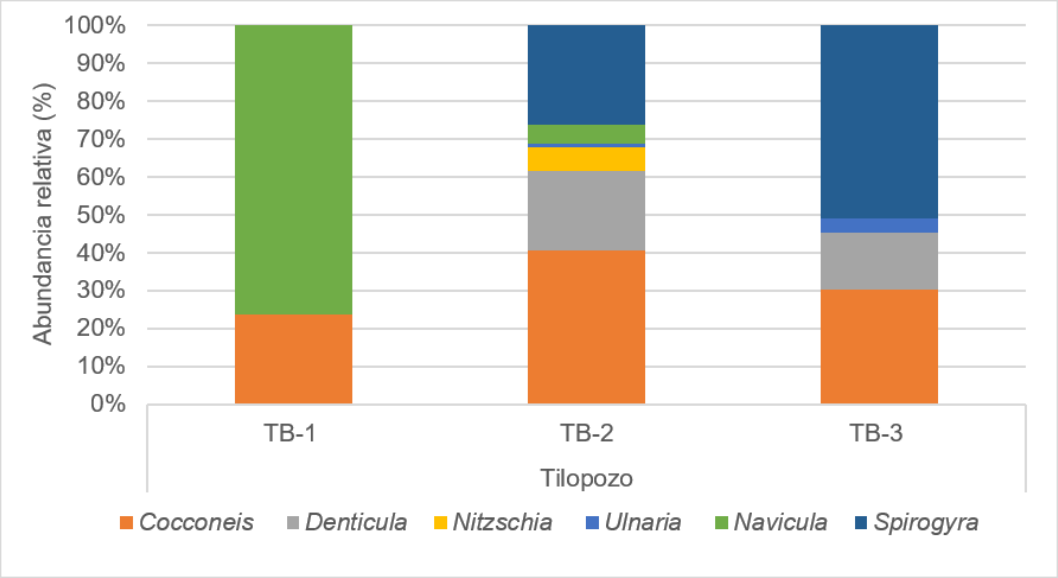
Respecto de los *taxa* dominantes, la diatomea *Cocconeis* presentó la mayor representatividad en las estaciones de vegas de Tilopozo, especialmente en la estación TB-2, seguida de *Spirogyra* con presencia en las estaciones TB2 y TB3 y *Navicula* en TB-1 (**Tabla N° 10-36**; **Figura N° 10-15**).

Tabla N° 10-36. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026).

Clase	Orden	Familia	Género	Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Bacillariophyceae	Achnanthales	Cocconeidaceae	*Cocconeis*	2	20	8
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Denticula*		10,5	4,0
			Nitzschia		3	
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria*		0,5	1,0
	Naviculales	Naviculaceae	*Navicula*	6,5	2,5	
Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	*Spirogyra*		13	13,5
Abundancia total (cel/mL)				**8,5**	**49,5**	**26,5**
Riqueza de géneros (S)				**2**	**6**	**4**
Diversidad Shannon (nits/ind)				**0,55**	**1,41**	**1,11**
Equidad (J')				**0,79**	**0,79**	**0,80**

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-15. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Tilopozo (Campaña Verano 2026).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.3.3.2.3 Sector Peine

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al sector Peine debido a las razones explicadas anteriormente (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.3 Zooplancton

10.2.3.3.3.1 Sector La Punta y La Brava

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava debido al mal estado de los caminos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.3.2 Sector Tilopozo

En las estaciones muestreadas en el sector de Tilopozo en verano de 2026, solo se registraron organismos zooplanctónicos en la estación TB-3, con una riqueza total de 2 *taxa*. La fauna zooplanctónica estuvo compuesta por el gasterópodo *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación “En Peligro Crítico” según el DS 52 MMA del 2014) y por anélidos Lumbriculidae.

La abundancia total del zooplancton en la estación TB-3 fue de 1,58 ind/L, registrándose para *H. atacamensis* 1,50 ind/L y para Lumbriculidae. 0,08 ind/L, respectivamente (**Figura N°**

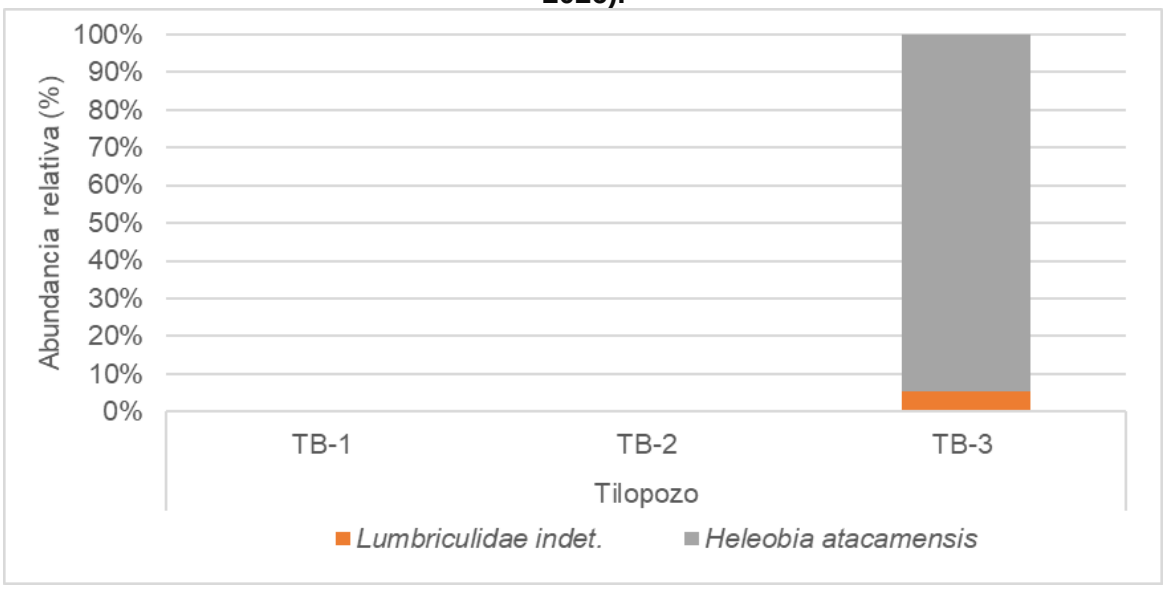
10-16). Respecto a los índices comunitarios en TB-3, la diversidad alcanzó 0,21 nits/ind, debido a la baja riqueza registrada y la equidad fue de 0,30 unidades (**Tabla N° 10-37**).

Tabla N° 10-37. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026.

Clase	Orden	Familia	Género	Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae indet.			0,08
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia atacamensis*			1,50
Abundancia total (Ind/L)				0	0	1,58
Riqueza de géneros (S)				0	0	2
Diversidad Shannon (nits/ind)				-	-	0,21
Equidad (J')				-	-	0,30

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-16. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Tilopozo (verano 2026).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.3.3.3.3 Sector Peine

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al sector Peine debido a las razones explicadas anteriormente (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.4 Zoobentos

10.2.3.3.4.1 Sector La Punta y La Brava

En la presente campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava debido al mal estado de los caminos, por lo que no fue posible realizar su monitoreo (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.4.2 Sector Tilopozo

En las estaciones muestreadas en el sector de Tilopozo en verano de 2026, el zoobentos presentó una riqueza de solo un taxón en las 3 estaciones (TB-1, TB-2 y TB-3). La fauna zooplanctónica estuvo compuesta por el gasterópodo *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación “En Peligro Crítico” según el DS 52 MMA del 2014).

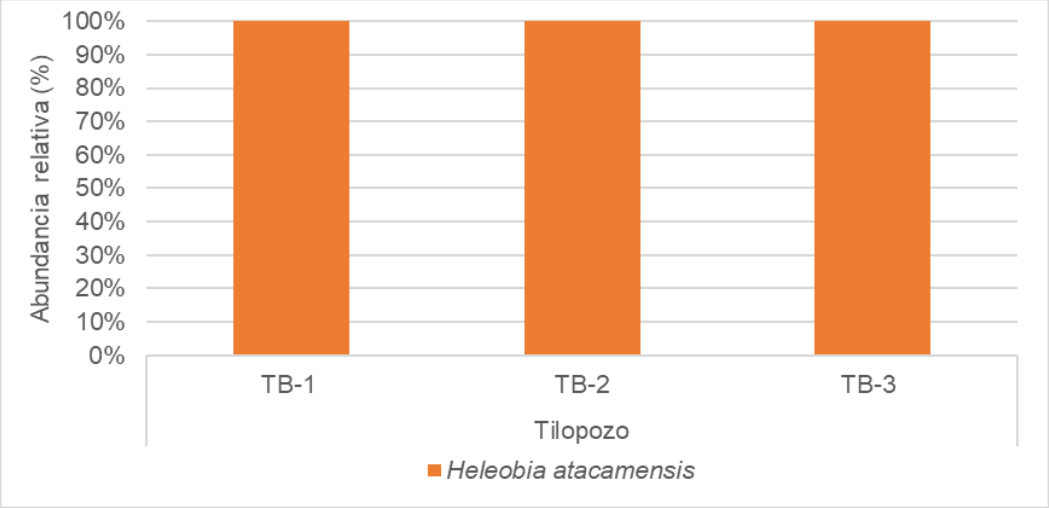
Los valores de abundancia total en las estaciones estuvieron en el rango de 1.559 ind/m^2 (TB-3) a 9.225 ind/m^2 (TB-2) (**Figura N° 10-17**). Los índices de diversidad y equidad no se pudieron estimar debido a la presencia de un único taxón entre las estaciones evaluadas (**Tabla N° 10-38**).

Tabla N° 10-38. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m^2) y riqueza en Sector Tilopozo. Campaña Verano 2026.

Clase	Orden	Familia	Género	Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	*Heleobia atacamensis*	5.327	9.225	1.559
Abundancia total (ind/m^2)				5.327	9.225	1.559
Riqueza de géneros (S)				1	1	1
Diversidad Shannon (nits/ind)				-	-	-
Equidad (J')				-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10-17. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (verano 2026).



Fuente: Elaboración propia.

10.2.3.3.4.3 Sector Peine

Para la comunidad de zoobentos en el Sector Peine, no fue posible realizar el monitoreo debido a las razones explicadas anteriormente (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

10.2.3.3.5 Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)

En la campaña de verano 2026, como se indicó anteriormente, no se pudo acceder al sector La Punta-La Brava ni al sector Peine por las razones explicadas anteriormente (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Para vegas de Tilopozo, fueron detectadas 5 especies, las que correspondieron a la hidrófita *Zannichellia palustris* y a las helófitas *Schoenoplectus americanus*, *Distichlis spicata*, *Juncus balticus, Baccharis linearis*. Con relación al origen, corresponden todas a especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación (**Tabla N° 10-39**).

Tabla N° 10-39. Plantas vasculares acuáticas detectadas en el área de estudio (Campaña Verano 2026).

Clase	Familia	Especie	Nombre Común	Hábito	Origen
Liliopsida	Zannichelliaceae	*Zannichellia palustris*	Cachagüita	Hidrófita	Nativa
	Cyperaceae	*Schoenoplectus americanus*	Totora	Helófita	Nativa
	Poaceae	*Distichlis spicata*	Grama salada	Helófita	Nativa
	Juncaceae	*Juncus balticus*	Junco	Helófita	Nativa
Magnoliopsida	Asteraceae	*Baccharis linearis*	Romerillo	Helófita	Nativa

Fuente: Elaboración propia. *Anteriormente denominada *Schoenoplectus californicus*

El sector vegas de Tilopozo presentó baja riqueza de plantas vasculares acuáticas, detectándose en la presente campaña 5 especies. Las 3 estaciones del sector presentaron igual riqueza de especies siendo el valor registrado de 3 especies en cada estación. Respecto a la cobertura (%), se observó en el sector de vegas de Tilopozo, la presencia de la hidrófita libre flotante *Zannichellia palustris* con porcentajes de cobertura de 33% en las pozas TB-1 y 12% TB-3. Además de la presencia de las helófitas emergentes, *Schoenoplectus americanus* con coberturas iguales a 50%, 50% y 17% en TB1, TB2 y TB3 respectivamente, *Distichlis spicata* con 17% en TB-1 y 33% en TB2, *Juncus balticus* en TB2 con 17% y *Baccharis linearis* con 50% en TB-3 (**Tabla N° 10-40**).

Tabla N° 10-40. Comunidad de plantas vasculares acuáticas (% cobertura) en el área de estudio. Campaña Verano 2026.

Especie	Estaciones													
	Sector Peine						Sector La Punta - La Brava					Sector Tilopozo		
	S5	S9	SA25	S10	I11	I17	LP23	LP24	LB1	LB2	LB3	TB1	TB2	TB3
Zannichellia palustris	Sin acceso por mal estado de los caminos (La Punta – La Brava) y por corresponder a período reproductivo de los flamencos (Peine)											X (33%)		X (12%)
Schoenoplectus americanus												X (50%)	X (50%)	X (17%)
Distichlis spicata												X (17%)	X (33%)	
Juncus balticus													X (17%)	
Baccharis linearis														X (50%)
Riqueza Total (N° Especies)	**N/A**	**N/A -**	**N/A**	**N/A**	**N/A**	**-**	**N/A**	**N/A**	**N/A**	**N/A**	**N/A**	**3**	**3**	**3**

Fuente: Elaboración propia. N=3. Cuadrante 50x50 cm. N/A: No aplica

10.2.4 Límites considerados en la evaluación de Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)

Para las variables físicas y químicas del agua y sedimentos, en la RCA 21/2016 del proyecto, queda establecido como niveles o límites comprometidos para esta componente, la "Mantención dentro de su variación histórica". De esta manera, se puede comparar lo observado durante la etapa previa a la etapa de construcción del proyecto (LB- PMB), con los resultados obtenidos en los monitoreos realizados posteriormente hasta la fecha. Para las comunidades biológicas se aplicó el mismo criterio.

Cabe destacar que el sector Tilopozo no cuenta con antecedentes de LB dentro del Plan de Manejo Biótico, por lo que sólo se pueden realizar comparaciones entre monitoreos, considerándose los mismos periodos estacionales esto es inviernos (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025) y veranos (2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026). La campaña de verano 2020, no fue realizada producto de las restricciones dadas por la pandemia COVID-19.

La elección de mínimos y máximos permite capturar la variación anual registrada a lo largo de los monitoreos incorporados en el Plan de Manejo Biótico. Así, se pueden detectar posibles anomalías en los parámetros, o variaciones en relación con el registro previo, que requieran poner especial atención a la componente de estudio.

Dentro de los parámetros de química de agua, la Línea Base del PMB cuenta con 5 campañas de estudio, realizadas respectivamente en septiembre de 2008, septiembre 2013, abril 2014, julio 2014 y febrero 2015. Si bien no fueron evaluados exactamente los mismos parámetros en todas ellas, la mayoría de los parámetros escogidos para el monitoreo cuentan con al menos dos valores como antecedente, exceptuando Carbonato, Bicarbonato y Amonio, y Ortofosfato que cuentan solo con el registro de febrero de 2015. Esta información es clave a la hora de dar seguimiento y evaluar en relación con los antecedentes existentes, ya que la variación histórica establecida, en algunos casos corresponde sólo a uno o dos datos.

Para los parámetros de química de sedimentos solo se cuenta con los antecedentes obtenidos durante la campaña de febrero de 2015, la cual se utiliza como referencia tanto para las campañas de verano como las de invierno del PMB. Esta situación dificulta la comparación de los resultados de los monitoreos, debido a que esta única campaña no ofrece una visión de la variación que podrían presentar los parámetros entre las estaciones del año. Así, un resultado fuera del rango Mínimo-Máximo establecido, podría deberse a una variación natural y no necesariamente a un efecto de las operaciones de Albemarle.

Para el caso del fitobentos y fitoplancton, el análisis comparativo entre línea de base y monitoreo se consideró la comparación de la riqueza de géneros y la abundancia total con los rangos de variación (mínimo y máximo) de la línea de base contemplados en el Plan de Manejo Biótico. Para ello se consideró los períodos de septiembre 2008, septiembre 2013, y julio 2014 como periodos de invierno y los periodos de abril 2014 y febrero 2015 como períodos de

verano. Estos datos fueron comparados con lo detectado en las últimas dos campañas de invierno 2025 y verano 2026.

Cabe destacar que las unidades de concentración de abundancia del fitobentos y fitoplancton en las campañas de línea de base que se reportaron en algunos casos fueron distintas (cel/mm^3 y cel/mm^2) y no comparables, por lo que se procedió a homogeneizar las unidades de concentración a cel/cm^2 para el fitobentos y a cel/mL en el fitoplancton. En relación con las riquezas del fitobentos y fitoplancton, como se reportaron las microalgas entre campañas de LB y monitoreo en distintos niveles de resolución taxonómica, para hacerlas comparables en el tiempo se llevaron todas las microalgas a nivel de géneros, para de esta manera contabilizar el número de géneros por campañas (riqueza), en un nivel de resolución taxonómica mayor.

Respecto al zooplancton, el análisis comparativo entre la línea de base y los monitoreos de invierno 2025 y verano 2026, consideró como rangos de variación (mínimo y máximo) los valores extremos de riqueza de *taxa* y abundancia total por estación, obtenidos en la línea de base del Plan de Manejo Biótico. Para ello se consideró los períodos de septiembre 2008, 2013, y julio 2014 como periodos de invierno y los periodos de abril 2014 y febrero 2015 como períodos de verano, períodos donde hubo capturas y registros de organismos zooplanctónicos.

Para la comunidad zoobentónica, si bien se cuenta con registros en la Línea Base de abundancias por *taxa*, estos no son comparables con las abundancias registradas en el monitoreo del PMB, debido a que se encuentran en unidades distintas no transformables (individuos/litro) respecto a lo obtenido en las campañas de monitoreo del PMB (individuos/m^2). Tal información se encuentra disponible de esta forma en el documento *Anexo 2, Adenda 5 RWL. Plan de Manejo Biótico. Informe consolidado de Líneas Base. Ecosistemas Terrestres y Ecosistemas Acuáticos Continentales* (PMB, 2015).

11 AREA DE LAGUNAS

El Salar de Atacama, se encuentra ubicado en una cuenca endorreica tectónica, delimitada por la Cordillera de Los Andes (6.000 m s.n.m) al Este, y por la Cordillera de Domeyko (3.000 m s.n.m) al Oeste (Ortiz, C. *et al*, 2014). Además, presenta la característica que la dinámica natural de humedales está controlada fundamentalmente por el aporte de agua subterránea y condiciones climáticas regionales, esto los hace particularmente frágiles (MMA, 2011).

Este informe se desarrolla en cumplimiento a los compromisos ambientales y procedimientos asumidos en marco del Plan de Manejo Biótico, en adelante PMB, correspondientes a la RCA N°21/2016 que aprueba el Proyecto "**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta – Rockwood Lithium"** (en adelante Albemarle o ALB), para el monitoreo de "Superficies Cubiertas por Lagunas".

El propósito es realizar el seguimiento para determinar la cobertura de los cuerpos de agua, a través de imágenes satelitales, en dos sistemas lagunares del Salar de Atacama que conforman el área de estudio: (1) La Punta - La Brava, (2) Peine. Para tal fin, se utilizan imágenes satelitales multiespectrales con un píxel máximo de 4 metros (alta resolución (AR)), utilizando el sensor Pleiades 1-A (2 m) y de mediana resolución de acceso público del sensor Landsat 8 (30 m), obtenidas en **agosto 2025, diciembre de 2025** (mosaico norte) **y enero 2026** (mosaico sur)[32].

En este contexto, este informe presenta el monitoreo y seguimiento ambiental de las "superficies cubiertas por lagunas", mediciones de invierno y verano de 2025, durante la Fase de Operación del Proyecto, el cual queda establecido, en el numeral 4.2.5 Frecuencia de Medición, Tabla 4.2.6 del Anexo 2 Plan de Manejo Biótico de la Adenda 5 del proyecto RWL.

El parámetro ambiental asociado a este monitoreo, corresponde a la superficie cubierta por lagunas, estimada a partir de la medición de las áreas de los cuerpos de aguas presente en los sistemas lagunares mencionados, mediante el análisis de imágenes satelitales de alta resolución, según el "Índice Normalizado de diferencias de agua (NDWI)[33]", especificado en el Anexo 2 (PMB) , Adenda 5 EIA, *Apéndice B. Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua;* RWL, 2015 (en adelante, Adenda 5 RWL, 2015). En la Tabla N°11-1 se presenta un resumen del componente y la variable ambiental objeto de monitoreo, asociada al análisis de imágenes satelitales.

[32] Debido a condiciones de nubosidad que impedían una toma adecuada para el análisis de imágenes, se realizó una nueva captura en la fecha señalada, con el objetivo de asegurar una cobertura libre de nubes y garantizar la calidad y consistencia del procesamiento y la interpretación posterior.

[33] El índice modificado MNDWI es adecuado para realzar el agua en contraste con terrenos construidos y puede revelar mayores detalles en aguas abiertas (Xu, 2006). En este contexto, el NDWI es más eficiente en contraste con suelos desnudos con costra salina y aguas más someras.

Tabla N°11-1. Resumen de Componentes y Variables

Componente Ambiental	Monitoreo	Variable o Parámetro	Metodología
AGUA	**LAGUNAS O CUERPOS DE AGUA**	**SUPERFICIE O ÁREA (M^2)**	Análisis de imágenes satelitales de alta resolución, multiespectrales con un píxel máx. de 4 metros, **que incluirán los Sistemas lagunares La Punta-La Brava y Peine. (Anexo 2- PMB)** Metodología Índice Normalizado de diferencias de agua (NDWI), Adenda 5 RWL, (2015). Además, con el objetivo de generar una correlación de estas imágenes de alta resolución con la serie histórica disponible de imágenes satelitales Landsat, de menor resolución, se realizará en forma simultánea un análisis y correlación con una imagen de baja resolución disponible del satélite Landsat o similar, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición. (fuente, desde PSAH)

Dentro del Plan de Seguimiento Biótico o Plan de Manejo Biótico (PMB), no quedaron establecidos límites de seguimiento a considerar para esta componente. Es importante considerar que la variable superficies lagunares también es parte del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH) de ALB, por lo que su análisis se realiza con una mirada integral teniendo a la vista ambos seguimientos.

Las superficies cubiertas por lagunas se asocian también con los niveles freáticos medidos en las mismas[34], las que junto con la vegetación azonal corresponden a las tres (3) variables de estado indicativas, establecidas para el seguimiento y análisis del estado ecológico (AEE) del Sistema (Ref. Cap-4.2.7 Criterios para detección de cambio de estado ecológico - Adenda 5 RWL, 2015).

Para el logro del objetivo propuesto se implementó un muestreo para revalidación estacional *in situ* (dependiendo de las restricciones de acceso) y fotointerpretativo, correspondiente a las réplicas de puntos de campañas anteriores. Posteriormente, se desarrolló la etapa en gabinete relacionada con el procesamiento de las imágenes satelitales, seguido por la implementación de un modelo de clasificación supervisada de los cuerpos agua, en base al "Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (NDWI, por sus siglas en inglés). Los responsables de las actividades

[34] Capítulo 11 "Niveles Freáticos de Lagunas" del consolidado de informes anuales; de acuerdo con el EIA se comprometen niveles para los sistemas (1) La Punta – La Brava; y (2) Peine.

de muestreo y medición en terreno así como los análisis en gabinete se identifican en Tabla N°11-2.

Tabla N°11-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargada de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control.

Empresa / Equipo de Trabajo	Actividades realizadas	Encargado
Cedrem Consultores	Medición: Revalidación estacional de puntos en terreno y levantamiento de puntos de posicionamiento en tiempo real de alta precisión; Revalidación estacional de puntos en terreno por fotointerpretación.	Especialista: Jessica Labarca (Fotointerpretación) Tomás Lizama (Especialista en Terreno; UVA/Dron - GNSS) Zvonimir Marjanovic (Apoyo en terreno) Andrea Fredes (Apoyo en terreno) Eugenio Giovanni Oliva (Operador dron) Matías Muñoz (Operador dron)
	Trabajo en gabinete: Aplicación del modelo de clasificación supervisada y análisis de resultados.	Jefe de Proyecto: Jorge Ramos Especialistas en gabinete: Jessica Labarca Tomás Lizama
Apogeos	Trabajo en gabinete: Correcciones y adquisición de imágenes satelitales de alta resolución.	Lorena Bustamante (Especialista)

Fuente: Elaboración Propia

El presente informe describe los alcances metodológicos, resultados y discusión del estudio, partiendo con el modelo de clasificación supervisada de los cuerpos de agua, el cual fue implementado en base a imágenes de alta resolución, Pleiades 1-A, y de media resolución, Landsat 8, obtenidas durante agosto y diciembre de 2025 y enero de 2026 (AR). Posteriormente, se presentan de manera detallada los resultados obtenidos en cuanto a la cobertura de los cuerpos de agua, clasificada por sistema lagunar, utilizando imágenes de alta resolución. Estos resultados se comparan con los registros históricos de la Adenda 5 RWL (2015) y con la superficie determinada a partir de las imágenes de Landsat 8. El objetivo de esta comparación es realizar un análisis detallado entre los monitoreos realizados durante el invierno y verano de 2025, contrastándolos con los resultados obtenidos desde el inicio del monitoreo en el año 2016, así como con los datos históricos presentados en la Adenda 5 RWL (2015).

En relación con la campaña de invierno de 2025, se desarrolló entre los días 3 y 9 de agosto de 2025. En el sector Peine no fue posible completar la validación *in situ* debido a restricciones de ingreso establecidas por la Comunidad de Peine, lo que limitó el acceso a las lagunas Salada y Saladita. No obstante, la validación *in situ* en Laguna Interna sí pudo realizarse. En los sectores sin acceso se recurrió a fotointerpretación en gabinete con imágenes de alta resolución. En el sistema La Punta – La Brava, la validación fue mayoritariamente *in situ* mediante levantamiento de puntos con receptor GNSS/GPS, aunque persistieron áreas sin acceso por dificultades de transitabilidad. En ambos sistemas se realizó levantamiento aerofotogramétrico.

En cuanto a la campaña de verano de 2025-2026, se desarrolló entre los días 16 y 18 de diciembre de 2025. Debido a restricciones de movilidad definidas por la Comunidad de Peine, no fue posible realizar validación *in situ* ni levantamiento aerofotogramétrico en las lagunas de Peine (Interna, Salada y Saladita) ni en el sistema La Punta – La Brava, recurriéndose a fotointerpretación en gabinete con imágenes de alta resolución (ver registros en **Anexo Área de Lagunas**).

El objetivo general es monitorear la cobertura (superficie) de las lagunas (cuerpos de agua), con el fin de hacer el seguimiento a la evolución de estas y detectar cambios en su superficie de ocupación.

Como se ha señalado previamente, la medición se lleva a cabo mediante el análisis de imágenes satelitales de alta resolución y de mediana resolución. Estas mediciones se comparan con los datos históricos de la Adenda 5 RWL (2015) en dos sistemas lagunares ubicados en el Salar de Atacama, La Punta - La Brava y Peine, considerando como base los alcances y procedimientos comprometidos en el PMB.

En función de esto, se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Presentar las coberturas de cuerpos de agua calculadas en agosto y diciembre de 2025 a partir de la aplicación de un modelo de clasificación supervisada sobre imágenes satelitales de alta y media resolución (Pleiades - 1A y Landsat 8), en base a datos de revalidación (*in situ* o fotointerpretativas[35]) y al "Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (NDWI por su sigla en inglés), en dos sistemas lagunares del Salar de Atacama, La Punta - La Brava y Peine.
- Comparar las coberturas de los sistemas lagunares calculadas desde imágenes de alta resolución con los registros históricos en AR determinados y presentados en el PMB (Adenda 5 RWL, 2015).
- Determinar y evaluar las coberturas de cuerpos de agua desde una imagen satelital de mediana resolución disponible, Landsat 8 de frecuencia quincenal, para la fase de operación y comparar éstas con los registros de las coberturas obtenidas en los registros históricos de Landsat en cada sistema lagunar.

[35] Según condiciones de acceso a los subsectores de estudio, que incluyen permisos y condiciones de seguridad.

11.1 MATERIALES Y MÉTODOS

11.1.1 Descripción del área de estudio

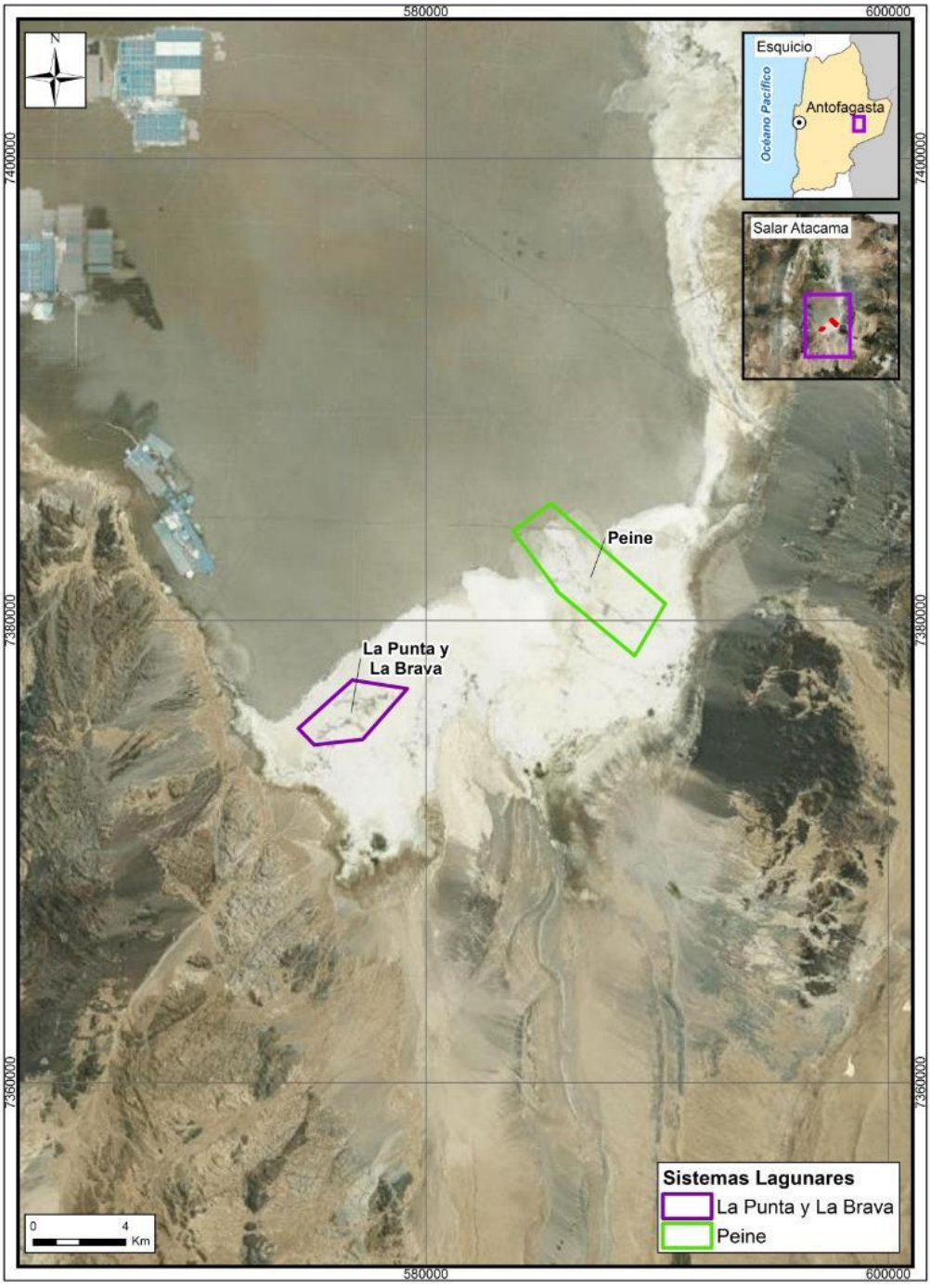
El área de estudio se sitúa en el Salar de Atacama, en la comuna de San Pedro de Atacama, Provincia de El Loa, extremo oriente de la II Región de Antofagasta y se encuentra a una altura geográfica aproximada de 2.300 m s.n.m

Esta área corresponde a los Sistemas Lagunares establecidos en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Alerta Temprana de los Recursos Hídricos (PSAH), que para efecto del PMB corresponden a dos sistemas lagunares del Salar de Atacama (Figura N°11-1), conformando un área de estudio total de 2.495,1 ha (fuente de datos Anexo 3-Adenda 5), donde:

i) *La Punta - La Brava*; se ubica en el sector sur del salar y abarca una superficie de 726,0 ha (29,1%).
ii) *Lagunas de Peine,* ubicado al sur del salar, comprende las lagunas Salada, Interna y Saladita. Este sistema cubre un total 1.769,1 ha (70,9%).

Los dos sistemas lagunares se ubican en la zona de interacción de la salmuera y el acuífero, donde se desarrolla una interfase salina al sur de la cuenca endorreica del Salar de Atacama. Esta zona de interfase supone una separación hidráulica subterránea, de tal manera que el flujo procedente de los acuíferos y, por tanto, desde las subcuencas aportantes, se ve forzado a ascender, alcanzando la superficie donde se forman estos sistemas lagunares permanentes. A medida que estas aguas avanzan subsuperficialmente hacia el núcleo del Salar, se enriquecen progresivamente en sales disueltas. En el resto de la zona marginal, en torno al núcleo del salar, las aguas del acuífero se sitúan muy próximas a la superficie del terreno, sin llegar a aflorar, y sufren una evaporación muy intensa, con una oscilación estacional, la cual provoca que los niveles asciendan en los meses de invierno, y desciendan en verano, cuando se favorecen flujos de evaporación mayores (Adenda 5 RWL, 2015).

Figura N°11-1. Ubicación sistemas lagunares que conforman el área de estudio para monitoreo y seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua por parte del Proyecto en el Salar de Atacama (PMB).



Fuente: Cedrem Consultores en base al Plan de Manejo Biótico (RWL, 2015); y el estudio "*Determinación Espacio Temporal de la Vegetación Azonal y Cuerpos de Agua* (Adenda 5 RWL, 2015)".

11.1.2 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua

El parámetro de seguimiento utilizado en el presente análisis corresponde a la “superficie o área (m^2)” calculada por sistema lagunar a través de imágenes satelitales de alta resolución, multiespectrales, con un píxel máximo de 4 metros, en base al Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) indicada en Adenda 5 RWL (2015).

De forma complementaria, en los resultados por sector, y siendo consistente con lo analizado en el documento Adenda 5, Anexo 3 (PSA), en relación a que “...*se realizará una correlación con una imagen de baja resolución disponible del satélite LANDSAT 8 o similar, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición, de menor resolución”;* en el presente estudio se realiza una comparación entre las superficies determinadas en base a las imágenes de alta resolución Pleiades - 1A y Landsat 8.

11.1.3 Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua

Esta etapa del estudio conlleva el trabajo en terreno, el cual se realiza con la finalidad de colectar los datos que revalidan el modelo de clasificación supervisada usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales; en los casos donde no sea posible el acceso para la colecta de datos, se reemplaza por el análisis fotointerpretativo. La técnica de interpretación visual o fotointerpretación se realiza en base a las imágenes satelitales e/o imágenes de dron, proceso en el que se les asigna a estos puntos el tipo de recubrimiento de suelo que presentan. El método fotointerpretativo para el seguimiento lagunar se realiza en base a la imagen de alta resolución (Pleiades 1-A, 8bits), con variación en la composición de colores para la mejor visualización del cambio de coberturas (método de empleo de falso color). La fotointerpretación es parte de los procesos de reconocimiento, identificación y delimitación de los recubrimientos detectados en una zona de estudio que, en base a diferentes criterios visuales (color, tono, brillo, textura, formas y aspectos temporales), son parte de las técnicas de muestreo para la metodología de clasificación supervisada.

El muestreo ejecutado, consistió en la validación del tipo de recubrimiento de suelo existente, como “*cuerpo de agua*” u “*otro recubrimiento*”, para cada punto de monitoreo y por sistema lagunar en estudio.

El propósito del muestreo 2025 es revalidar el recubrimiento de suelo, mediante réplicas de los puntos levantados desde el primer año de monitoreo, desde agosto y diciembre de 2016 hasta agosto y diciembre de 2024, en zonas representativas de cuerpos de agua permanentes y zonas que presentan diferencias intra e interanuales, a lo que se suma el criterio de accesibilidad.

La captura de las imágenes satelitales de alta resolución para todos los sectores (Pleiades 1-A) y la descarga de la imagen de media resolución (Landsat 8), se realizó en paralelo a las campañas de terreno en las fechas propuestas para el seguimiento lagunar.

Complementariamente, se utilizaron imágenes de dron DJI modelo *Mavic Pro* con cámara de 12 mega pixeles en los sectores donde no se presentaron restricciones de movilidad, tanto en invierno 2025 como en verano 2025/2026 (diciembre). La imagen Pleiades 1-A correspondiente al mosaico sur, adquirida en enero de 2026, fue validada mediante fotointerpretación en gabinete, debido a que durante la campaña de verano 2025-2026 no fue posible realizar actividades de validación *in situ* por las restricciones de acceso existentes.

El diseño de muestreo implementado para el trabajo en terreno – *in situ*, corresponde al tipo *aleatorio –estratificado* y *estratificado- dirigido* mediante transectos, en los cuatro sistemas lagunares, criterio que se aplica en base a las condiciones de seguridad por el limitado acceso y al conocimiento adquirido en campañas anteriores sobre estos sistemas.

El tamaño de muestra se calculó a partir de la superficie mínima de cuerpos de agua registrada para el componente en la Adenda 5 RWL (2015) y los valores del índice NDWI de imágenes satelitales de alta resolución disponibles.

La Tabla N°11-3 y Tabla N°11-4 presentan el detalle del muestreo aplicado en cada sistema lagunar en estudio. Las diferencias en la ubicación y el número de puntos considerados para validación entre imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8, se debe a las diferencias de resolución espacial entre ellas (2 m y 30 m, respectivamente). Los puntos de campo de validación se grafican en la Figura N° 11-2 a la Figura N° 11-9**.** En el desglose se puede apreciar aquellos puntos validados en terreno – *in situ* – y aquellos provenientes de la fotointerpretación de la imagen satelital.

Tabla N°11-3. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de invierno 2025, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades - 1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares del Salar de Atacama.

SISTEMA LAGUNAR	RECUBRIMIENTO	PUNTOS DE VALIDACIÓN				PUNTOS DE VALIDACIÓN MODELO	
		PLEIADES 1A		LANDSAT 8		PLEIADES 1A	LANDSAT 8
		TER	FI	TER	FI		
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	165	-	51	-	252	72
	Cuerpos de agua	140	-	46	-	53	25
	Total sistema lagunar	**305**	**-**	**97**	**-**	**305**	**97**
Peine	Otros recubrimientos	64	2	65	1	73	63
	Cuerpos de agua	122	3	115	1	118	119
	Total sistema lagunar	**186**	**5**	**180**	**2**	**191**	**182**

SISTEMA LAGUNAR	RECUBRIMIENTO	PUNTOS DE VALIDACIÓN				PUNTOS DE VALIDACIÓN MODELO	
		PLEIADES 1A		LANDSAT 8		PLEIADES 1A	LANDSAT 8
		TER	FI	TER	FI		
Total General		**496**		**279**		**496**	**279**

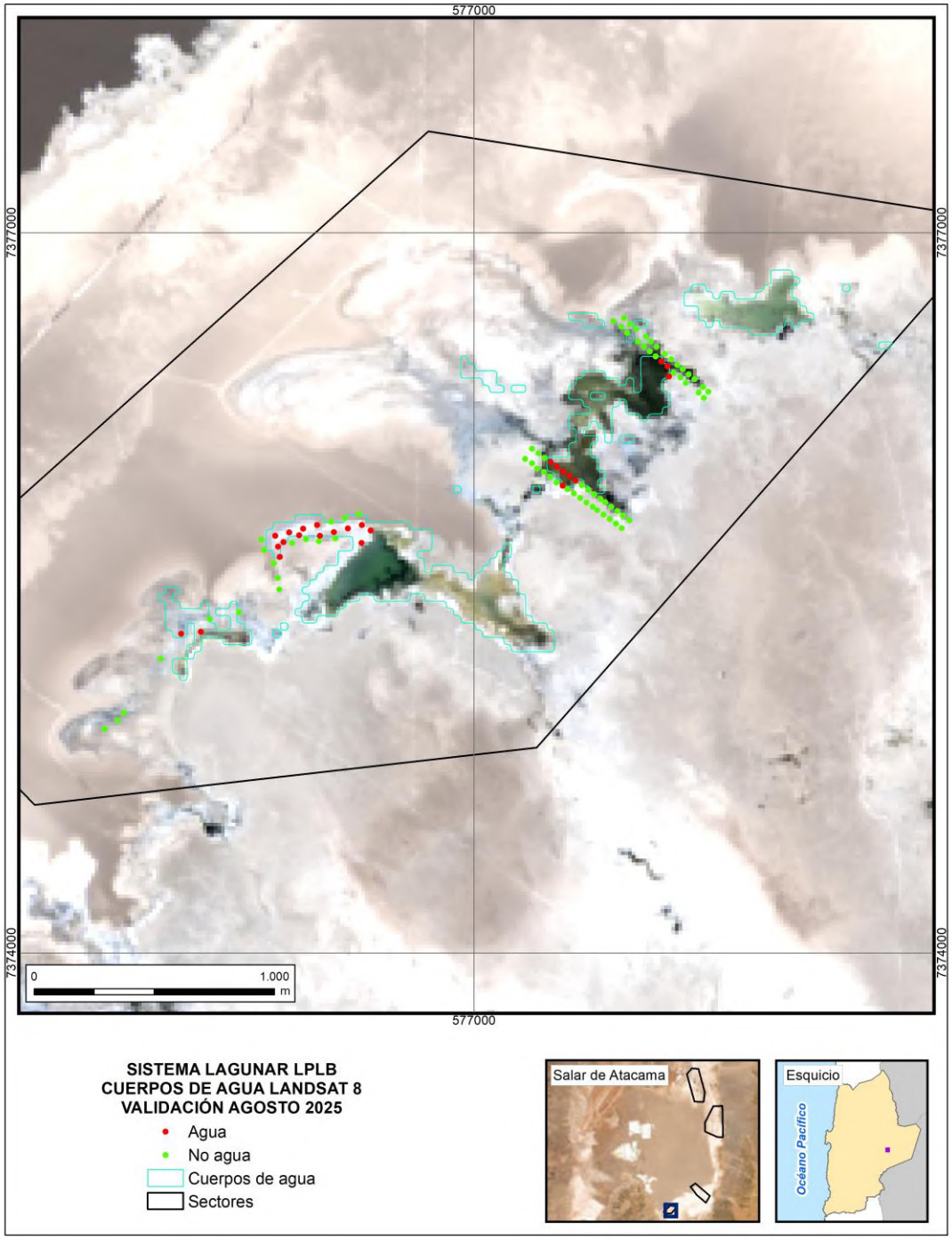
Donde: TER = puntos catastrados *in situ*, georreferenciados con dispositivo GPS durante las campañas de terreno; **FI** = puntos catastrados mediante fotointerpretación de imágenes satelitales. Fuente: Cedrem Consultores.

Tabla N°11-4. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de verano 2025/2026, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades - 1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares del Salar de Atacama.

SISTEMA LAGUNAR	RECUBRIMIENTO	PUNTOS DE VALIDACIÓN				PUNTOS DE VALIDACIÓN MODELO	
		PLEIADES 1A		LANDSAT 8		PLEIADES 1A	LANDSAT 8
		TER	FI	TER	FI		
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	-	222	-	73	271	85
	Cuerpos de agua	-	83	-	24	34	12
	Total sistema lagunar	**-**	**305**	**-**	**97**	**305**	**97**
Peine	Otros recubrimientos	-	69	-	68	72	75
	Cuerpos de agua	-	122	-	114	119	107
	Total sistema lagunar	**-**	**191**	**-**	**182**	**191**	**182**
Total General		**496**		**279**		**496**	**279**

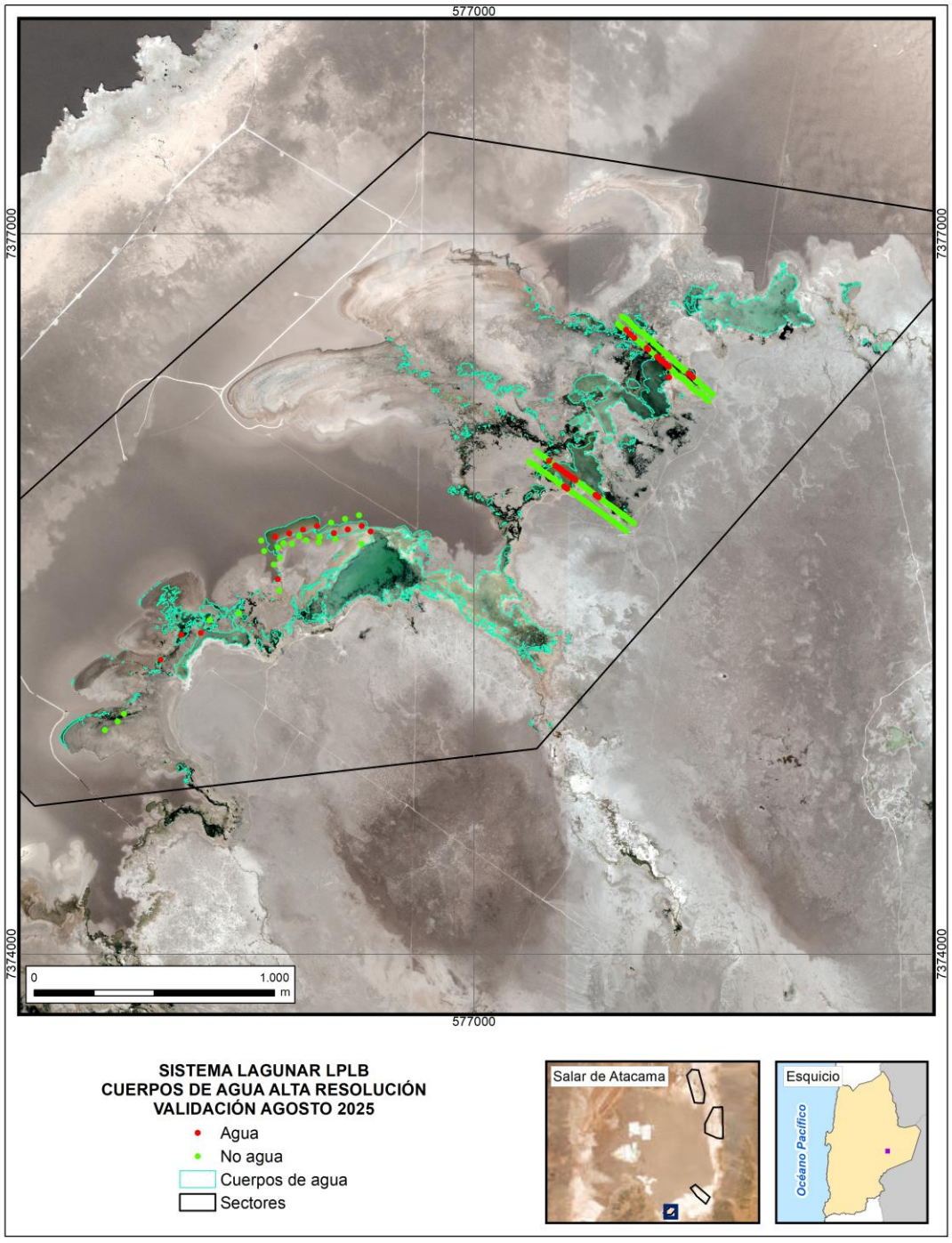
Donde: TER = puntos catastrados *in situ*, georreferenciados con dispositivo GPS durante las campañas de terreno; **FI** = puntos catastrados mediante fotointerpretación de imágenes satelitales. Fuente: Cedrem Consultores.

Figura N° 11-2. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - invierno 2025.



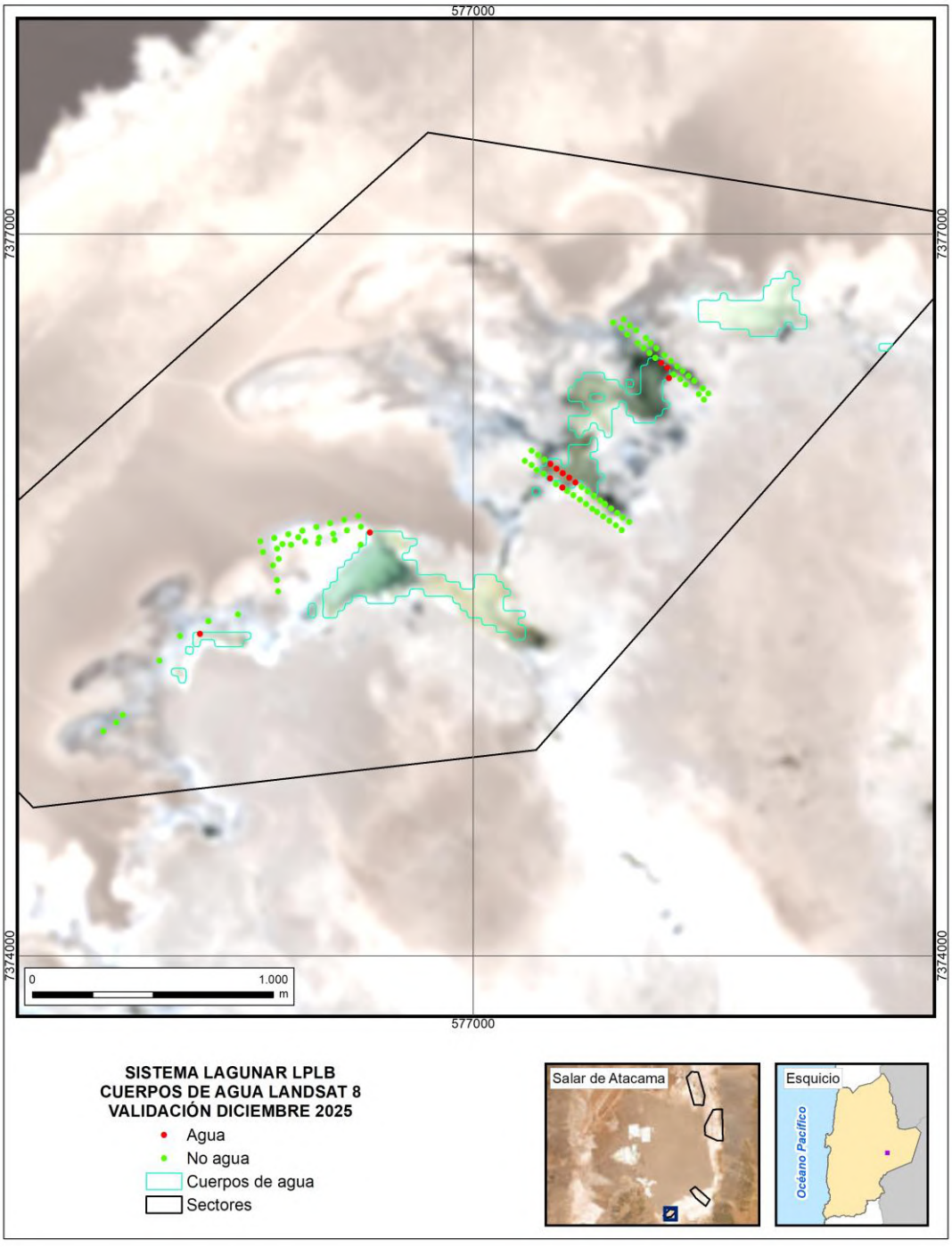
Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Landsat 8.

Figura N° 11-3. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A - invierno 2025.



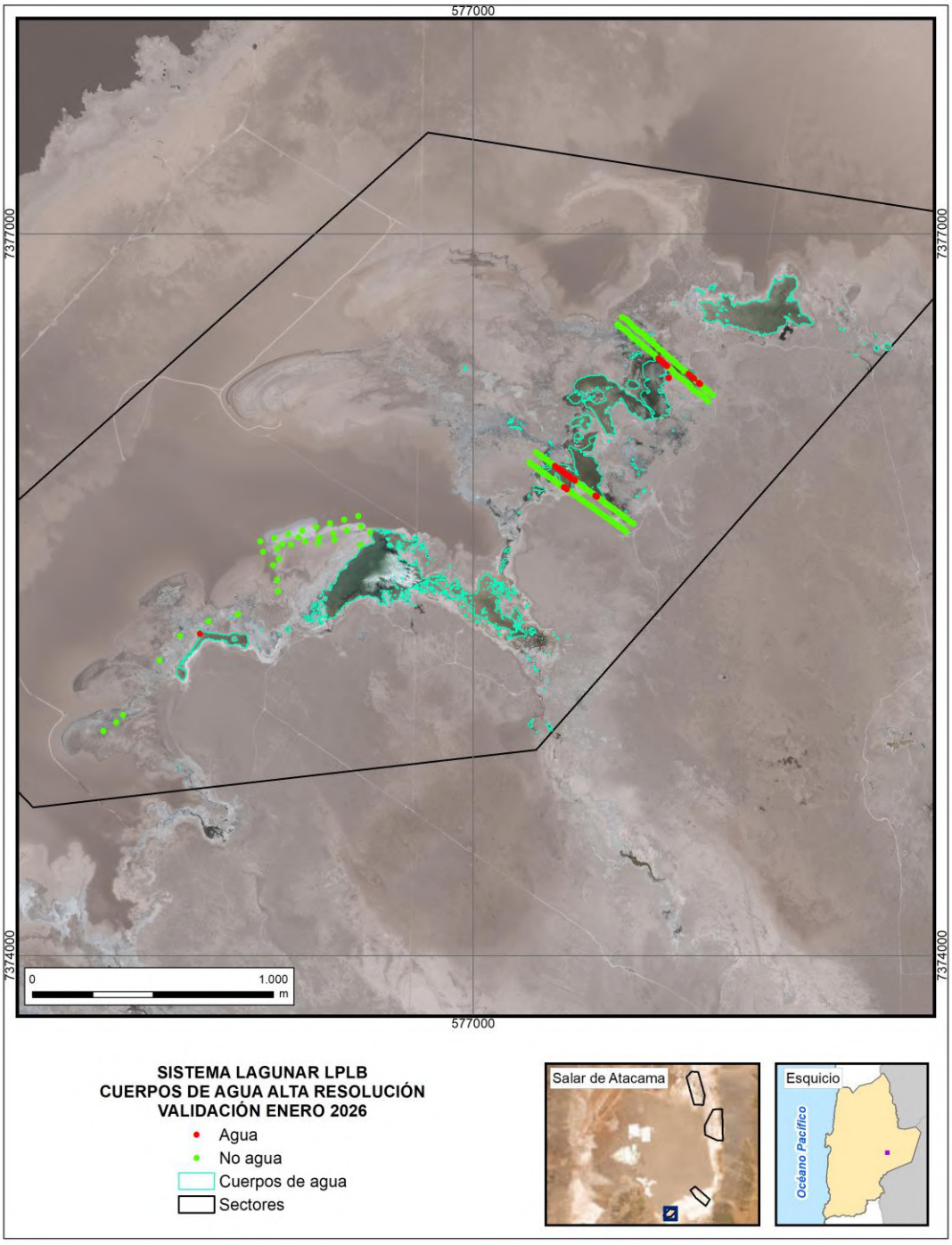
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 11-4. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - verano 2025-2026.



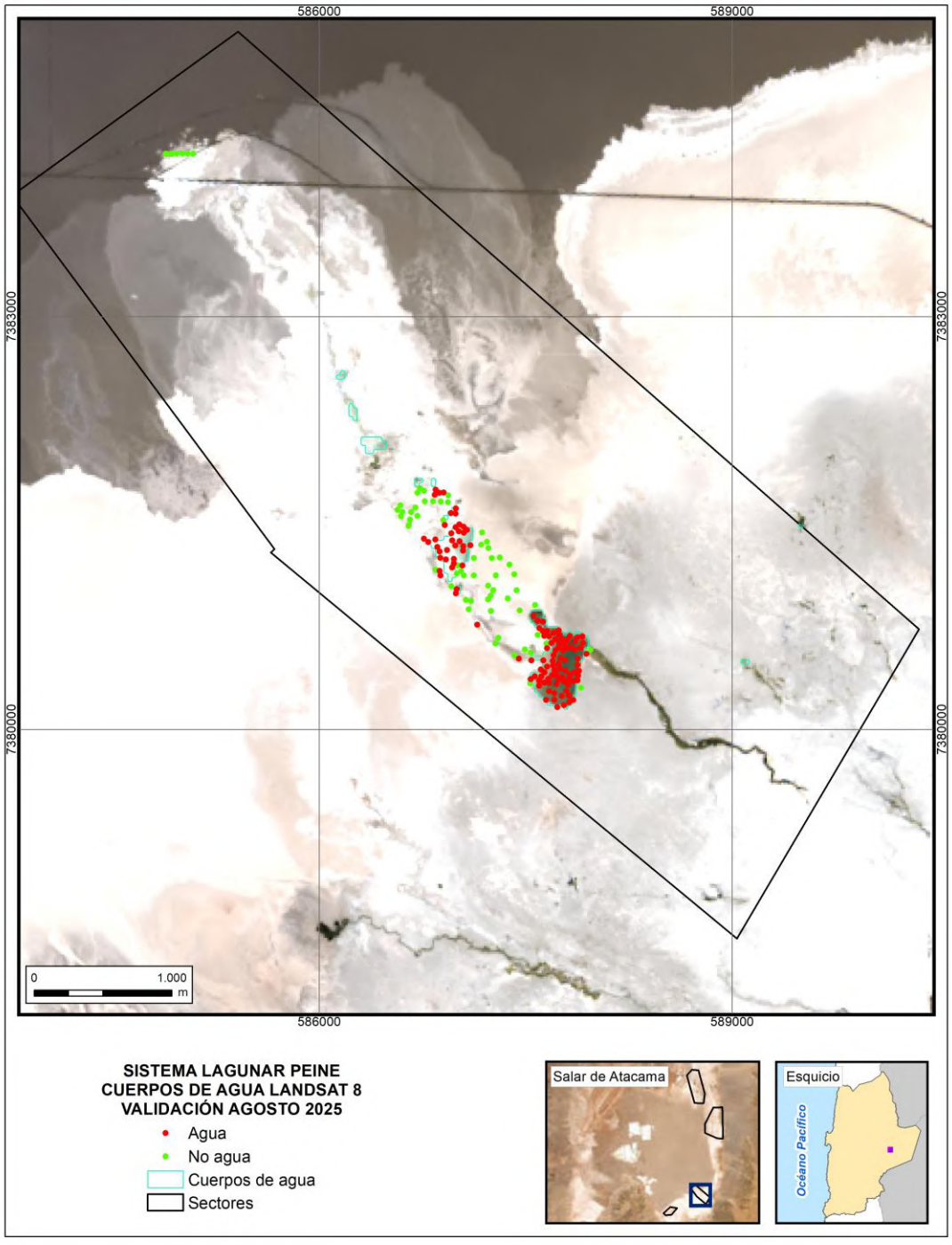
Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Landsat 8

Figura N° 11-5. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar La Punta – La Brava, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A- verano 2025-2026.



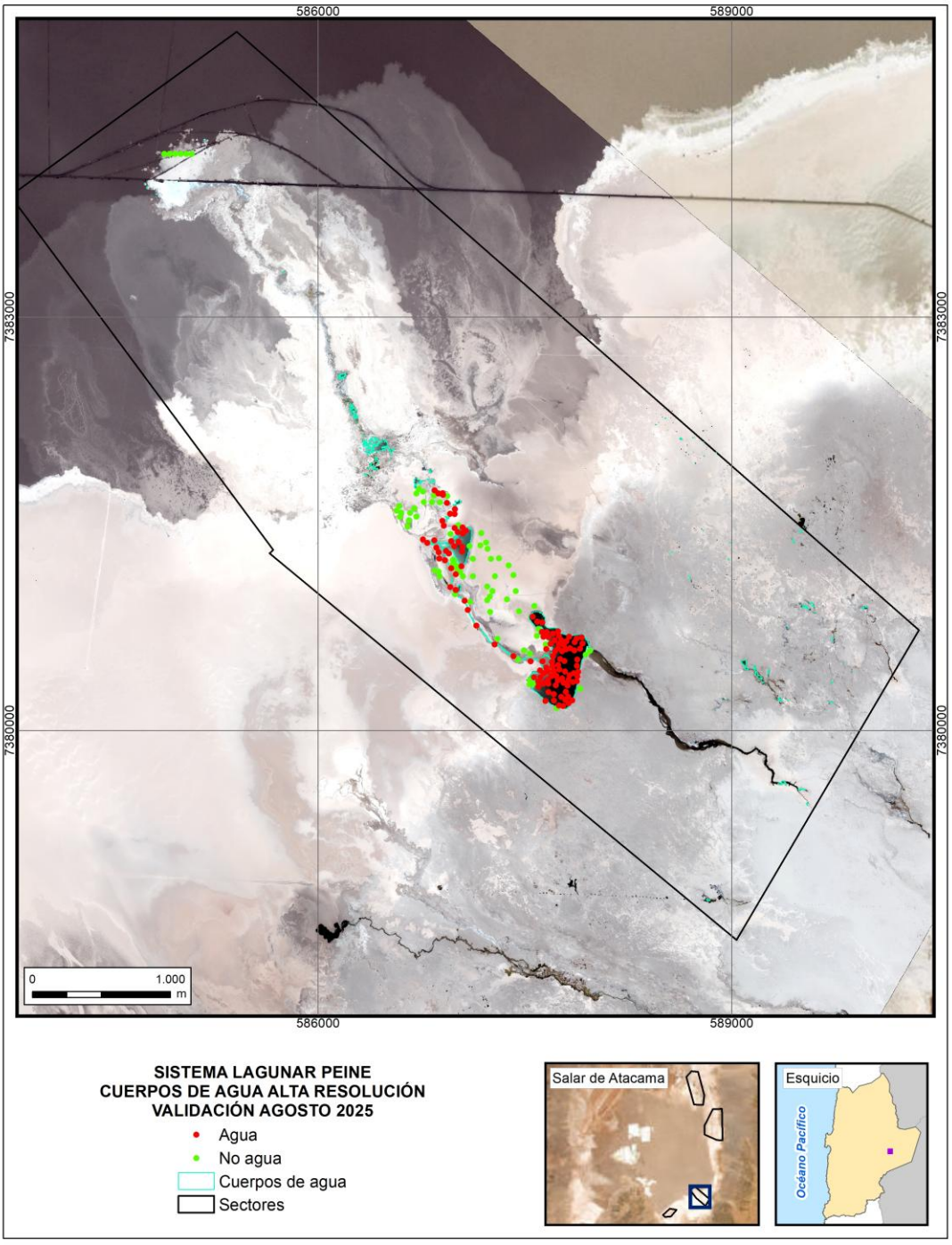
Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Pleiades 1A

Figura N° 11-6. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - invierno 2025.



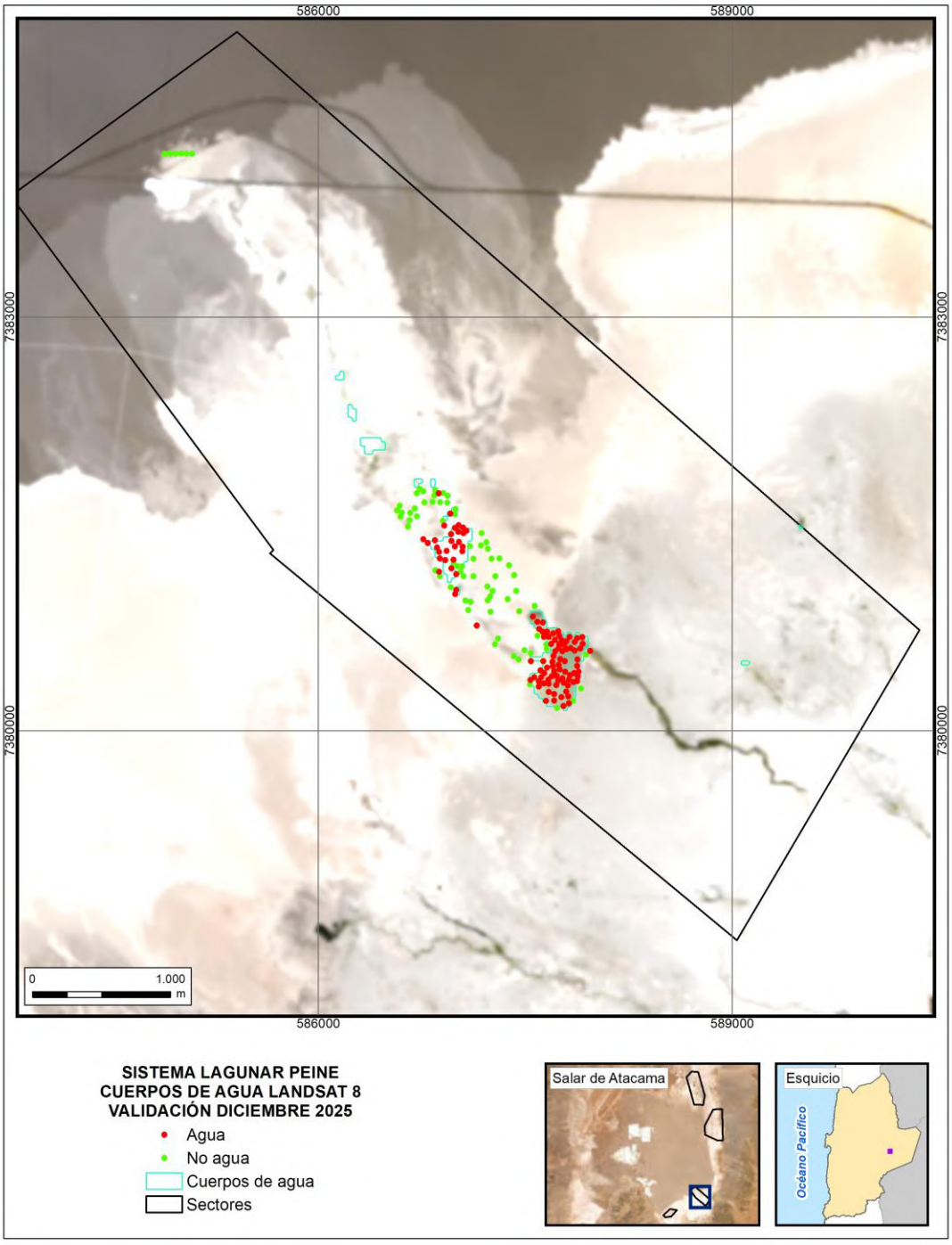
Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Landsat 8

Figura N° 11-7. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A - invierno 2025.



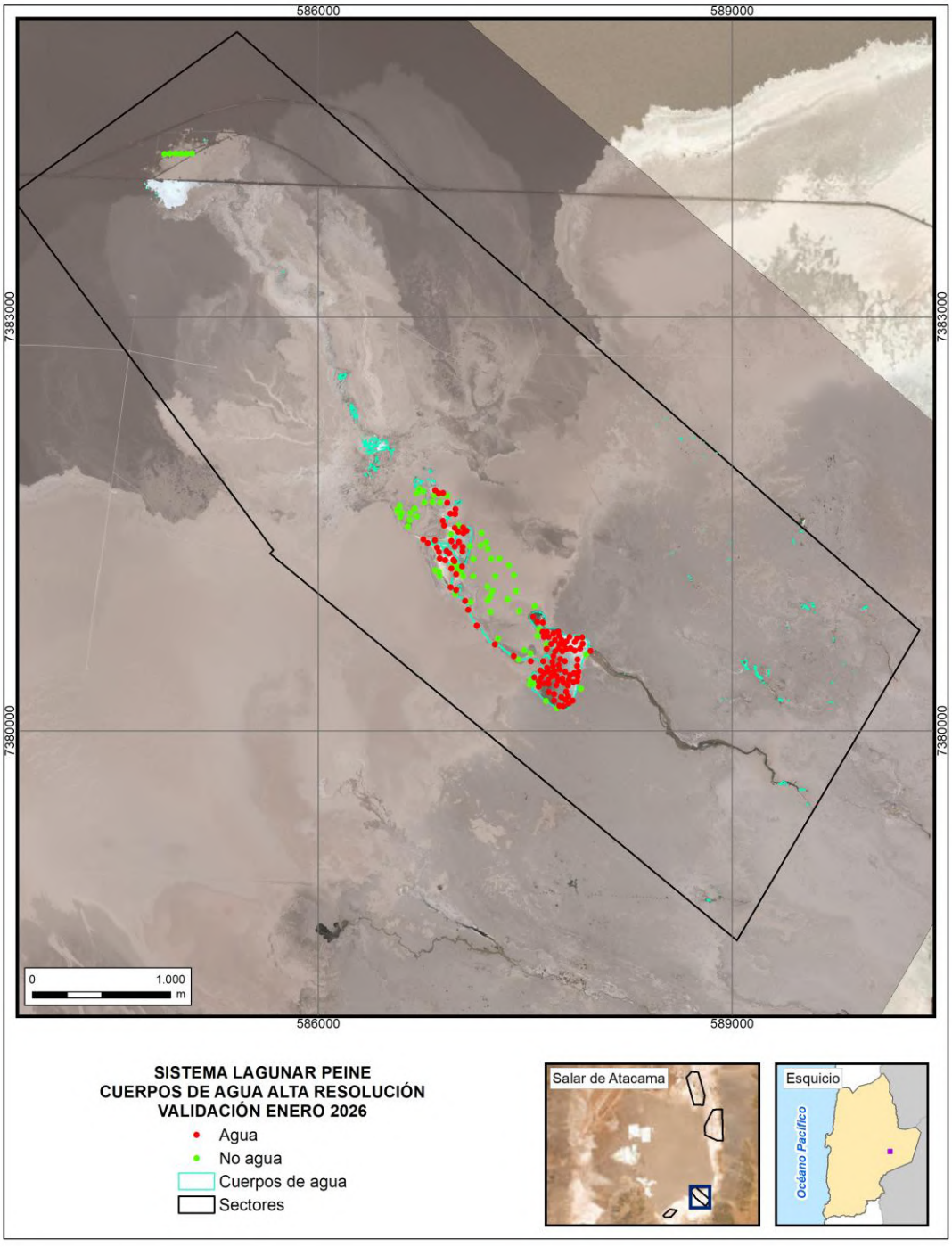
Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Pleiades

Figura N° 11-8. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Landsat 8 - verano 2025-2026.



Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Landsat 8

Figura N° 11-9. Localización de los puntos de muestreo sistema lagunar Peine, con indicación de presencia o ausencia de agua, Pleiades 1A - verano 2025 -2026.



Fuente: Elaboración propia. Proyección WGS 84 / UTM Huso 19S. Imagen satelital Pleiades

11.1.4 Materiales y equipos utilizados

El equipo empleado en las campañas para el levantamiento de puntos de información de sistemas lagunares consistió en un receptor móvil GPS/GNSS SATLAB SL900, rastreo múltiple constelación con software SGS (SATLAB GEOBIZ SOLUTION). Este receptor proporciona datos en coordenadas UTM 19S WGS84. Además, se incorporó un dron DJI modelo Mavic Pro con una cámara de 12 megapíxeles, ejecutando vuelos programados a una altura de 200 metros.

En la campaña de invierno de 2025, en el sector Peine no se pudo completar validación en terreno por restricciones de acceso impuestas por la Comunidad de Peine, lo que obligó a utilizar fotointerpretación con imágenes de alta resolución. En el sistema La Punta–La Brava la validación de terreno fue sólo en algunos puntos GNSS/GPS, aunque algunas áreas quedaron sin acceso por problemas de transitabilidad. En ambos sistemas se efectuó levantamiento aerofotogramétrico (ver registros en **Anexo Área de Lagunas).**

En la campaña de verano de 2025-2026, las restricciones de movilidad impuestas por la Comunidad de Peine impidieron la validación en terreno y el levantamiento aerofotogramétrico en las lagunas de Peine (Interna, Salada y Saladita) y en el sistema La Punta–La Brava, por lo que se utilizó fotointerpretación con imágenes de alta resolución (ver registros en **Anexo Área de Lagunas).** La Figura N° 11-10 y Figura N° 11-11, muestran los resultados de los vuelos autorizados.

Figura N° 11-10 .Imagen UVA/dron usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, sector La Punta y La Brava, invierno 2025.



Fuente: Elaboración Propia en base a mosaico imagen UVA/dron sector La Punta y La Brava.

Figura N° 11-11 Imagen UVA/dron usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, sector Peine, invierno 2025.



Fuente: Elaboración Propia en base a mosaico imagen UVA/dron sector La Punta y La Brava.

11.1.5 Metodología de muestreo y/o medición

El muestreo en terreno se llevó a cabo mediante el levantamiento de puntos de monitoreo con receptores Full GNSS/GPS**,** que consistió en el marcaje del tipo de recubrimiento de suelo directamente en terreno para cada punto de medición, en coordenadas UTM 19S WGS84. Complementariamente, se utilizaron imágenes de dron DJI modelo Mavic Pro con cámara de 12 megapíxeles en los sectores donde fue posible el acceso y la operación del equipo, es decir, en aquellos que no presentaron restricciones de movilidad durante las campañas de monitoreo.

Posteriormente, en el software GIS ArcMap 10.8 se validan los puntos a los que no se pudo acceder en terreno, mediante la técnica de interpretación visual o fotointerpretación en base a las imágenes satelitales e imágenes de dron, proceso en el que se les asignó a estos puntos el tipo de recubrimiento de suelo (cuerpo de agua / otro recubrimiento). El método fotointerpretativo se realiza en base a la imagen de alta resolución (Pleiades 1-A, 8bits), con variación en la composición de colores para la mejor visualización del cambio de coberturas (método de empleo de falso color). La fotointerpretación o clasificación visual es parte de los procesos de reconocimiento, identificación y delimitación de los recubrimientos detectados en una zona de estudio que, en base a diferentes criterios visuales (color, tono, brillo, textura, formas y aspectos temporales), son parte de las técnicas de muestreo para la metodología de clasificación supervisada.

En las campañas de invierno 2025 y verano 2025-2026 (diciembre), este muestreo se implementó en los puntos de réplicas estacionales de las campañas de invierno y verano de 2016 a 2024, en zonas representativas de lagunas recurrentes y donde se determinaron las principales diferencias entre la medición de terreno y el modelo de clasificación supervisada, en períodos intra e interanuales, resguardando las condiciones de accesibilidad, seguridad y permisos respectivos en zonas de acceso restringido. El **Anexo Área de Lagunas** muestra la distribución de los puntos de validación en cada sistema lagunar de estudio y el detalle de sus coordenadas.

11.1.5.1 Imágenes de alta resolución – Pleiades - 1A

Las imágenes multiespectrales de alta resolución usadas en el presente estudio provienen del sensor Pleiades - 1A, que conforman un mosaico de los sistemas de Peine y La Punta - La Brava. La fecha de captura de invierno es **5 de agosto de 2025** (

Figura N°11-12) y en verano 2025/2026 el **19 de diciembre de 2025 y el 01 de enero de 2026**[36] (Figura N°11-13). La selección de este tipo de imágenes se debe a que sus características permiten contar con la resolución espacial adecuada para la cartografía detallada y de precisión (Pancromática, 50 cm; Multiespectral, 2 m), y permite mayor flexibilidad en cuanto a la periodicidad de captura, ya que su intervalo de revisita es de 24 h.

El satélite Pleiades está constituido de una banda pancromática con resolución de 0,5 m en visual nadir y 4 bandas espectrales (blue - azul, green - verde, red - rojo y near infrared - infrarrojo cercano). La precisión de corrección por ortorectificación puede encontrarse dentro 1m y 10m respectivamente. Las principales características del sensor se describen en la Tabla N°11-5, en el **Anexo Área de Lagunas** se presenta el *metadata* de las imágenes analizadas.

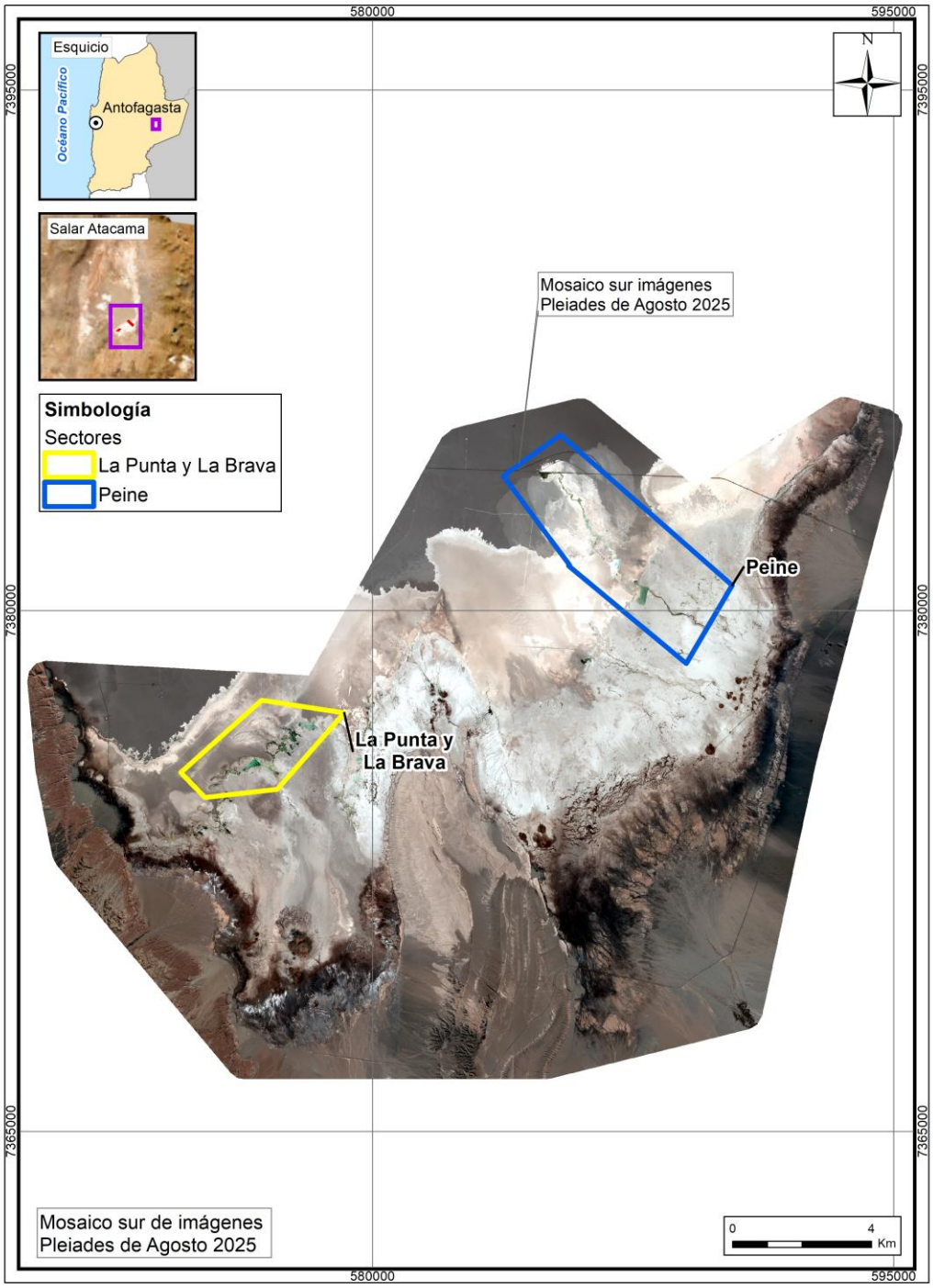
Tabla N°11-5. Características técnicas del sensor Pleiades - 1A.

CARACTERÍSTICAS	DETALLE	
Órbita	Altitud: 695 km	
	Tipo: Tipo sincrónica con el sol	
Bandas Sensor	Pancromáticas: 480 - 830 nm	
	Multiespectrales	
	Azul: 430 - 550 nm	Rojo: 600 - 720 nm
	Verde: 490 - 610 nm	Infrarrojo: 750 - 950 nm
Resolución del sensor	Pancromática: 50 cm	
	Multiespectral: 2 m	

Fuente: Airbus Defense and Space. https://storage.googleapis.com/p-oaf-ibe-back-00e-strapi-uploads/pleiades_brochure_2019_8883d573da/pleiades_brochure_2019_8883d573da.pdf. Revisitada en febrero de 2026.

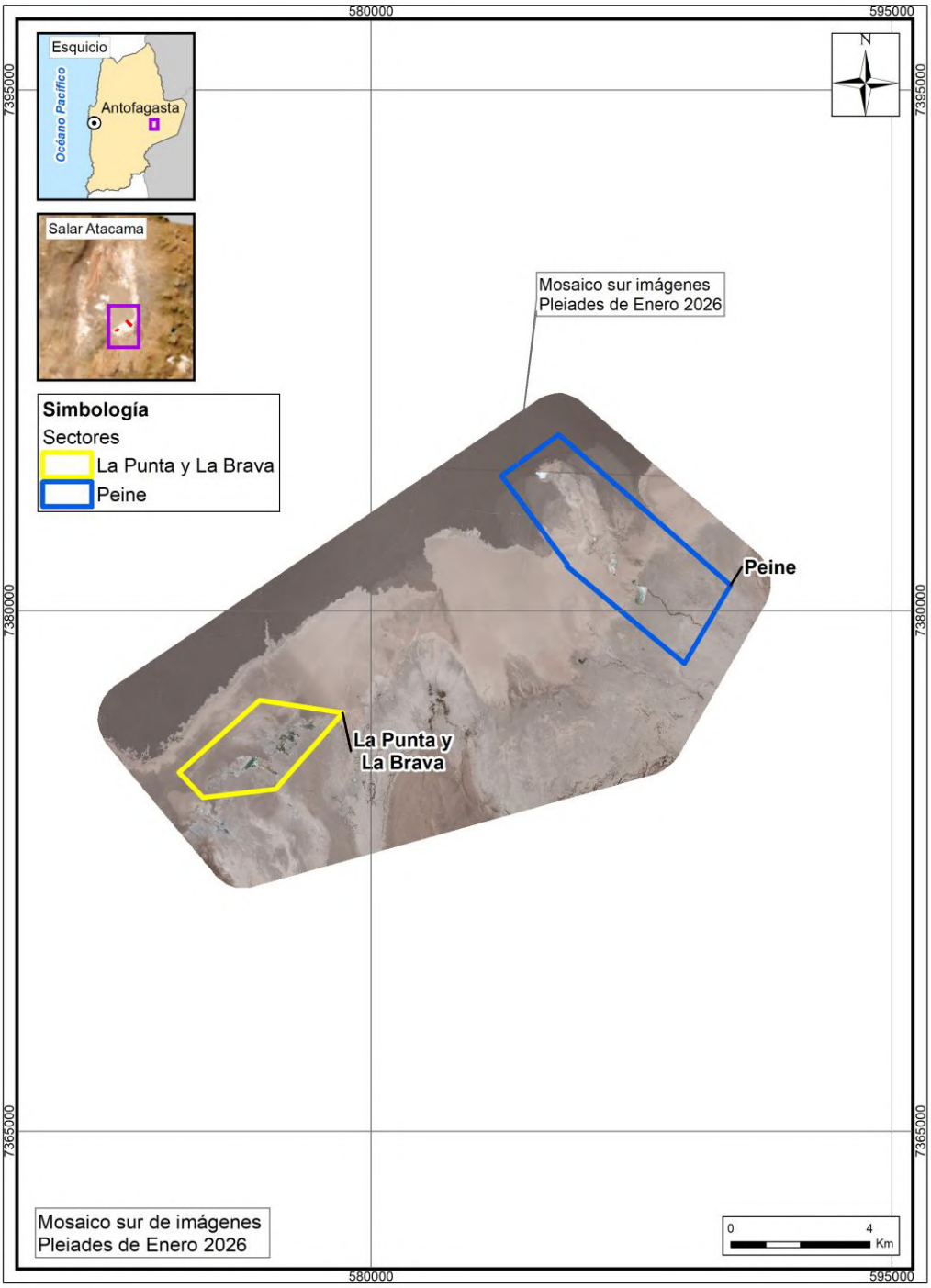
[36] Debido a condiciones de nubosidad que impedían una toma adecuada para el análisis de imágenes, se realizó una nueva captura en la fecha señalada, con el objetivo de asegurar una cobertura libre de nubes y garantizar la calidad y consistencia del procesamiento y la interpretación posterior.

Figura N°11-12. Mosaico de imágenes de alta resolución Pleiades - 1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, invierno 2025.



Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes de alta resolución Pleiades - 1A (invierno 2025).

Figura N°11-13. Mosaico de imágenes de alta resolución Pleiades - 1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, verano 2025-2026.

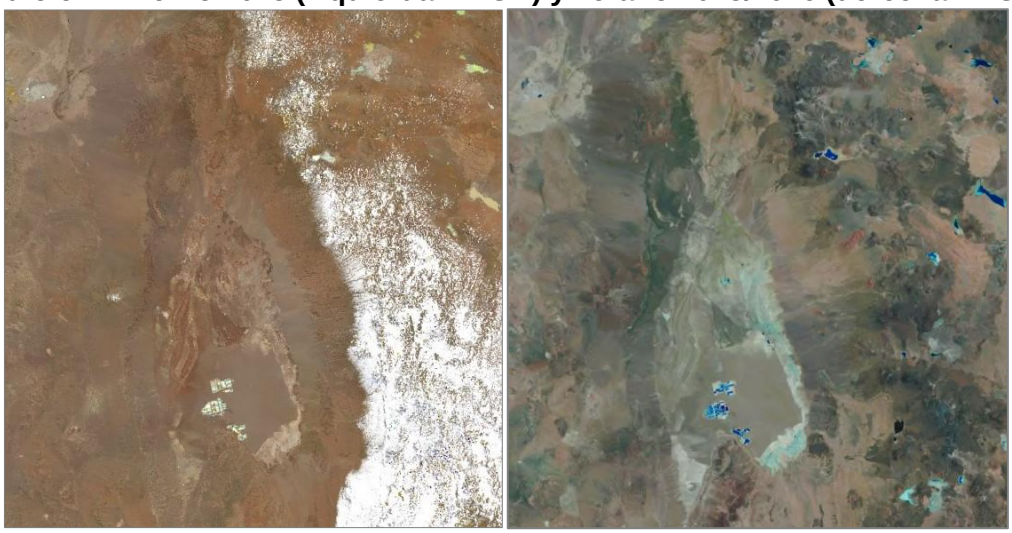


Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes de alta resolución Pleiades - 1A (verano 2025/2026).

11.1.5.2 Imagen de resolución media – LANDSAT 8

Las imágenes usadas cubren por completo el área de estudio y las fechas de captura corresponden al **03 de agosto y 09 de diciembre de 2025**. La descarga se realiza en forma gratuita desde http://earthexplorer.usgs.gov/, sitio *web* de *United States Geological Survey* (USGS; Figura N°11-14). El sensor Landsat 8 dispone de 11 bandas espectrales, con una resolución (tamaño del píxel) de 30 x 30 m. De éstas, se utilizaron cinco bandas en el proceso de delimitación de los cuerpos de agua del área de estudio. Las características de las bandas espectrales del sensor LANDSAT 8 se describen en la Tabla N°11-6 y el **Anexo Área de Lagunas** presenta la *metadata* de la imagen descargada.

Figura N°11-14. Imagen Landsat 8 correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio en invierno 2025 (izquierda – RGB) y verano 2025/2026 (derecha - RGB).



Fuente: United States Geological Survey USGS, http://earthexplorer.usgs.gov/. Revisitada en agosto y diciembre de 2025.

Tabla N°11-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8

Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 1 Costera	0,43 – 0,45	30
Band 2 Azul	0,45 – 0,51	30
Band 3 Verde	0,53 – 0,59	30
Band 4 Rojo	0,64 – 0,67	30
Band 5 Infrarrojo Cercano (NIR)	0,85 – 0,88	30
Band 6 Infrarrojo de Onda Corta 1 (SWIR 1)	1,57 – 1,65	30

Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 7 Infrarrojo de Onda Corta 2 (SWIR 2)	2,11 – 2,29	30
Band 8 Pancromática (Pan)	0,50 – 0,68	15
Band 9 Cirros (Cirrus)	1,36 – 1,38	30
Band 10 Sensor Térmico Infrarrojo 1 (TIRS 1)	10,6 – 11,19	100
Band 11 Sensor Térmico Infrarrojo 2 (TIRS 2)	11,5 – 12,51	100

Fuente: United States Geological Survey USGS, http://earthexplorer.usgs.gov/. Visitada en agosto y diciembre 2025.

11.1.5.3 Procesamiento de las imágenes satelitales

Tanto las imágenes Landsat 8, como las Pleiades 1-A de alta resolución, fueron sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir errores provenientes de interferencias, las cuales pueden ser producto del ángulo de captura y alteraciones en el movimiento del satélite, o bien el efecto de las partículas presentes en la atmósfera, entre otros.

Inicialmente, a cada imagen se le realizó una corrección radiométrica, la cual consiste en la conversión de los valores de pixeles desde números digitales (ND) a unidades de radiancia espectral absoluta (W / (m2 *sr *µm))[37]. Este proceso se utiliza como medio de calibración para disminuir la falta de uniformidad en los valores digitales debido a efectos producidos por errores sistemáticos en el sensor, tales como la contaminación de partículas en el plano focal de éste, las que pueden manifestarse en forma de manchas y bandas en las imágenes. Esta conversión proporciona una base para la comparación de datos en una sola escena o entre imágenes adquiridas en fechas diferentes o por diferentes sensores (Chander *et al*., 2009).

Posteriormente, se realizó la corrección atmosférica de cada imagen. Esta corrección busca reducir el efecto de la interacción de las moléculas y partículas de la atmósfera (vapor de agua, polvo en suspensión, aerosoles, entre otras) en la radiación electromagnética captada por los sensores de un satélite. La eliminación de los efectos atmosféricos y del terreno, recuperan los parámetros físicos de la superficie incluyendo la reflectancia, visibilidad del suelo y temperatura. Para este fin, se utilizó el modelo de corrección espectral de reflectancia a nivel de superficie de *Airbus*, realizado por el mismo proveedor, en las imágenes de alta resolución (Pleiades). Este modelo permite ejecutar correcciones de reflectancia provenientes de la parte alta de la atmósfera, la eliminación de neblina y el enmascaramiento de nubes, así como correcciones de la atmósfera baja y a nivel de suelo y las correcciones atmosféricas de la temperatura superficial. En el caso de las imágenes de resolución media, las imágenes Landsat 8 Level-2 Surface Reflectance (L2SP) son productos procesados por el proveedor para corregir diversos efectos atmosféricos y de iluminación. Las correcciones atmosféricas

[37] Dónde: W: Watts; m^2: metro cuadrado; sr: estereorradián; µm: micrómetro.

incluyen la eliminación o reducción de efectos causados por la presencia de gases, aerosoles y nubes en la atmósfera.

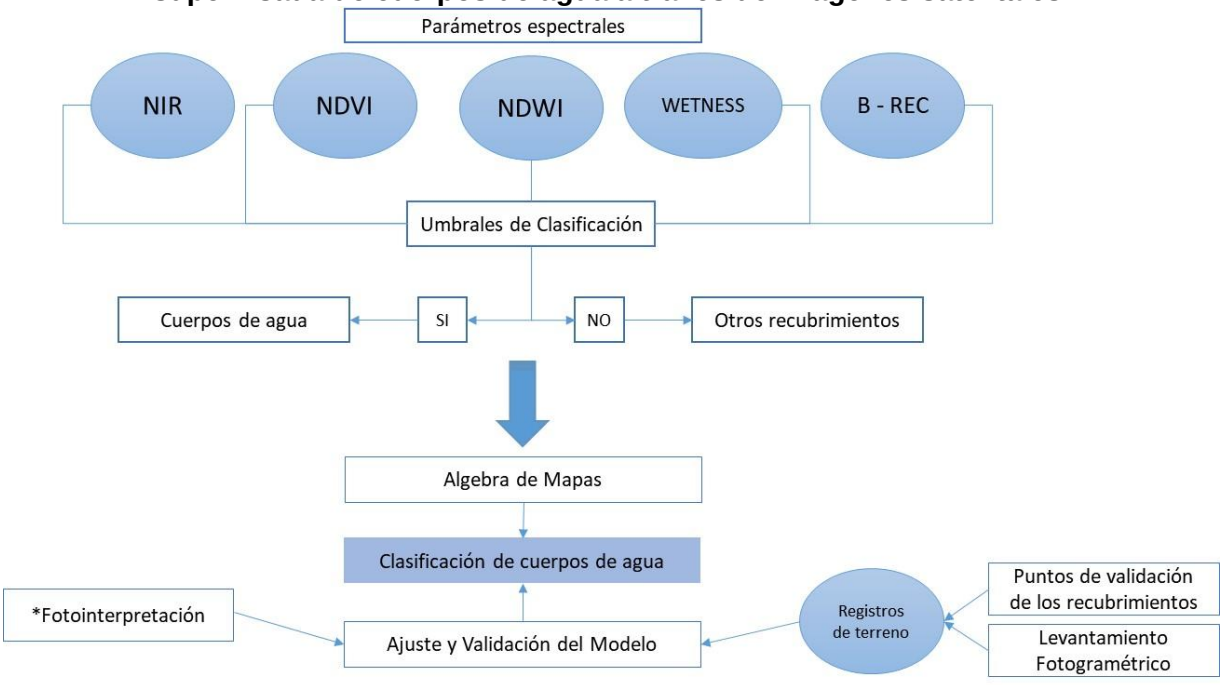
Es importante mencionar que estos métodos en comparación al método IARR (por su sigla en inglés) y que corresponde al *promedio interno de reflectancia relativa* aplicado en la Adenda 5 RWL (2015), constituye un mejoramiento en el modelo actual, producto del refinamiento en el proceso de remoción del error atmosférico proporcionado por el modelo de *Airbus* (Chuvieco, 2006) y el modelo L2SP. Esta diferencia metodológica, puede variar la respuesta espectral de los parámetros espectrales utilizados (*ej.* NDVI, NDWI; Lamolda, 2008), conduciendo a la mejor detección de cuerpos de agua con el modelo actual (detalles en el **Anexo Área de Lagunas**).

Posteriormente, las imágenes fueron ortorrectificadas para eliminar las distorsiones geométricas, producto de imperfecciones del sensor, la curvatura de la tierra y los efectos locales del relieve. Finalmente, en el caso de las imágenes de alta resolución Pleiades 1-A, fueron unidas conformando un mosaico del área de estudio (Figura N°11-12 y Figura N°11-13).

11.1.5.4 Descripción del Modelo de Clasificación Supervisada de cuerpos de agua

El modelo usado durante este análisis se desarrolló en base a la metodología "Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (NDWI por su sigla en inglés), la cual fue empleada en el estudio desarrollado en la Adenda 5 RWL (2015); y que fue establecido como base para este componente.

Figura N°11-15. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.



Índices Multiespectrales: NIR= Banda del infrarrojo cercano, NDVI= Índice de vegetación normalizado; **NDWI**= Índice diferencial de agua normalizado, **WETNESS**= Índice de Humedad derivado de transformación *Tasseled Cap* con bandas de imágenes Landsat 8; **B - REC**= reclasificación de bandas espectrales azul, verde, rojo e infrarrojo cercano. *****El levantamiento fotogramétrico se realiza complementario a los puntos de validación; en caso de no contar con acceso a las áreas se utiliza el método de ***Fotointerpretación**. Fuente: Elaboración Propia en base a metodología "Modificada del Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (MNDWI) en Adenda 5 RWL (2015).

La clasificación supervisada de imágenes satelitales se empleó para la identificación y delimitación de los cuerpos de agua. El método se inicia con el establecimiento de los umbrales de clasificación para cada uno de los parámetros espectrales en evaluación y que tienen una respuesta determinada ante la presencia de un cuerpo de agua. Posteriormente, en un modelo de árbol de decisiones, se estiman los cuerpos de agua utilizando la combinación de los criterios definidos en cada parámetro, y se evalúa el ajuste y la precisión del modelo mediante la comparación con los datos validados en terreno o por fotointerpretación (Figura N°11-15).

Los parámetros evaluados durante la clasificación supervisada en el presente estudio fueron cinco:

i) Banda infrarroja (NIR),
ii) Índice NDWI;
iii) Índice NDVI;
iv) Reclasificación de bandas espectrales (B1<B2) y (B3 > B4), usada en el modelo de imágenes de alta resolución Pleiades 1-A y
v) Transformación "*Tasseled Cap*" (*Wetness*; Kauth &Thomas, 1976), la cual se utilizó para el caso Landsat 8, dado el mayor número de bandas que ofrece este sensor.

El acápite 11.1.5.5 describe en detalle cada uno de estos parámetros.

Comparativamente entre la metodología de la Adenda 5 RWL (2015) y la actual, cabe destacar que en esta última se incorporan dos parámetros espectrales adicionales, correspondientes a NDVI y a la transformación "*Tasseled Cap*" (*Wetness*). Esta modificación, se realizó con el fin de robustecer el modelo ya desarrollado, considerando que los suelos salinos usualmente presentan distintos tipos y concentraciones de sales, afectando la reflectancia del suelo en distintos grados y puede conducir a errores significativos durante interpretaciones espectrales (Wang *et al.,* 2012). El **Anexo Área de Lagunas** detalla los ajustes metodológicos aplicados con relación a la Adenda 5 RWL (2015).

11.1.5.5 Parámetros espectrales del modelo de clasificación

a. Índice de Diferencia Normalizada de Agua - NDWI

En la Adenda 5 RWL (2015) (Anexo 3 PSAH, apartado 3.2.6 de "Superficie cubierta por lagunas"), se indica que: "*Para la determinación de la superficie cubierta por lagunas, en la imagen de alta resolución se utilizará metodología "Modificación del Índice Normalizado de diferencias de agua (MNDWI)", que determina la presencia de agua mediante la respuesta espectral del infrarrojo medio, con la siguiente expresión:*

$$MNDWI = \frac{G - MIR}{G + MIR} \quad (1)$$

Donde G es la banda espectral correspondiente al color verde y el MIR es la banda del Infrarrojo medio". La fórmula corresponde a la desarrollada por Xu, 2006.

Sin embargo, en el mismo acápite, en algunos párrafos previo a la fórmula se indica textual: *"Se utilizarán imágenes de satelitales multiespectrales con un tamaño de píxel de* ***máximo 4 metros*** *que incluirán los sistemas lagunares de La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor*" (énfasis es propio). Lo anterior, y según las condiciones técnicas, lleva a un ajuste en la metodología dado que la existencia de imágenes que cuenten con la banda MIR es limitada y en general cuentan con menor resolución espacial (ej. satélites Spot con una banda MIR con resolución espacial de 20m, muy superior a los 4 m máximos).

Además, como fue mencionado en la introducción, la variable Superficies Lagunares, es compromiso del seguimiento biótico (PMB) y también del seguimiento hídrico (PSAH) y por lo tanto, se debe compatibilizar ambos compromisos, es decir, también debe cumplir con la metodología especificada en el Anexo 2, Adenda 5 EIA, apéndice b), 2015 "*Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua. Estudio de Impacto Ambiental*", que indica que:

"*Para la delimitación de las superficies cubiertas por aguas existe el cálculo del Índice de Diferencia Normalizada de Agua o NDWI (Normalized Difference Water Index). La fórmula utilizada para el cálculo de este índice es la siguiente (Gao, 1995; McFeeters, 1996):*

$$NDWI = \frac{\rho_i V - \rho_i IRC}{\rho_i V + \rho_i IRC} \quad (2)$$

dónde: V es la reflectancia en el verde (visible) (Banda 2); IRC = reflectancia en la banda del infrarrojo cercano (Banda 4)".

Finalmente, la selección de la fórmula de McFeeters (2), responde a la necesidad de ajustar imágenes de alta resolución (ya sea imágenes de archivo o programadas) manteniendo todos los objetivos propuestos en la Adenda 5 RWL (2015) y la base de la fórmula propuesta, tanto para el PSAH como para el PMB, siendo esta última la utilizada en el presente informe con el fin de estandarizar los métodos.

El índice NDWI varía entre -1 y 1, asociando los valores positivos para las superficies con agua o húmedas y cero o negativo para el suelo y la vegetación terrestre estresada. El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

b. Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación - NDVI

El Índice NDVI (por su sigla en inglés, *Normalized Difference Vegetation Index*), consiste en la comparación entre las bandas roja e infrarroja cercana, mediante la siguiente ecuación:

$$NDVI = (NIR-R) /(NIR+R)$$

El NDVI varía entre -1 y 1 y resalta en valores positivos las áreas con presencia de vegetación basándose en la reflectancia diferencial de la clorofila entre la banda infrarroja cercana (***NIR***) y la banda roja (***R***) del espectro visible. Adicionalmente, en el rango de los valores negativos este índice detecta superficies que generalmente corresponden a nubes o cuerpos de agua.

El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades - 1A.

c. NIR - Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano

La Banda NIR (Banda 5 en Landsat 8 y Banda 4 en Pleiades - 1A), posee características espectrales útiles para la detección de cuerpos de agua. Dadas las propiedades del agua de absorción de la radiación electromagnética; esta baja reflectividad en el infrarrojo resulta útil en la distinción de áreas de tierra o suelos denudados y agua.

Para el cálculo de este parámetro, se realiza la reclasificación de este parámetro tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades - 1A.

d. Reclasificación de bandas espectrales a partir de la condición de bandas de la imagen de alta resolución

Este parámetro consistió en un procedimiento de clasificación binaria de los pixeles en las imágenes espectrales Pleiades - 1A, en que los pixeles de las bandas espectrales de las imágenes se enfrentaron a la condición lógica de la presencia de cuerpos de agua versus otros recubrimientos, en base al segmento de longitud de onda que refleja cada banda. Para este caso se procedió el cumplimiento de la condición: (***B1***< ***B2***) y (***B3*** > ***B4***). Dónde las bandas corresponden a: B1 azul, B2 verde, B3 rojo y B4 infrarrojo cercano.

e. Transformación "*Tasseled Cap*"

La transformación "*Tasseled Cap*" (**TCT**) fue desarrollada para optimizar la visualización de la vegetación en imágenes multiespectrales (Hernández, 2005). Esta transformación produce tres nuevas bandas a partir de las originales de la imagen: Brillo (*Brightness*), Verdor (*Greenness*) y Humedad (*Wetness*).

El índice de humedad es un contraste entre la reflectancia en el infrarrojo de onda corta (SWIR) y el visible/infrarrojo cercano (V/NIR), proporcionando una medida del contenido de humedad del suelo. En estas bandas, el agua absorbe la radiación (con coeficientes de ponderación negativos) respecto al resto de las bandas menos afectadas por la humedad (coeficiente bajo y positivo) (Crist & Cicone, 1984; Crist, *et al.,* 1986).

Este parámetro se utilizó sólo en el caso de Landsat 8 y para su cálculo se utilizaron coeficientes que derivan estadísticamente a partir de estas imágenes y de observaciones empíricas que son específicos para cada sensor (Crist, *et al.* 1986).

11.1.5.6 Umbrales y validación del modelo de clasificación

Durante el proceso de clasificación supervisada, se establecieron umbrales de clasificación de cada parámetro del modelo, los cuales representaron el valor límite de clasificación como cuerpo de agua u otro recubrimiento. Estos umbrales fueron definidos para cada sector, según el parámetro, para cada tipo de imagen satelital y para cada temporada (mes – año). La búsqueda de umbrales se realiza en cada monitoreo, en consideración a las diferencias en la percepción del sensor de los recubrimientos del suelo, en otros, por el ángulo de iluminación del sol y la temporada del año en que se dé la captura; esta variación se traduce en el valor de los datos a analizar y por ende de valor de corte o umbral.

La definición de cada umbral se realizó mediante inspección visual fotointerpretativa, controlada por el conocimiento de las características de los objetos a catalogar; su respuesta espectral; y los umbrales determinados en campañas anteriores. Cabe destacar que las variaciones de estos valores respecto a los registros históricos de la Adenda 5 RWL (2015) son atribuibles al cambio del tipo de imágenes satelitales usadas; a las variaciones atmosféricas; las diferencias en el procesamiento de estas; y a cambios en los valores del

conjunto de datos de cada imagen, correspondientes a la metodología detallada en el **Anexo Área de Lagunas.** Los umbrales obtenidos en para los informes semestrales invierno y verano 2025 -2026 se presentan en la Tabla N°11-7.

Tabla N°11-7. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según Pleiades - 1A y Landsat 8, para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama, agosto y diciembre de 2025.

TIPO DE IMAGEN	ÍNDICE	SISTEMA LAGUNAR	
		LA PUNTA Y LA BRAVA	PEINE
Invierno 2025			
Parámetros AR PLEIADES	**NDWI**	NB 12/32 >= -0,027811618	NB 13/32 >= -0,060441424
	NDVI	NB 20/32<= -0,004589526	NB 19/32 <= -0,00092337
	NIR - B4	NB 12/32 <= 0,20893517	NB 12/32 <= 0,245585867
	(B1<B2) Y (B3> B4)	SI	SI
Parámetros LANDSAT 8	**NDWI**	NB 9/32 >= -0,055469809	NB 8/32 >= -0,077014113
	NDVI	NB 24/32 <= -0,025353058	NB 26/32<= 0,013333484
	NIR - B5	NB 17/32<= 0,26946666	NB 14/32 <= 0,272594121
	WETNESS	NO	NO
Verano 2025-2026			
Parámetros AR PLEIADES	**NDWI**	P95 >= -0,045454979	NB 13/32 >= -0,063962232
	NDVI	NB 20/32 <= -0,00191375	NB 20/32 <= 0,006519467
	NIR - B4	P5 <= 0,44006648	NB 11/32 <= 0,405465
	(B1<B2) Y (B3> B4)	SI	SI
Parámetros LANDSAT 8	**NDWI**	NB 8/32>= -0,060257426	NB 24/32 >= -0,068563364
	NDVI	NB 25/32 <= -0,015202852	NB 26/32 <= -0,017548869
	NIR - B5	NB17/32 <= 0,357051358	P10 <= 0,373781182
	WETNESS	NO	NB 21/32 >= 0,239276938

Dónde: Métodos de clasificación de datos: R: Intervalo equivalente (*Equal Interval*), NB: Quiebres naturales (*Natural breaks*), P: Percentiles (*Quantile*). Umbrales definidos cada temporada de monitoreo, de acuerdo con las variaciones temporales del sensor y la naturaleza de los sustratos; NO: el índice presenta homogeneidad en los datos y su clasificación no aporta al modelo, por lo que no se utiliza. Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la complejidad de las áreas de estudio, fue preciso considerar diferentes intervalos en las distribuciones de las variables. Para ello, se utilizaron los métodos de clasificación de datos por percentiles, intervalos equivalentes y quiebres naturales; esto con el objeto de encontrar el mejor ajuste en el modelo de clasificación. Este proceso se realizó en el software ArcGIS 10.8. Los métodos de clasificación de datos permiten visualmente agrupar valores

similares, y bajo ese análisis determinar cuál es la agrupación de datos (desde que valor o umbral) se expresa con mejor ajuste los tipos de recubrimientos (agua, otros recubrimientos).

Una vez fijado cada umbral de clasificación, se extrae el conjunto de pixeles espectralmente similares que formaron grupos o clases, a las que luego se les asigno el tipo de recubrimiento de suelo que representaban (cuerpos de agua u otros recubrimientos).

El cálculo final del modelo por sector se realiza mediante la unión de los parámetros reclasificados según el umbral definido y se determinó la cobertura de agua cuando al menos dos de los cuatro parámetros coincidían en clasificar el píxel como “cuerpo de agua”, de lo contrario quedó asignado como “otro recubrimiento”; esto para ambos tipos de imágenes. El criterio de decisión en la cantidad de parámetros usados para asignar la categoría se relaciona con la complejidad del patrón espacial de cada sistema lagunar y de su variabilidad estacional (Ortiz, C. *et al*, 2014; DGA, 2014; Cornellà, O. *et al,* 2009).

Posteriormente, se procede con la validación del modelo de clasificación la cual se realiza a través de una matriz de confusión, que permite evaluar la exactitud del modelo. Fundamentalmente consiste en estimar el número de puntos correctamente cartografiados dentro de un conjunto de datos. En este caso, la matriz se construyó con la información del tipo de recubrimiento establecido en los puntos de validación de terreno/fotointerpretación y fueron comparados con los resultados del modelo. En esta matriz, la diagonal principal indica que las muestras fueron coincidentes o correctamente interpretadas (ITC, 1999 en Flores, 2002).

El interés del uso de esta tabla de confusión proviene de su capacidad para plasmar conflictos entre categorías. De esta forma no sólo se conoce la fiabilidad global de la clasificación, sino también la exactitud conseguida para cada una de las clases, así como los principales conflictos entre ellas (Chuvieco, 2006).

A partir de la matriz de confusión se realiza el cálculo del índice *Kappa*[38]*,* el cual es una medida ajuste en términos de la exactitud del modelo de clasificación. Este mide la diferencia entre los datos de validación de terreno/fotointerpretación y la clasificación según el modelo, e intenta delimitar el grado de ajuste de los datos, prescindiendo de los factores aleatorios (Congalton, 1991). El coeficiente *Kappa* fue calculado de la siguiente manera:

$$\kappa = \frac{[\,(\,\Sigma\ concordancias\ observadas) - (\,\Sigma\ concordancias\ atribuibles\ al\ azar)]}{[(total\ de\ observaciones) - (\,\Sigma\ concordancias\ atribuibles\ al\ azar)]}$$

El índice *Kappa* tiene un rango entre 0 y 1 el cual representa proporcionalmente la exactitud en el ajuste del modelo. Valores de *K* cercanos a 1 revelan una muy buena concordancia entre la realidad observada y la cobertura obtenida. Contrariamente, valores próximos a 0 sugieren que la concordancia observada es sólo debido al azar. Según Landis y Koch (1977), valores

[38] Los rangos de valores para *Kappa* son: Pobre: 0,00; Leve: 0,01 – 0,20; Aceptable: 0,21 – 0,40; Moderada: 0,41 – 0,60; Considerable: 0,61 – 0,80; Casi perfecta: 0,81 – 1,00 (Landis y Koch, 1977).

K ≥ 0,4 indican un modelo de clasificación *moderada* en término de exactitud, mayores a 0,6 sugieren un modelo *considerable* en la clasificación del recubrimiento de suelo obtenida.

Con los datos de la revalidación en terreno/fotointerpretación y la clasificación finalizada por sistema lagunar, se procede a evaluar su ajuste mediante la utilización de la matriz de confusión y el Índice de *Kappa*, con la finalidad de determinar el nivel de ajuste obtenido.

Complementario a lo anterior, a partir de la matriz de confusión también se obtuvo el índice de precisión global (*overall accuracy* u OA) que define la cantidad de puntos correctamente clasificados midiendo así la calidad de una clasificación expresada en porcentaje (0 a 100%), en que, si todos los puntos de la imagen son clasificados al grupo que le corresponde según la información de terreno/fotointerpretación, vale decir, un 100% de coincidencias, se puede hablar de una clasificación perfecta (Li, Y., 2014).

11.1.5.7 Depuración cartográfica de cuerpos de agua

Posterior a obtener las coberturas de clasificación de los cuerpos de agua según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades 1-A y Landsat 8) y por sistema lagunar, se procedió con la depuración de las coberturas. Este proceso consistió primero en la transformación de los datos desde formato *raster* a entidades de polígonos en formato *shape* (Figura N°11-16, a y b). El resultado se sometió a un proceso de suavizado (*smooth polygon*[39]), por la presencia de ángulos cerrados en sus contornos, para mejorar la calidad estética de la cartografía y su aproximación al contexto real (Figura N°11-16, c).

Adicionalmente, se realizó una depuración final en los *shapes*, la cual busca reducir errores de clasificación aleatorios siguiendo dos criterios:

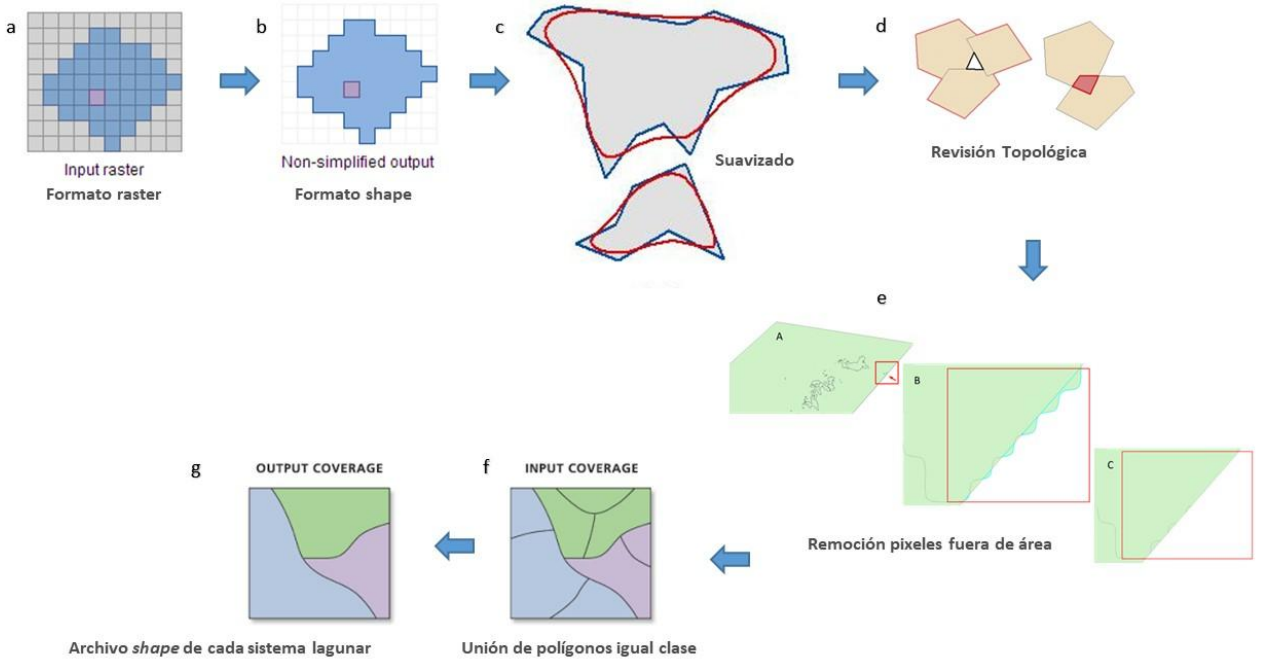
i) Revisión topológica de las coberturas, ante la presencia de espacios entre los bordes de los polígonos o bordes de polígonos superpuestos (Figura N°11-16, d) y,

ii) Remoción de polígonos clasificados como cuerpos de agua con tamaño inferior al equivalente de un píxel (0,0004 ha en Pleiades - 1A y 0,09 ha en Landsat 8) y que surgen de la intersección con el área de estudio (Figura N°11-16, e).

Producto de estas operaciones se origina una clasificación binaria (cuerpos de agua / otros recubrimientos), que son fusionados con parámetros con igual codificación y ajustados a los polígonos que delimitan las áreas de estudio. El resultado final corresponde a un archivo en formato *shape* de cada sistema lagunar (La Punta - La Brava, Peine) (Figura N°11-16, f y g).

[39] Para la delimitación de los polígonos se aplicó la herramienta *Smooth Polygon*, utilizando una tolerancia de 2 m para las imágenes Pleiades y de 30 m para las imágenes Landsat, respectivamente.

Figura N°11-16. Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (*raster)* a polígonos (*shape*).



Dónde: **a**: Ingreso Raster; **b**: transformación a formato shape; **c**: suavizado de polígonos; **d**: corrección de errores topológicos; **e**: generación de entidades poligonales; **f**: fusión de polígonos.

Fuente: Cedrem Consultores en base a imágenes ESRI.

11.1.6 Análisis comparativo para seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua

De acuerdo con lo expresado en la sección 11.1.2 *Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua*, esta etapa dio cumplimiento a lo dispuesto por el PMB, de acuerdo con Anexo 2, Adenda 5 EIA, *Apéndice B. Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua*.

En base a estos documentos, el análisis comparativo de las superficies se realizó por sistema lagunar, en base a las siguientes tipologías:

- *Comparación con registros históricos de la Adenda 5 (2015)*: se realizó entre el resultado de las superficies de lagunas registradas en los monitoreos de agosto y diciembre 2025, y las variaciones en relación con el mínimo histórico de la Adenda 5 RWL (2015).

- *Comparación entre imágenes satelitales:* se realizó una comparación entre las superficies determinadas en el monitoreo 2024 desde las imágenes de alta resolución Pleiades 1-A y Landsat 8.

- *Comparación entre monitoreos anuales*: se realizó una comparación entre los resultados de las superficies lagunares en el monitoreo 2025-2026, con respecto a los resultados de los monitoreos entre 2016 y 2024.

Cabe destacar que el actual monitoreo, describe los cuerpos de agua en condiciones de operación del proyecto.

11.1.7 Fechas de medición

Respecto a la campaña de invierno, ésta se realizó los días **03 y 09 de agosto de 2025.** En forma paralela a la campaña de terreno se obtuvieron las imágenes Pleiades 1A, el **5 de agosto de 2025**, y la captura de la imagen de media resolución (Landsat 8) corresponde al **03 de agosto de 2025**. La campaña de verano 2025-2026, se realizó los días **16 y 18 de diciembre de 2025**. En forma paralela a la campaña de terreno se obtuvieron las imágenes Pleiades 1A, el **19 de diciembre de 2025 y 01 de enero de 2026**[40], y la captura de la imagen de media resolución (Landsat 8) corresponde al **09 de diciembre de 2025**.

En la campaña de invierno de 2025, en el sector Peine no fue posible completar la validación *in situ*, debido a medidas de restricción de ingreso aplicadas por la Comunidad de Peine. Estas restricciones limitaron el acceso a los sectores de las lagunas de Peine (Salada y Saladita), lo que redujo las posibilidades de validación directa en dichos sectores, mientras que en La Punta–La Brava la validación fue mayoritariamente en terreno con puntos GNSS/GPS, aunque con áreas sin acceso por problemas de transitabilidad; en ambos sistemas se realizó levantamiento aerofotogramétrico.

En la campaña de verano de 2025–2026, continúan las restricciones de la comunidad que impidieron la validación en terreno y la aerofotogrametría en las lagunas de Peine y en La Punta – La Brava, recurriéndose a fotointerpretación (ver registros en **Anexo Área de Lagunas)**.

[40] Debido a condiciones de nubosidad que impedían una toma adecuada para el análisis de imágenes, se realizó una nueva captura en la fecha señalada, con el objetivo de asegurar una cobertura libre de nubes y garantizar la calidad y consistencia del procesamiento y la interpretación posterior.

11.2 RESULTADOS

11.2.1 Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

La validación del ajuste de las coberturas determinadas, con relación a los datos de terreno recabados y fotointerpretados, se realizó mediante el índice Kappa. Este índice tuvo una variación entre 0,90 y 0,40 para imágenes de alta resolución Pleiades 1-A (Tabla N°11-8) y desde 0,75 y 0,47 para imágenes de resolución media Landsat 8 (Tabla N°11-9) en agosto de 2025, para Peine y La Punta – La Brava respectivamente. Respecto de diciembre de 2025, este índice tuvo una variación entre 0,97 y 0,50 para imágenes de alta resolución Pleiades 1-A (Tabla N°11-10) y desde 0,78 a 0,47 para imágenes de resolución media Landsat 8 (Tabla N°11-11) para Peine y La Punta – La Brava respectivamente. Todos los valores antes indicados muestran una alta precisión del modelo de clasificación supervisada aplicado, que según el índice Kappa muestra un nivel de concordancia aceptable a casi perfecta[41].

En relación con la precisión global, los valores tuvieron una variación entre 95% y 71% para imágenes de alta resolución Pleiades 1-A (Tabla N°11-8) y entre 88% y 74% para imágenes de resolución media Landsat 8 (Tabla N°11-9) en agosto de 2025, para Peine y La Punta – La Brava, respectivamente. Respecto de diciembre de 2025, la precisión global del modelo tuvo una variación entre 98% y 84% para imágenes de alta resolución Pleiades 1-A (Tabla N°11-10) y desde 90% a 84% para imágenes de resolución media Landsat 8 (Tabla N°11-11), para La Peine y Punta – La Brava respectivamente. La precisión global expresa que proporción de puntos de validación coincidió correctamente con el modelo generado, expresado como un porcentaje, siendo la precisión del 100% una clasificación perfecta. Valores promedio sobre el 80% muestran una alta concordancia de lo observado, con el resultado del método de clasificación supervisada.

De lo anterior, se señala que los mayores ajustes corresponden a los sectores que muestran una mayor definición de los cuerpos de agua, por sus características de topografía y tipo de sustrato, ya que se encuentran total o parcialmente delimitados por una diferencia de nivel de costra salina; por lo tanto, las respuestas espectrales son más claras, facilitando la determinación de umbrales de los parámetros del modelo y la clasificación final es mayormente coincidente con los determinados en terreno o por fotointerpretación visual (generalmente asociado al sector). Asimismo, los valores más bajos en el ajuste del modelo se reportan principalmente en sectores que muestran un gradiente de vegetación en los bordes lagunares(ecotono), el cual conduce a una estimación menos precisa de los límites de la superficie de agua (proveniente principalmente de los parámetros NDVI y NIR). También ocurre con el retroceso de zonas inundadas con la exposición del sustrato que muchas veces está asociado a otros componentes, como microorganismos; o ante la discontinuidad de las

[41] Valores cercanos a 1,00 indican una mayor concordancia inter-observador. Los rangos de valores son: Pobre: 0,00; Leve: 0,01 – 0,20; Aceptable: 0,21 – 0,40; Moderada: 0,41 – 0,60; Considerable: 0,61 – 0,80; Casi perfecta: 0,81 – 1,00 (Landis y Koch, 1977).

inundaciones, generando parches que no son captados como unidades independientes, aumentando el error en sitios de transición seca – húmeda.

De acuerdo con lo anterior, en el sector La Punta – La Brava se obtiene un valor bajo de Kappa, debido a la presencia de cuerpos de agua discontinuos (de pequeña magnitud) y la exposición de recubrimientos mixtos (sal – microorganismos), que generan una discordancia entre lo "captado" por el sensor y lo corroborado por especialistas en terreno, repercutiendo en un menor valor de precisión en dicho sector.

Tabla N°11-8. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades - 1A: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. invierno, 2025.

Sistema lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	* Número de Puntos de validación de terreno/fotointerpretación			**Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	53	87	**140**	37,9	62,1	
	Otros Recubrimientos	0	165	**165**	100,0	0,0	
	Total	**53**	**252**	**305**	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	100,0	65,5	-	-	-	
	***Error omisión (%)	0,0	34,5	-	-	Índice Kappa:	0,40
						Precisión global (OA):	71%
Peine	Cuerpos de agua	117	8	**125**	93,6	6,4	
	Otros Recubrimientos	1	65	**66**	98,5	1,5	
	Total	**118**	**73**	**191**	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	99,2	89,0	-	-	-	
	***Error omisión (%)	0,8	11,0	-	-	Índice Kappa:	0,90
						Precisión global (OA):	95%

Dónde: * número de puntos verificados en terreno – *in situ* – o fotointerpretados, en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud del muestreo: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Exactitud de campo, en referencia al conocimiento previo recopilado de terreno *in situ* o la observación indirecta del territorio por medio de fuentes digitales (imagen satelital – imagen fuente UVA/dron) (Chuvieco, 2006). Elaboración propia.

Tabla N°11-9. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. invierno, 2025.

Sistema lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	* Número de Puntos de validación de terreno/fotointerpretación			**Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	23	23	**46**	50,0		50,0
	Otros Recubrimientos	2	49	**51**	96,1		3,9
	Total	**25**	**72**	**97**	-		-
	Exactitud de Campo (%)	92,0	68,1	-	-		-
	***Error omisión (%)	8,0	31,9	-	-	Índice Kappa:	0,47
						Precisión global (OA):	74%
Peine	Cuerpos de agua	107	9	**116**	92,2		7,8
	Otros Recubrimientos	12	54	**66**	81,8		18,2
	Total	**119**	**63**	**182**	-		-
	Exactitud de Campo (%)	89,9	85,7	-	-		-
	***Error omisión (%)	10,1	14,3	-	-	Índice Kappa:	0,75
						Precisión global (OA):	88%

Dónde: * número de puntos verificados en terreno – *in situ* – o fotointerpretados, en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud del muestreo: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Exactitud de campo, en referencia al conocimiento previo recopilado de terreno *in situ* o la observación indirecta del territorio por medio de fuentes digitales (imagen satelital – imagen fuente UVA/dron) (Chuvieco, 2006). Elaboración propia.

Tabla N°11-10. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades - 1A: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. Verano, 2025/2026.

Sistema lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	* Número de Puntos de validación de fotointerpretación			**Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	34	49	**83**	41,0		59,0
	Otros Recubrimientos	0	222	**222**	100,0		0,0
	Total	**34**	**271**	**305**	-		-
	Exactitud de Campo (%)	100,0	81,9	-	-		-

Sistema lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	* Número de Puntos de validación de fotointerpretación			**Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
	***Error omisión (%)	0,0	18,1	-	-	Índice Kappa:	0,50
						Precisión global (OA):	84%
Peine	Cuerpos de agua	119	3	**122**	97,5		2,5
	Otros Recubrimientos	0	69	**69**	100,0		0,0
	Total	**119**	**72**	**191**	-		-
	Exactitud de Campo (%)	100,0	95,8	-	-		-
	***Error omisión (%)	0,0	4,2	-	-	Índice Kappa:	0,97
						Precisión global (OA):	98%

Dónde: * número de puntos verificados en terreno – *in situ* – o fotointerpretados, en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud del muestreo: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Exactitud de campo, en referencia al conocimiento previo recopilado de terreno *in situ* o la observación indirecta del territorio por medio de fuentes digitales (imagen satelital – imagen fuente UVA/dron) (Chuvieco, 2006). Elaboración propia.

Tabla N°11-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice *Kappa* por sistema lagunar. Verano, 2025/2026.

Sistema lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	* Número de Puntos de validación de fotointerpretación			**Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	10	14	**24**	41,7		58,3
	Otros Recubrimientos	2	71	**73**	97,3		2,7
	Total	**12**	**85**	**97**	-		-
	Exactitud de Campo (%)	83,3	83,5	-	-		-
	***Error omisión (%)	16,7	16,5	-	-	Índice Kappa:	0,47
						Precisión global (OA):	84%
Peine	Cuerpos de agua	101	13	**114**	88,6		11,4
	Otros Recubrimientos	6	62	**68**	91,2		8,8
	Total	**107**	**75**	**182**	-		-
	Exactitud de Campo (%)	94,4	82,7	-	-		-
	***Error omisión (%)	5,6	17,3	-	-	Índice Kappa:	0,78

		Precisión global (OA):	90%

Dónde: * número de puntos verificados en terreno – *in situ* – o fotointerpretados, en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud del muestreo: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Exactitud de campo, en referencia al conocimiento previo recopilado de terreno *in situ* o la observación indirecta del territorio por medio de fuentes digitales (imagen satelital – imagen fuente UVA/dron) (Chuvieco, 2006). Elaboración propia.

11.2.2 Resultados Superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar

En la Tabla N°11-12 y Tabla N°11-13 se presentan los resultados de las superficies de los cuerpos de agua que fueron determinadas a partir del modelo de clasificación supervisada desde imágenes de alta resolución (Pleiades - 1A) y desde media resolución (Landsat 8).

Tabla N°11-12. Resultados de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades - 1A y datos obtenidos en el monitoreo 2025 - 2026 (invierno y verano).

Tipo de imagen	Sistema Lagunar	Superficies lagunares (ha) Monitoreo Fase Operación			
		Invierno 2025		Verano 2025/2026	
		Ha	m²	ha	m²
Superficies Pleiades - 1A de alta resolución	La Punta – La Brava	42,4	423.504,3	26,2	262.268,5
	Peine	48,1	481.012,0	37,6	375.643,0

Fuente: Elaboración Propia

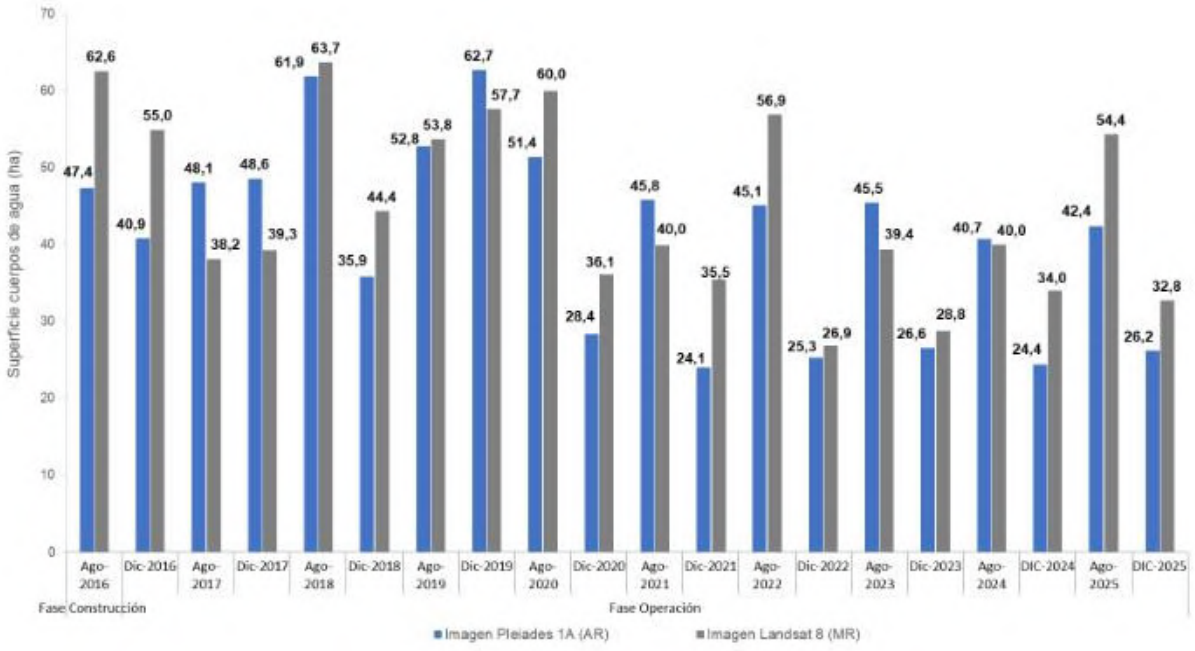
Tabla N°11-13. Resultados de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos obtenidos en el monitoreo 2025-2026 (invierno y verano).

Tipo de imagen	Sistema Lagunar	Superficies lagunares (ha) Monitoreo Fase Operación			
		Invierno 2025		Verano 2025/2026	
		Ha	m²	ha	m²
Superficies Landsat 8 de media resolución	La Punta – La Brava	54,4	544.327,3	32,8	327.741,0
	Peine	63,5	635.234,1	39,4	393.659,3

Fuente: Elaboración Propia

En el **sistema lagunar La Punta - La Brava**, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades 1-A en agosto de 2025 es de 42,4 ha y en diciembre 2025 abarca una superficie de 26,2 ha (Tabla N°11-12). La Figura N°11-17 y Figura N°11-18 muestran los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2025, desde que se aprobó la RCA 021/2016.

Figura N°11-17. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta - La Brava.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m). Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

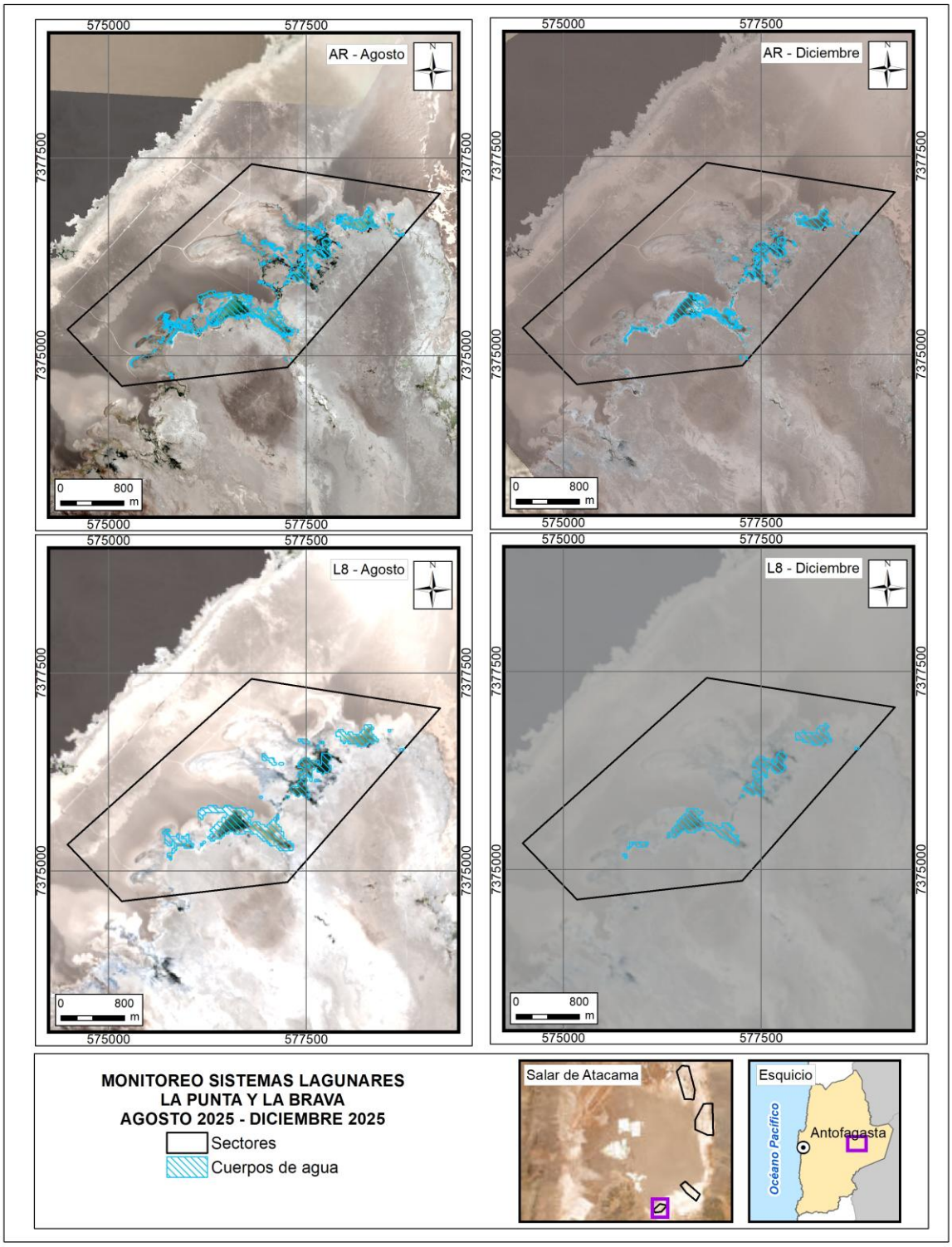
En este sistema lagunar, desde las imágenes Landsat 8 se calculó que la cobertura de cuerpos de agua abarca una superficie de 42,4 ha en agosto de 2025, y en diciembre 2025 se calculó que la superficie de estos cuerpos es de 26,2 ha. Los valores de agosto 2025, en comparación con los verificados para Pleiades 1-A, muestran una diferencia de Landsat sobre Pleiades de un +28,3% (+12,0 ha) para este periodo. En diciembre de 2025, la comparativa entre imágenes, muestra una diferencia de Landsat sobre Pleiades de un +25,0% (+6,5 ha) para este periodo. Las variaciones de resultados entre los sensores (Landsat - Pleiades) se deben principalmente a las diferencias en la resolución espacial (tamaño de píxel). Esto se traduce en un mayor grosor de los resultados generados por el modelo de resolución media en comparación con un modelo de alta resolución, que proporciona un mejor nivel de detalle. Este

incremento en la definición de los bordes o contornos del recubrimiento se logra gracias a la mejora en el contraste y la respuesta espectral ofrecida por las imágenes de alta resolución.

La correlación entre las superficies desde 2016 a 2025 en el sector La Punta - La Brava, calculadas desde alta resolución (Pleiades) y desde media resolución (Landsat), y según el coeficiente de correlación de Pearson, muestra que las variables tienen una correlación de 0,780[42] lo que indica una relación positiva moderada entre variables (r^2 = 60,8%); mientras que el valor *p* es de 0,0001 lo que indica que existe significancia estadística de la asociación entre las variables Pleiades y Landsat.

[42] El valor del coeficiente de correlación puede variar de −1 a +1. Un valor absoluto de 1 indica una relación lineal perfecta. Una correlación cercana a 0 indica que no existe relación lineal entre las variables.

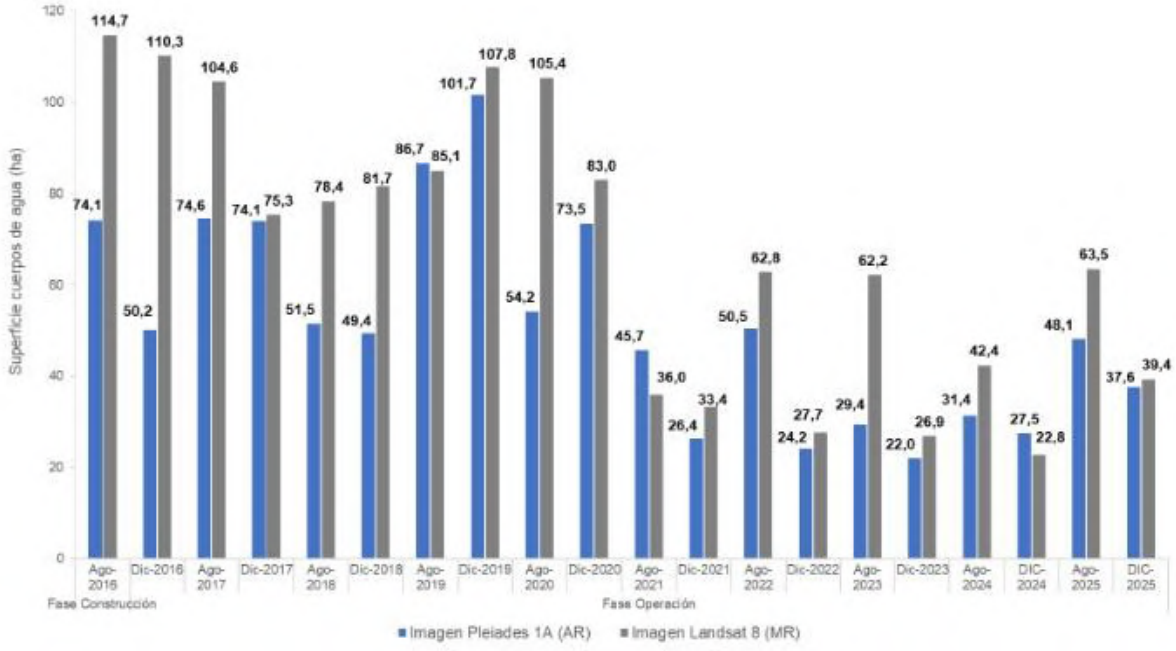
Figura N°11-18. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta - La Brava, agosto y diciembre de 2025.



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2025 y diciembre de 2025

En el **sistema lagunar Peine**, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades 1-A en agosto de 2025 es de 48,1 ha y en diciembre 2025 abarca una superficie de 37,6 ha (Tabla N°11-12). La Figura N°11-19 y Figura N°11-20, muestran los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2025, desde que se aprobó la RCA 021/2016.

Figura N°11-19. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m).

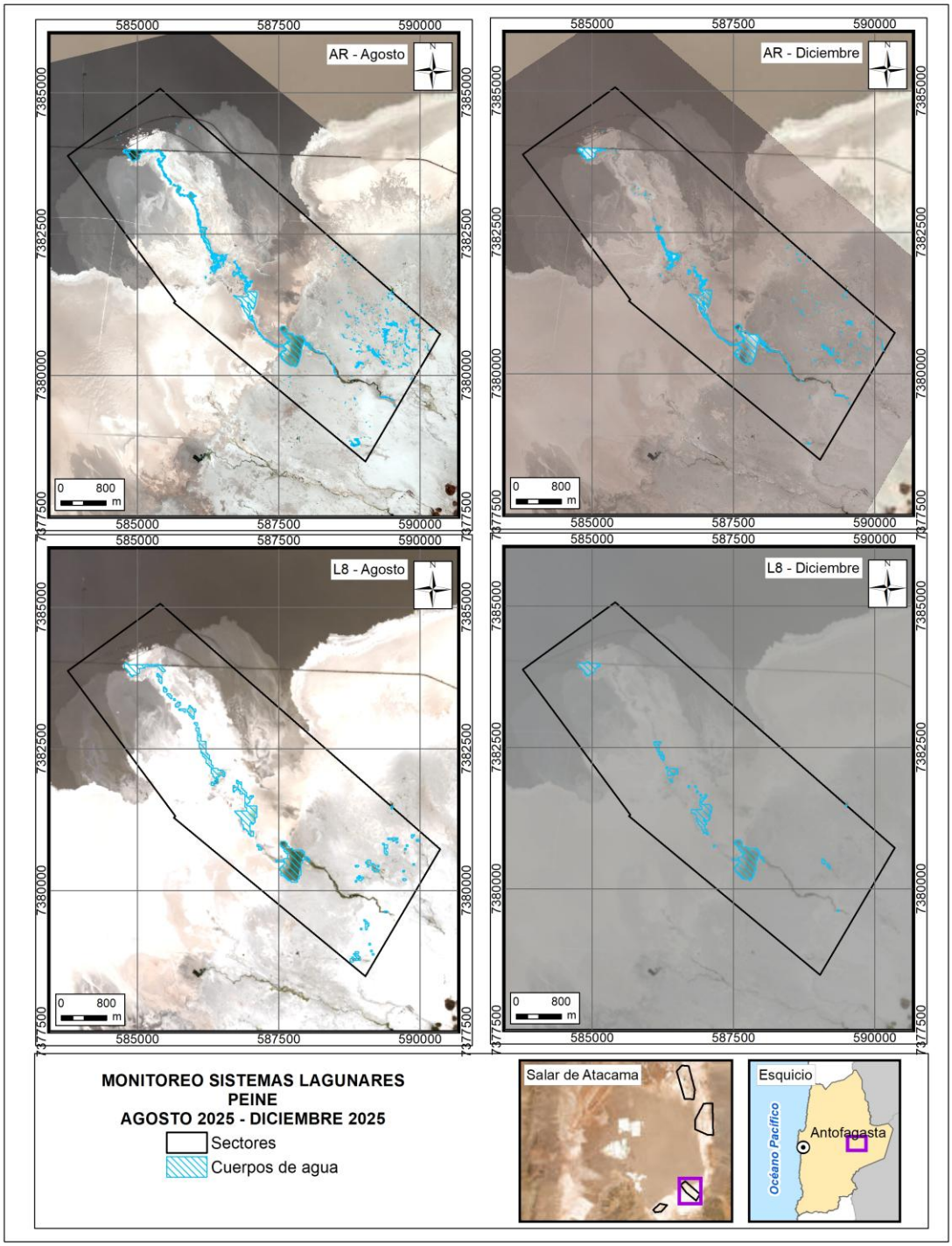
Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

En el sistema lagunar Peine, desde las imágenes Landsat 8 se calculó una cobertura de cuerpos de agua que abarca una superficie 63,5 ha en agosto de 2025; estos valores en comparación con los verificados para Pleiades 1-A, muestran una diferencia de Landsat sobre Pleiades de un +32,0% (+15,4 ha) para este periodo. Para las imágenes de diciembre 2025 se calculó que la cobertura de cuerpos de agua en mediana resolución abarca una superficie de 39,4 ha, estos valores en comparación con los verificados para Pleiades 1-A, muestran una diferencia de Landsat sobre Pleiades de un +4,8% (+1,8 ha) para este periodo. Estas diferencias son atribuibles principalmente a la resolución espacial de las imágenes de media resolución, que entrega un modelo con bordes menos definidos en comparación al modelo de alta resolución que presenta una mayor definición de los bordes o contorno del recubrimiento agua, por la mejora del contraste y respuesta espectral que otorga las imágenes de alta resolución.

La correlación entre las superficies del sector Peine desde 2016 a 2025, calculadas desde alta resolución (Pleiades) y desde media resolución (Landsat), y según el coeficiente de correlación de Pearson, muestra que las variables tienen una correlación de 0,728[43] lo que indica una relación positiva moderada entre variables (r^2 = 52,9%); mientras que el valor *p* es de 0,0002 lo que indica que existe significancia estadística de la asociación entre las variables Pleiades y Landsat.

[43] El valor del coeficiente de correlación puede variar de −1 a +1. Un valor absoluto de 1 indica una relación lineal perfecta. Una correlación cercana a 0 indica que no existe relación lineal entre las variables.

Figura N°11-20. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto y diciembre 2025.



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre 2025.

11.2.3 Límites considerados en el seguimiento de los cuerpos de agua

Si bien el Plan de Seguimiento Biótico o Plan de Manejo Biótico (PMB) no establece límites específicos para esta variable, el área de las superficies lagunares forma parte del análisis del estado ecológico del sistema y también es considerada en el Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH). Por esta razón, su evaluación se realiza desde una perspectiva integral.

Considerando lo indicado en la RCA N°21/2016, se señala que "*durante la fase de operación y cierre del proyecto la superficie cubierta por lagunas debe mantener sus límites sobre el mínimo histórico.*

12 NIVEL FREATICO EN LAGUNAS

El presente capítulo tiene como objetivo presentar el reporte del monitoreo del nivel freático, comprometido en el Plan de Manejo Biótico (PMB), correspondiente a 5 puntos de medición en pozos distribuidos en los Sistemas Lagunares La Punta - La Brava (3) y Peine (2). Dicho monitoreo se desarrolla con una frecuencia mensual, correspondiendo al presente informe un análisis detallado del **período de abril 2025 a marzo de 2026.**

La medición del nivel freático quedó comprometida dentro de la evaluación ambiental del Proyecto, en su Anexo 2 de la Adenda 5 (Cap. 4.2.7), como una de las 3 variables de estado definida a partir del Modelo Ecológico Funcional del Sistema, permitiendo de este modo observar en el tiempo el estado ecológico de los sistemas hídricos.

Como fue indicado, la medición de niveles piezométricos se realiza en 5 puntos ubicados en el entorno de los sistemas lagunares del Borde Sur del Salar de Atacama: 3 puntos en La Punta - La Brava (BA-05, BA-07 y BA-16), y 2 en Peine (BA-21 y BA-22). Estos puntos de medición presentan códigos del tipo “BA-XX”, y corresponden a piezómetros someros, denominados “barrenos”, origen de su tipo de codificación. De este modo, los registros corresponden al nivel freático de las aguas subterráneas (o subsuperficiales) del entorno lagunar y no a la altura limnimétrica de las lagunas.

En el periodo octubre de 2025 a marzo de 2026, para el pozo BA-05 no fue posible realizar las mediciones de nivel freático debido a restricciones de acceso por parte de la Comunidad de Peine, así como tampoco fue posible para los pozos BA-07 y BA-16. Lo anterior se encuentra respaldado en las cartas ALB-GMA-2025-SMA-102 y ALB-GMA-2025-SMA-111, ALB-GMA-2026-SMA-001, ALB-GMA-2026-SMA-002, ALB-GMA-2026-SMA-010, ALB-GMA-2026-SMA-015 y ALB-GMA-2026-SMA-023 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones de este Informe**).

En los meses de abril y mayo de 2025, y en el periodo septiembre 2025 a marzo de 2026, no se pudo ingresar a realizar mediciones en los puntos del Sector Peine. En el mes de abril, la Comunidad Atacameña de Peine no permitió desarrollar las actividades de monitoreo incluidas en los planes de seguimiento comprometidos en la RCA N°21/2021 del “Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación en el Salar de Atacama”. Durante el mes de mayo no fue posible realizar la medición debido al mal estado del camino, mientras que en el mes de septiembre de 2025 no fue posible debido a restricciones de acceso por parte de la Comunidad de Peine. En el periodo octubre de 2025 a marzo de 2026 nuevamente se prohibió el acceso al sector de las Lagunas de Peine por parte de la Comunidad de Peine a causa de época de reproducción de flamencos. Lo anterior se encuentra respaldado en la Carta N°111/2025 del 29 de abril de 2025, correo con fecha de 16 de mayo de 2025, Carta ALB-GMA-2025-SMA-094 con fecha de 07 de

octubre de 2025, y la Carta N°147/2025 del 27 de octubre de 2025 (ver **Anexo Niveles Cartas y Prohibiciones**).

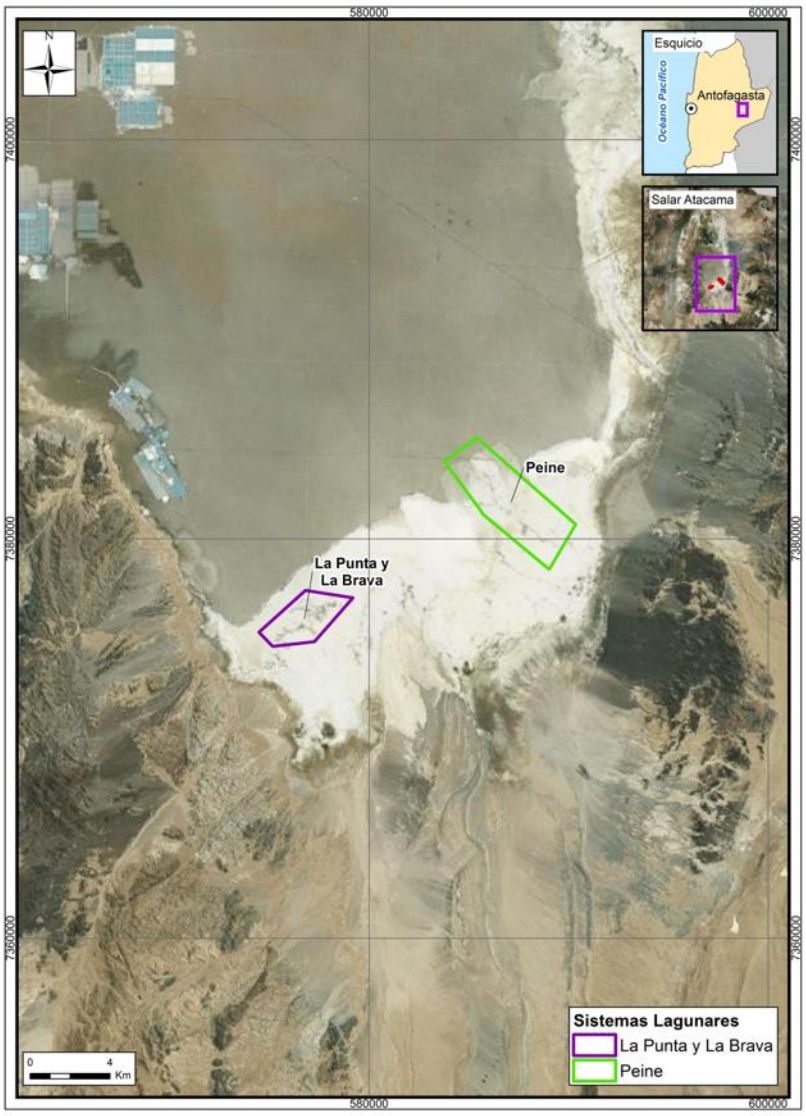
Es importante mencionar que el no contar con acceso a ambos sectores y puntos de monitoreo, limita el análisis, en particular de la variabilidad de los registros del período de verano. En el caso particular del Sector Peine, no se cuenta con información de este período desde al año 2021, lo cual implica un sesgo en el análisis debido a la falta de información, el que, para efectos del presente informe, debe ser realizado con los registros obtenidos entre junio y agosto de 2025.

12.1 MATERIALES Y MÉTODOS

12.1.1 Área de Estudio

En la Figura N° 12-1 se presenta la zona de operación de Albemarle y los sectores identificados para el monitoreo del nivel freático en los Sistemas Lagunares La Punta - La Brava y Peine, en el contexto del seguimiento del PMB.

Figura N° 12-1. Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia

12.1.2 Ubicación de Puntos de Monitoreo.

En la Tabla N° 12-1 se presentan los puntos de medición para el seguimiento del nivel freático en el entorno de las lagunas de los dos sistemas monitoreados. La información que se especifica en esta tabla dice relación con la identificación de los puntos de monitoreo, sus coordenadas UTM en sistema WGS 84 y el Sistema Lagunar al que pertenecen.

En el **Anexo Nivel Freático en Lagunas,** se presentan los registros históricos medidos en estos pozos, hasta marzo de 2026, incluyendo información de la profundidad del nivel freático, la cota piezométrica y la cota del collar.

Tabla N° 12-1. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas

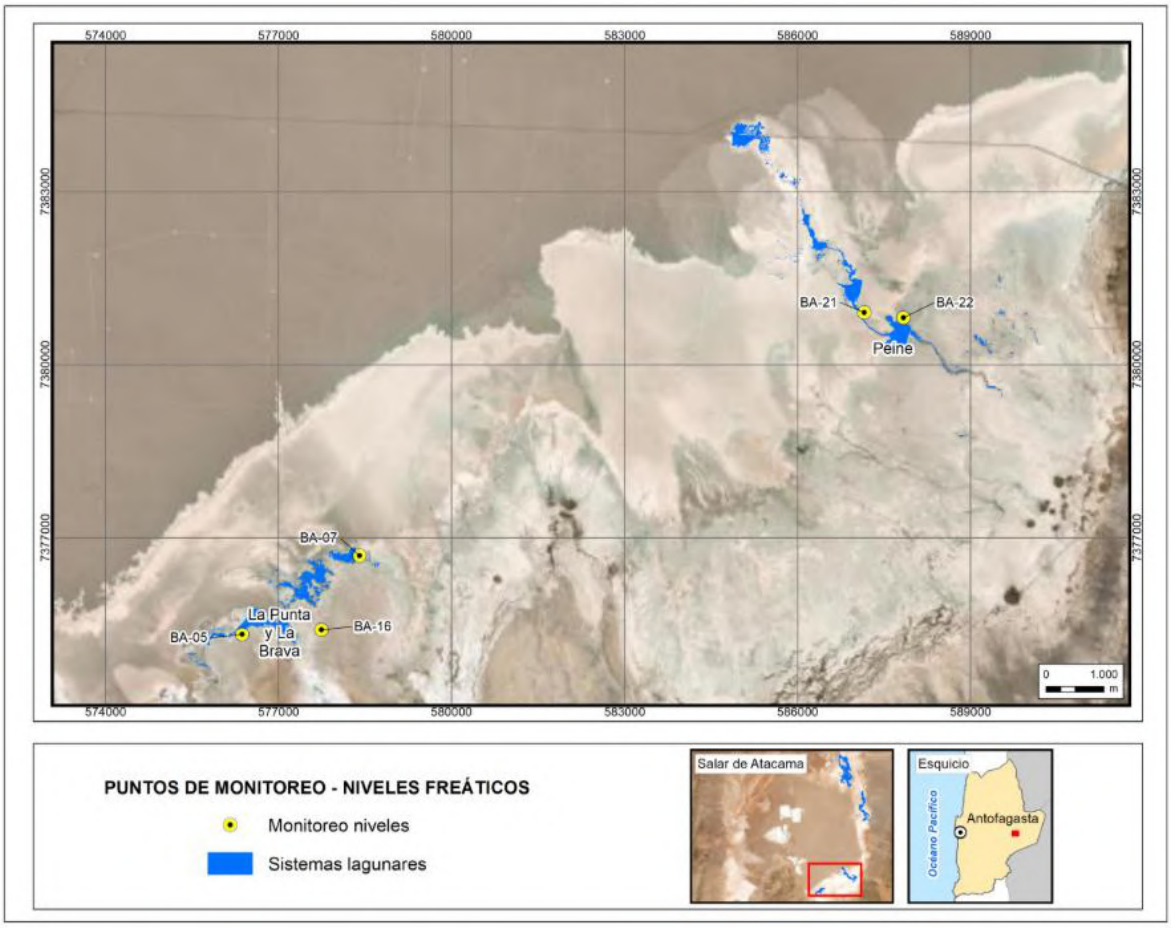
Punto	Coordenadas WGS 84 (HUSO 19S)		Sistema Lagunar	Cota collar (*) (m s.n.m.)
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)		
BA-05	576.373	7.375.324	La Punta - La Brava	2.301,085
BA-07	578.406	7.376.692	La Punta - La Brava	2.300,881
BA-16	577.746	7.375.405	La Punta - La Brava	2.301,777
BA-21	587.159	7.380.905	Peine	2.301,393
BA-22	587.837	7.380.817	Peine	2.301,124

(*): Cota collar es información de la cota de referencia del piezómetro, desde la cual se hace la medida, necesaria para determinar el nivel sobre la base de la medición del parámetro profundidad.

Fuente: Coordenadas establecidas durante la evaluación ambiental, Tabla 4.2-4 y Tabla 4.2-5 del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto. Pozos construidos durante la evaluación ambiental. Se utiliza y presenta la misma información que en el PSAH Plan de seguimiento hídrico de Albemarle, para estos 5 puntos.

En la Figura N° 12-2 se presenta la ubicación de los puntos antes mencionados, ubicados en el entorno de los Sistemas Lagunares.

Figura N° 12-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta - La Brava y Peine



Fuente: Elaboración propia.

12.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables

De acuerdo con las variables que deben ser medidas y que han sido identificadas en función de los compromisos del seguimiento ambiental biótico, en el caso de registrar y caracterizar los "***niveles freáticos***", se mide la variable "profundidad" del agua subterránea en la zona de las lagunas.

12.1.4 Metodología de Muestreo, Medición y Análisis

En cada punto de monitoreo, se mide la profundidad del agua manualmente, utilizando un pozómetro. La medición se realiza desde un punto de referencia prefijado para cada piezómetro somero/barreno, que corresponde al collar del brocal del mismo (cota de referencia o cota collar). La profundidad del nivel del agua se mide tres veces, registrando solamente la tercera de ellas en la libreta de terreno, luego de verificar que entre cada medida no exista una diferencia mayor a 1 cm.

La obtención de la cota del nivel de agua en cada piezómetro, se obtiene restando la profundidad medida a la cota de referencia del punto.

Cota Nivel de agua (m s.n.m.) = Cota Collar (m s.n.m.) – profundidad (m)

12.1.5 Materiales y Equipos utilizados

Para llevar a cabo las mediciones se utilizan los materiales y/o equipos indicados en la Tabla N° 12-2. Durante el período evaluado en el presente informe (abril 2025 – marzo 2026), la medición en los puntos de nivel fue realizada por la ETFA ANAM. En el caso de los 2 puntos PMB del Sector de Peine no se requiere[44] ETFA, ya que no tienen umbrales comprometidos en el PSAH. Durante el período evaluado en el presente informe (abril 2025 – marzo 2026), las mediciones fueron llevadas a cabo por la ETFA ANAM.

Los equipos indicados para la medición corresponden a los utilizados por los laboratorios respectivos. De todos modos, Albemarle acompaña en la realización del monitoreo a la ETFA.

Tabla N° 12-2. Materiales y Equipos

	Etapa				
Variable	**Medición**	**Muestreo**	**Análisis**	**Empresa**	**Periodo**
Nivel freático en zona de Lagunas	Pozómetro marca Solinst.	No aplica	No aplica	ANAM	Abril 2025-marzo 2026

Fuente: Elaboración propia.

[44] De acuerdo a Resolución SMA N°573/2022, Numeral "*5. Excepción al sistema ETFA. No se requerirá que las actividades de muestreo y/o medición sean realizadas por una entidad técnica de fiscalización ambiental, en el componente agua, cuando tales actividades cumplan alguna de las siguientes tres condiciones: i) Para los parámetros Nivel freático y Nivel de agua, cuando el punto de medición no cuente con un valor límite o umbral de cumplimiento establecido en un instrumento de carácter ambiental de competencia de esta Superintendencia*."

12.1.6 Fechas de medición, muestreo y/o análisis.

El período informado en este documento corresponde a abril 2025 – marzo 2026 (ver Tabla N° 12-3). En este período la frecuencia se realizó de manera mensual en ambos sectores, solamente realizándose de manera puntual 2 monitoreos en el mes de agosto en los pozos BA-07 y BA-16 correspondiendo el monitoreo del 01 de agosto a la medición del mes de julio. Esta medición se realizó durante ese día debido a condiciones climáticas adversas en el día programado para el mes de julio, respaldado en Carta ALB-GMA-2025-SMA-072 del día 31 de julio de 2025, y en hoja de terreno (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones).**

Es importante mencionar que en el sector de La Punta – La Brava, en los pozos BA-05, BA-07 y BA-16, no fue posible ingresar al mismo debido a restricciones de acceso en el periodo octubre de 2025 a marzo de 2026 para el caso del pozo BA-05, y en el periodo diciembre de 2025 a marzo de 2026 para el caso de los pozos BA-07 y BA-16. Lo anterior se encuentra respaldado en las cartas ALB-GMA-2025-SMA-102 y ALB-GMA-2025-SMA-111 (para los meses octubre y noviembre de 2025), y las cartas ALB-GMA-2026-SMA-001, ALB-GMA-2026-SMA-002, ALB-GMA-2026-SMA-010, ALB-GMA-2026-SMA-015 y ALB-GMA-2026-SMA-023 (para el periodo diciembre de 2025 a marzo de 2026) (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones de este Informe**).

En el caso de los pozos BA-21 y BA-22 del sector Peine, sin perjuicio que se cumple con las medidas mensuales de nivel freático en los meses que corresponde, la Comunidad de Peine restringió el acceso para ingresar a realizar mediciones durante el mes de abril 2025 y el periodo octubre de 2025 a marzo de 2026 por época de reproducción de flamencos. Adicionalmente, durante el mes de mayo de 2025 no fue posible realizar la medición debido a mal estado del camino, mientras que en el mes de septiembre la Comunidad de Peine, restringió el acceso para ingresar a realizar mediciones. Las restricciones al ingreso antes referida se encuentran respaldadas mediante las cartas N°111/2025 del 29 de abril de 2025, la Carta N°147/2025 del 27 de octubre de 2025, correo con fecha de 16 de mayo de 2025, y Carta ALB-GMA-2025-SMA-094.

Tabla N° 12-3. Fechas de Medición del Año

Variable/parámetro	Frecuencia	Meses
Nivel de Agua/Profundidad	Mensual	Abril 2025[1] Mayo 2025[2] Junio 2025 Julio 2025[3] Agosto 2025[4] Septiembre 2025[5] Octubre 2025[1-6] Noviembre 2025[1-6] Diciembre 2025[1-6] Enero 2026[1-6] Febrero 2026[1-6] Marzo 2026[1-6]

1: Sin datos en puntos de Sector de Peine, Comunidad de Peine no dio su autorización para ingresar a realizar mediciones en lo mese de abril y el periodo octubre de 2025 a marzo de 2026.
2: Sin datos en puntos de Sector de Peine, Camino en mal estado.
3: *Medición del mes de julio para puntos del Sector La Punta - La Brava realizada el día 01 de agosto por condiciones climáticas adversas en la fecha programada en el mes de julio.*
4: Sin datos en punto BA-05 del Sector La Punta – La Brava, Camino en mal estado.
5. Sin datos en puntos de Sector de Peine, restricción de acceso por parte de la Comunidad de Peine.
6. Sin datos en puntos de Sector de La Punta – La Brava, pozo BA-05, restricciones de acceso por la Comunidad de Peine en octubre, noviembre y desde diciembre de 2025 a marzo de 2026, para los pozos BA-05, BA-07 y BA-16, restricciones por parte de la Comunidad de Peine.

Fuente: Elaboración Propia.

12.2 RESULTADOS

12.2.1 Resultados período abril 2025 a marzo 2026

En la presente sección se da cuenta de los resultados de la medición del nivel freático en los pozos pertenecientes al monitoreo del PMB, para el período abril 2025 – marzo 2026 (Tabla N° 12-4 y Tabla N° 12-5). En el Anexo Nivel Freático en Lagunas, se presentan las series históricas y actuales, de las profundidades y las cotas piezométricas medidas en los diferentes pozos.

Los valores de nivel de agua que a continuación se reportan, corresponden a los mismos registrados e informados en el Plan de Seguimiento Hídrico (PSAH Informe Anual Nº10), ya que son parte del Plan de Seguimiento Ambiental de Albemarle, PSAH y PMB.

Tabla N° 12-4. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava

Punto de Monitoreo	Fecha	Profundidad (m)	Cota de Nivel (msnm)
BA-05	30-04-2025	0,929	2300,16
BA-05	30-05-2025	0,91	2300,18
BA-05	30-06-2025	0,887	2300,20
BA-05	31-07-2025	Sin medición, restricción por condiciones climáticas adversas. [1]	
BA-05	01-08-2025	0,854	2300,23
BA-05	29-08-2025	Sin medición, restricción por estado del camino.[2]	
BA-05	01-09-2025	0,902	2300,18
BA-05	01-10-2025	Sin medición, Comunidad de Peine, restringe el acceso en octubre y noviembre [3]	
BA-05	01-11-2025		
BA-05	01-12-2025	Sin medición, Comunidad de Peine, restringe el acceso.[4]	
BA-05	01-01-2026		
BA-05	01-02-2026		
BA-05	01-03-2026		
BA-07	30-04-2025	0,934	2299,95
BA-07	30-05-2025	0,915	2299,97
BA-07	30-06-2025	0,897	2299,98
BA-07	31-07-2025	Sin medición, restricción por condiciones climáticas. [1]	
BA-07	01-08-2025	0,859	2300,02
BA-07	29-08-2025	0,908	2299,97
BA-07	01-09-2025	0,913	2299,97
BA-07	01-10-2025	0,948	2299,93
BA-07	01-11-2025	0,964	2299,92

Punto de Monitoreo	Fecha	Profundidad (m)	Cota de Nivel (msnm)
BA-07	01-12-2025	Sin medición, Comunidad de Peine, restringe el acceso.[4]	
BA-07	01-01-2026		
BA-07	01-02-2026		
BA-07	01-03-2026		
BA-16	30-04-2025	0,913	2300,86
BA-16	30-05-2025	0,897	2300,88
BA-16	30-06-2025	0,883	2300,89
BA-16	31-07-2025	Sin medición, restricción por condiciones climáticas. [1]	
BA-16	01-08-2025	0,857	2300,92
BA-16	29-08-2025	0,897	2300,88
BA-16	01-09-2025	0,903	2300,87
BA-16	01-10-2025	0,929	2300,85
BA-16	01-11-2025	0,937	2300,84
BA-16	01-12-2025	Sin medición, Comunidad de Peine restringe el acceso.[4]	
BA-16	01-01-2026		
BA-16	01-02-2026		
BA-16	01-03-2026		

*1: Restricción de acceso a medición en pozo BA-05 debido a condiciones climáticas adversas, respaldado por Carta ALB-GMA-2025-SMA-072 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**). Medición del mes de julio se realiza el 01 de agosto de 2025.*
*2: Restricción de acceso a medición en Sector La Punta – La Brava debido a malas condiciones del camino, respaldado por Carta ALB-GMA-2025-SMA-087 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*
*3: Restricción de acceso a medición de punto BA-05 por parte de Comunidad de Peine, en el mes de octubre, respaldado por Carta ALB-GMA-2025-SMA-105, y en el mes de noviembre, respaldado por Carta ALB-GMA-2025-SMA-111 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*
*4: Restricción de acceso a medición de los puntos BA-05, BA-07 y BA-16 por restricción de Comunidad de Peine, respaldado por Carta ALB-GMA-2026-SMA-001, Carta ALB-GMA-2026-SMA-002, Carta ALB-GMA-2026-SMA-010, Carta ALB-GMA-2026-SMA-015 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12-5. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine

Punto de Monitoreo	Fecha	Profundidad (m)	Cota de Nivel (msnm)
BA-21	30-04-2025	Sin medición, Comunidad de Peine no autoriza ingreso debido a época de reproducción de flamencos. [1]	
BA-21	30-05-2025	Sin medición, restricción por estado del camino.[2]	
BA-21	30-06-2025	1,318	2.300,075
BA-21	31-07-2025	1,322	2.300,071
BA-21	28-08-2025	1,317	2.300,076
BA-21	01-09-2025	Sin medición, Comunidad de Peine, restringen el acceso.[3]	
BA-21	14-10-2024	Sin medición, Comunidad de Peine no autoriza ingreso debido a época de reproducción de flamencos. [4]	
BA-21	29-11-2024		
BA-21	13-12-2024		
BA-21	16-01-2025		
BA-21	14-02-2025		
BA-21	14-03-2025		
BA-22	30-04-2025	Sin medición, Comunidad de Peine no autoriza ingreso debido a época de reproducción de flamencos.[1]	
BA-22	30-05-2025	Sin medición, restricción por estado del camino.[2]	
BA-22	30-06-2025	0,820	2.300,304
BA-22	30-07-2025	0,819	2.300,305
BA-22	28-08-2025	0,820	2.300,304
BA-22	01-09-2025	Sin medición, Comunidad de Peine, restringen el acceso.[3]	
BA-22	14-10-2024	Sin medición, Comunidad de Peine no autoriza ingreso debido a época de reproducción de flamencos.[4]	
BA-22	29-11-2024		
BA-22	13-12-2024		
BA-22	16-01-2025		
BA-22	14-02-2025		
BA-22	14-03-2025		

*1: Cierre de acceso a Sistema Lagunar Peine por época de reproducción de flamencos, Informado por Comunidad de Peine por medio Carta N°111/2025 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*

*2: Sin datos registrados en campaña de mayo 2024, por no existir autorización de ingreso a zona de medición por mal estado del camino, respaldado en correo del día 16 de mayo de 2025 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*

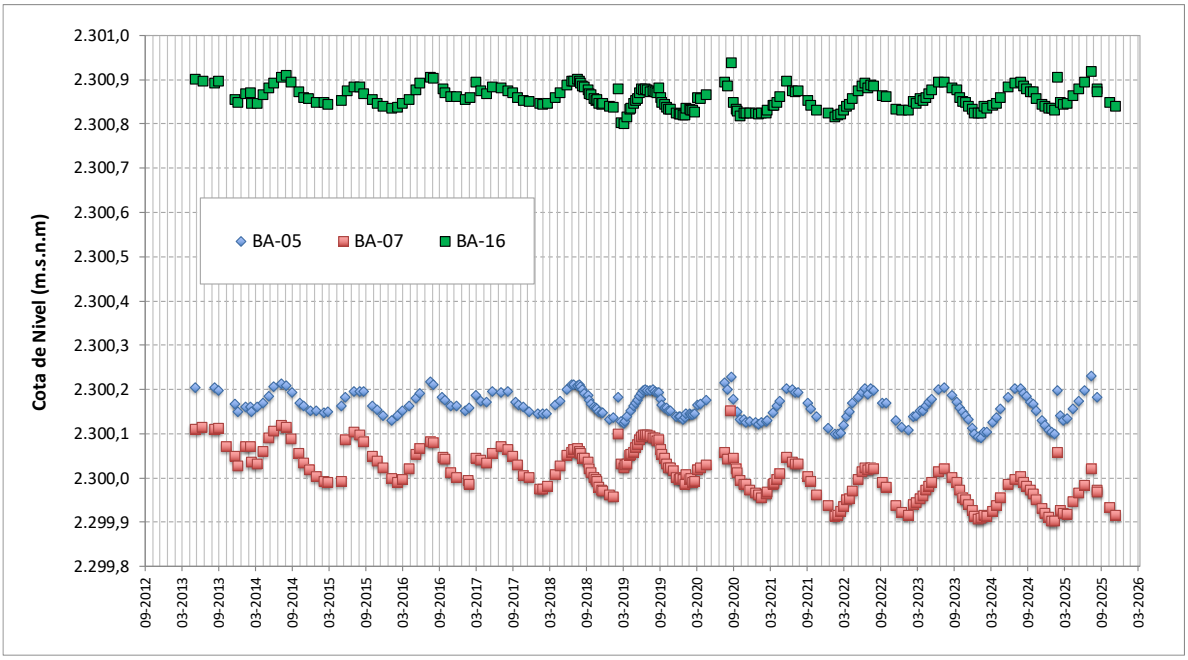
*3: Restricción de acceso a Sistema Lagunar Peine por restricción de Comunidad de Peine respaldado por Carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*

*4: Cierre de acceso a Sistema Lagunar Peine por época de reproducción de flamencos, Informado por Comunidad de Peine por medio Carta N°147/2025 (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).*

Fuente: Elaboración propia.

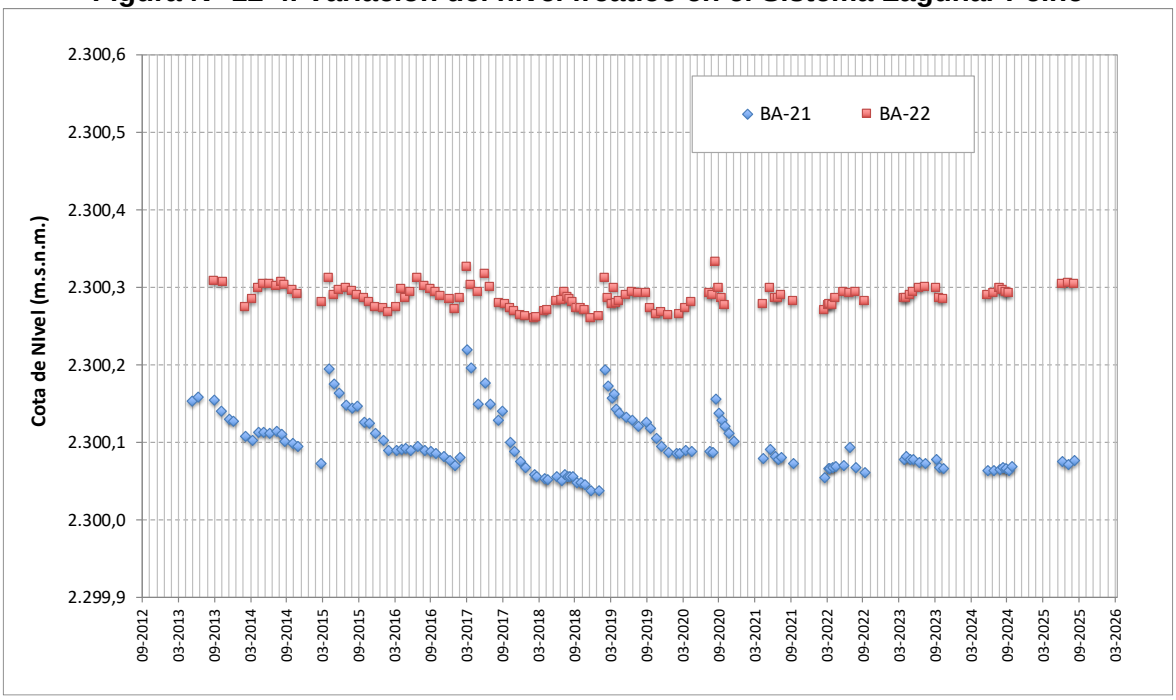
En la Figura N° 12-3 y Figura N° 12-4 se presenta gráficamente la variación temporal del nivel de los diferentes pozos evaluados, desde el año 2013 a la fecha. El análisis de la evolución temporal de cada uno de ellos se realiza en el capítulo de Discusión.

Figura N° 12-3. Variación del nivel freático en el Sistema Lagunar La Punta – La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 12-4. Variación del nivel freático en el Sistema Lagunar Peine



Fuente: Elaboración propia.

12.2.2 Límites considerados en la evaluación

En el caso de la variable "*niveles freáticos*", medidos a través de la variable "profundidad" del agua subterránea en la zona de las lagunas, de acuerdo a lo indicado en Numeral 4.2.7 del Anexo 2 "Plan de Manejo Biótico" de la Adenda 5 del Proyecto, los límites considerados para los niveles freáticos se enmarcan dentro de los "criterios para el análisis de estado ecológico", lo cual se analiza en capítulo de AEE de este informe. Además, esta variable también forma parte del seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH), por lo que su análisis se realiza con una mirada integral.

Para el análisis, cabe señalar lo indicado en la RCA N°21/2016, en el Considerando N°7, en cuanto a los niveles o límites comprometidos, en la que se señala para esta variable "*mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural*".

13 DISCUSIÓN

13.1 En relación con Flora y Vegetación

13.1.1 Análisis Vegetación (COT)

13.1.1.1 Evolución respecto a valores históricos

En términos generales, al realizar una comparación entre los monitoreos del seguimiento (PMB) y éstos con la línea de base (2015), es necesario indicar que el uso de una escala menor en el PMB desde el primer monitoreo (M1) hasta el actual (M20), implicó un mayor detalle en la delimitación de las formaciones vegetales y en la aplicación de la metodología COT, lo que disminuyó la incertidumbre respecto de la vegetación contenida en áreas señaladas como desprovistas de vegetación y sin clasificación o misceláneas, clasificando con mayor detalle áreas industriales o cuerpos de agua. Hay que recordar que el cambio de escala fue incluido en el ajuste metodológico para la actualización de la cartografía COT, como se indica en ***sección 6.1.1.5.3 y 6.2.1.1.1.***

Parte del ajuste metodológico de la COT, implicó una descripción con mayor especificidad las especies acompañantes en las formaciones vegetales, lo que incorpora la variable de composición vegetal y su cobertura a los criterios de seguimiento, transformándose en las variables jerárquicas de comparación intra e interanual de la COT. Así, la cantidad de las formaciones descritas por la COT inicial se ha mantenido, y los principales cambios se observan en el tipo de formación, en que la mayor variación aparece con la descripción de matorrales mixtos azonales y vegas. Ver detalle de las formaciones y resultados de la evolución en la **Tabla N° 13-1**.

Tabla N° 13-1. Variaciones en la cantidad y tipología de formaciones descritas por monitoreo

PERÍODO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN COT			N° FORMACIONES VEGETALES POR TIPO DE FORMACIÓN				
			Matorral (zonal)	Humedal	Herbazal / Vega	Matorral / Matorral mixtos azonales	TOTAL
Línea Base (2015)			14	1	18	-	33
Monitoreo	Anual 1	Invierno 2016 (M1)	3	-	6	3	12
		Verano 2017 (M2)	8	-	10	13	31
	Anual 2	Invierno 2017 (M3)	9	-	10	14	33
		Verano 2018 (M4)	8	-	10	15	33
	Anual 3	Invierno 2018 (M5)	8	-	10	16	34
		Verano 2019 (M6)	8	-	10	16	34

PERÍODO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN COT			N° FORMACIONES VEGETALES POR TIPO DE FORMACIÓN				
			Matorral (zonal)	Humedal	Herbazal / Vega	Matorral / Matorral mixtos azonales	TOTAL
	Anual 4	Invierno 2019 (M7)	8	-	10	16	34
	Anual 5	Invierno 2020 (M9)	8	-	10	15	33
		Verano 2021 (M10))	8	-	10	14	32
	Anual 6	Verano 2022 (M12)	8	-	14	15	37
	Anual 7	Invierno 2022 (M13)	8	-	14	15	37
		Verano 2023 (M14)	8	-	15	16	39
	Anual 8	Invierno 2023 (M15)	8	-	14	14	36
		Verano 2024 (M16)	8	-	14	13	35
	Anual 9	Invierno 2024 (M17)	8	-	15	12	35
		Verano 2025 (M18)	8	-	13	14	35
	Anual 10	Invierno 2025 (M19)	8	-	15	12	35
		Verano 2026 (M20)	8	-	15	15	38

*__Monitoreo verano 2020 (M8)__ no se realizó producto de las condiciones excepcionales establecidas durante ese año en el marco de la Pandemia Covid-19; __Monitoreo invierno 2021 (M11)__ no se realizó por restricciones de acceso y razones de seguridad a causa de movilizaciones en la zona.
Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla N° 13-2** describe la superficie relativa del tipo de vegetación desde la línea de base en relación con los monitoreos de invierno y verano realizados hasta la fecha, ya que la fisionomía observada en el presente monitoreo se ajusta comparativamente a los muestreos indicados. El promedio de variación general es de un 6,2%, valor que señala una descripción congruente con las observaciones de terreno, con la escala de detalle en la aplicación de la metodología en cada campaña y con el producto esperado que es una carta o mapa de ocupación de tierras.

Tabla N° 13-2. Rangos de variación de superficie relativa por tipo de vegetación desde la línea de base hasta el monitoreo de verano de 2026

PERÍODO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN COT			SUPERFICIE RELATIVA POR TIPO DE VEGETACIÓN (%)		
			Otros recubrimientos	Vegetación Zonal	Vegetación Azonal
Línea Base (2015)			78,30%	17,80%	3,90%
Monitoreo	Anual 1	Invierno 2016 (M1)	78,0%	14,9%	7,1%
		Verano 2017 (M2)	78,0%	10,0%	12,0%
	Anual 2	Invierno 2017 (M3)	78,0%	9,5%	12,5%
		Verano 2018 (M4)	78,1%	8,7%	13,2%
	Anual 3	Invierno 2018 (M5)	78,1%	8,7%	13,2%
		Verano 2019 (M6)	78,1%	8,7%	13,2%
	Anual 4	Invierno 2019 (M7)	78,10%	8,7%	13,2%
	Anual 5	Invierno 2020 (M9)	78,1%	8,7%	13,2%

PERÍODO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN COT			SUPERFICIE RELATIVA POR TIPO DE VEGETACIÓN (%)		
			Otros recubrimientos	Vegetación Zonal	Vegetación Azonal
		Verano 2021 (M10))	78,1%	8,4%	13,4%
	Anual 6	Verano 2022 (M12)	78,10%	8,7%	13,2%
	Anual 7	Invierno 2022 (M13)	78,1%	8,7%	13,2%
		Verano 2023 (M14)	78,1%	8,7%	13,2%
	Anual 8	Invierno 2023 (M15)	78,1%	9,1%	12,8%
		Verano 2024 (M16)	78,1%	8,7%	13,2%
	Anual 9	Invierno 2024 (M17)	78,1%	8,7%	13,2%
		Verano 2025 (M18)	78,1%	8,7%	13,2%
	Anual 10	Invierno 2025 (M19)	78,1%	8,7%	13,2%
		Verano 2026 (M20)	78,1%	8,7%	13,2%
Rango variación			***0,20%***	***9,10%***	***9,30%***

*__Monitoreo verano 2020 (M8)__ no se realizó producto de las condiciones excepcionales establecidas durante ese año en el marco de la Pandemia Covid-19; __Monitoreo invierno 2021 (M11)__ no se realizó por restricciones de acceso y razones de seguridad a causa de movilizaciones en la zona.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor variación corresponde al tipo “vegetación azonal”, 9,3% más en seguimiento respecto a la línea de base del EIA del Proyecto, sin embargo, entre los monitoreos de invierno 2017 a verano 2026 donde se han monitoreado una cantidad de puntos equivalentes luego de la calibración de escala realizada el primer año de monitoreo (invierno 2016), no se observan variaciones importantes para los distintos tipos de recubrimiento y tampoco se observan cambios que indiquen una variación estacional, entre los inviernos y veranos.

Al comparar el último año de monitoreo (Anual 10), se observa una leve variación en el número de formaciones vegetales, variando en el número de formaciones de vegas y de matorral mixto azonal respecto al año anterior, pero manteniendo el número de formaciones en invierno 2025 (35 en total) al igual que lo registrado desde el verano 2024 del monitoreo anual 8, ver **Tabla N° 13-1**. En este último verano (M20) se suman más formaciones vegetales, al registrase más formaciones azonales mixtas (38 en total). Al comparar las superficies por tipo de formación no se observa variación entre invierno 2025 y verano 2026 en la vegetación zonal y azonal, manteniendo en el último año las mismas superficies del monitoreo anterior, en el verano 2025 del año 9 (**Tabla N° 13-2**). Por su parte, al comparar la superficie por formación vegetal entre ambas estaciones se presentan algunos cambios menores, principalmente en el sector de Tilopozo (ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora, Tabla N°1-1**), lo que valida una mantención en la representatividad (superficies) en el tipo de vegetación presente en los sectores de estudio.

En síntesis, estos valores muestran una consistencia de la herramienta descriptiva de seguimiento de la vegetación, observada principalmente en los tipos de recubrimiento de suelo registrados en el área de estudio, ya que los principales cambios han sido producto

de ajustes cartográficos y de mejoras sobre la descripción de los tipos de formaciones vegetales en relación con la composición de las especies dominantes.

Haciendo referencia a este tipo de cambios, a continuación, se presentan las principales variaciones que ha tenido la COT en los sectores de estudio[45]:

- En el sector de Tilopozo, se presentan algunas diferencias mínimas de superficie por formación vegetal, al cambiar la dominancia de las especies en ciertas unidades. Entre las variaciones observadas durante el año, se presenta un cambio en 58,5 ha de matorral hídrico - vega de *L. humile* con *J. balticus* denominadas en invierno 2025 que en verano 2026 cambia a matorral hídrico - vega de *L. humile, J. balticus* con *D. spicata*, es decir se añade en la dominancia la especie *D. spicata*. Similar al caso anterior, hay una diferencia de 5,4 ha en una formación de vega de *D. spicata* denominada en invierno, que en verano 2026 se denomina vega de *D. spicata* y *S. californicus.* Y en el caso de la vega de *J. balticus* hay 34,0 ha que en verano 2026 se denominan vega de *J. balticus* con *D. spicata* y, por último, en la misma línea de los cambios anteriores se registra un cambio en la vega con dominancia de *S. californicus*, donde se desglosan algunas dominancias entre invierno y verano con 9,1 ha en la formación de vega de *S. californicus*, *B. juncea* y *D. spicata* y 1,2 ha de vega de *S. californicus* y *D. spicata* que cambian a vega de *S. californicus* en verano 2026 (ver detalle en **Anexo Vegetación y Flora, Tabla N°1-1**).

- En cuanto al sector La Punta y La Brava, no se observan variaciones entre invierno 2025 y verano 2026, y menos variaciones al considerar todo el periodo de seguimiento.

- El sector Peine presenta variaciones mínimas, al cambiar la dominancia de las especies en ciertas unidades, como es el caso de la formación de vega de *D. spicata* con *B. juncea* denominada en invierno 2025 con 64,3 ha, que en verano 2026 parte de esta superficie cambia a las formaciones de vega de *D. spicata*, *S. californicus* y *B. juncea* (5,3 ha) y vega de *S. californicus, D. spicata* y *B. juncea* (1,8 ha).

- El sector Aguas de Quelana no se observan variaciones entre invierno 2025 y verano 2026.

[45] Los *ajustes cartográficos* corresponden a ajustes espaciales de la COT que fueron realizadas por diversas razones, pudiendo reconocer tres grandes hitos para la identificación de los principales cambios;

a) Principalmente, los primeros ajustes fueron realizados en el monitoreo de verano 2017 (M2) dada la necesidad de una actualización en las denominaciones de las formaciones vegetales en términos de la dominancia de las especies y también por el ajuste y afinación de la COT.
b) Cabe señalar que siempre se dan cambios en algunas unidades cartográficas (polígonos) debido a la denominación de las formaciones por los cambios estacionales de algunas especies dominantes o bien al ajustar algunos límites de cada polígono, ya sea por afinación con la imagen satelital (*ej. lo que ocurre para delimitar lagunas si se observan cambios estacionales*) o bien, por ajuste cartográfico observado en terreno o con la imagen satelital o en el caso de formaciones afectadas por incendios donde se han detectado cambios temporales a menor escala de tiempo.
c) En el verano 2022 (M12) debido a la incorporación voluntaria de las Transectas Complementarias (MTC), hay puntos nuevos de validación COT en zonas no visitadas anteriormente.

- En cuanto al sector Soncor, no se observan variaciones entre invierno 2025 y verano 2026. Respecto a cambios históricos de la COT, se observan pocas variaciones al considerar todo el periodo de seguimiento donde se ajustan algunos límites de cuerpos de agua cambiando de esta forma la superficie de áreas desprovistas de vegetación (salar) y cuerpos de agua (presentado en mayor detalle en el Informe Anual N°7 y Anual N°8[46]).

13.1.2 Análisis Flora y Vegetación (Transectas)

La vegetación del área de estudio es característica de sistemas azonales, dependientes de un suministro hídrico temporal o constante, con vegetación característica de humedales andinos y/o formaciones vegetales resistentes a una alta salinidad con especies de carácter halófito.

En el presente acápite se realiza el análisis comparativo del monitoreo de invierno 2025 (M19) y monitoreo de verano 2026 (M20) con todos los monitoreos previos del seguimiento 2016-2026: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M9, M10, M12, M13, M14, M15, M16, M17 y M18.

Los datos de las coberturas se presentan para todos los monitoreos en **Figura N°1-1** a **Figura N°1-11** en **Anexo Vegetación y Flora: Base de Datos de Consulta**).

Cabe recordar que la campaña de monitoreo de verano 2020 (M8) no fue posible realizarla dadas las condiciones excepcionales del presente año, en el marco de la Pandemia Covid-19 y el monitoreo de invierno 2021 (M11) tampoco se realizó por restricciones de acceso al área de estudio a causa de movilizaciones en la zona. Por otro lado, los monitoreos correspondientes al Informe Anual N°8 se realizaron con algunos inconvenientes a causa de los permisos que otorga la comunidad de Peine al área de estudio, por lo que el muestreo para ambos periodos fue particionado en dos campañas cada uno y realizados en fechas estacionalmente tardías; invierno 2023 en agosto y noviembre, recogiendo la mayor parte de la información en un invierno tardío y, el monitoreo de verano 2024 en abril y mayo, donde la mayor información se levantó en un verano post-lluvia tardío. Adicionalmente, cabe mencionar que para este último invierno 2025 (M19) no se levantó la información en los subsectores de Soncor y Aguas de Quelana por restricciones de acceso de acuerdo con indicaciones de CONAF, y en el verano 2026 (M20) no se realizaron los muestreos en tres de las cuatro transectas de los subsectores de La Punta y La Brava, por restricciones de acceso a causa del mal estado de caminos (ver **Anexo Vegetación y Flora: sección 1.9 respaldo sobre actividades de terreno**).

[46] Los cambios declarados en el Informe Anual N°7 indican que la única variación registrada en la COT para el sector Soncor ocurre en el verano 2022 (M12), donde se ajustan algunos límites de cuerpos de agua cambiando de esta forma la superficie de áreas desprovistas de vegetación (salar) y cuerpos de agua, mostrando en una figura al cuerpo de agua que redujo su superficie (12,7 ha), la cual se mostraba estable desde el primer monitoreo (M1; invierno 2016) y en el Informe Anual N°8 se informa un cambio similar, donde 6,0 ha de salar (áreas desprovistas de vegetación) descritas en invierno 2023 pasan a cuerpos de agua en verano 2024 y, al contrario, 18,4 ha de cuerpos de agua descritos en invierno 2023 pasan a áreas de salar en verano 2024, también debido al ajuste de límites cartográficos en áreas de lagunas.

Las seis formaciones vegetales estudiadas en este monitoreo corresponden a:

1. herbazales de *Schoenoplectus californicus,*
2. herbazales de *Juncus balticus,*
3. herbazales de *Distichlis spicata,*
4. herbazales de *Triglochin concinna,*
5. matorrales de *Sarcocornia fruticosa* y
6. matorrales de *Tessaria absinthioides.*

13.1.2.1 Evolución respecto de valores históricos

En la presente sección se analizan los resultados obtenidos en transectas a lo largo del seguimiento ambiental, con respecto a valores de referencia. Acorde con lo comprometido con la autoridad durante el marco de la evaluación ambiental, la ubicación definitiva de las transectas de seguimiento se haría en conjunto con el SAG, quedando definidas así las 31 transectas que hoy son monitoreadas. En la **sección 1.5 del Anexo Vegetación y Flora** se presentan tablas por formación vegetal, con los valores históricos de abril y julio de 2014 (línea de base), junto a los puntos de transectas más cercanos que pudieran ser comparados en relación con la ubicación de éstos, dando cuenta con ello que ambos grupos de datos no son directamente comparables.

Por las razones expuestas, en el siguiente análisis, se comparan las coberturas de los monitoreos realizados en el primer año de seguimiento (M1 y M2), el segundo año de seguimiento (M3 y M4), y así sucesivamente hasta llegar al actual décimo año con los monitoreos de invierno (M19) y verano (M20), teniendo como referencia al Monitoreo “0” realizado en Julio de 2016 (MB0). Este monitoreo es considerado como condición referencial de la etapa preoperacional del proyecto. Esta comparación, considera un análisis interanual, entre monitoreos de verano (M2-M4-M6-M10-M12-M14-M16-M18) e invierno (M1-M3-M5-M7-M9-M13-M15-M17). Además, al analizar la variación o evolución histórica de estos monitoreos con la condición referencial (MB0, de invierno), para el caso de los veranos se considera también como referencia al monitoreo M2 como valor de verano, considerando que MB0 fue levantado en invierno.

Un primer análisis se puede observar a través de la evolución de las coberturas promedio por sector y la composición de especies, **Figura N° 13-1**, ver detalle de **Figura N°1-1** a **Figura N°1-11** y valores en **Anexo Flora y Vegetación, Tabla N°1-2 y Base de Datos de Consulta**. En términos generales, para la **cobertura vegetal promedio** entre sectores se observa lo siguiente (**Figura N° 13-1**):

- **El sector Peine** corresponde al área con mayor cobertura vegetal promedio con algunas variaciones entre campañas. Se observan disminuciones y alzas con rangos similares hasta M14 (un mínimo de 62,5% en M1 y en verano 2018-M4, y un máximo de 77,9% en verano 2017-M2), disminuyendo en invierno 2023 (46,4% en

M15), aumentando en verano 2024 (58,4% en M16), registrando un mayor descenso en el invierno 2024 (16,1% en M17), pero recuperando la cobertura vegetal en el último periodo, con un promedio mayor en invierno M19 (32,9%) y en los dos últimos veranos 2025 y 2026 (61,8% en M18 y 66,6% en M20, respectivamente). En general, la cobertura vegetal promedio del sector se observa estable en su evolución en los primeros 7 años, evidenciando una alteración en las coberturas en los últimos 3 años en la época de invierno (M15, M17 y M19), asociada principalmente al deterioro de la cobertura observada en el herbazal de *Schoenoplectus californicus,* en transectas T02 y T04 en M15 y en las cuatro transectas de la formación en M17 (T01, T02, T03 y T04), pero que en M19 todas las transectas aumentaron parcialmente la cobertura y en el caso de T02 casi una recuperación total (93,4% de cobertura absoluta). En los veranos tiende a recuperarse la cobertura, alcanzando en M20 coberturas similares a años anteriores, por lo que el mayor descenso observado ocurre el año anterior en invierno 2024 (M17) y en el caso del verano en el año 2024 (M16). También hay que recordar que se observó una menor actividad biológica o una fase más marcada de recesión en esta formación el año anterior, pudiendo ser afectadas por actividad antrópica de huellas de vehículos en los herbazales y directamente en algunas de las transectas lo que pudo aumentar la alteración en ese invierno.

- El sector **Tilopozo** también presenta variaciones entre monitoreos, aunque marcados hacia el último periodo de seguimiento. Desde MB0 (invierno 2016) a M7 (invierno 2019) se presenta un rango estable de cobertura vegetal promedio, entre un mínimo de 33,8% en verano 2017 (M2) a un máximo de 39,9% en MB0. Luego, en verano 2019 (M6) se registra una baja moderada a 30,6%, recuperándose en el invierno siguiente (M7; 35,7%). No obstante, desde el invierno 2019 (M9; 31,4%) se registra un descenso paulatino hasta el presente año de análisis, aunque con un aumento en este último verano; con mínimos registrados en invierno 2022 e invierno 2024 (13,2% en M13 y 12,9% en M17), recuperándose parcialmente en el último invierno (M19: 17,3%) y con un mayor aumento en los últimos veranos (21,1% en M18 y 26,8% en M20). Esta disminución estaría asociada principalmente al deterioro de la cobertura observada en el herbazal de *Schoenoplectus californicus* (T19 y T29), ambas ubicadas en la zona de vegas de Tilopozo, que en el último año muestra una recuperación para ambas transectas en el verano 2026, con valores absolutos sobre el 80% de cobertura vegetal.

- En el sector **La Punta y La Brava,** importante hay que mencionar que el registro de M20 es solo referencial, ya que contiene información de solo una transecta (T13). En términos del seguimiento, para el sector se observan variaciones leves de cobertura en los primeros monitoreos (39,1% en MB0-M1) y con tendencia a la baja desde el verano 2017 (27,8% en M2), aunque con algunas fluctuaciones entre monitoreos. De un 24% aproximadamente en los monitoreos del año 5 (M9 y M10), se registra un mayor descenso en el verano 2022 (M12; 17,9%), aumentando levemente en el año 7 con un 21% en ambas estaciones (M13 y M14). Cabe

destacar que para el año 2023-2024 se observaba un mayor descenso en M15, pero la cobertura de invierno 2023 fue solo referencial, ya que no se pudo levantar información en dos transectas del sector (T11 y T12). En el año 2024-2025, se observa un leve aumento de la cobertura promedio, alcanzando para el verano 2025 una cobertura de 22,7%, mayor a lo registrado en los últimos 4 años en el sector.

- Para el sector **Aguas de Quelana**, importante hay que mencionar que no tiene muestreo en algunos monitoreos, principalmente por restricciones de acceso a la Reserva (los monitoreos de verano M6, M8 y los de invierno M9, M11, M13 y M19). En términos del seguimiento, se observa una leve variación de la cobertura vegetal en los primeros monitoreos, con 40,5% en MB0, bajando hasta 30,6% en el verano 2018 (M4), aunque con un aumento leve en invierno 2018 (M5; 33,5%), y en invierno 2019 (M7; 35,0%) y verano 2021 (M10; 32,3%) con registros similares. En los últimos veranos se registra igualmente un descenso, pero manteniéndose estable entre ellos con un 29,9% en M12 (2022), 26,5% en M14 (2023), 26,3% en M16 (2024), 26,7% en M18 (2025) y un leve aumento en este último verano a 30,7% (M20-2026). No obstante, cabe señalar que sin los registros continuos se dificulta el análisis de una posible tendencia al descenso, sobre todo porque los datos indicarían que la mayor cobertura en este sector se registraría en las estaciones de invierno, y en el caso del invierno 2023 (M15) se observa la menor cobertura promedio registrada durante el seguimiento (23,9%), aumentando en el invierno 2024 (26,6% en M17).

- El sector **Soncor** no tiene registros; además en este sector no se presenta vegetación o elementos de flora aislados que se pudieran monitorear en el tiempo, ya que se trata de un área completamente cubierta por costra salina.

En relación con la **vegetación muerta o rastrojos**, se detectan en general, variaciones de la cobertura promedio desde MB0 hasta año 2026 en todos los sectores, destacando una disminución generalizada en el verano 2021 (M10), que vuelve a aumentar en el verano siguiente (M12) en todos los sectores, manteniéndose en aumento hasta el año 8 para los sectores Peine y Tilopozo, ya que en el caso de Peine se registra un *peak* de cobertura muerta en invierno 2024 (M17), aunque se registra un mayor descenso en el verano 2025 y 2026. En el caso de Tilopozo, el rastrojo disminuye tanto en invierno y verano del último año desde el alza registrada en M16 (verano 2024), destacando un mayor descenso este último verano (M20). En el caso de La Punta y La Brava y Aguas de Quelana se mantienen estables en el último periodo, mostrando igualmente un descenso del rastrojo en el último verano 2026 en ambos casos (**Figura N° 13-1**).

Por su parte, las variaciones del rastrojo en Tilopozo y Peine en el último periodo está asociado a la alteración observada en herbazales de *S. californicus,* en las transectas T19 y T29 en el caso de Tilopozo (**Figura N° 6-16** y ver en **Anexo Vegetación y Flora - Figura N°1-5**) y en todas las transectas T01, T02, T03 y T04 en sector Peine, según los registros de invierno 2024 principalmente (M17), ya que en el último año se recupera parcialmente

la cobertura en invierno 2025 y totalmente en el verano 2026 (**Figura N° 6-15**). Cabe recordar, que esta formación ha presentado una dinámica de mayor variación en el tiempo, donde se hacen presente diversos factores como la actividad biológica natural que genera menor vigor en la cobertura en los inviernos, los registros de quemas controladas durante el periodo de seguimiento (2018 en Tilopozo y Peine), además de una alteración puntual en el último periodo por el pisoteo y pastoreo con la introducción del ganado en la zona donde están ubicadas las transectas T19 y T29 en Tilopozo. En el sector Peine también se registró en invierno 2024 (M17) alteración antrópica provocadas por huellas de vehículo en las formaciones y sobre las transectas de monitoreo. No obstante, en el último verano la cobertura vegetal se recupera para todos los casos, con valores absolutos sobre el 100% de cobertura en las transectas de Peine y sobre un 80% en las transectas de Tilopozo.

La **riqueza registrada por sector en general se mantiene estable en el tiempo**, indica algunas diferencias leves entre monitoreos (**Figura N° 13-1**). En el sector **Peine** destaca el aumento de cinco (M5) a ocho especies en el verano de 2019 (M6), en un matorral de *T. absinthioides* al igual que en el último año con registro de ocho especies en M19 y M20, por la aparición de nuevas especies en los herbazales de *S. californicus*. En el caso de **Tilopozo** se observa menor variación en la riqueza, entre seis y siete especies generalmente, destacando un aumento a ocho especies en el verano 2021 (M10) y una disminución a cinco especies en el verano 2024 (M16) y el último verano 2026 (M20), la cual presenta variaciones intra-anuales, con siete especies respectivamente (M15 y M19). Los sectores **La Punta y La Brava** y **Aguas de Quelana** presentan diferencias menores, destacando el aumento de una especie en M4, el registro de cinco especies entre M9 y M14, aumentando a seis especies en el verano (M16) y registrando cinco especies entre M17 y M19 en La Punta y La Brava, mientras que Aguas de Quelana presenta la misma riqueza desde M1 a M12 (cuatro especies), disminuyendo a tres especies en los veranos M14, M16 y M18, y destaca en este último verano el registro de solo dos especies, recordando que las diferencias detectadas se han visto por aumento o disminución de especies acompañantes, con muy baja cobertura vegetal y no en la composición de las especies dominantes. En el caso del menor registro en invierno 2023 y verano 2026 (cuatro especies en M15 y dos en M20) en La Punta y La Brava, debe considerarse que es un valor referencial ya que como se ha señalado, no se muestrearon todas las transectas del sector.

Cabe destacar que el aumento de riqueza en el sector Peine (tres especies), se trata de un registro puntual en una transecta de matorral de *T. absinthioides* en el caso del monitoreo M6 (T07), y que probablemente la regeneración y aparición espontánea de estos elementos florísticos nuevos en la formación fue asociado al evento de mayor precipitación ocurrido en el verano de 2019, de los cuales solo la especie *Atriplex atacamensis* se mantuvo hasta M7, desapareciendo en monitoreos posteriores (**Anexo Vegetación y Flora: Base de Datos de Consulta y Tabla N°1-3**). El matorral donde se registraron estas especies es de características más zonales, con una superficie de suelos mayoritariamente terrosos en la zona más sur del área de estudio del Salar, zona donde a nivel general se observó mayor aparición de una cobertura de especies herbáceas producto de las lluvias estivales. Mientras que el caso de este último año se debe a la aparición de especies asociadas a los

herbazales de *S. californicus*, destacando un registro nuevo para el sector correspondiente a la especie *Eleocharis quinqueflora* en M20 (T03) y reaparece la especie *Puccinellia frigida* en la transecta T02 del sector, la cual no se registraba desde M12.

En cuanto a la **cobertura de otros recubrimientos**, existen distintas variaciones multitemporales entre los sectores de estudio. El sector **Peine** encabeza las diferencias, presentando un aumento inicial en la cobertura hasta M2 con 71,6% y luego una leve baja hasta M4 con 59,6%, desde donde se observa un aumento hasta llegar a 63,2% en M6, volviendo a disminuir en M7 y M9 con 55% y 57% respectivamente. Por otra parte, en M10 se observa un aumento a 68,4% manteniendo una cobertura similar entre M12 (71,4%) y M14 (70,6%) y un descenso en M16 (46,0%) que se mantiene entre un 40% a 47% entre M17 y M20. Por su parte, los sectores **Tilopozo, La Punta y La Brava** y **Aguas de Quelana,** presentan variaciones mínimas entre monitoreos, por lo que su cobertura de otros recubrimientos se observa estable, con leves variaciones para el caso de Tilopozo con una disminución desde M15 que se ha mantenido similar hasta M20, y un aumento puntual en M15 en La Punta y La Brava (aunque cabe recordar que las coberturas para este sector son referenciales en este monitoreo por la falta de datos, al igual que en esta campaña de verano M20), ver **Figura N° 13-1**.

En términos específicos, cabe señalar algunas variaciones sobre la cobertura vegetal absoluta registradas por transecta:

- Las transectas **T20, T21 y T27** en Tilopozo, en herbazales de *D. spicata,* registran mayor estabilidad de la cobertura en el tiempo. En el caso de **T20 y T27**, a pesar de algunas fluctuaciones entre monitoreos, se registra un aumento de la cobertura vegetal en M20 respecto a los veranos M18 y M2, inclusive mayor al monitoreo MB0. En el caso de **T21**, se observa como una de las transectas con mayor estabilidad en su cobertura vegetal, con una mínima fluctuación entre monitoreos, aunque la cobertura de M20 no sea mayor que la de M2 (ver **Figura N°1-4 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**).

- La alteración de la cobertura vegetal en los herbazales de *S. californicus* en Tilopozo en las dos transectas de la formación, **T19 y T29**. Estas transectas presentaban una de las mayores coberturas vegetales del sector (sobre un 100% hasta el verano 2021). Ambas transectas se observan con menor cobertura vegetal y mayor cobertura de rastrojo en los últimos inviernos (M13 a M19), pero con una recuperación de la cobertura vegetal en ambas transectas en los veranos 2025 (sobre 50% en M18) y verano 2026 (sobre 85% en M20), disminuyendo igualmente la cobertura del rastrojo (ver **Figura N°1-5 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**). Cabe destacar, que en esta formación se observó presencia de animales en los últimos 4 años, llamas principalmente, evidenciando mayor alteración por el pastoreo y pisoteo del ganado, sin olvidar que estas formaciones también presentaron alteración por quemas realizadas el año 2018.

- Disminución de la cobertura vegetal en herbazales de *Juncus balticus*, principalmente en la transecta **T18** en Tilopozo: esta transecta registraba un 27,6% de cobertura vegetal absoluta en el 2016 (MB0-M1) y presenta una disminución importante al verano siguiente (M2; 10,4%) y al año 2023 (M14; 6,8%) la disminución desde MB0 refleja una pérdida en más del 75% de su cobertura, aunque en el verano 2024 aumenta la cobertura (11,4% en M16), en el último verano igualmente disminuye (6,2% en M20). Por otro lado, la transecta **T30** tiene un mayor aumento en el verano 2024 (M16; 33,2%), después de los descensos registrados entre M10 a M12 (17-22%), siendo mayor el descenso en M18, que disminuye en más de un 15% su cobertura, además de los últimos inviernos que en general presentan menor cobertura (mínimo de 8,4% en M17), pero que en M20 aumenta levemente a un 24,0% (ver **Figura N°1-6 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**). En el caso de la transecta **T13** de La Punta y La Brava, también se observa una variabilidad en el tiempo, pero con un repunte en este último verano alcanzando una cobertura de las mayores del seguimiento (50,0% en M20), de un 51,6% en MB0-M1 y 25,4% en M2, a coberturas que habían descendido principalmente en algunos inviernos (20,6% en M17 y 18,6% en M19) y en el verano 2022 (20,2% en M12).

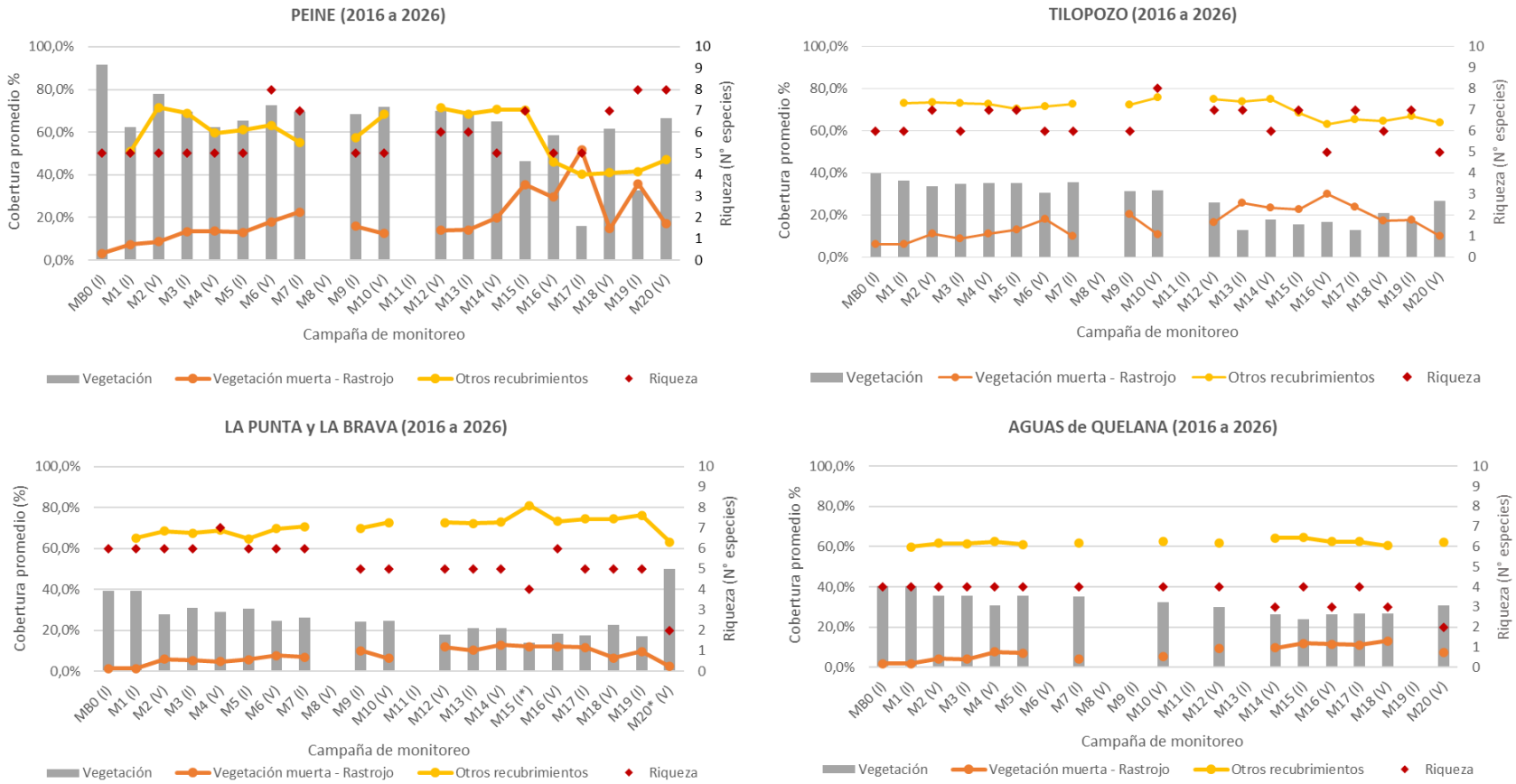
- Disminución de la cobertura vegetal en dos herbazales de *D. spicata* en Tilopozo (**T26 y T28**): en estas transectas se observa una pérdida de cobertura vegetal importante en el tiempo, destacando que ambas transectas se localizan alejadas del núcleo del salar (ver localización en **Figura N° 6-2**). Ambas transectas presentan variaciones entre monitoreos, pero llama la atención la baja cobertura que se mantiene desde el invierno 2020 para **T26** (M9; 0,8%), registrando un mínimo de cobertura en el verano 2022 (M12; 0,2%), manteniéndose bajo el 1% de cobertura de M13 a M17, aumentando levemente en este último año a 1,2% en M19 y 1,8% en M20, similar a **T28**, con una baja sostenida desde el invierno 2020 hasta el año anterior, registrando la menor cobertura en M17 (3,4%) con un leve aumento en este último año a 8,0% en M19 y 8,6% en M20, ver detalle y evolución en **Figura N°1-4 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**.

- Disminución de la cobertura vegetal en la transecta **T10**, en el subsector La Brava, aunque cabe recordar que no hay registro de esta transecta en el verano M20: esta transecta siempre tuvo baja cobertura vegetal (14,6% en MB0-M1), presentando una cobertura parchosa con elementos florísticos aislados asociados a la humedad del borde de un pequeño cuerpo de agua, ya que es una zona mayormente desprovista de vegetación (salar). Sin embargo, registra un descenso desde el verano 2021 (M10; 0,8%) y, en M15 y M17 se registran las menores coberturas entre todos los monitoreos (0,6% y 0,4% respectivamente) manteniéndose en un 0,4% en verano 2025 (M18) y aumentando levemente en el invierno 2025 (1,2% en M19), ver detalle y evolución en **Figura N°1-9 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**.

- Disminución de la cobertura vegetal en matorrales de *Salicornia neei (ex Sarcocornia fruticosa)*: si bien estas formaciones no han tenido el continuo de información como el resto de las transectas (incluido este invierno 2025 en Aguas de Quelana y en T12 en el verano 2026 sin muestreos), se presenta un descenso principalmente en las transectas **T12** del subsector La Punta con el menor registro en M17 (16,2%) de un 38,6% en MB0-M1 y 27,2% en M2, aumentando levemente en el invierno M19 (18,4%). Similar disminución se observa en la transecta **T17** en Aguas de Quelana con variaciones en el tiempo, donde destaca el aumento en los últimos dos veranos (44,8% en M18 y 44,0% en M20), desde un menor registro en M16 (31,2%) de valores sobre el 40% hasta M14. No obstante, el mayor descenso ocurre en la transecta **T16** de Quelana, con una variación de la cobertura de un 16,8% en MB0-M1 al menor registro en M20 con un 1,0% de cobertura (ver evolución y detalle en **Figura N°1-10 y Figura N°1-11 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**).

- Disminución de la cobertura vegetal en matorrales de *Tessaria absinthioides*. Si bien en todas las transectas de esta formación se observan menores coberturas en el tiempo, destaca el aumento de la cobertura en este verano M20 para la transecta **T24** en Tilopozo que registraba una cobertura absoluta de 63,4% en el primer invierno (MB0-M1) registrando un mínimo de 25,0% en el invierno M15, aumentando posteriormente (38,4% en M19 y 58,0% en M20). Las transectas **T23** y **T25** en Tilopozo, después de los bajos registros desde 2019 (verano M6; ≤7%), también destacan con el aumento en el último año, en el caso de T23 un aumento en invierno y verano (13,0% en M19 y 12,8% en M20) y en T25 un aumento en el verano 2026 (13,2% en M20). En el caso de Peine, las tres transectas presentan una variabilidad entre monitoreos durante el seguimiento, donde la principal variación destaca en **T05**, que registraba una cobertura absoluta de 8,0% en el primer invierno (MB0-M1) disminuyendo en M16 a un 1,0%, destacando el aumento registrado el último año, alcanzando en M20 un 6,8% de cobertura. En el caso de **T06** y **T07** los descensos de cobertura también han sido marcados durante el seguimiento, pero también muestran un ascenso en el último periodo sin mostrar una tendencia en ninguna de las transectas (ver evolución y detalle en **Figura N°1-3 y Figura N°1-7 en Anexo Vegetación y Flora y Base de Datos de Consulta**).

Figura N° 13-1. Cobertura promedio de vegetación, rastrojo, otros recubrimientos y riqueza en los sectores



Donde: Monitoreos: MB0 monitoreo base 2016, M1 invierno 2016, M2 verano 2017, M3 invierno 2017, M4 verano 2018, M5 invierno 2018, M6 verano 2019, M7 invierno 2019, M9 invierno 2020, M10 verano 2021, M12 verano 2022, M13 invierno 2022, M14 verano 2023, M15 invierno 2023, M16 verano 2024, M17 invierno 2024, M18 verano 2025, M19 invierno 2025, M20 verano 2026; En M6, M9, M13 y M19 no hay registros en Aguas de Quelana, ya que no se muestrearon las transectas por restricciones de acceso al área; En La Punta y La Brava los valores son referenciales en M20, ya que tres de las cuatro transectas no se realizaron por restricciones de acceso, por malas condiciones del camino; Monitoreo verano 2020 (M8) no se realizó por restricciones en el marco de la pandemia Covid-19; Monitoreo invierno 2021 (M11) no se realizó por restricciones de acceso y razones de seguridad a causa de movilizaciones en la zona**;** M15 (I*) corresponde a promedios y riqueza referenciales por la falta de muestreo en transectas T11 y T12 del subsector La Punta por restricciones de acceso al sistema lagunar por resguardo de fauna nativa (aves). Fuente: Elaboración propia.

En otro nivel de análisis, **la evolución entre monitoreos de invierno en referencia al monitoreo base (MB0) y los monitoreos de verano en referencia al primer monitoreo de verano (M2)** es relevante para el análisis estacional y estudiar la variabilidad del sistema en las distintas formaciones vegetales y sectores, en relación con los diversos factores que pueden influir en estas fluctuaciones y observar es que estas variaciones estacionales son significativas.

Es por esto, que a continuación se presenta por sector, gráficas de *boxplot* analizando la variación de la cobertura vegetal en invierno *versus* los veranos, para cada transecta, ordenadas por formación vegetal para cada sector de estudio (**Figura N° 13-2**, **Figura N° 13-3**, **Figura N° 13-4** y **Figura N° 13-5**). La variabilidad debiera indicar si se observa una marcada estacionalidad en los datos, además de poder identificar si las variaciones son significativas, a través de una prueba estadística de Kruskal-Wallis donde el valor del parámetro F de esta prueba, se acompaña del valor *p* para cuantificar estadísticamente la importancia de la variación[47].

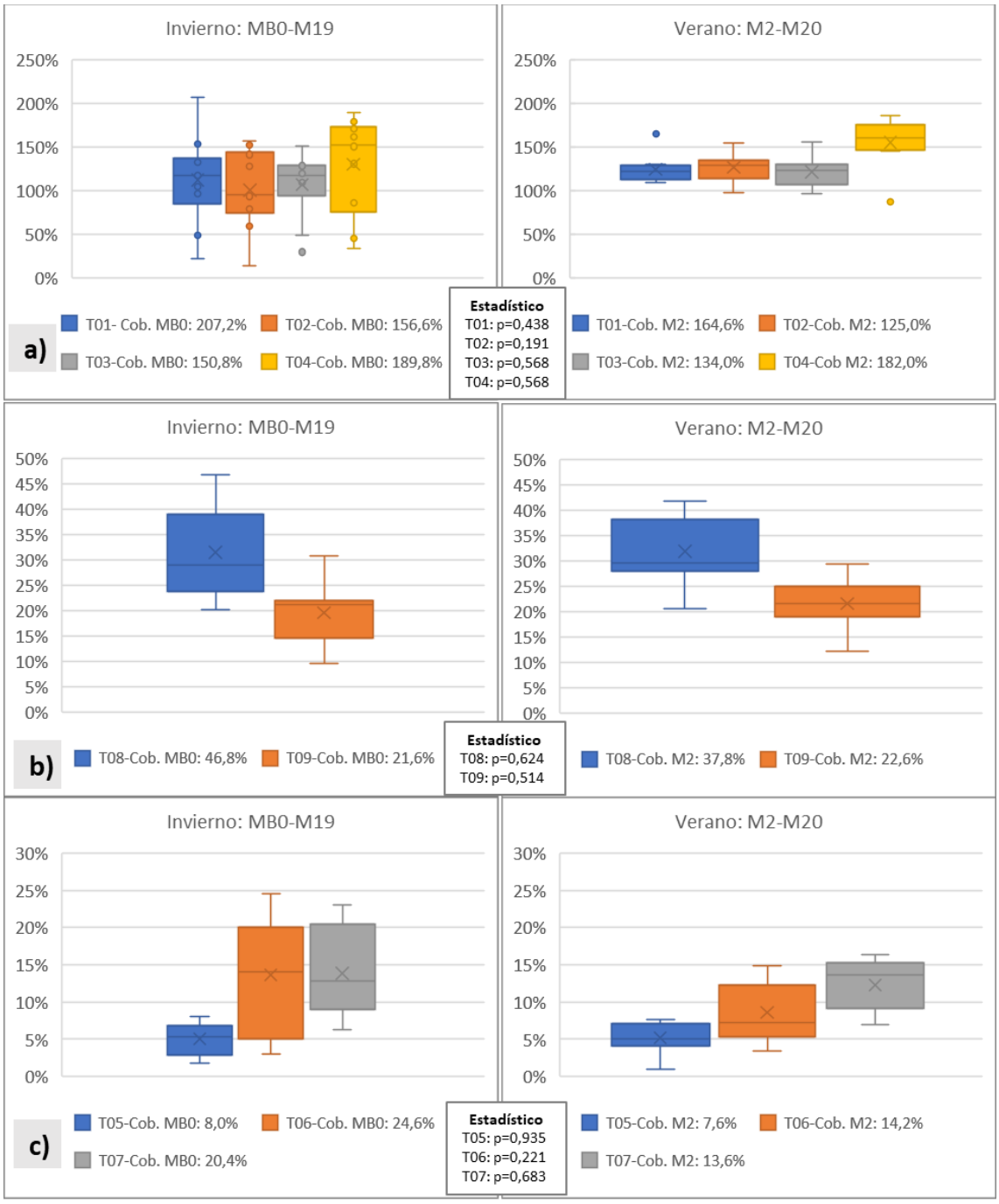
En el sector **Peine** (**Figura N° 13-2**), se observan comportamientos distintos en las tres formaciones vegetales, en ambas estaciones. Respecto a la estacionalidad de los valores, solo la transecta T06 del matorral de *Tessaria absinthioides* presenta mayor diferencia indicando una mayor cobertura en invierno que en los veranos, y la transecta T02 del herbazal de *Schoenoplectus californicus* que muestra mayor variación de cobertura en invierno a diferencia de una cobertura en verano mayor y con menor variación, aunque **estadísticamente las variaciones no son significativas**. Los valores referenciales de MB0 para invierno muestran, en general, que la cobertura inicial se encuentra hacia el rango máximo, exceptuando a T09 en el herbazal de *D. spicata* y T07 en matorral de *T. absinthioides*. En cambio, los valores referenciales de M2 para verano muestran que solo las transectas T02 y T03 en herbazales de *S. californicus*, T08 y T09 en herbazales de *D. spicata* y T05 y T07 en matorrales de *T. absinthioides* se encuentran hacia el rango máximo de cobertura.

En el sector **Tilopozo** (**Figura N° 13-3**), se observa mayor variabilidad espacial y temporal en las coberturas del sector, principalmente en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, en ambas estaciones. Respecto a la estacionalidad, se registra una mayor diferencia en las transectas T18 y T31 en el herbazal de *Juncus balticus* y en las transectas del matorral de *Tessaria absinthioides*, indicando una mayor cobertura en invierno que en los veranos, **siendo significativa solo la variación en T23 en el matorral de *T. absinthioides***. Los valores referenciales de MB0 para invierno muestran, que la cobertura inicial se encuentra hacia el rango máximo en varias transectas (T19, T18, T30, T31, T22, T26, T23, T24 y T25). En cambio, los valores referenciales de M2 para verano se encuentran hacia el rango máximo de cobertura en las transectas T19, T28 y T25, y en otras formaciones vegetales, destaca que las coberturas de verano se observan en un rango inferior respecto al invierno

[47] Los niveles de significancia (denotado como *α* o *alfa*) usados fueron de 0,05. Un *α* menor o igual a 0,05 indica, con un riesgo del 5%, que existe una variación significativa entre las variables analizadas.

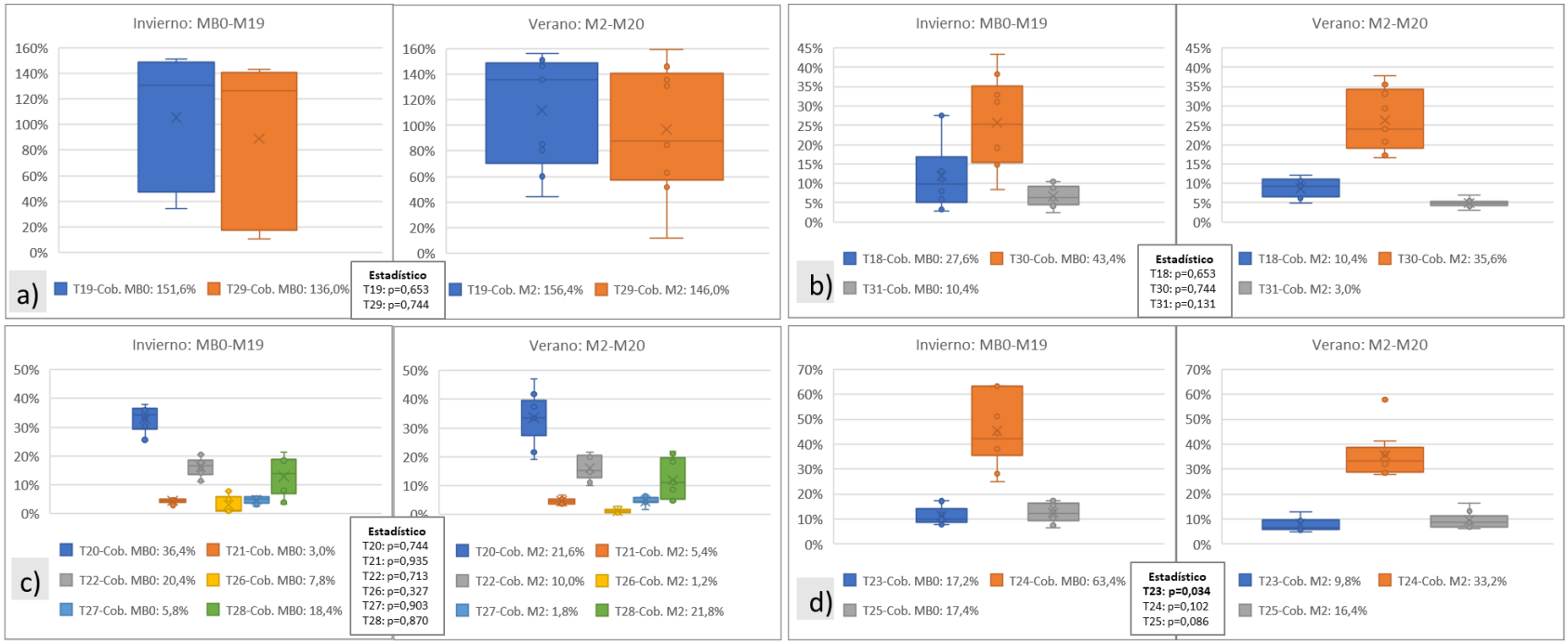
(T18 y T31 en herbazales de *J. balticus*, T26 en herbazales de *D. spicata*, y los matorrales de *T. absinthioides*).

Figura N° 13-2. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector Peine



Donde: Formaciones vegetales: a) Herbazal de *Schoenoplectus californicus*, b) Herbazal de *Distichlis spicata* y c) Matorral de *Tessaria absinthioides*.
Fuente: Elaboración propia.

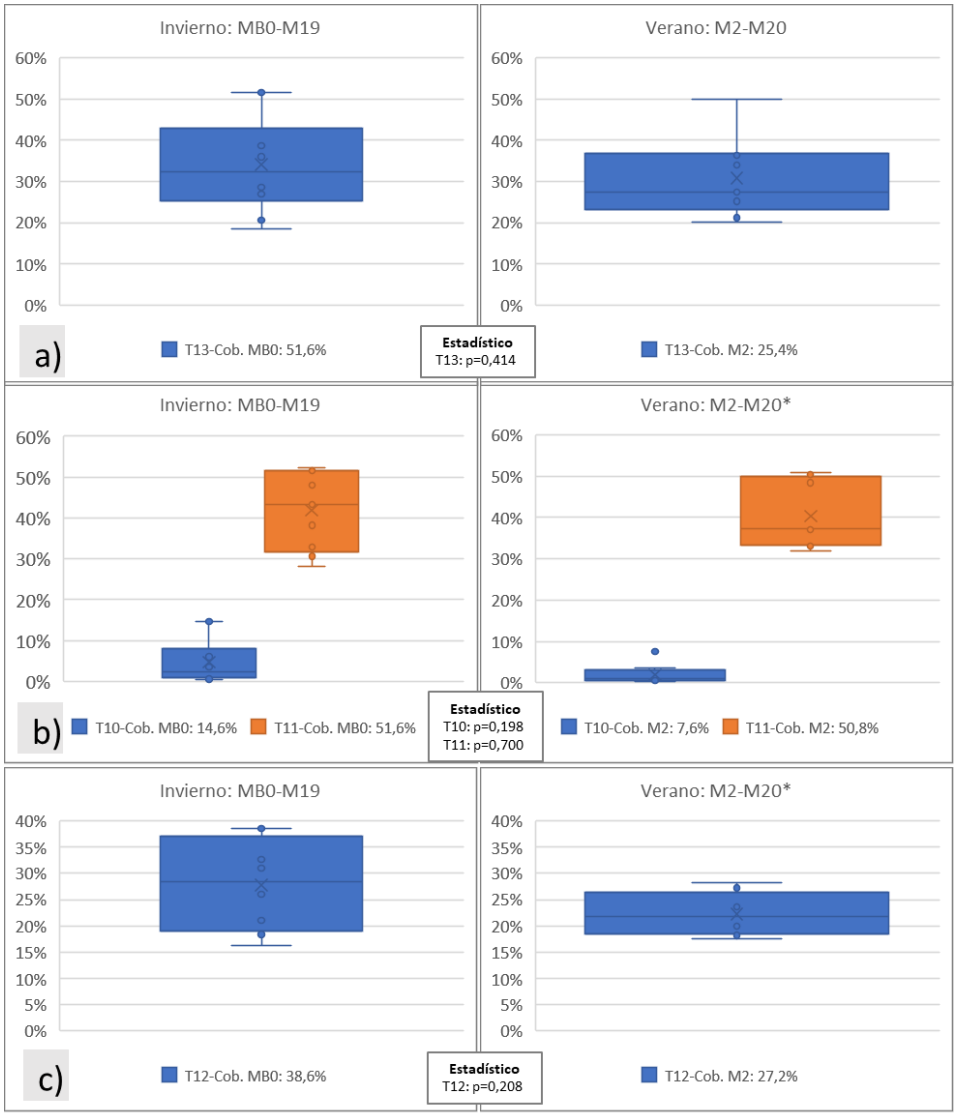
Figura N° 13-3. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector Tilopozo



Donde: Formaciones vegetales: a) Herbazal de *Schoenoplectus californicus*, b) Herbazal de *Juncus balticus,* c) Herbazal de *Distichlis spicata* y d) Matorral de *Tessaria absinthioides*.
Variaciones significativas entre estaciones (p-value <0,05): T23: p=0,034.
Fuente: Elaboración propia.

En el sector **La Punta y La Brava** (**Figura N° 13-4**), se observa que los valores se presentan, en general, cercano a la mediana para las tres formaciones vegetales, en ambas estaciones, y las coberturas de invierno presentan una mayor variabilidad que los veranos. Cabe recordar que para este sector solo se tiene el registro de T13 en el verano M20. Respecto a la estacionalidad, la transecta T13 en el herbazal de *Juncus balticus,* la transecta T10 en el herbazal de *Triglochin concinna* y T12 en el matorral de *Salicornia neei (ex. S. fruticosa)* presentan mayor diferencia entre estaciones, indicando una mayor cobertura en invierno que en los veranos, aunque **estadísticamente las variaciones no son significativas**.

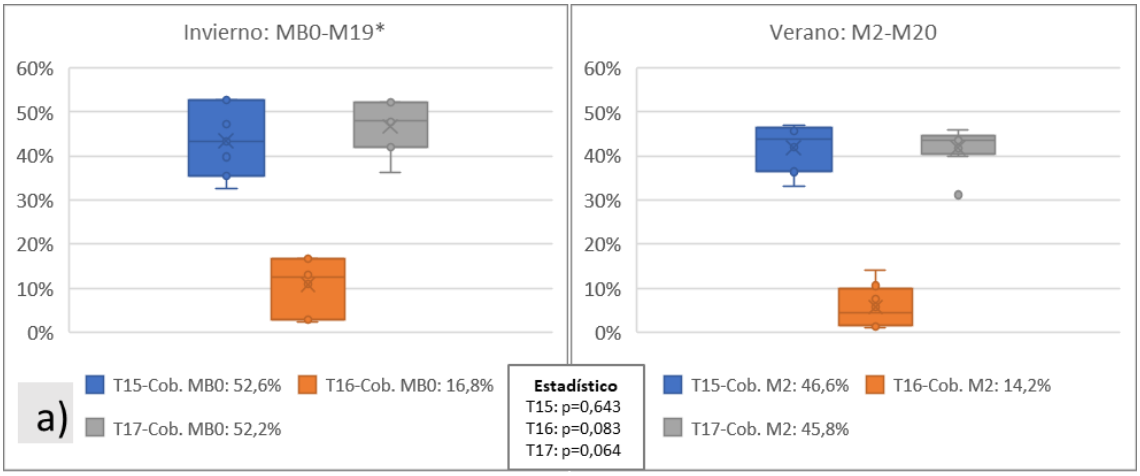
Figura N° 13-4. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector La Punta y La Brava



Donde: Formaciones vegetales: a) Herbazal de *Juncus balticus*, b) Herbazal de *Triglochin concinna* y c) Matorral de *Salicornia neei (ex. S. fruticosa).*M20*: Sin muestreo las transectas T10, T11 y T12 en el monitoreo de verano M20, por restricciones de acceso al sector de lagunas, por mala condición de caminos. Fuente: Elaboración propia.

En el sector **Aguas de Quelana** (**Figura N° 13-5**), se observa que los valores presentan menor variabilidad de coberturas. Respecto a la estacionalidad, las tres transectas en la formación de *Salicornia neei* presentan diferencias de cobertura entre estaciones, indicando una mayor cobertura en invierno que en los veranos, aunque **estadísticamente las variaciones no son significativas**.

Figura N° 13-5. Boxplot con la variación de cobertura absoluta de vegetación en invierno y verano, en transectas del sector Aguas de Quelana



Donde: Formaciones vegetales: a) Matorral de *Salicornia neei (ex. S. fruticosa)*. M19*: Sin muestreo en el sector en el monitoreo de invierno M19, por restricciones de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, por precaución a la avifauna según indicaciones de CONAF.
Fuente: Elaboración propia.

13.1.3 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – Método de imágenes satelitales – NDVI

13.1.3.1 Comparación con valores históricos

De acuerdo con los registros mínimos y máximos propuestos para monitoreo de vegetación, para sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine (Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), **las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos históricos** señalados en la **Tabla N° 13-3**, y por sobre el mínimo histórico.

En cuanto a los valores históricos mínimos provenientes desde imágenes de alta resolución, la superficie de vegetación activa de verano de 2026 en base al método NDVI, en los sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava, Peine y Aguas de Quelana, **superan los valores mínimos históricos e incluso los valores máximos desde valores de alta resolución.**

Para el sector Soncor, durante el verano de 2026 la superficie de vegetación activa estimada mediante NDVI corresponde a 4,3 ha, valor que se sitúa dentro del rango mínimo registrado en los veranos evaluados durante el seguimiento. No obstante, al igual que en los períodos monitoreados previamente, este valor continúa siendo inferior a la superficie mínima histórica definida para el sector (21,2 ha).

Cabe señalar que estas diferencias respecto de la condición histórica se asocian principalmente al mayor nivel de detalle incorporado por la COT en las campañas del PMB entre verano de 2017 y verano de 2026, además del mejoramiento progresivo en la corrección y procesamiento de imágenes satelitales. Estas mejoras metodológicas permitieron detectar con mayor precisión la reflectancia asociada al vigor vegetacional en función de la cobertura efectiva de las formaciones vegetales, generando estimaciones más ajustadas de vegetación activa. En consecuencia, las diferencias observadas respecto de la superficie histórica también se presentan consistentemente en las evaluaciones NDVI correspondientes al período verano 2017–2026.

Para el sector Soncor, gran parte de la “vegetación activa” detectada en sectores próximos o interiores a cuerpos de agua correspondería principalmente a vegetación acuática, sedimentos pigmentados y/o tapetes microbianos. Esta condición ha sido observada durante las verificaciones en terreno y reportada de manera recurrente por guardaparques del sector. En este contexto, parte de la señal espectral registrada mediante NDVI podría estar asociada a estos elementos biológicos e hidrobiológicos, más que exclusivamente a cobertura vegetacional terrestre propiamente tal.

En general, y respecto del monitoreo de verano 2025, durante el verano de 2026 se observa un incremento de la superficie de vegetación activa en el sector Peine, mientras que Aguas de Quelana y Soncor presentan una disminución de la superficie activa. Por su parte,

Tilopozo mantiene una condición relativamente estable respecto del período anterior. Estas variaciones pueden estar asociadas a la variabilidad natural del sistema y a la distribución temporal y espacial de las precipitaciones registradas en la zona, las cuales influyen directamente sobre la respuesta espectral y el vigor vegetacional observado mediante NDVI.

A la fecha, y tal como se ha indicado previamente, las superficies de vegetación activa registradas durante el monitoreo de verano 2026 se mantienen dentro de los rangos observados para el período PMB 2017–2025 (**Tabla N° 13-3**).

Tabla N° 13-3. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación con los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector, temporada de verano.

Sector	VERANO 2017		VERANO 2018		VERANO 2019		VERANO 2020		VERANO 2021		VERANO 2022		VERANO 2023		VERANO 2024		VERANO 2025		VERANO 2026		VALORES HISTÓRICOS DESDE LANDSAT		VALORES HISTÓRICOS DESDE ALTA RESOLUCIÓN	
	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	COT (ha)	VA (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)
Tilopozo - La Punta y La Brava	2.727,9	613,2	2.706,4	422,8	2.706,4	603,5	2.727,9	533,4	2.706,4	453,7	2.705,5	736,8	2.705,5	547,3	2.703,3	767,0	2.703,3	648,8	2.703,3	648,4	202,0	1.580,0	113,6	343,3
Peine	2.990,9	677,1	2.989,0	496,1	2.989,0	660,5	2.989,0	506,6	2.989,0	532,5	2.989,0	601,1	2.989,0	529,8	2.989,0	668,1	2.989,0	700,9	2.989,0	733,9	310,0	1.919,0	157,7	242,8
Soncor*	24,8	7,6	24,8	6,0	24,8	6,1	24,8	5,8	24,8	6,6	24,8	7,7	24,8	8,0	24,8	9,7	24,8	9,6	24,8	4,3	-	-	21,2	37,7
Aguas de Quelana**	1.518,8	393,8	1.518,8	291,5	1.518,8	248,5	1.518,8	274,3	1.518,8	249,8	1.518,8	258,6	1.518,8	320,7	1.515,9	353,9	1.515,9	374,7	1.515,9	320,8	-	-	20,8	32,4
TOTAL	*7.262,4*	*1.691,8*	*7.238,9*	*1.216,4*	*7.238,9*	*1.518,6*	*7.260,4*	*1.320,1*	*7.238,9*	*1.242,6*	*7.238,1*	*1.604,2*	*7.238,0*	*1.405,9*	*7.233,0*	*1.798,7*	*7.233,0*	*1.734,0*	*7.233,0*	*1.707,0*				

Donde: COT: Superficie de la Carta de ocupación de tierras (COT) con vegetación; y VA: Superficie vegetación activa que corresponde a valores sobre el percentil 75.* Valor máximo histórico para el sector de Soncor, fechado en abril de 2011 y **Valor máximo histórico para el sector de Quelana, fechado en abril de 2015; ambos valores fueron determinados en el estudio, sin embargo, no se incluyen dentro de la Tabla 5.3 “Resumen de registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación y cuerpos acuáticos, mediante herramientas de teledetección para sectores Tilopozo, Peine, Soncor y Quelana”, del Apéndice B, Anexo N°2 (Adenda N°5 – RWL, 2015).
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el resumen de registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, mediante herramientas de teledetección (comprometido en Tabla 5.3 del Apéndice B - Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015), en la **Tabla N° 13-4**, se presentan las superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, y su comparación respecto de los datos históricos y de línea de base.

Respecto de esta formación vegetal, para los sectores La Punta - La Brava y Tilopozo, la superficie observada durante el verano de 2026 se encuentra bajo el rango de los registros históricos, presentando una superficie de vegetación activa menor a la registrada en monitoreos anteriores y correspondiente al valor más bajo observado para la serie evaluada.

Por su parte, para el sector Peine, la superficie de vegetación activa asociada a los herbazales de *Schoenoplectus californicus* también se encuentra bajo el rango histórico, registrando valores inferiores al mínimo histórico previamente definido para esta formación vegetal (**Tabla N° 13-4**).

Tabla N° 13-4. Superficies de VA (verano) y comparación con registros históricos en formaciones con dominancia de *Schoenoplectus californicus*

SECTOR	VERANO 2017		VERANO 2018		VERANO 2019		VERANO 2020		VERANO 2021		VERANO 2022		VERANO 2023		VERANO 2024		VERANO 2025		VERANO 2026		REGISTROS HISTÓRICOS*	
	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	FVEG	VA (ha)	Superficie mínima (ha)	Superficie máxima (ha)
Peine	Vega de sca	20,3	Vega de sca bj	7,4	Vega de sca bj	3,2	Vega de sca bj	3,1	Vega de sca bj	11,4	Vega de sca bj	11,07	Vega de sca bj	9,6	Vega de sca bj	1,0	Vega de sca bj	2,9	Vega de sca dp bj	0,45	22,6	23,0
																			Vega de sca	2,9		
			Vega de sca bj dp	4,5	Vega de sca bj dp	3,4	Vega de sca bj dp	4,8	Vega de sca dp	5,5	Vega de sca bj dp	5,55	Vega de sca bj dp	4,9	Vega de sca bj dp	0,0	Vega de sca	5,1	Vega de sca bj	2,14		
																			Vega de sca dp	1,16		
Total Peine		**20,3**		**11,9**		**6,6**		**7,9**		**16,9**		**16,6**		**14,5**		**1,0**		**8,0**		**6,7**		
Tilopozo - La Punta La Brava	Vega de sca	28	Vega de sca	7,9	Vega de sca	8	Vega de sca	9,1	Vega de sca	5,9	Vega de sca	8,8	Vega de sca	22,9	Vega de sca	12,4	Vega de sca	2,9	Vega de sca	6,3	26,0	59,2
			Vega de sca bj dp	30,2	Vega de sca, bj	9,4	Vega de sca bj	12,3	Vega de sca bj dp	40,4	Vega de sca dp	1,9	Vega de sca dp	1,8	Vega de sca dp	0,7	Vega de sca dp	6,7	Vega de sca dp	4,7		
	Vega de sca bj	5,1													Vega de sca bj	2,7	Vega de sca bj	1,9	Vega de sca bj	0,66		
					Vega de sca bj dp	9,8	Vega de sca bj dp	9,6			Vega de sca bj dp	36,1	Vega de sca bj dp	13,8	Vega de sca bj dp	3,2	Vega de sca bj dp	0,6	Vega de sca bj dp	0,35		
Total Tilopozo - La Punta La Brava		**33,1**		**38,1**		**27,2**		**31,0**		**46,3**		**46,8**		**38,6**		**19,0**		**12,2**		**12,0**		

Donde: VA (ha)I: Superficie vegetación activa.
*Valores históricos obtenidos a partir de alta resolución correspondientes a la Tabla 5.3 del Apéndice B, Anexo 2 (2015).
Datos en base a COT verano 2026. Fuente: Elaboración propia.

13.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres

13.2.1 Representatividad del muestreo

Los muestreos correspondientes a las 20 campañas semestrales (invierno 2016, verano e invierno 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y verano 2026) en el área de estudio se consideran representativos, por las siguientes razones:

- En términos espaciales, las estaciones de muestreo abarcan todos los ambientes y taxa, en los tres sectores de estudio. Estos ambientes corresponden a humedal salar, humedal pajonal, matorral, herbazal, quebrada y áreas desprovistas de vegetación (que, en este caso, corresponde a costras salinas).
- En relación con el diseño de muestreo (estratificado/dirigido) y considerando la variedad de ambientes, la localización y número de los puntos de muestreo permite una adecuada representación de la fauna registrada.
- Por otra parte, el muestreo general de los transectos es complementado con diversas técnicas, como los trampeos de micromamíferos, muestreo nocturno de anfibios y aves nocturnas, además de la utilización de trampas cámara. Todo lo anterior permite ampliar el registro de fauna, incorporando especies escasas, evasivas, esporádicas y de difícil detección.
- Finalmente, la participación de un alto número de especialistas (n = 6) y la gran cantidad de tiempo dedicado (seis días en cada campaña), determinan un alto esfuerzo de muestreo, adecuado para representar la fauna vertebrada presente en el área de estudio.

Cabe recordar que en verano 2020 no se realizó el muestreo por la pandemia Covid-19, que en verano 2021, 2023 y 2024 el muestreo contempló 20 de los 25 puntos de muestreo (no se accedió a los 5 puntos de las lagunas de Peine), y en verano del 2022, invierno 2023 e invierno 2024 no se consideran 3 puntos (lagunas Salada y Saladita), ya que no se tuvo acceso por restricciones de acceso debido al ciclo reproductivo de flamencos. En verano 2025 además de no poder acceder a los 5 puntos de las lagunas de Peine, tampoco se pudo realizar muestreo en el punto del ambiente ADV costra salar, por lo que se efectuaron 19 puntos. En invierno 2025 no se consideraron dos puntos y finalmente, en verano 2026 no se consideraron 11 puntos. Dada estas restricciones, **se limitó para esta componente en estación de inviernos 2023, 2024 y 2025 y veranos 2020 hasta 2026 por décima vez en el marco del PMB**, el acceso completo al sector de lagunas de Peine (tres inviernos y siete veranos), debido a que es un área con poblaciones de flamencos en fase reproductiva. Además, en la última campaña de verano 2026 tampoco se pudo acceder a las lagunas La Punta y La Brava por mal estado de los caminos **(ver Anexo Cartas y Prohibiciones de Acceso).** Lo anterior afecta

significativamente los resultados, sobre todo en lo que respecta a la abundancia de aves acuáticas (y en particular, de los flamencos) en los sistemas lagunares.

En total, la riqueza acumulada de 74 especies, en las 20 campañas realizadas, sobrepasa la fauna histórica acumulada del área de estudio, cuyo registro de línea de base es de 62 especies (un anfibio, dos reptiles, 49 aves y 10 mamíferos; PMB 2015). Es esperable que la fauna registrada al principio del monitoreo fuera un subconjunto del valor acumulado de varios años de estudio, y ahora, transcurridos 10 años del monitoreo, ya se ha registrado una riqueza mayor. Parte de la diferencia registrada entre el total acumulado y el registrado por el muestreo, podría explicarse por la baja probabilidad de detectar varias de las especies del total acumulado, debido a algunas características especiales, como: muestreos en otras épocas (no sólo invierno y verano), distribución restringida, abundancia y frecuencia bajas, actividad nocturna y crepuscular, especies migratorias, especies accidentales y con escasos registros, especies evasivas. Cabe considerar también que la composición de fauna incluye el registro de varias especies nuevas para el área (detalles en ***acápite 13.2.8.1 Riqueza y composición***).

13.2.2 Riqueza, composición y caracterización de la fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, considerando las 20 campañas semestrales de monitoreo realizadas por el PMB a la fecha, la riqueza acumulada asciende a un total de 74 especies, identificándose una especie de anfibio, dos especies de reptiles, 55 especies de aves y 16 especies de mamíferos (**Tabla N° 13-5**). En la campaña de invierno 2025 (M19) se registraron cinco nuevas especies (todas aves) para el periodo de monitoreo (tanto inviernos como anuales): *Parabuteo unicinctus* (peuco), *Anas bahamensis* (pato gargantillo), *Gallinula galeata* (tagüita del norte), *Nycticorax nycticorax* (huairavo) y *Plegadis ridgwayi* (cuervo del pantano de la puna). De estas cinco especies, sólo el huairavo había sido registrado antes, en el monitoreo histórico del PMB, mientras que las otras cuatro no habían sido observadas en el área, en ningún monitoreo anterior. En la campaña de verano 2026 (M20) se registraron dos especies nuevas, no observadas en los monitoreos estivales previos: el Mero de la Puna (*Agriornis albicauda*) y el Huairavo (*Nycticorax nycticorax*). La primera especie tampoco se registró en la Línea de Base del PMB (2015), en tanto que el huairavo si se había visto en una campaña anterior de invierno. En total, para los monitoreos anuales, en estas últimas dos campañas se agregan seis especies de aves, no registradas en PMB histórico.

De las 74 especies de fauna detectadas, 30 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 27 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2012 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las tres especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Rottmann & López-Callejas (1992) o Cofré & Marquet (1999). En detalle, estas especies en alguna categoría corresponden a la única especie de anfibio registrada, a las dos

especies de reptiles detectadas, 16 de las especies de aves y 11 especies de mamíferos (**Tabla N° 13-5**).

Del total de 30 especies en categoría de conservación, 14 se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro Crítico (una especie, un mamífero), En Peligro (una especie, un reptil), Vulnerable (seis especies; cuatro aves y dos mamíferos) y Casi amenazada (seis especies, cuatro aves y dos mamíferos). Por su parte, 16 especies se catalogan sin amenaza (precautorias; detalle en **Tabla N° 13-5**).

Bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 65 de las 74 especies detectadas en el área de estudio, se encuentran en condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, en condición de densidades poblacionales reducidas y/o beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (categorías no excluyentes, ya que una especie puede incluirse en uno, dos o los tres criterios; detalles en **Tabla N° 13-5**). Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, una de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural, la chinchilla cordillerana (**Tabla N° 13-5**).

De acuerdo con su origen geográfico, dos de las especies registradas son endémicas de Chile (las dos especies de reptiles), en tanto que otras 69 especies son nativas (una especie de anfibio, 55 especies de aves y 13 especies de mamíferos), y finalmente, tres especies son introducidas y/o domesticadas (todos mamíferos; **Tabla N° 13-5**).

En relación con las especies especialistas de hábitat, 24 especies se consideran especialistas, como por ejemplo el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*; en ambientes de humedal), la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani,* en borde de salar), 21 aves (asociadas a ambientes de humedal) y un mamífero (la chinchilla cordillerana, habitante de roqueríos; **Tabla N° 13-5**).

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: cuatro especies son de baja movilidad, otras cinco especies se clasifican con movilidad media, y por último 65 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla N° 13-5**).

Finalmente, en cuanto al Índice de Riesgo, destaca la presencia de una especie clasificada con un índice de riesgo máximo (*Liolaemus fabiani*, Lagartija de Fabián), en tanto que otras cinco se encuentran clasificadas con un riesgo alto, 14 se encuentran clasificadas con un riesgo medio, y por último 51 se encuentran clasificadas con un riesgo bajo. A las especies introducidas/domesticadas, no les aplica un índice de riesgo (**Tabla N° 13-5**).

Del análisis por sector, la mayor riqueza se presenta en el sector de Tilopozo, con 59 especies registradas (el único anfibio detectado, un reptil, 43 aves y 14 mamíferos). Le sigue el sector de Peine, con 35 especies registradas (dos reptiles, 26 aves y siete mamíferos) y finalmente el sector con la menor riqueza es La Punta y La Brava con 27 especies (un reptil, 23 aves y tres mamíferos; **Tabla N° 13-5**).

Por otro lado, considerando las especies y su presencia en cada sector, 11 especies se encuentras en los tres sectores: el colegial del norte (*Lessonia oreas*), la golondrina de dorso negro (*Pygochelidon cyanoleuca*), el pitotoy chico (*Tringa flavipes*), el playero de Baird (*Calidris bairdii*), la dormilona chica (*Muscisaxicola maculirostris*), la gaviota andina (*Chroicocephallus serranus*), el pato juarjual (*Lophonetta specularioides*), el pato jergón chico (*Anas flavirostris*), el aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y el lauchón orejudo (*Phyllotis* sp.); en tanto que otras especies se encuentran restringidas a ambientes acuáticos (como el sapo espinoso, la lagartija de Fabián y la mayoría de las aves), y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (detalle en **Tabla N° 13-5**).

Tabla N° 13-5. Lista Sistemática Acumulada de especies de fauna registradas a lo largo de las 20 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2026). Se indica, además, la presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
AMPHIBIA											
ANURA											
BUFONIDAE											
Rhinella spinulosa	Sapo Espinoso	LC [2]	BE	-	N	S	B	50,35			X
TOTAL RIQUEZA AMPHIBIA									**0**	**0**	**1**
REPTILIA											
SQUAMATA											
LIOLAEMIDAE											
Liolaemus constanzae	Lagartija de Constanza	LC [7]	SE	-	E	N	B	30,35		X	X
Liolaemus fabiani	Lagartija de Fabián	EN [5]	SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILIA									**1**	**2**	**1**
AVES											
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
Circus cinereus	Vari ceniciento	-	BE	-	N	N	A	3,35		X	X
Geranoaetus melanoleucus	Águila	-	BE	-	N	N	A	3,35		X	
Geranoaetus poecilochrous	Aguilucho de la puna	DD [10]	BE	-	N	S	A	18,35			X
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho común	-	BE	-	N	N	A	3,35	X	X	X
Parabuteo unicinctus	Peuco	-	BE	-	N	N	A	3,35			X
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
Anas flavirostris	Pato jergón chico	-	-	-	N	S	A	30	X	X	X
Oressochen melanoptera	Piuquén	LC [10]	-	-	N	S	A	24,5	X		
Lophonetta specularioides	Pato juarjual	-	-	-	N	S	A	15	X	X	X
Anas bahamensis	Pato gargantillo	LC [7]	S	-	N	S	A	26,15			X
CHARADRIIFORMES											
CHARADRIIDAE											
Anarhynchus alticola	Chorlo de la puna	-	BS	-	N	N	A	10,85	X	X	
Oreopholus ruficollis	Chorlo de campo	NT [9]	BS	-	N	N	A	26,85			X
LARIDAE											
Chroicocephallus serranus	Gaviota Andina	LC [9]	S	-	N	S	A	18,65	X	X	X
SCOLOPACIDAE											
Calidris bairdii	Playero de Baird	-	B	-	N	S	A	31,65	X	X	X
Phalaropus tricolor	Pollito de mar tricolor	-	BS	-	N	S	A	18,35	X	X	
Tringa flavipes	Pitotoy chico	LC [11]	BS	-	N	S	A	27,85	X	X	X
RECURVIROSTRIDAE											
Recurvirostra andina	Caití	VU [11]	BS	-	N	S	A	57,85	X	X	
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
Metriopelia aymara	Tortolita de la puna	-	S	-	N	N	A	9,15		X	X
Metriopelia melanoptera	Tortolita cordillerana	-	-	-	N	N	A	7,5			X
Zenaida auriculata	Tórtola	-	-	-	N	N	A	7,5			X
FALCONIFORMES											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
FALCONIDAE											
Falco femoralis	Halcón perdiguero	IC [12]	BE	-	N	N	A	11,35			X
Falco peregrinus	Halcón peregrino	LC [8]	BSE	-	N	N	A	7			X
Falco sparverius	Cernícalo	-	BE	-	N	N	A	3,35			X
Phalcoboenus megalopterus	Carancho cordillerano	-	BE	-	N	N	A	3,35			X
GRUIFORMES											
RALLIDAE											
Fulica ardesiaca	Tagua andina	-	S	-	N	S	A	24,15	X	X	
Fulica cornuta	Tagua cornuda	NT [6]	S	-	N	S	A	32,65	X		
Fulica gigantea	Tagua gigante	LC [9]	S	-	N	S	A	18,65	X		
Gallinula galeata	Tagüita del norte	-	S	-	N	S	A	16,65			X
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
Cinclodes fuscus	Churrete acanelado	-	B	-	N	S	A	16,65			X
Geositta cunicularia	Minero común	-	B	-	N	N	A	1,65		X	X
Geositta isabellina	Minero grande	-	BS	-	N	N	A	3,35			X
Geositta maritima	Minero chico	-	B	-	N	N	A	1,65		X	X
Geositta punensis	Minero de la Puna	-	B	-	N	N	A	1,65			X
Geositta rufipennis	Minero cordillerano	-	B	-	N	N	A	1,65		X	X
Leptasthenura aegithaloides	Tijeral común	-	B	-	N	N	A	1,65			X
Upucerthia dumetaria	Bandurrilla común	-	BS	-	N	N	A	3,35			X
HIRUNDINIDAE											
Hirundo rustica	Golondrina bermeja	-	BSE	-	N	N	A	5	X		X

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina de dorso negro	-	BE	-	N	N	A	10,85	X	X	X
TYRANNIDAE											
Agriornis micropterus	Mero de Tarapacá	-	BSE	-	N	N	A	5		X	X
Agriornis montanus	Mero gaucho	-	BE	-	N	N	A	3,35			X
Agriornis albicauda	Mero de la puna	VU [10]	BE	-	N	N	A	35,35			X
Lessonia rufa	Colegial del norte	-	BE	-	N	N	A	3,35	X	X	X
Muscisaxicola cinereus	Dormilona cenicienta	-	BE	-	N	N	A	3,35		X	X
Muscisaxicola maculirostris	Dormilona chica	-	BE	-	N	N	A	3,35	X	X	X
Muscisaxicola rufivertex	Dormilona de nuca rojiza	-	BE	-	N	N	A	3,35			X
Tyrannus savana	Cazamoscas tijereta	-	BSE	-	N	N	A	5			X
THRAUPIDAE											
Sicalis olivascens	Chirihue verdoso	-	S	-	N	N	A	9,15		X	X
MOTACILLIDAE											
Anthus correndera	Bailarín chico común	-	BE	-	N	N	A	3,35	X		X
PELECANIFORMES											
ARDEIDAE											
Ardea alba	Garza grande	-	B	-	N	S	A	16,65	X		X
Egretta caerulea	Garza azul	-	BS	-	N	S	A	18,35		X	X
Nycticorax nycticorax	Huairavo	-	E	-	N	N	A	9,15			X
Plegadis ridgwayi	Cuervo de pantano de la puna	NT [4]	BS	-	N	S	A	34,35			X
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
Phoenicoparrus andinus	Flamenco andino o Parina grande	VU [6]	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
Phoenicoparrus jamesi	Flamenco de James o Parina chica	VU [9]	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	NT [9]	SE	-	N	S	A	49,35	X	X	
PODICIPEDIFORMES											
PODICIPEDIDAE											
Podiceps occipitalis	Blanquillo	-	E	-	N	S	A	24,15	X		
								TOTAL RIQUEZA AVES	**23**	**26**	**43**
MAMMALIA											
ARTIODACTYLA											
CAMELIDAE											
Lama glama	Llama	-	-	-	N	N	A	-			X
Lama guanicoe	Guanaco	VU [1]	S	-	N	N	A	48,65			X
Vicugna vicugna	Vicuña	VU [10]	S	-	N	N	A	48,65	X		
BOVIDAE											
Capra hircus	Cabra	-	-	-	D	N	A	-			X
CARNIVORA											
CANIDAE											
Canis familiaris	Perro	-	-	-	D	N	A	-			X
Lycalopex culpaeus	Zorro culpeo	LC [1]	E	-	N	N	A	3,65	X	X	X
Lycalopex griseus	Zorro chilla	LC [1]	E	-	N	N	A	3,65			X
FELIDAE											
Puma concolor	Puma	NT [3]	E	-	N	N	A	17,65		X	X

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
CHIROPTERA											
VESPERTILIONIDAE											
Myotis atacamensis	Murciélago de Atacama	NT [7]	BS	-	N	N	A	26,85			X
DIDELPHIMORPHIA											
DIDELPHIDAE											
Thylamys pallidior	Yaca del norte	-	BSE	-	N	N	M	12,5		X	
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
Equus asinus	Burro	N/A	-	-	I	N	A	N/A		X	X
RODENTIA											
CHINCHILLIDAE											
Chinchilla chinchilla	Chinchilla cordillerana o de cola corta	CR [4]	S	MN	N	S	M	64,15			X
CRICETIDAE											
Abrothrix andina	Ratón andino	NP [13]	E	-	N	N	M	11,15		X	X
Eligmodontia puerulus	Lauchita de pie sedoso	LC [4]	S	-	N	N	M	11,15			X
Phyllotis sp.	Ratón orejudo	NP [13]	S	-	N	N	M	11,15	X	X	X
CTENOMYIDAE											
Ctenomys fulvus	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	LC [10]	S	-	N	N	B	33,65		X	X
								TOTAL RIQUEZA MAMMALIA	**3**	**7**	**14**
								TOTAL RIQUEZA SECTOR	**27**	**35**	**59**

ESTADOS DE CONSERVACIÓN: **CR:** En Peligro crítico; **EN**: En Peligro; **I:** Insuficientemente conocida; **LC**: Preocupación menor; **NP**: Sin prioridad inmediata; **NT:** Casi amenazada; **R**: Rara; **VU**: Vulnerable. **FUENTES ESTADOS DE CONSERVACIÓN**: **(1)** D.S. N°33/2011 MMA; **(2)** D.S. N°41/2011 MMA; **(3)** D.S. N°42/2011 MMA; **(4)** D.S. N°13/2013 MMA; **(5)** D.S. N°52/2014 MMA; **(6)** D.S. N°38/2015 MMA; **(7)** D.S. N°16/2016 MMA; **(8)** D.S. N°6/2017 MMA; **(9)** D.S. N°23/2019 MMA; **(10)** D.S. N°16/2020 MMA; **(11)** D.S. N°44/2021 MMA; **(12)** Rottmann & López-Calleja 1992; **(13)** Cofré & Marquet 1999, **(14)** D:S. N°02/2024.

BSE: B: condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; **S:** condición de densidades poblacionales reducidas; **E:** condición benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Especies ordenadas sistemáticamente según Martínez & González (2005) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos.
MN: monumento natural.
O (origen): E: endémica; **N:** nativa; **I:** introducida, **D:** Doméstica.
EH (Especialista de hábitat): S: si; **N**: no.
M (movilidad): B: baja; **M**: media; **A**: alta.
IR: índice de riesgo: > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo.
Fuente: Elaboración Propia.

13.2.3 Análisis por clase

13.2.3.1 Anfibios

Del total de 74 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante el total de campañas, sólo una de ellas corresponde a un anfibio (1,4%), perteneciente al orden Anura, familia Bufonidae. Esta especie, *Rhinella spinulosa*, está catalogada en la categoría de conservación *"sin amenaza"*, ya que se clasifica como Preocupación menor (**Tabla N° 13-5**). Este registro se tuvo en el sector de Tilopozo en la campaña de verano 2018.

En cuanto a su origen, se cataloga como especie nativa, es especialista de hábitat y presenta baja movilidad. Finalmente, el índice de riesgo calculado para la especie la clasifica como de riesgo alto (**Tabla N° 13-5**).

13.2.3.2 Reptiles

Del total de 74 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante las campañas, dos de ellas corresponden a reptiles (2,8%), ambas pertenecientes al Orden Squamata y a la familia Liolaemidae (**Tabla N° 13-5**).

Las dos especies se encuentran clasificadas en categoría de conservación; sin embargo, solo una "*bajo amenaza*". Esta especie corresponde a la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), la que está clasificada En peligro, mientras que la especie lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se clasifica como *"sin amenaza"*, en categoría Preocupación Menor (**Tabla N° 13-5**).

Estas dos especies son endémicas de Chile y presentan baja movilidad; sin embargo, solo la lagartija de Fabián es especialista de hábitat, asociada a bordes de salares (**Tabla N° 13-5**). Finalmente, en cuanto al índice de riesgo de las especies de reptiles registradas, la lagartija de Fabián se cataloga con un riesgo máximo (83,35), mientras que la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (30,35; **Tabla N° 13-5**).

En relación con la presencia de ambas especies de reptiles en los distintos sectores, es interesante mencionar que ambas especies se segregan espacialmente: mientras que la lagartija de Fabián se encuentra asociada a ambientes acuáticos (en el borde de salares) de los sectores de La Punta y La Brava y Peine, la lagartija de Constanza se ubica más bien en los ambientes terrestres de Peine y Tilopozo (**Tabla N° 13-5**).

13.2.3.3 Aves

Del total de 74 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante las 20 campañas, 55 de ellas corresponden a aves (74,3%), las que se distribuyen en 10 órdenes y 17 familias (**Tabla N° 13-5**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, 16 especies (29,1%) se encuentran en categoría de conservación. De ellas, ocho especies son consideradas "*bajo amenaza*", y corresponden a dos especies de parinas (chica y grande) junto con el caití y el mero de la puna, clasificadas en categoría Vulnerable, además de la tagua cornuda, el chorlo de campo, el cuervo de pantano de la puna y el flamenco chileno, consideradas Casi amenazadas. Las ocho especies restantes, en tanto, están catalogadas *"sin amenaza"*, clasificadas en categoría Insuficientemente conocida (una especie), de Preocupación menor (seis especies) y con datos deficientes (una especie, detalles en **Tabla N° 13-5**).

En cuanto a su origen, todas las especies de aves registradas son nativas, mientras que 21 de estas especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las 55 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al índice de riesgo, dos especies presentan un riesgo alto (las dos especies de parinas), otras nueve especies presentan un riesgo medio, y las 44 especies restantes presentan un riesgo bajo (**Tabla N° 13-5**).

Por otra parte, comparando los sectores, el sector de Tilopozo presenta la mayor riqueza de aves, con 43 especies registradas (mayormente especies asociadas a ambientes terrestres). Les siguen en riqueza el sector de Peine, con 26 especies registradas, y La Punta y La Brava, con 23 especies, la mayoría correspondientes a especies asociadas a ambientes acuáticos (**Tabla N° 13-5**).

13.2.3.4 Mamíferos

Del total de 74 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante las campañas, 16 de ellas corresponden a mamíferos (21,6%), las que se distribuyen en seis órdenes y 10 familias (**Tabla N° 13-5**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, 11 (68,8%) se encuentran en categoría de conservación. Las cinco especies consideradas "*bajo amenaza*" corresponden a la chinchilla cordillerana (*Chinchilla chinchilla*), catalogada como En peligro crítico; el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), clasificadas en categoría Vulnerable, y el puma (*Puma concolor*) junto con el murciélago de atacama (*Myotis atacamensis*), clasificados en categoría Casi amenazada. Las seis especies catalogadas *"sin amenaza"* en su estado de conservación, en tanto, corresponden al zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), zorro chilla (*Lycalopex griseus*), tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y lauchita de pie sedoso (*Eligmodontia puerulus*), clasificados en categoría Preocupación menor, y al ratón andino (*Abrothrix andina*) junto a *Phyllotis* sp., ambos clasificados en categoría Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 13-5**).

En cuanto a su origen, 13 especies son nativas, y las tres especies restantes son introducidas (el perro, la cabra y el burro). Por otro lado, sólo una especie se considera especialista de hábitat: la chinchilla cordillerana, que habita roqueríos. De las 16 especies de mamíferos registradas, 10 especies se consideran de alta movilidad, otras cinco especies con movilidad media, y una especie con movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama).

Finalmente, en cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, una especie presenta riesgo alto (la chinchilla cordillerana), cuatro especies presentan un riesgo medio (el guanaco, la vicuña y el tuco-tuco de Atacama), otras siete especies un riesgo bajo, y para las especies introducidas y/o domesticadas, en tanto, no es aplicable el índice de riesgo (**Tabla N° 13-5**).

Por otra parte, comparando los sectores, Tilopozo presenta la mayor riqueza, con 14 especies, seguido de Peine, con siete especies. La menor riqueza, en tanto, se presenta en el sector de La Punta y La Brava, con sólo tres especies registradas (**Tabla N° 13-5**).

13.2.4 Composición por ambiente

En el caso de los anfibios, la única especie de la clase que fue registrada durante la realización de las campañas de monitoreo (el sapo espinoso), se detectó en el ambiente humedal pajonal del sector de Tilopozo, registrándose por única vez en la campaña de verano 2018 (**Tabla N° 13-6**).

Para los reptiles, de las dos especies detectadas en las campañas, la lagartija de Fabián sólo se registra en el ambiente de humedal salar de los sectores La Punta y La Brava y Peine, en tanto que la lagartija de Constanza se encuentra en el humedal pajonal de Tilopozo, y en los ambientes terrestres de Peine (matorral) y Tilopozo (herbazal, matorral y quebrada). Por su parte, en el restante ambiente terrestre de Tilopozo (área desprovista de vegetación costra salar), no se registra ninguna especie (**Tabla N° 13-6**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes de humedal: el mayor número de especies registrado corresponde al humedal pajonal de Tilopozo, con 38 especies detectadas (con 11 especies asociadas a ambientes acuáticos), seguido por los registros de 23 especies en humedal salar de La Punta y La Brava (con 18 especies asociadas a ambientes acuáticos), 15 especies en el humedal salar de Peine (con 13 especies asociadas a ambientes acuáticos), al igual que en el matorral de Tilopozo. A estos registros de riqueza, le siguen el ambiente de matorral de Peine con 13 especies registradas (con dos especies asociadas a ambientes acuáticos), y la quebrada de Tilopozo con ocho especies detectadas (todas terrestres). Por otra parte, se registraron tres especies de aves en el ambiente de herbazal de Tilopozo, y solo una en área desprovista de vegetación costra salar (**Tabla N° 13-6**).

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes terrestres, ya que se registran 10 especies en el matorral de Tilopozo, al igual que en el humedal pajonal de Tilopozo, siete especies en el matorral de Peine y en el herbazal de Tilopozo, cinco especies en la quebrada de Tilopozo y tres especies en humedal salar de la Punta y La Brava. La menor riqueza, en tanto, se encuentra en los ambientes de humedal salar de Peine y área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo, registrándose en ellos sólo una especie (**Tabla N° 13-6**).

Agrupando las cuatro clases de vertebrados registradas en el total de las campañas, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal pajonal del sector Tilopozo, con 50 especies registradas en total (un anfibio, un reptil, 38 aves y 10 mamíferos), lo que representa un 64,7% de toda la fauna registrada en las campañas de monitoreo, seguido por el matorral de Tilopozo, con 26 especies (un reptil, 15 aves y 10 mamíferos), el humedal salar de La Punta y La Brava, con 27 especies (un reptil, 23 aves y tres mamíferos) y el matorral de Peine, con 21 especies. A continuación, se encuentran los ambientes de humedal salar de Peine (17 especies), quebrada de Tilopozo (14 especies), el herbazal (11 especies), y finalmente el ambiente área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo (dos especies), el cual presenta la menor riqueza acumulada en las campañas (**Tabla N° 13-6**).

En general, los ambientes de menor riqueza presentan un subconjunto de las especies identificadas en los ambientes con mayor riqueza, sin registrar especies con presencia en solo un ambiente.

Tabla N° 13-6. Especies de fauna registradas por ambiente. Total acumulado en 20 campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2026.
Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.

CLASE	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta y La Brava	Peine		Tilopozo				
Nombre Común	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita-Interna*)	Matorral	ADV Costra Salar	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
AMPHIBIA								
Sapo Espinoso						X		
TOTAL RIQUEZA AMPHIBIA	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**
REPTILIA								
Lagartija de Constanza			X		X	X	X	X
Lagartija de Fabián	X	X						
TOTAL RIQUEZA REPTILIA	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**
AVES								
Vari ceniciento			X			X	X	
Águila			X					
Aguilucho de la puna						X		
Aguilucho común	X		X			X	X	
Peuco						X		
Pato jergón chico	X	X				X		
Pato juarjual	X	X				X		
Pato gargantillo						X		
Piuquén	X							
Chorlo de la puna	X	X						

CLASE / Nombre Común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta y La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita-Interna*)	Matorral	ADV Costra Salar	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
Chorlo de campo						X		
Gaviota Andina	X	X	X	X				
Caití	X	X						
Playero de Baird	X	X				X		
Pollito de mar tricolor	X	X						
Pitotoy chico	X	X				X		
Tortolita de la puna			X			X	X	
Tortolita cordillerana						X		
Tórtola					X	X	X	
Halcón perdiguero						X	X	
Halcón peregrino						X		
Cernícalo						X		
Carancho cordillerano						X		
Tagua andina	X	X						
Tagua cornuda	X							
Tagua gigante	X							
Tagüita del norte						X		
Churrete acanelado						X		
Minero común			X			X	X	
Minero grande								X
Minero chico			X			X	X	X
Minero de la Puna						X	X	X
Minero cordillerano			X				X	
Tijeral común					X			X
Bandurrilla común						X		
Golondrina bermeja	X					X		
Golondrina de dorso negro	X	X	X			X	X	
Bailarín chico común	X					X	X	
Chirihue verdoso			X		X	X	X	
Mero de Tarapacá			X			X		
Mero gaucho						X	X	X
Mero de la puna						X		
Colegial del norte	X	X				X		
Dormilona cenicienta			X			X		X
Dormilona chica	X		X			X	X	X
Dormilona de nuca rojiza							X	X

CLASE	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta y La Brava	Peine		Tilopozo				
Nombre Común	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita-Interna*)	Matorral	ADV Costra Salar	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
Cazamoscas tijereta						X		
Garza grande	X					X		
Garza azul		X				X		
Huairavo						X		
Cuervo del pantano de la puna						X		
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
Blanquillo	X							
TOTAL RIQUEZA AVES	**23**	**15**	**13**	**1**	**3**	**38**	**15**	**8**
MAMMALIA								
Cabra						X		
Llama					X	X	X	
Guanaco					X	X	X	
Vicuña	X							
Perro						X	X	
Zorro culpeo	X	X	X		X	X	X	X
Zorro chilla							X	
Puma			X					X
Murciélago de Atacama						X		
Yaca del norte			X					
Burro			X		X	X	X	
Chinchilla cordillerana o de cola corta								X
Ratón andino			X		X	X	X	X
Lauchita de pie sedoso							X	
Ratón orejudo	X		X	X	X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X		X	X	X	
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA	**3**	**1**	**7**	**1**	**7**	**10**	**10**	**5**
TOTAL POR AMBIENTE	**27**	**17**	**21**	**2**	**11**	**50**	**26**	**14**

Nota: el orden en el listado de las especies sigue a la Tabla N° 13-5.

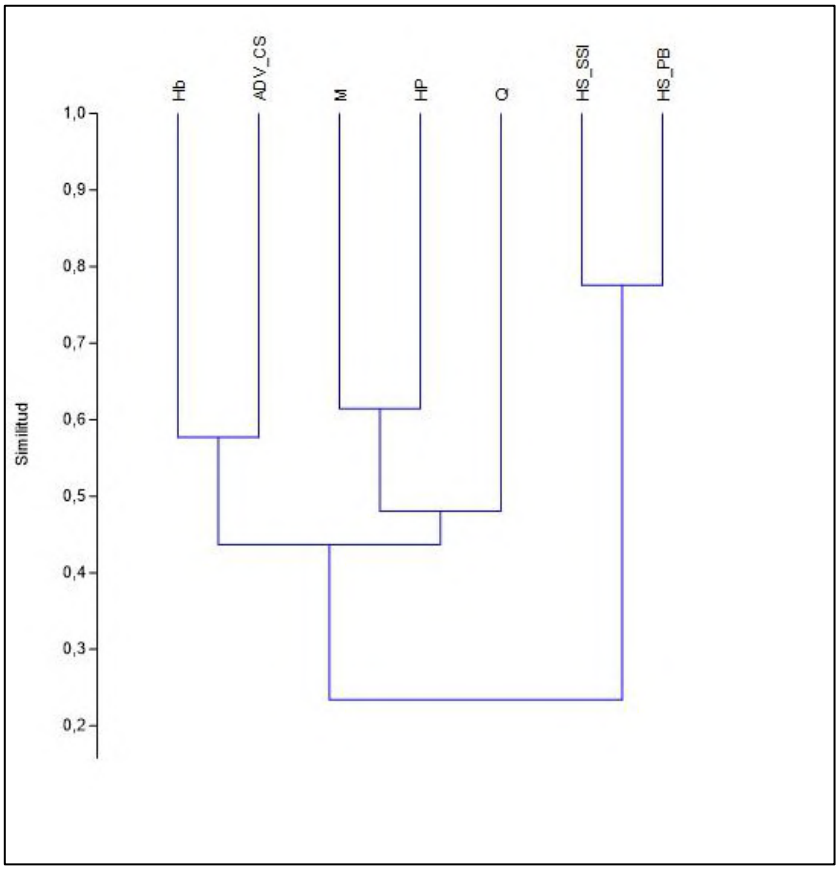
Fuente: Elaboración Propia.

13.2.5 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla N° 13-6** (el que agrupa las 20 campañas de monitoreo), se obtiene el fenograma acumulado de similitud de fauna (**Figura N° 13-6**).

Según los resultados de similitud, se forman dos grandes agrupaciones: los dos sistemas acuáticos de humedal salar y el humedal pajonal con los restantes ambientes terrestres. Los ambientes de humedal salar, correspondientes a La Punta y La Brava, por una parte, y a las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna) por otra, resultaron ser los más similares en el total de campañas, agrupándose a una similitud cercana al 77%, par al que se asocian los restantes ambientes a una similitud de 25%. Por su parte, en el otro gran grupo, el ambiente de quebrada se asocia al par matorral-humedal pajonal a una similitud aproximada de 48%, y luego se unen al par herbazal-ADV costra salar a un 44% de similitud (**Figura N° 13-6**).

Figura N° 13-6. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes (campañas integradas de invierno 2016 a verano 202).



Abreviaturas de ambientes: ADV_CS: área desprovista de vegetación costra salar; **Hb**: herbazal; **HP**: humedal pajonal; **HS_PB:** humedal salar La Punta y la Brava; **HS_SSI:** humedal salar Salada, Saladita e Interna; **M:** matorral; **Q**: quebrada.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa, la mayor similitud se encuentra entre los ambientes de los dos sistemas de humedal salar (La Punta y La Brava, por una parte, y lagunas Salada, Saladita e Interna, por otra), y la explicación de su similitud está en la mayor riqueza compartida de su fauna de aves acuáticas. La otra agrupación de mayor similitud es entre el humedal pajonal, matorral y el herbazal, a los que se agrupan luego las quebradas. Estos cinco ambientes (mayoritariamente terrestres) poseen una composición de especies bastante similar (y probablemente asociado a mayores riquezas de mamíferos), básicamente porque en todos ellos debiera haber una cobertura vegetal relativamente similar, ofreciendo recurso alimenticio y refugio a la fauna de vertebrados. La única agrupación no esperada es el de ADV costra salar, la que a pesar de ser el ambiente con muy baja riqueza (sólo dos especies), se agrupa al ambiente de herbazal.

Es importante señalar, que el análisis estadístico específico utilizado para agrupar posee un sesgo, al darle una importancia desmedida al hecho de compartir al menos una especie (destaca la composición sobre la riqueza). En términos específicos, el registro de un ejemplar poco frecuente y no esperado, en un ambiente que no le ofrece alimento o refugio, probablemente se deba a que es un ejemplar sólo de paso (no residente). En términos biológicos, estos datos inusuales se clasifican como “outliers”, y no se consideran o se ponderan de acuerdo con sus características (pudiendo efectivamente omitirse de los datos “normales”), de ahí la necesidad de la cautela que debe considerarse al analizar el dendrograma. Esto es lo que explica la agrupación no esperada entre el ADV costra salar y el herbazal, determinada porque el ADV posee sólo dos especies, una de las cuales (el lauchón orejudo) es compartida con el ambiente de herbazal.

Al analizar los registros de presencia y abundancia de las especies, separados por ambientes, hay que considerar que los resultados son generales y que se deben considerar con cautela, por varias razones: a) muchas especies de fauna utilizan varios ambientes, por lo que éstos no son excluyentes; b) la presencia de una especie en un ambiente indica obviamente su uso, pero su ausencia no necesariamente implica que la especie no usa dicho ambiente (es probable que aún no se ha registrado la especie); c) para especies escasas y/o de gran movilidad, es muy probable que dada la baja cantidad de registros, éstos no den cuenta del uso total de ambientes por dichas especies; y d) el grado de división de los ambientes puede sesgar la validez de las extrapolaciones: mientras más divisiones de ambientes se hagan, los resultados son menos generales y deben ser más cautelosos.

13.2.6 Abundancia y frecuencia (comparación entre campañas)

En el caso de la única especie de anfibio, ésta fue registrada sólo en verano 2018, con un ejemplar detectado en un punto de muestreo (FT1a), en el sector Tilopozo (100% de abundancia y 4% de frecuencia; **Anexos Fauna 1.8 y 1.9**). Lo anterior se podría explicar por la baja frecuencia de la especie (en un solo punto de muestreo), y que en general, es más probable registrarla en verano, estando menos activa en invierno.

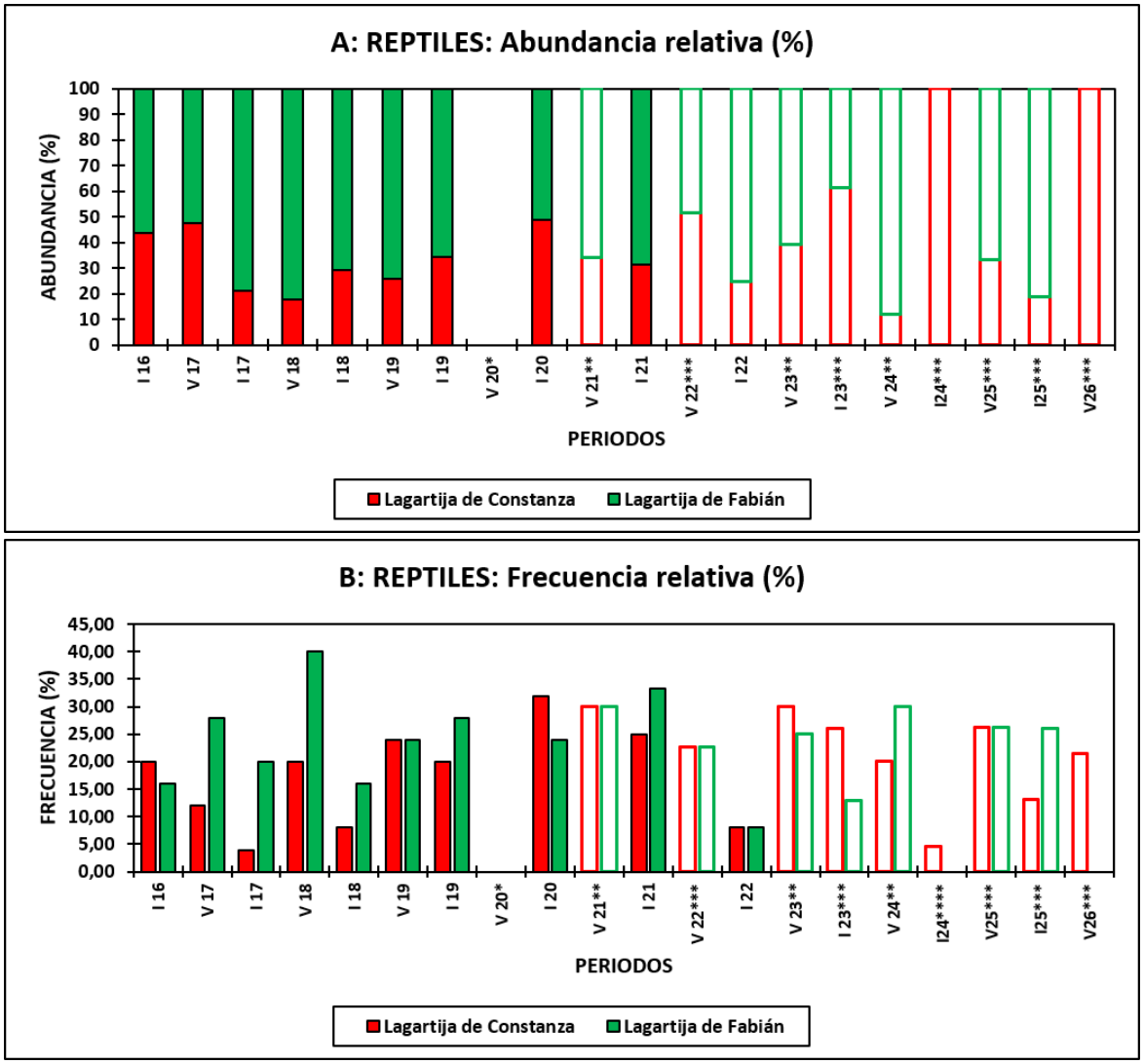
En el caso de las dos especies de reptiles, la abundancia absoluta total fue mayor en verano 2024 (con 49 ejemplares) y menor en invierno 2024 (con sólo un individuo; **Anexo Fauna 1.8**).

En toda el área de estudio, en todas las campañas (excepto verano 2022 e inviernos 2023 y 2024), la especie más abundante fue la lagartija de Fabián, la que varió entre ninguno (invierno 2024) a 43 ejemplares avistados (0,0% a 87,8% de abundancia relativa), mientras que la lagartija de Constanza representó entre 17,6% a un 100,0%, con uno a 20 individuos (**Figura N° 13-7, A, Anexo Fauna 1.8**).

En el caso de la frecuencia, el patrón se mantiene, ya que la lagartija de Fabián fue la más frecuente, registrada entre ninguno a 10 de los 25 puntos de muestreo (lo que representa entre un 0% a un 40% de frecuencia relativa), mientras que la lagartija de Constanza tuvo entre un 4% a un 32% de frecuencia (**Figura N° 13-7, B**; variando en su registro entre uno a ocho puntos de muestreo; **Anexo Fauna 1.8**).

Cabe destacar que, en los veranos de 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026, no se muestreó las lagunas de Peine, donde es frecuente la lagartija de Fabián, mientras que en verano 2022 e inviernos 2023, 2024 y 2025, el muestreo de dichas lagunas fue incompleto, lo cual explicaría algunos cambios de abundancia relativa.

Figura N° 13-7. Abundancia (A) y Frecuencia (B) de los reptiles registrados en el monitoreo (invierno 2016 a verano 2026), en toda el área de estudio.



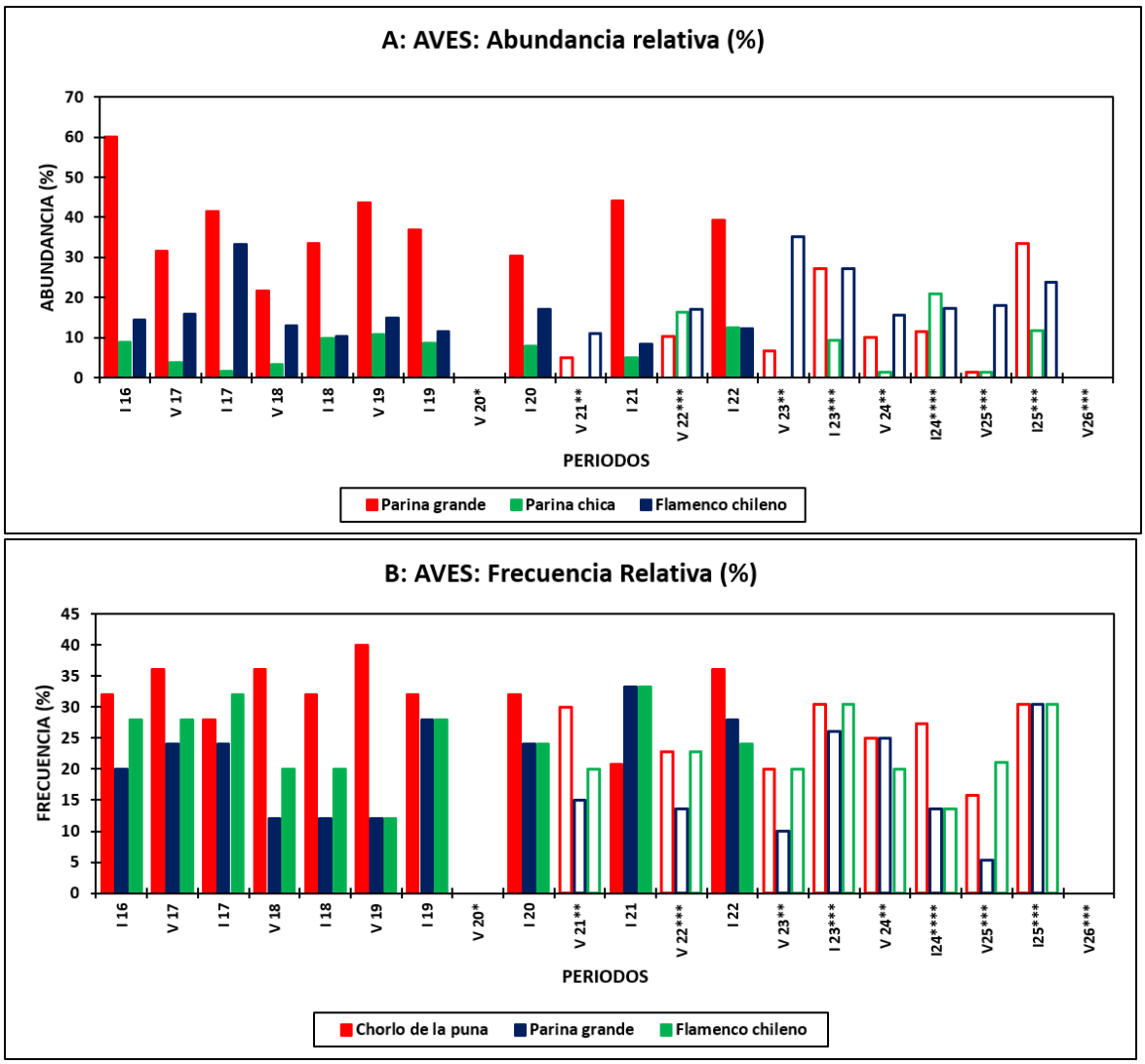
(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) en las campañas de verano 2021, 2023 y 2024 se efectuaron 20 de los 25 puntos de muestreo. (***) en las campañas de verano 2022 e inviernos 2023 y 2024 se efectuaron 22 de los 25 puntos de muestreo. En verano 2025 se efectuaron 19 puntos. En invierno 2025 se efectuaron 23 puntos. En verano 2026 se efectuaron 14 puntos.
Campaña = I 16: Invierno 2016; **V 17:** Verano 2017; **I 17:** Invierno 2017; **V 18:** Verano 2018; **I 18:** Invierno 2018; **V 19:** Verano 2019; **I 19:** Invierno 2019; **V 20:** Verano 2020; **I 20:** Invierno 2020; **V 21:** Verano 2021; **I 21:** Invierno 2021; **V 22:** Verano 2022; **I 22:** Invierno 2022; **V 23:** Verano 2023; **I 23**: Invierno 2023; **V24**: Verano 2024; **I24**: invierno 2024; **V25:** verano 2025; **I25:** invierno 2025; **V26:** verano 2026.
Fuente: Elaboración Propia

En relación con las aves registradas (y considerando toda el área de estudio), la abundancia absoluta total fue mayor en invierno 2021 (con 806 ejemplares), y menor en verano 2026 (con sólo nueve individuos), por lo que estos dos periodos de monitoreo se asocian a los extremos de abundancias (recordar de nuevo el muestreo no efectuado en las lagunas de Peine (en veranos de 2021, 2023, 2024, 2025 y sobre todo 2026), que generalmente muestra los mayores valores de abundancia. De las especies más

abundantes (y excluyendo del análisis los valores incompletos de verano 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026, así como inviernos 2023, 2024 y 2025), destaca la parina grande, con la mayor abundancia absoluta (356 ejemplares en invierno 2021, **Anexo Fauna 1.8**) y mayor abundancia relativa (59,9% en invierno 2016, **Figura N° 13-8 A**, **Anexo Fauna 1.8**) y un mínimo de 92 individuos (31,7% en verano 2017), seguida por el flamenco chileno (máximo de 125 individuos, con un 33,2% en invierno 2017, y mínimo de 46 ejemplares, con un 10,3% en invierno 2018; **Figura N° 13-8 A**, **Anexo Fauna 1.8**). La tercera especie más abundante, la parina chica, alcanza un máximo de 10,8%, en verano 2019 (**Figura N° 13-8 A**, **Anexo Fauna 1.8**).

En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el chorlo de la Puna (entre cuatro a 10 puntos, variando entre un 28% a un 40% de frecuencia), el flamenco chileno (12% a 32%), la parina grande (12% a 28%; **Figura N° 13-8, B**), el caití (5% a 28%), el playero de Baird (8% a 40%), el pollito de mar (4% a 28%) y la gaviota andina (4% a 24%, aunque con periodos sin registro), mientras que el resto de las especies son poco frecuentes, variando entre uno a cinco puntos (4% a 20% de frecuencia; detalles en **Anexo Fauna 1.9**). Por otra parte, para veranos 2021 a 2026 e inviernos 2023 a 2025, por las razones ya indicadas de muestreo incompleto, los valores de abundancia (sobre todo, aves totales y flamencos) no son comparables.

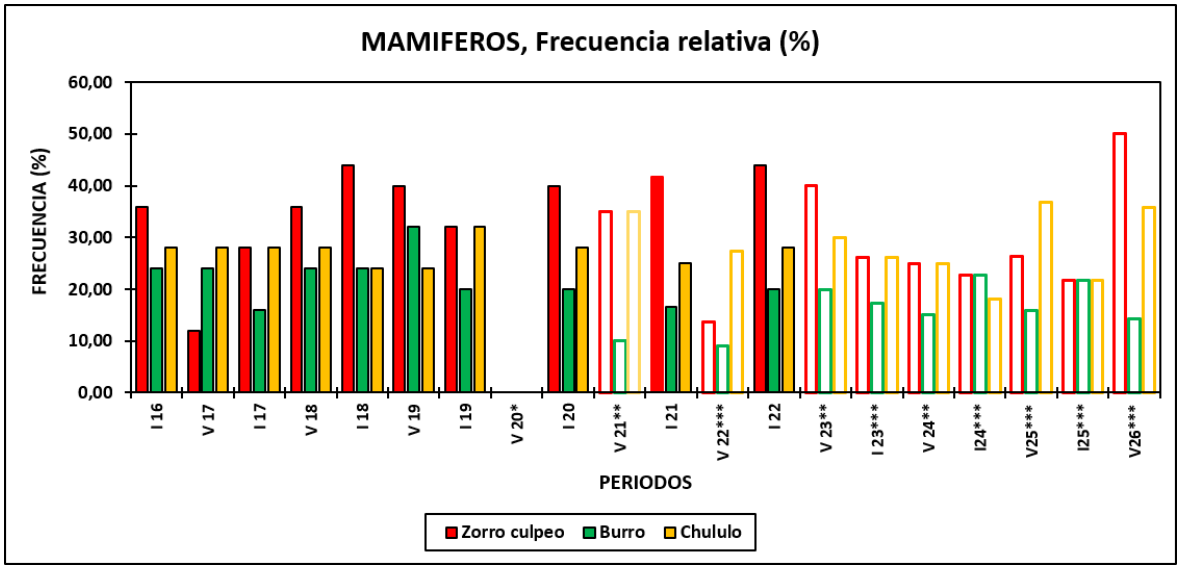
Figura N° 13-8. Abundancia (A) y Frecuencia relativas para las aves registradas en el monitoreo (invierno 2016 a verano 2026) en toda el área de estudio. Se muestran sólo las tres especies más abundantes y frecuentes.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) en las campañas de verano 2021, 2023 y 2024 se efectuaron 20 de los 25 puntos de muestreo. (***) en las campañas de verano 2022 e inviernos 2023 y 2024 se efectuaron 22 de los 25 puntos de muestreo. En verano 2025 se efectuaron 19 puntos. En invierno 2025 se efectuaron 23 puntos. En verano 2026 se efectuaron 14 puntos.
Campaña = I 16: Invierno 2016; **V 17:** Verano 2017; **I 17:** Invierno 2017; **V 18:** Verano 2018; **I 18:** Invierno 2018; **V 19:** Verano 2019; **I 19:** Invierno 2019; **V 20:** Verano 2020; **I 20:** Invierno 2020; **V 21:** Verano 2021; **I 21:** Invierno 2021; **V 22:** Verano 2022; **I 22:** Invierno 2022; **V 23:** Verano 2023; **I 23**: Invierno 2023; **V24**: Verano 2024; **I24**: invierno 2024; **V25:** verano 2025; **I25:** invierno 2025; **V26:** verano 2026.
Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de los macromamíferos (y considerando toda el área de estudio), la especie más abundante fue el zorro culpeo, de la cual se observó un máximo de 11 individuos en nueve puntos de muestreo en verano 2018, además de un registro indirecto, y un mínimo de tres ejemplares en tres puntos en verano 2017, por lo que su frecuencia varía desde 12% a 44% (**Figura N° 13-9**). Le siguen el burro, con un máximo de ocho ejemplares registrados en un punto, además de cinco puntos con registros indirectos (en las campañas de invierno 2016, verano 2017 y verano 2018), lo que representa un 24% de frecuencia, además de un máximo de 32% de frecuencia en verano 2019 y un mínimo de 9,1% en verano 2022 (**Figura N° 13-9**). El chululo ó tuco-tuco de Atacama presenta un máximo de abundancia de ocho individuos registrados en siete puntos en verano 2018, además del registro mayoritario por evidencia indirecta (cuevas activas) en siete puntos (en invierno 2016), por lo que tiene una frecuencia máxima de 36,8% (**Figura N° 13-9**). En el caso del puma, se registró sólo una evidencia indirecta en un punto de muestreo en verano 2018 y en verano 2026 (4% y 7,1% de frecuencia, respectivamente; **Anexos Fauna 1.8 y 1.9**). En general, los valores de abundancia y frecuencia de los macromamíferos de las últimas dos campañas (invierno 2025 y verano 2026), están dentro del rango de todo el monitoreo.

Figura N° 13-9. Frecuencia relativa de las tres especies más frecuentes de megamamíferos en el periodo de monitoreo (invierno 2016 a verano 2026), en toda el área de estudio.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) en las campañas de verano 2021, 2023 y 2024 se efectuaron 20 de los 25 puntos de muestreo. (***) en las campañas de verano 2022 e inviernos 2023 y 2024 se efectuaron 22 de los 25 puntos de muestreo. En verano 2025 se efectuaron 19 puntos. En invierno 2025 se efectuaron 23 puntos. En verano 2026 se efectuaron 14 puntos.
Campaña = I 16: Invierno 2016; **V 17:** Verano 2017; **I 17:** Invierno 2017; **V 18:** Verano 2018; **I 18:** Invierno 2018; **V 19:** Verano 2019; **I 19:** Invierno 2019; **V 20:** Verano 2020; **I 20:** Invierno 2020; **V 21:** Verano 2021; **I 21:** Invierno 2021; **V 22:** Verano 2022; **I 22:** Invierno 2022; **V 23:** Verano 2023; **I 23**: Invierno 2023; **V24**: Verano 2024; **I24**: invierno 2024; **V25:** verano 2025; **I25:** invierno 2025; **V26:** verano 2026.
Fuente: Elaboración Propia.

13.2.7 Abundancia por ambiente (densidad, comparación entre campañas)

En un análisis global, comparando las 20 campañas realizadas, y en cuanto a la abundancia relativa por ambiente (estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentan la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal (máximo de 4,5 individuos/transecto en invierno 2019 e invierno 2020), seguido por el humedal salar (con 0,0 a 7,2 individuos/transecto, en invierno 2024 y verano 2024, respectivamente), la quebrada (máximo de 3,0 ind/transecto, en invierno 2020), el herbazal (máximo 2,5 ind/transecto, en verano 2021) y el matorral (con máximo de 1,6 individuos/transecto, en verano 2023), mientras que el ambiente de ADV costra salar no ha registrado ejemplares (**Tabla N° 13-7**).

En el caso de las aves, y para todas las campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 9,0 individuos/transecto en verano 2025 (con restricciones de acceso) a 53,5 ind/transecto en invierno 2021; seguido por el matorral (máximo de 27,5 ind/transecto, en invierno 2021), el humedal pajonal, variando entre 3,0 ind/transecto (en invierno 2016, invierno 2017 y verano 2017) a 18,0 ind/transecto (invierno 2019), y la quebrada (máximo de 15,0 ind/transecto, en verano 2017). Los ambientes con menor abundancia, en tanto, fueron el herbazal (máximo de 1,5 ind/transecto, en invierno 2016) y el área desprovista de vegetación costra salar, con sólo 1,0 ind/transecto (en invierno 2020 e invierno 2021; **Tabla N° 13-7**).

Para los macromamíferos, se comparó la abundancia y frecuencia relativa por especie, y dado que para esta clase las evidencias son muy diferentes (incluyendo registros indirectos), no es aplicable un análisis grupal.

Tabla N° 13-7. Abundancia relativa (ind/ transecto) de reptiles y aves, en cada ambiente, en las 20 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2026).

CLASE	AMBIENTE Y CAMPAÑA																																											
	Humedal salar (11)																				ADV costra salar (1)																									
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 18	V 19	I 19	V 20	I 20	V 21	I 21	V 22	I 22	V 23	I 23	V 24	I 24	V 25	I 25	V 26	I 16	V 17	I 17	V 18	I 18	V 19	I 19	V 20	I 20	V 21	I 21	V 22	I 22	V 23	I 23	V 24	I 24	V 25	I 25	V 26
REPTILIA	0,8	1,0	1,4	2,5	1,1	2,4	2,1	-	1,9	4,2	1,2	1,9	0,5	3,8	0,6	7,2	0,0	3,0	1,3	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AVES	38,7	24,5	33,6	34,2	32,9	39,5	44,2	-	33,2	22,3	53,5	13,3	38,4	15,0	35,6	21,2	15.0	9,0	27,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

CLASE	AMBIENTE Y CAMPAÑA																																											
	Herbazal (2)																				Humedal pajonal (2)																									
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 18	V 19	I 19	V 20	I 20	V 21	I 21	V 22	I 22	V 23	I 23	V 24	I 24	V 25	I 25	V 26	I 16	V 17	I 17	V 18	I 18	V 19	I 19	V 20	I 20	V 21	I 21	V 22	I 22	V 23	I 23	V 24	I 24	V 25	I 25	V 26
REPTILIA	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	-	1,0	2,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	2,0	4,0	2,0	1,0	2,5	2,5	4,5	-	4,5	2,0	0,0	2,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0	0,5	2,0
AVES	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	-	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,5	3,0	3,0	3,0	13,0	3,5	6,0	18,0	-	8,5	5,0	4,0	4,5	4,0	7,0	14,5	5,5	6,5	8,5	10,5	4,0

CLASE	AMBIENTE Y CAMPAÑA																																											
	Matorral (8)																				Quebrada (1)																									
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 18	V 19	I 19	V 20	I 20	V 21	I 21	V 22	I 22	V 23	I 23	V 24	I 24	V 25	I 25	V 26	I 16	V 17	I 17	V 18	I 18	V 19	I 19	V 20	I 20	V 21	I 21	V 22	I 22	V 23	I 23	V 24	I 24	V 25	I 25	V 26
REPTILIA	0,1	0,3	0,0	0,4	0,0	0,5	0,4	-	0,8	0,4	0,6	1,4	0,1	1,6	0,5	0,6	0,0	0,0	0,1	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
AVES	0,1	0,1	0,0	13,5	18,0	1,4	6,6	-	0,6	6,5	27,5	0,3	15,9	0,3	0,4	0,3	0,5	0,0	0,3	0,1	1,0	15,0	0,0	10,0	1,0	6,0	0,0	-	3,0	3,0	5,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) en las campañas de verano 2021, 2023 y 2024 se efectuaron 20 de los 25 puntos de muestreo. (***) en las campañas de verano 2022 e inviernos 2023 y 2024 se efectuaron 22 de los 25 puntos de muestreo. En verano 2025 se efectuaron 19 puntos. En invierno 2025 se efectuaron 23 puntos. En verano 2026 se efectuaron 14 puntos.
Nota: entre paréntesis, se indica el número de transectos realizados por cada ambiente.
Campaña = I 16: Invierno 2016; **V 17:** Verano 2017; **I 17:** Invierno 2017; **V 18:** Verano 2018; **I 18:** Invierno 2018; **V 19:** Verano 2019; **I 19:** Invierno 2019; ; **V 20:** Verano 2020; **I 120:** Invierno 2020; ; **V 21:** Verano 2021; **I 21:** Invierno 2021; **V 22:** Verano 2022: **I 22:** Invierno 2022; **V 23:** Verano 2023; **I 23:** Invierno 2023; **V 24:** Verano 2024; **I24:** Invierno 2024; **V25:** Verano 2025; **I25:** Invierno 2025; **V26:** Verano 2026.
Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, en el caso de los micromamíferos trampeados, y para el total de campañas, de las cuatro especies registradas, el ratón orejudo amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en los seis ambientes, y con un IDR que varió (en las campañas en que se encontró, con uno a 12 ejemplares), entre 0,8% (en varios ambientes y campañas) a 13,3% (en la quebrada, en verano 2021). En cambio, el ratón andino fue registrado en cuatro ambientes, variando entre un IDR de 0,8% (en tres ambientes y cinco campañas) a un 21,7% (en el ambiente de humedal pajonal en invierno 2019; **Tabla N° 13-8**). La yaca del norte y la lauchita de pie sedoso se registraron en la campaña de verano 2019, ambas con un ejemplar capturado en el ambiente de matorral, con un IDR de 0,8%, además de un ejemplar de la yaca del norte en matorral, en invierno 2019 (**Tabla N° 13-8**).

Comparando la abundancia relativa total de las dos especies de micromamíferos más abundantes entre las campañas, prácticamente no hay diferencia de abundancia en verano e invierno, ya que ambas especies presentan alta variación. Lo anterior se verifica comparando los rangos, sobre todo para el ratón orejudo amarillo, cuyo rango de los veranos es muy similar (0,8% a 13,3%) al de los inviernos (0,8% a 11,7%). Para el ratón andino, en cambio, el IDR varía entre 0,8% a 21,7% (en invierno), y de 0,8% a 13,3% (en verano; **Tabla N° 13-8**).

Tabla N° 13-8. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2026.

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%) POR CAMPAÑA												
	AMBIENTES											
	HS		ADV_CS		Hb		HP		M		Q	
Nombre común	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR
INVIERNO 2016												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**1,7**	2/120	**0,8**	1/120	**3,3**	2/60
Ratón orejudo	**3,3**	2/60	**0,0**	0/60	**0,8**	1/120	**2,5**	3/120	**1,7**	2/120	**11,7**	7/60
VERANO 2017												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**0,8**	1/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**3,3**	4/120	**3,3**	4/120	**9,2**	11/120	**6,7**	4/60
INVIERNO 2017												
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**2,5**	3/120	**1,7**	2/120	**3,3**	2/60
VERANO 2018												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,8**	1/120	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**5,0**	3/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**6,7**	4/60	**0,8**	1/120	**0,8**	1/120	**2,5**	3/120	**6,7**	4/60
INVIERNO 2018												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**2,5**	3/120	**1,7**	2/120	**0,8**	1/120	**5,0**	3/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**1,7**	2/120	**0,8**	1/120	**1,7**	1/60
VERANO 2019												
Yaca del norte	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**13,3**	16/120	**10,0**	12/120	**1,7**	1/60
Lauchita de pie sedoso	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**3,3**	4/120	**1,7**	2/120	**10,0**	12/120	**1,7**	1/60
INVIERNO 2019												

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%) POR CAMPAÑA												
	AMBIENTES											
	HS		ADV_CS		Hb		HP		M		Q	
Nombre común	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR
Yaca del norte	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**21,7**	26/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**3,3**	4/120	**2,5**	3/120	**1,7**	2/120	**3,3**	2/60
VERANO 2020*												
-	**-**	-	**-**	-	**-**	-	**-**	-	**-**	-	**-**	-
INVIERNO 2020												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	1/60	**2,5**	3/120	**0,0**	0/180	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	1/60	**2,5**	3/120	**3,9**	7/180	**0,0**	0/60
VERANO 2021												
Ratón andino	**0,0**	0/30	**0,0**	0/30	**0,0**	0/60	**11,7**	7/60	**0,0**	0/60	**3,3**	1/30
Ratón orejudo	**0,0**	0/30	**0,0**	0/30	**1,7**	1/60	**0,0**	0/60	**1,7**	1/60	**13,3**	4/30
INVIERNO 2021												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**0,0**	0/180	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**3,3**	2/60	**0,8**	1/120	**1,7**	3/180	**0,0**	0/60
VERANO 2022												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**4,2**	5/120	**0,0**	0/120	**3,3**	2/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**5,8**	7/120	**0,8**	1/120	**1,7**	1/60
INVIERNO 2022												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,8**	1/120	**5,8**	7/120	**0,0**	0/120	**0,0**	0/60
VERANO 2023												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**5,0**	6/120	**3,3**	4/120	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**0,0**	0/60	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**0,8**	1/120	**1,7**	1/60
INVIERNO 2023												

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%) POR CAMPAÑA												
	AMBIENTES											
	HS		ADV_CS		Hb		HP		M		Q	
Nombre común	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR
Ratón andino	**0,0**	0/20	**0,0**	0/20	**0,0**	0/40	**7,5**	3/40	**2,5**	1/40	**5,0**	1/20
Ratón orejudo	**0,0**	0/20	**0,0**	0/20	**2,5**	1/40	**5,0**	2/40	**7,5**	3/40	**0,0**	0/20
VERANO 2024												
Yaca del norte	**0,0**	0/60	**-**	-	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**0,83**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón andino	**0,0**	0/60	**-**	-	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**4,17**	5/120	**3,3**	2/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**-**	-	**1,7**	2/120	**0,0**	0/120	**8,33**	10/120	**1,7**	1/60
INVIERNO 2024												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**-**	-	**0,0**	0/120	**1,7**	2/120	**0,0**	0/120	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**-**	-	**2,5**	3/120	**0,0**	0/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
VERANO 2024												
Ratón andino	**0,0**	0/60	**-**	-	**0,0**	0/120	**0,0**	0/120	**0,8**	1/120	**0,0**	0/60
Ratón orejudo	**0,0**	0/60	**-**	-	**0,0**	0/120	**2,5**	3/120	**4,2**	5/120	**3,3**	2/60
INVIERNO 2025												
Ratón andino	**0**	0 / 60	**-**	-	**0**	0 / 60	**0,8**	1 / 120	**0**	0 / 120	**0**	0 / 60
Ratón orejudo	**0**	0 / 60	**-**	-	**0**	0 / 60	**0**	0 / 120	**2,5**	3 / 120	**3,3**	2 / 60
VERANO 2025												
Ratón andino	**0,0**	0 / 60	**-**	-	**0,0**	0 / 120	**0,0**	0 / 120	**0,8**	1 / 120	**0,0**	0 / 60
Ratón orejudo	**0,0**	0 / 60	**-**	-	**0,0**	0 / 120	**2,5**	3 / 120	**4,2**	5 / 120	**3,3**	2 / 60
VERANO 2026												
Ratón andino	**-**	-	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**0,0**	0 /120	**0,0**	0 / 120	**6,7**	4/60
Ratón orejudo	**-**	-	**0,0**	0/60	**1,7**	2/120	**0,8**	1/120	**2,5**	3 / 120	**0,0**	0/60

(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.
Donde: **IDR** = (Nº Individuos / trampa-noche) *100; **N / TR** = Nº Individuos totales trampeados / Nº Trampas-noche. **AMBIENTES: HS:** Humedal salar; **ADV_CS**: área desprovista de vegetación costra salina; **HB**: herbazal; **HP**: humedal pajonal; **M:** matorral; **Q**: quebrada.
Fuente: Elaboración Propia.

13.2.8 Evolución de Fauna Vertebrados Terrestres

En la línea de base del proyecto, se establecieron diferentes escalas de comparación (tanto en riqueza y composición como en abundancia), y como controles a comparar se estableció el **total acumulado de varias campañas** (entre 2006 a 2015). En particular, para comparar con las campañas de invierno, se consideró la última campaña histórica de línea de base de invierno realizada (julio 2014), antes del primer monitoreo PMB de invierno 2016; y para comparar con las campañas de verano, se consideró la última campaña histórica de línea de base de verano realizada (febrero 2015) antes del primer monitoreo PMB de verano realizado en 2017.

Si bien este informe anual presenta un enfoque estacional (comparativa entre veranos e inviernos), para efectos de fauna y del análisis de sus rangos históricos, se incorpora información de LdB de verano dado que en esta temporada se presentan datos que marcan máximos o mínimos históricos para algunos grupos de fauna, que de otra manera no se podría analizar integralmente, por ausencia de un parámetro de referencia (Ej. Anfibios).

De todas las campañas de Línea de Base, las de invierno 2014 y verano 2015 son las únicas posibles de comparar en términos de riqueza y abundancia (y en especial para las aves), mientras que el resto son comparables básicamente en la riqueza y composición de la fauna, pero siempre con la debida cautela, ya que no se incluyen los mismos ambientes y sectores que en este monitoreo).

Además, es necesario destacar que en la campaña de Línea de Base de verano 2015, los datos aparecen agrupados en sistemas lagunares, no pudiéndose separar en los sistemas de La Punta y La Brava y Peine (como sí está separado en la campaña de Línea de Base de invierno 2014, por lo que, a pesar de no ser de la misma estacionalidad, es la única disponible). De este modo, **para la abundancia de aves, primero se hace una comparación general de todas las lagunas** (con dos campañas de Línea de Base, invierno y verano), y luego se realizó una comparación más específica, separando los dos sectores: La Punta-La Brava y Peine, aunque con una sola campaña de Línea de Base (invierno 2014).

Finalmente, para el caso de los micromamíferos y reptiles, debido a la carencia de datos históricos cuantitativos comparables en el PMB, la comparación se realizó entre las campañas de monitoreo.

13.2.8.1 Riqueza y composición

En una primera escala gruesa de comparación, las 74 especies registradas en estas 20 campañas de monitoreo sobrepasan la riqueza acumulada de 62 especies observadas en varias campañas estacionales y de varios años (línea base del proyecto desde 2006 a verano 2015), detalladas en el PMB, 2015 (**Tabla N° 13-9**). En dicho informe, se registra un total acumulado de un anfibio, dos reptiles, 49 aves y 10 mamíferos, y, como era de

esperar, casi todas las especies registradas en las campañas de invierno 2016 a verano 2026 se incluyen dentro de las 62 especies del total acumulado. Del total de 74 especies observadas en el periodo de monitoreo de estos últimos 10 años (2016 a 2026), 27 especies no se habían registrado en el PMB (previo a 2015), y son:

- un anfibio: el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*),
- 21 aves: garza grande (*Ardea alba*), piuquén (*Oressochen melanopterus*), tagua andina (*Fulica ardesiaca*), tagua gigante (*Fulica gigantea*), tagua cornuda (*Fulica cornuta*), blanquillo (*Podiceps occipitalis*), garza azul (*Egretta caerulea*), churrete acanelado (*Cinclodes fuscus*), aguilucho de la puna (*Geranoaetus poecilochrous*), minero grande (*Geositta isabellina*), minero de la puna (*G. punensis*), dormilona cenicienta (*Muscisaxicola cinereus*), dormilona de frente roja *(M. rufivertex*), águila (*Geranoaetus melanoleucus*), minero cordillerano (*Geositta rufipennis*), tórtola cordillerana (*Metriopelia melanoptera*), peuco (*Parabuteo unicinctus*), pato gargantillo (*Anas bahamensis*), taguita del norte (*Gallinula galeata*), cuervo del pantano de la puna (*Plegadis ridgwayi*) y mero de la puna (*Agriornis albicauda*).
- cinco mamíferos: el puma (*Puma concolor*), la chinchilla cordillerana (*Chinchilla chinchilla*), el murciélago de Atacama (*Myotis atacamensis*), y dos especies domesticadas (el perro y la llama).

Todos estos casos corresponden al primer registro de estas especies para la zona, ya que no aparecen en ninguna de las campañas anteriores al PMB reportadas.

Es importante mencionar que, las campañas preliminares al monitoreo poseen diferentes esfuerzos de muestreo (una, dos o varias estaciones) y se realizan en distintas estaciones del año, por lo que la comparación no es equivalente, sino más bien una comparación general. En particular, comparado con el total acumulado con siete campañas de línea de base de RWL (desde junio de 2008 a febrero de 2015), el que corresponde a 45 especies (un anfibio, dos reptiles, 32 aves y 10 mamíferos, **Tabla N° 13-9**), la composición de especies de estas 20 campañas del PMB, desde agosto 2016 a abril 2026, es mayor (45 versus 74, respectivamente), variando la proporción básicamente para la clase aves (32 versus 55, con las 21 nuevas especies registradas a la fecha). La información de 2006 no corresponde a datos propios de la Línea de Base del Proyecto, sino que obedece a estudios más generales citados en el PMB (SQM 2006-2012 y MEL 2009), y su inclusión tuvo por objetivo complementar la riqueza y composición conocida de especies en el área de estudio, llegando con esta información a una riqueza total de 62 especies, pero que no se utilizan directamente para efectos comparativos de abundancia.

Tabla N° 13-9. Comparación de la riqueza de especies (por clase) entre las campañas de estudio de Línea Base, con las campañas de invierno 2016, verano e invierno 2017, 2018, 2019, invierno 2020, verano e invierno 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y verano 2026. (En toda el área de estudio).

CLASE	CAMPAÑAS																											
	LÍNEA BASE (PMB)						TOTAL ACUMULADO		ACTUAL																			
	Jun/Sep 2008	mar-10	sept-13	abr-14	jul-14	feb-15	Jun 08-Feb 15	+ Otros estudios (2006-2015)*	ago-16	mar-17	ago-17	abr-18	ago-18	abr-19	sept-19	ago-20	abr-21	sept-21	mar-22	ago-22	mar-23	oct-23	mar-24	ago-24	mar-25	ago-25	mar/abr-2026	Ago 2016-Mar 2026
Anfibios	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Reptiles	1	2	0	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2
Aves	12	6	21	14	10	10	32	49	15	19	17	27	21	21	18	22	21	19	10	16	15	15	17	18	13	20	5	55
Mamíferos	5	4	4	5	5	6	10	10	5	6	4	6	5	8	6	5	5	5	6	9	8	8	10	9	9	9	10	16
TOTAL	**18**	**12**	**26**	**21**	**17**	**17**	**45**	**62**	**22**	**27**	**23**	**36**	**28**	**31**	**26**	**29**	**28**	**26**	**18**	**27**	**25**	**25**	**29**	**28**	**24**	**31**	**16**	**74**

*Incluye además dos estudios adicionales (i.e. SQM 2006-2012 y MEL 2009), cuya información está contenida en PMB (2015). Nota: en verano 2020, no se pudo realizar el monitoreo, por la pandemia de COVID 19.

Fuente: Elaboración Propia en base a PMB (2015).

A una escala menor o local, de riqueza de especies por sistemas, como a) La Punta y La Brava y b) Peine (Salada, Saladita e Interna, como los sistemas probablemente más sensibles, como ambientes acuáticos), en el total acumulado la composición de especies en ambos sistemas es bastante similar. En términos referenciales, a partir de la revisión de lo presentado en Adenda 5, Anexo 2 del EIA, para el sistema La Punta y La Brava, en el total acumulado histórico (entre 2008 y 2015, en todas las estaciones, y anterior a estos monitoreos), se han registrado 14 especies de aves, un mamífero y un reptil, mientras que, en el PMB, en las 20 campañas de invierno 2016 a verano 2026, se han observado 27 especies (un reptil, 23 aves y tres mamíferos; **Tabla N° 13-6**).

Igualmente, a partir de la línea de base de la Adenda 5, Anexo 2 del EIA, el Sistema Peine (considerando sólo el ambiente humedal salar formado por las lagunas Salada, Saladita e Interna) presenta un total acumulado histórico (entre 2008 y 2015, en todas las estaciones) de 17 especies (un reptil y 16 aves), mientras que en el PMB las 20 campañas de invierno 2016 a verano 2025 se registraron 17 especies (un reptil, 15 aves y un mamífero; **Tabla N° 13-6**), pese a que en los seis últimos veranos, y los últimos tres inviernos, Peine fue monitoreado parcialmente debido a restricciones de acceso. Considerar, además que en el Sistema Peine también se encuentra un ambiente terrestre (matorral), el cual presenta especies identificadas en el monitoreo, éste no fue considerado en la LB, por lo que no se puede comparar. Como es esperable, la riqueza de ambos sistemas de las campañas de invierno 2016 hasta el verano 2025 es muy similar (Peine) o mayor (La Punta y La Brava) al total acumulado en varias campañas anteriores; con excepción de varias especies nuevas para el área, y que no habían sido registradas previo al año 2016, como el pato jergón chico (observado en verano 2018 en Peine), el piuquén (observado en verano 2018 en La Punta y la Brava), el pitotoy chico (observado en verano 2018 en La Punta y la Brava), la tagua andina y tagua gigante (ambas observadas en invierno 2017 en Peine y La Punta y la Brava, respectivamente), la garza grande (observada en verano 2017 en La Punta y la Brava), la tagua cornuda y el blanquillo (observadas en invierno de 2018 en La Punta y La Brava) y la garza azul (registrada en verano 2019 en Peine), entre otras.

En la escala de riqueza por campaña estacional, y comparando el registro de las campañas de invierno 2016 a invierno 2025, con la última campaña de invierno de líneas de base anterior (julio 2014), se observa que la riqueza total de los inviernos del monitoreo es mayor a la registrada en la línea base, con 17 especies (dos reptiles, 10 aves y cinco mamíferos). Así, la riqueza de los inviernos de monitoreo (PMB) varían entre un mínimo de 22 especies, en invierno de 2016 (de las cuales dos son reptiles, 15 son aves y cinco son mamíferos), hasta un máximo de 31 especies, en invierno 2025 (dos reptiles, 20 aves y nueve mamíferos). Considerando la identidad de las especies, es originalmente la misma, por lo que la composición de fauna es similar, siendo en este caso la fauna de invierno de Línea de Base (2014) un subconjunto de la fauna registrada en los inviernos recientes de monitoreo (**Tabla N° 13-9**).

En la otra estación, comparando el registro de las campañas de verano del PMB (2017 a verano 2026), con la última campaña de verano de líneas de base anterior (verano 2015),

se observa que la riqueza total de los veranos del monitoreo es mayor a la registrada en febrero de 2015, con 17 especies (un reptil, 10 aves y seis mamíferos). Así, los valores del monitoreo de verano (excepto 2026) varían entre un mínimo de 18 especies, en verano de 2022 (con dos reptiles, 10 aves y seis mamíferos), hasta un máximo de 36 especies, en verano 2018 (un anfibio, dos reptiles, 27 aves y seis mamíferos; **Tabla N° 13-9**). Cabe señalar que el valor de riqueza para los veranos de 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026, no abarca todo lo que pudiera esperarse, dado que la diferencia está principalmente en aves, ya que como se ha mencionado no se pudo acceder a todos los puntos de monitoreo, sin embargo, se observa que se mantiene superior al valor de verano 2015 (LB). La identidad de las especies es inicialmente la misma, por lo que la composición de fauna es similar, siendo en este caso la fauna de verano de Línea de Base (2015) un subconjunto de la fauna registrada en los veranos recientes de monitoreo.

Específicamente, en invierno, para las aves del sistema acuático de La Punta y La Brava, la riqueza de especies observada en todos los inviernos de monitoreo es mayor a la observada en invierno de 2014 (con seis especies), y los valores varían entre un mínimo de ocho especies (invierno 2025) hasta un máximo de 13 especies, en invierno 2017; **Tabla N° 13-10**). Similar resultado se observa en el Sistema Peine (sólo las lagunas Salada, Saladita e Interna), con seis aves en invierno 2014 y seis a 10 especies en los 10 inviernos de monitoreo (**Tabla N° 13-10**). En relación con la composición de especies, y para ambos sistemas, las especies de aves registradas en 2014 son un subconjunto de las observadas en 2016 a 2026, y el caso más interesante se observa en La Punta y La Brava, con la ausencia de ejemplares de parina grande, y en menor medida, de gaviota andina, en 2014; mientras que, en las lagunas Salada, Saladita e Interna, destaca la ausencia de pollito de mar tricolor, playero de Baird y gaviota andina en 2014 (**Tabla N° 13-10**).

En verano, para las aves, en los sistemas lagunares de La Punta y La Brava y Peine, la riqueza de especies observada en las estaciones estivales del monitoreo es mayor, en general, a la observada en verano de 2015 (con siete especies), y los valores de monitoreo varían entre un mínimo de siete especies (verano 2022) a un máximo de 14 especies, en verano de 2018 (**Tabla N° 13-10**). Cabe recordar que en verano 2020 no se efectuó muestreo, debido a la pandemia por COVID-19 y que las campañas de verano 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026 no cuentan con la totalidad de puntos de muestreo. Con relación a la composición de especies, y para ambos sistemas, las especies de aves registradas en 2015 son un subconjunto de las observadas en 2017 a 2026, y tal vez el caso más interesante es la ausencia de ejemplares de parina chica, pollito de mar tricolor, gaviota andina y pato juarjual en 2015 (**Tabla N° 13-10**).

Tabla N° 13-10. Comparación de la riqueza y composición de aves en los sistemas acuáticos del área de estudio, para las campañas históricas del PMB (invierno 2014 y verano 2015), y del monitoreo (invierno 2016 a verano 2026).

Nombre común	Humedal Salar																														
	La Punta-La Brava											Peine (Salada, Saladita e Interna)											La Punta-La Brava y Peine										
	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Invierno 2018	Invierno 2019	Invierno 2020	Invierno 2021	Invierno 2022	Invierno 2023	Invierno 2024	Invierno 2025	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Invierno 2018	Invierno 2019	Invierno 2020	Invierno 2021	Invierno 2022	Invierno 2023	Invierno 2024	Invierno 2025	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017	Verano 2018	Verano 2019	Verano 2020	Verano 2021	Verano 2022	Verano 2023	Verano 2024	Verano 2025	Verano 2026
Aguilucho común								X																								
Pato colorado																							X									
Pato jergón chico										X															X							
Pato juarjual	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X				X	X	X		X		X	X	X	
Piuquén																									X							
Chorlo de la puna	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Gaviota andina		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X		X					
Caití	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	
Playero de Baird	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Pollito de mar tricolor			X		X	X	X						X				X							X	X			X			X		
Pitotoy chico																	X								X					X		X	
Tagua andina														X																	X		
Tagua cornuda				X																													
Tagua gigante			X																														
Golondrina bermeja																										X							
Golondrina de dorso negro			X		X	X	X		X	X			X	X	X	X	X		X	X		X						X	X				

Nombre común	Humedal Salar																														
	La Punta-La Brava											Peine (Salada, Saladita e Interna)											La Punta-La Brava y Peine										
	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Invierno 2018	Invierno 2019	Invierno 2020	Invierno 2021	Invierno 2022	Invierno 2023	Invierno 2024	Invierno 2025	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Invierno 2018	Invierno 2019	Invierno 2020	Invierno 2021	Invierno 2022	Invierno 2023	Invierno 2024	Invierno 2025	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017	Verano 2018	Verano 2019	Verano 2020	Verano 2021	Verano 2022	Verano 2023	Verano 2024	Verano 2025	Verano 2026
Bailarín chico común		X	X	X	X	X			X	X														X	X			X				
Colegial del norte			X	X		X	X	X			X												X	X	X	X			X	X	X	X	
Garza azul																										X							
Garza grande																								X									
Flamenco andino o Parina grande		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Flamenco de James o Parina chica	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X		X	X	
Flamenco chileno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Blanquillo				X																													
TOTAL POR AMBIENTE	**6**	**9**	**13**	**12**	**11**	**12**	**10**	**10**	**10**	**9**	**8**	**6**	**9**	**9**	**9**	**9**	**10**	**7**	**9**	**9**	**6**	**7**	**7**	**12**	**14**	**11**	**Ne**	**10**	**7**	**8**	**10**	**9**	**Ne**

(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) en las campañas de verano de 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) en la campaña de 2022 no se consideran 3 puntos (lagunas Salada y Saladita), ya que no se tuvo acceso por restricciones de acceso por parte de la Comunidad. (****). En la campaña 2026 no hubo acceso a los sectores de lagunas. Ne= No evaluado.
Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de la composición de especies de reptiles, se registran dos especies en las campañas de monitoreo estivales (2017 a 2019, 2021 a 2026): la lagartija de Constanza y lagartija de Fabián, mientras que, en la campaña de Línea de Base de febrero de 2015, se registró solo la lagartija de Fabián. En invierno, las dos especies registradas en las campañas de invierno 2016 a 2025 (lagartija de Constanza y lagartija de Fabián) son las mismas observadas en las campañas de Línea de Base de 2014 (dos campañas: abril y julio; **Tabla N° 13-11**), por lo que se mantiene dentro de lo observado en LB**.**

Algo similar ocurre para las especies de mamíferos, con igual o mayor riqueza de especies en las campañas de verano de monitoreo (cinco a 10 especies) que en la campaña de Línea de Base de verano de 2015 (cinco especies), mientras que en los inviernos la riqueza del monitoreo (con cuatro a nueve especies) es similar o mayor a la Línea de Base de 2014 (cinco especies). Algunas especies son compartidas en casi todos los periodos, como el zorro culpeo, el tuco-tuco de Atacama y los roedores ratón orejudo (*Phyllotis* sp.) y ratón andino (*Abrothrix andina*), además del burro (*Equus asinus*). Para los veranos, existen algunas diferencias entre verano de 2015 (LB) con el monitoreo, como la presencia de guanaco (*Lama guanicoe*, verano 2017), puma (*Puma concolor*, veranos 2018 y 2026), lauchita de pie sedoso (*Eligmodontia puerulus*), yaca de la puna (*Thylamys pallidior,* veranos 2019 y 2024), y vicuña (*Vicugna vicugna*, en verano 2022). En invierno, hay leves diferencias, como la presencia de la yaca del norte y la ausencia de burros y vicuñas, en las campañas de 2014, y la presencia de la chinchilla cordillerana en 2022, 2024 y 2026 (**Tabla N° 13-11**).

Tabla N° 13-11. Comparación de la riqueza y composición de reptiles y mamíferos en el área de estudio, para las campañas históricas del PMB (abril y julio 2014, verano 2015), y del monitoreo (invierno 2016 a verano 2026).

CAMPAÑA																						
CLASE / **Nombre Común**	**2014 (PMB)***	**Verano 2015 (PMB)**	**Invierno 2016**	**Verano 2017**	**Invierno 2017**	**Verano 2018**	**Invierno 2018**	**Verano 2019**	**Invierno 2019**	**Verano 2020**	**Invierno 2020**	**Verano 2021**	**Invierno 2021**	**Verano 2022**	**Invierno 2022**	**Verano 2023**	**Invierno 2023**	**Verano 2024**	**Invierno 2024**	**Verano 2025**	**Invierno 2025**	**Verano 2026**
ANFIBIOS																						
Sapo espinoso						X																
Subtotales anfibios	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**Ne**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
REPTILES																						
Lagartija de Constanza	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lagartija de Fabián	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Subtotales reptiles	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**Ne**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**	**1**
MAMÍFEROS																						
Cabra																X	X		X	X	X	X
Llama															X	X	X	X	X	X	X	X
Guanaco				X											X		X	X			X	
Vicuña														X								
Perro															X			X				
Zorro culpeo	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Zorro chilla								X							X			X	X	X	X	
Puma						X																X
Murciélago de Atacama																X						
Yaca del norte	X							X	X									X			X	X
Burro		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chinchilla cordillerana o de cola corta															X				X	X		X
Ratón andino	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lauchita de pie sedoso								X														
Ratón orejudo amarillo	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Subtotales mamíferos	**5**	**5**	**5**	**6**	**4**	**6**	**5**	**8**	**6**	**Ne**	**5**	**5**	**5**	**6**	**9**	**8**	**8**	**10**	**9**	**9**	**9**	**10**
RIQUEZA TOTAL	**7**	**6**	**7**	**8**	**6**	**9**	**7**	**10**	**8**	**Ne**	**7**	**7**	**7**	**8**	**11**	**10**	**10**	**12**	**10**	**11**	**11**	**11**

El asterisco (*) indica que se incluyen dos campañas (abril y julio). (**) En verano de 2020 no se efectuó muestreo, por la pandemia COVID-19. Ne = No evaluado

Fuente: Elaboración Propia.

13.2.8.2 Abundancia

- ***Aves***

Para las aves, en la primera escala de comparación, agrupando todos los sistemas lagunares (La Punta-La Brava-Peine) y considerando tanto las 20 campañas de monitoreo como las dos campañas de Línea de Base, se han registrado 25 especies en total (**Tabla N° 13-12)**. De ellas, sólo una especie (el pato colorado) se ha registrado en la Línea de Base y no en el monitoreo (con dos ejemplares solamente, en verano 2015; **Tabla N° 13-12**). Por el contrario, 16 especies se han observado en el monitoreo y no en la Línea de Base, con tres especies numéricamente abundantes, como el pollito de mar tricolor (con rango entre cero a 44 ejemplares), la gaviota andina (cero a 32 individuos) y el bailarín chico (cero a 14 ejemplares), mientras que el resto son muy escasas (uno a cuatro individuos; **Tabla N° 13-12**). Finalmente, ocho especies se han registrado tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, entre los cuales destacan los flamencos, quienes dominan numéricamente los muestreos (**Tabla N° 13-12**).

Tabla N° 13-12. Comparación de la abundancia de aves en los sistemas lagunares (La Punta-La Brava y Peine), para los periodos de Línea de Base y monitoreo.

SISTEMAS LAGUNARES (LA PUNTA - LA BRAVA Y PEINE)																						
Nombre Común	Línea Base		Monitoreos																			
	Invierno 2014	Verano 2015	Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018	Invierno 2018	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020	Invierno 2020	Verano 2021	Invierno 2021	Verano 2022	Invierno 2022	Verano 2023	Invierno 2023	Verano 2024	Invierno 2024	Verano 2025	Invierno 2025	Verano 2026
Aguilucho común	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Pato colorado	0	2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pato jergón chico	0	0	0	0	0	3	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
Pato juarjual	8	0	7	4	6	11	6	4	4		5	10	5	0	4	2	6	4	0	1	0	
Piuquén	0	0	0	0	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chorlo de la puna	5	9	20	26	15	50	28	31	45		19	37	9	16	16	5	13	16	16	13	19	
Gaviota andina	0	0	6	3	11	1	12	5	32		14	1	16	0	22	0	15	0	10	0	17	
Caití	16	2	15	14	19	33	14	40	14		9	2	14	0	10	5	17	7	11	10	22	
Playero de Baird	1	22	5	23	18	19	13	28	42		71	38	50	29	9	23	33	55	6	11	6	
Pollito de mar tricolor	0	0	4	44	2	42	0	0	11		21	10	12	0	0	0	0	3	0	0	0	
Pitotoy chico	0	0	0	0	0	3	0	0	0		1	0	0	0	0	10	0	0	0	2	0	
Tagua andina	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Tagua cornuda	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tagua gigante	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Golondrina bermeja	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Golondrina de dorso negro	0	0	3	0	4	0	3	0	5		5	1	2	8	1	0	10	0	4	0	3	
Bailarín chico común	0	0	2	4	4	14	7	0	4		1	3	0	0	0	0	2	0	2	0	0	
Colegial del norte	0	2	0	2	2	2	1	4	0		2	0	3	2	4	1	0	3	0	3	1	

SISTEMAS LAGUNARES (LA PUNTA - LA BRAVA Y PEINE)																						
Nombre Común	**Línea Base**		**Monitoreos**																			
	Invierno 2014	**Verano 2015**	**Invierno 2016**	**Verano 2017**	**Invierno 2017**	**Verano 2018**	**Invierno 2018**	**Verano 2019**	**Invierno 2019**	**Verano 2020**	**Invierno 2020**	**Verano 2021**	**Invierno 2021**	**Verano 2022**	**Invierno 2022**	**Verano 2023**	**Invierno 2023**	**Verano 2024**	**Invierno 2024**	**Verano 2025**	**Invierno 2025**	**Verano 2026**
Dormilona chica	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Garza azul	0	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Garza grande	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Flamenco andino o Parina grande	135	32	262	92	156	113	172	202	212		119	10	358	12	218	7	95	14	16	1	99	
Flamenco de James o Parina chica	79	0	39	11	6	17	51	50	50		31	0	40	19	69	0	33	2	29	1	35	
Flamenco chileno	32	15	63	46	125	67	53	69	67		67	22	67	20	68	37	95	22	24	12	70	
Blanquillo	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	**276**	**84**	**426**	**270**	**370**	**376**	**362**	**435**	**486**	**Ne**	**365**	**134**	**576**	**106**	**422**	**90**	**320**	**127**	**120**	**54**	**272**	**Ne**

(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. Ne = No evaluado. (**) en las campañas de verano de 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) en la campaña de 2022 se efectuaron solo dos puntos de Peine. (****) En la campaña Invierno 2025 no se evaluó un punto de muestreo en Peine por accesos.

Fuente: Elaboración propia

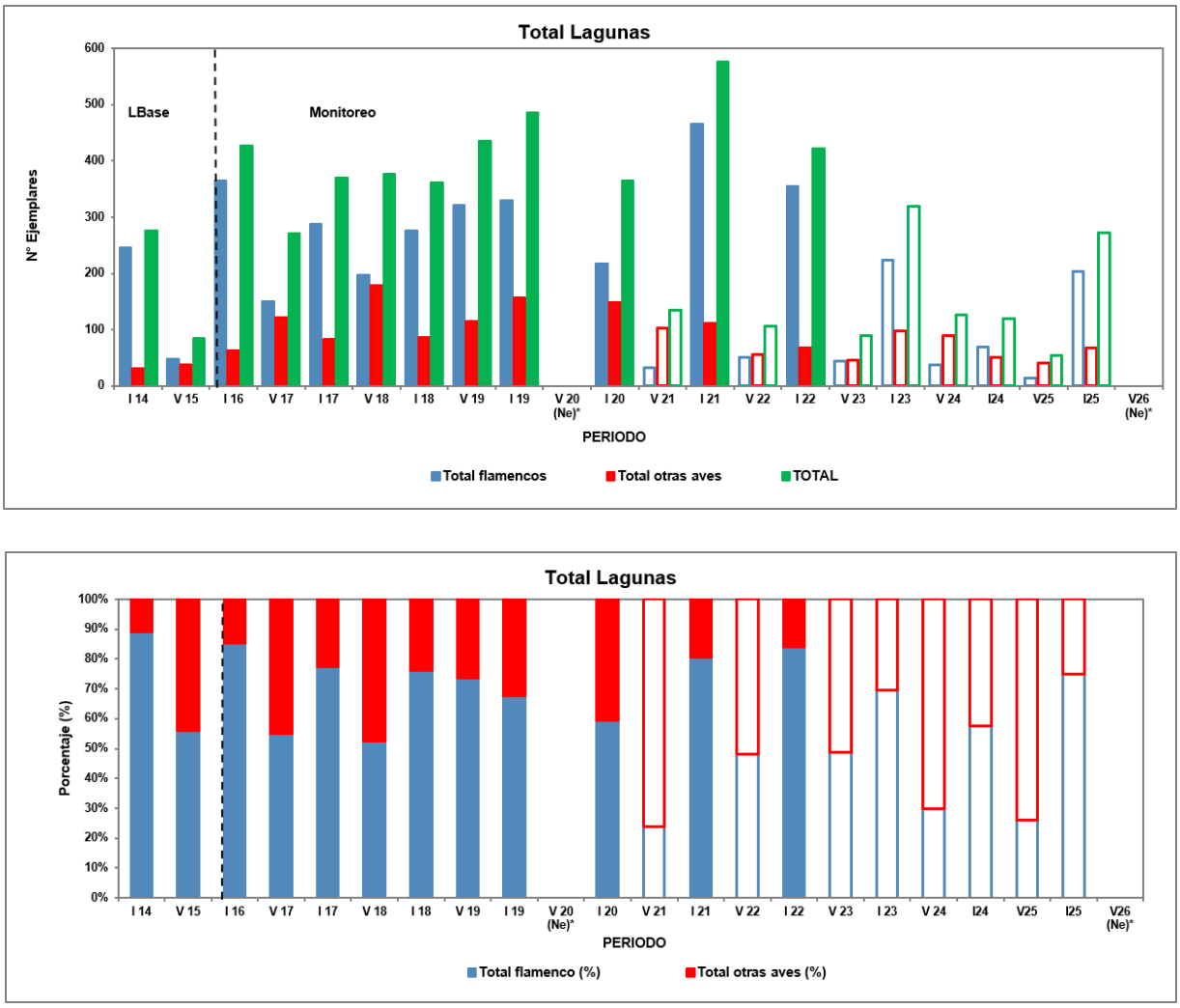
A continuación, se agrupan las abundancias de los flamencos en relación con el resto de las aves. Esto se analiza dado que estas tres especies acuáticas son, por una parte, las más importantes numéricamente, y por otra, todas se consideran "*bajo amenaza"* (dos como Vulnerables y una Casi Amenazada).

En relación con la abundancia absoluta, se observa una variación estacional irregular: en la Línea de Base como en el primer año de monitoreo (invierno 2016 y verano 2017), las abundancias totales son mayores en invierno que en verano, mientras que en el segundo periodo anual de monitoreo (invierno 2017 y verano 2018), dichas abundancias totales son similares entre sí. En el tercer periodo anual de monitoreo (invierno 2018 y verano 2019), las abundancias totales se invierten, siendo ligeramente mayor en verano que en invierno. En el cuarto año no hubo campaña verano 2020, en contexto del inicio de la pandemia COVID 19, por lo que no se realiza comparación. Desde el quinto al octavo año (invierno 2020 a verano 2026), no se pueden realizar comparaciones rigurosas, debido al muestreo incompleto (**Figura N° 13-10**).

Por otra parte, los flamencos son numéricamente dominantes en todas las campañas (aunque mucho mayor en invierno que en verano) y tanto en la línea de Base como en el monitoreo (**Figura N° 13-10**). Las abundancias totales de las aves son mayores en todo el periodo de monitoreo que en las dos campañas de Línea de Base. Así, en el monitoreo las abundancias totales varían entre 134 a 576 ejemplares, mientras que en Línea de Base los valores oscilaron entre 84 y 276 ejemplares. En particular, para los flamencos (y excluyendo los veranos 2021 a 2026, en los que no se pudieron completar el total de estaciones de monitoreo), también las abundancias totales son mayores en el monitoreo (149 a 465) que en la Línea de Base (47 a 246). En abundancia relativa (y considerando todas las campañas), los flamencos varían en un rango entre 24% a 74% en veranos, mientras que aumentan a un rango entre 58% a 85% aproximadamente, en inviernos (**Figura N° 13-10**).

En resumen, analizando a los sistemas lagunares como un todo, la riqueza y abundancia de aves acuáticas muestran resultados similares (e incluso mayores) en el monitoreo en comparación a la Línea de Base.

Figura N° 13-10. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. Ne = No evaluado. (**) en las campañas de verano de 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) en la campaña de 2022 se efectuaron solo dos puntos de Peine.
Fuente: Elaboración Propia.

En el caso del análisis de **abundancia de aves separado por sector** (en el que se incluye como referencia histórica la campaña de Línea de Base de invierno 2014, ya que es la única disponible para comparar, en términos de los dos sistemas hidrológicos analizados independientemente), para el **sistema lagunar Peine** (lagunas Salada, Saladita e Interna), se han registrado 15 especies en total (**Tabla N° 13-13**). De ellas, nueve especies se han

observado en el monitoreo y no en la Línea de Base, con dos especies más abundantes: el pollito de mar tricolor (con rango entre cero a 42 ejemplares) y el playero de Baird (cero a 29 ejemplares), mientras que el resto son muy escasas (cero a cinco individuos; **Tabla N° 13-13**). Finalmente, otras seis especies se han registrado tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, entre los cuales destacan los flamencos (**Tabla N° 13-13**). En general, en las lagunas de Peine, la abundancia de aves es mayor en el monitoreo PMB (194 a 387 individuos) que en la Línea Base (210 individuos). Cabe recordar la ausencia de muestreo en las lagunas de Peine en verano 2020 (por la pandemia) y veranos 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026 (por permiso de acceso), además de no poder completar los monitoreos para el verano 2022, por el mismo motivo.

Tabla N° 13-13. Comparación de la abundancia de aves en el sistema lagunar Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna), para los periodos de Línea de Base y monitoreo.

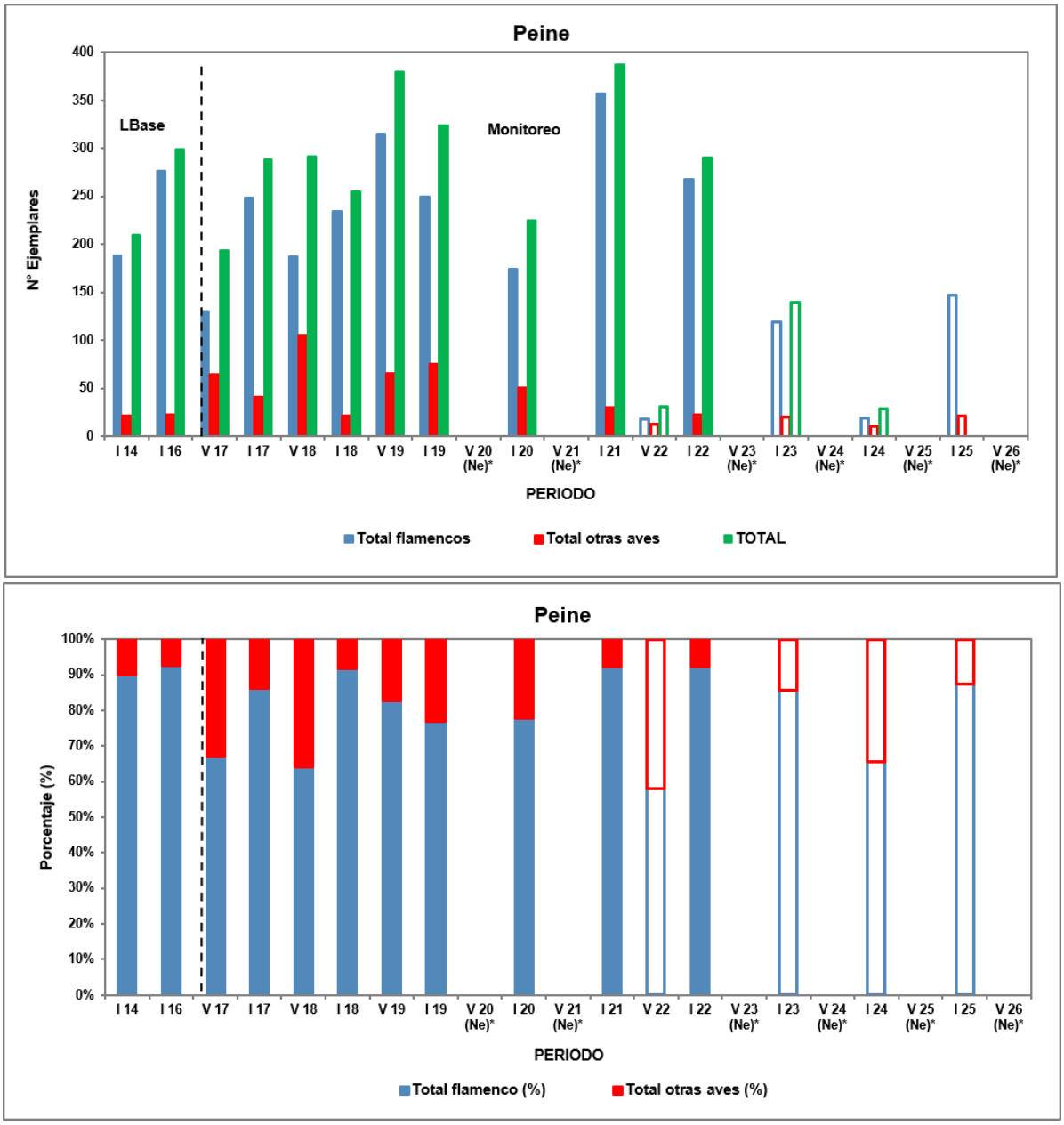
SISTEMA LAGUNAR PEINE (LAGUNAS SALADA - SALADITA - INTERNA)																					
Nombre Común	Línea Base	Monitoreos																			
	Invierno 2014	Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018	Invierno 2018	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020	Invierno 2020	Verano 2021	Invierno 2021	Verano 2022	Invierno 2022	Verano 2023	Invierno 2023	Verano 2024	Invierno 2024	Verano 2025	Invierno 2025	Verano 2026
Pato jergón chico	0	0	0	0	3	0	0	0		0		0	0	0		0		0		0	
Pato juarjual	4	1	2	3	4	2	4	2		0		2	0	2		1		0		0	
Chorlo de la puna	3	6	14	7	14	5	7	27		4		0	9	6		2		3		2	
Gaviota Andina	0	2	0	3	0	1	2	5		4		1	0	8		2		0		5	
Caití	14	6	12	6	33	7	38	9		1		8	0	4		5		1		11	
Playero de Baird	0	0	12	17	9	3	12	29		24		19	4	1		9		6		0	
Pollito de mar tricolor	0	4	24	0	42	0	0	0		15		0	0	0		0		0		0	
Pitotoy chico	0	0	0	0	0	0	0	0		1		0	0	0		0		0		0	
Tagua andina	0	0	0	1	0	0	0	0		0		0	0	0		0		0		0	
Golondrina de dorso negro	0	3	0	3	0	3	0	3		1		0	0	1		1		0		3	
Colegial del norte	0	0	0	0	0	0	1	0		0		0	0	0		0		0		0	
Garza azul	0	0	0	0	0	0	1	0		0		0	0	0		0		0		0	
Flamenco andino o Parina grande	135	219	85	145	112	160	200	163		105		265	9	182		47		8		82	
Flamenco de James o Parina chica	40	11	11	0	17	35	49	48		29		40	8	38		28		5		31	
Flamenco chileno	14	47	34	104	58	39	66	38		41		52	1	48		44		6		34	
TOTAL	**210**	**299**	**194**	**289**	**292**	**255**	**380**	**324**	**Ne**	**225**	**Ne**	**387**	**31**	**290**	**Ne**	**139**	**Ne**	**29**	**Ne**	**168**	**Ne**

(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) En las campañas de verano 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) En la campaña de 2022 se efectuaron solo dos puntos de Peine. (****) En la campaña verano 2026 no se ingresó a lagunas. Ne = No evaluado. Fuente: Elaboración Propia.

Al comparar las abundancias de los flamencos y el resto de las aves, se observa una variación estacional irregular de inviernos de un año versus veranos del año siguiente: las abundancias totales son mayores (invierno 2016 y verano 2017), similares (invierno 2017 y verano 2018) o menores (invierno 2018 y verano 2019); no se realiza una comparación para los años siguientes, dado que los datos se encuentran incompletos para estas temporadas. Por otra parte, los flamencos son numéricamente dominantes en todas las campañas, independiente de la estación y tanto en la Línea de Base como en el monitoreo (**Figura N° 13-11**). Las abundancias totales de las aves son mayores en el monitoreo (salvo verano 2017) que la campaña de Línea de Base, descontando la campaña de verano 2022 que solo se pudieron realizaron dos de los cinco puntos de monitoreo. Así, en el monitoreo las abundancias totales varían entre 194 a 387 ejemplares, mientras que en Línea de Base el valor es de 210 ejemplares. Para los flamencos, también las abundancias totales son mayores en el monitoreo (130 a 357) que en la Línea de Base (189), excluyendo verano 2022 al no contar con la totalidad de puntos de monitoreo. En abundancia relativa, los flamencos varían entre un rango de cerca de 58% (en verano 2022), a un máximo de 93% (en invierno 2016; **Figura N° 13-11**).

Por lo tanto, analizando al sistema lagunar de Peine (lagunas de Peine), la riqueza y abundancia de aves acuáticas muestran resultados relativamente similares e incluso mayores entre el seguimiento PMB en relación con la Línea de Base.

Figura N° 13-11. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en el sistema lagunar Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) En las campañas de verano 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) En la campaña de 2022 se efectuaron solo dos puntos de Peine. (****) En la campaña invierno 2025 no se accedió a un punto de Peine. (*****) En la campaña verano 2026 no se accedió a lagunas. Ne = No evaluado.

Fuente: Elaboración propia.

Para el **sistema lagunar de La Punta y La Brava** (y considerando los monitoreos de verano y el único de línea de base disponible, de invierno 2014), se han registrado 23 especies en total (**Tabla N° 13-14**). De ellas, 17 especies se han observado en el monitoreo y no en la Línea de Base, con cuatro especies más abundantes: la parina grande (con rango entre uno a 93 ejemplares), el pollito de mar tricolor (entre cero a 20 individuos), el bailarín chico (cero a 14 ejemplares) y la gaviota andina (entre cero a 27 individuos), mientras que el resto son muy escasas (uno a 10 individuos; **Tabla N° 13-14**). Finalmente, otras seis especies se han registrado tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, entre los cuales destacan las otras dos especies de flamencos, la parina chica y el flamenco chileno (**Tabla N° 13-14**).

En general, en las lagunas de La Punta y La Brava, la abundancia de aves es mayor en el seguimiento PMB (54 a 189 individuos) que en la Línea Base (66 individuos; **Tabla N° 13-14**).

Tabla N° 13-14. Comparación de la abundancia de aves en el sistema lagunar La Punta y La Brava, para los periodos de Línea de Base y monitoreo.

SISTEMA LAGUNAR LA PUNTA Y LA BRAVA																				
Nombre Común	Línea Base	Monitoreos																		
	Invierno2014	Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018	Invierno 2018	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020 *	Invierno 2020	Verano 2021	Invierno 2021	Verano 2022	Invierno 2022	Verano 2023	Invierno 2023	Verano 2024	Invierno 2024	Verano 2025	Invierno 2025	Verano 2026
Aguilucho común	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Piuquén	0	0	0	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pato juarjual	4	6	2	3	7	4	0	2		5	10	3	0	2	2	5	4	0	1	0	
Pato jergón chico	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
Chorlo de la puna	2	14	12	8	36	23	24	18		15	37	9	7	10	5	11	16	13	13	17	
Gaviota andina	0	4	3	8	1	11	3	27		10	1	15	0	14	0	13	0	10	0	12	
Caití	2	9	2	13	0	7	2	5		8	2	6	0	6	5	12	7	10	10	11	
Playero de Baird	1	5	11	1	10	10	16	13		47	38	31	25	8	23	24	55	0	11	6	
Pollito de mar tricolor	0	0	20	2	0	0	0	11		6	10	12	0	0	0	0	3	0	0	0	
Pitotoy chico	0	0	0	0	3	0	0	0		0	0	0	0	0	10	0	0	0	2	0	
Tagua andina	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Tagua cornuda	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tagua gigante	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Golondrina bermeja	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Golondrina de dorso negro	0	0	0	1	0	0	0	2		4	1	2	8	0	0	9	0	4	0	0	
Bailarín chico común	0	2	4	4	14	7	0	4		1	3	0	0	0	0	2	0	2	0	0	
Colegial del norte	0	0	2	2	2	1	3	0		2	0	3	2	4	1	0	3	0	3	1	

SISTEMA LAGUNAR LA PUNTA Y LA BRAVA																					
Nombre Común	**Línea Base**	**Monitoreos**																			
	Invierno2014	**Invierno 2016**	**Verano 2017**	**Invierno 2017**	**Verano 2018**	**Invierno 2018**	**Verano 2019**	**Invierno 2019**	**Verano 2020 ***	**Invierno 2020**	**Verano 2021**	**Invierno 2021**	**Verano 2022**	**Invierno 2022**	**Verano 2023**	**Invierno 2023**	**Verano 2024**	**Invierno 2024**	**Verano 2025**	**Invierno 2025**	**Verano 2026**
Dormilona chica	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Garza grande	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Flamenco andino o Parina grande	0	43	7	11	1	12	2	49		14	10	93	3	36	7	48	14	8	1	17	
Flamenco de James o Parina chica	39	28	0	6	0	16	1	2		2	0	0	11	31	0	5	2	24	1	4	
Flamenco chileno	18	16	12	21	9	14	3	29		26	22	15	19	20	37	51	22	18	12	36	
Blanquillo	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	**66**	**127**	**76**	**81**	**84**	**107**	**55**	**162**	**Ne**	**140**	**134**	**189**	**75**	**132**	**90**	**181**	**127**	**91**	**54**	**104**	**Ne**

(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (**) en la campaña verano 2026 no se accedió a lagunas. Ne = No evaluado.

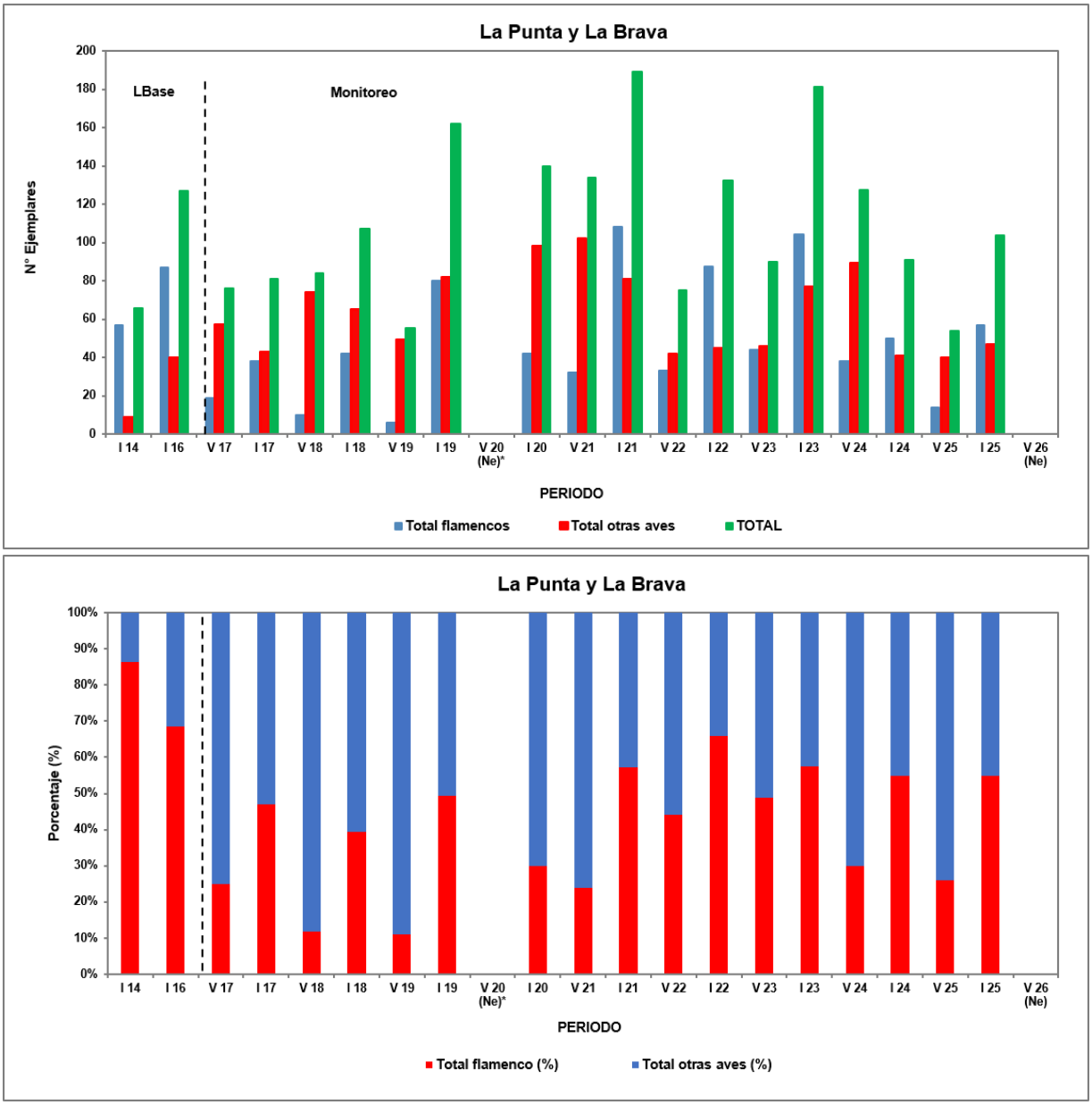
Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las abundancias de los flamencos y el resto de las aves, existe una variación estacional, donde la abundancia, en general, es mayor en inviernos que en veranos (especialmente para los flamencos, aunque con valores absolutos mucho menores que en Peine; **Figura N° 13-12**). Por otra parte, los flamencos son dominantes sólo en la Línea de Base y en cinco campañas de monitoreo (inviernos 2016, 2021, 2022, 2023 y 2024), a diferencia de las otras 14 campañas de monitoreo (**Figura N° 13-12**). Las abundancias totales de las aves son mayores en el monitoreo que en la campaña de Línea de Base, a excepción del verano 2019. Así, en el monitoreo las abundancias totales varían entre 54 a 189 ejemplares, mientras que en Línea de Base el valor es de 66 ejemplares. Sin embargo, para los flamencos, las abundancias totales son mayores en los monitoreos de invierno 2016 (87 individuos), invierno 2019 (80 ejemplares), invierno 2021 (108 ejemplares), invierno 2022 (87 individuos) y en invierno 2023 (103 ejemplares), en comparación con la Línea de Base (57 ejemplares), mientras que en las otras campañas de monitoreo los valores son menores a la Línea de Base (seis a 44 ejemplares**; Figura N° 13-12**).

Cabe destacar que los valores absolutos de flamencos son bastante menores en La Punta y La Brava (decenas de ejemplares como máximo) en relación con sector de Peine (centenares de individuos). En abundancia relativa, los flamencos varían entre un mínimo de cerca de 23% (en verano 2021), a un máximo de más de un 86%, en invierno 2014 **(Figura N° 13-12**).

Por lo tanto, analizando al sistema lagunar de La Punta y La Brava, si bien la riqueza de aves es mayor en el monitoreo (PMB) que en la Línea de Base, las abundancias de aves acuáticas muestran resultados disímiles: son relativamente similares (o incluso mayores) entre el monitoreo y la Línea de Base, pero no ocurre lo mismo en el caso particular de los flamencos, con menores valores en el monitoreo que en la Línea de Base (excepto inviernos de 2016, 2019, 2021, 2022 y 2023).

Figura N° 13-12. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en el sistema lagunar La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.

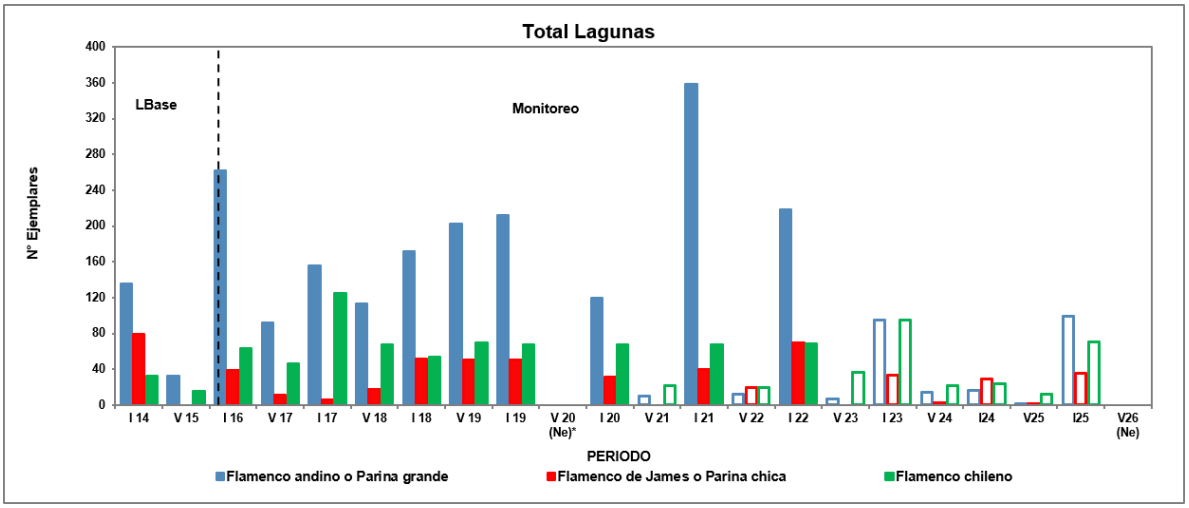


(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. Ne = No evaluado. (**) en la campaña verano 2026 no se accedió a lagunas.

Fuente: Elaboración propia.

A una escala más fina de análisis, comparando las tres especies de flamencos, en los sistemas lagunares de La Punta-La Brava y Peine considerados en conjunto, la especie dominante es la parina grande, y muestra mayores valores en el monitoreo (92 a 358 ejemplares, excluyendo veranos 2021 a 2026, e inviernos 2023 a 2025, que no cuentan con muestreo completos) que en la Línea de base (32 a 135 ejemplares; **Figura N° 13-13**). El flamenco chileno, la segunda especie dominante, también muestra mayores valores en el monitoreo (46 a 125 ejemplares, excluyendo veranos e inviernos con muestreo incompleto) que en la Línea de base (15 a 32 ejemplares; **Figura N° 13-13**). Finalmente, para la parina chica (la especie menos abundante), los valores del monitoreo (seis a 69, excluyendo muestreos incompletos) son menores al valor máximo de la Línea de Base (con rango entre cero a 79 ejemplares; **Figura N° 13-13**).

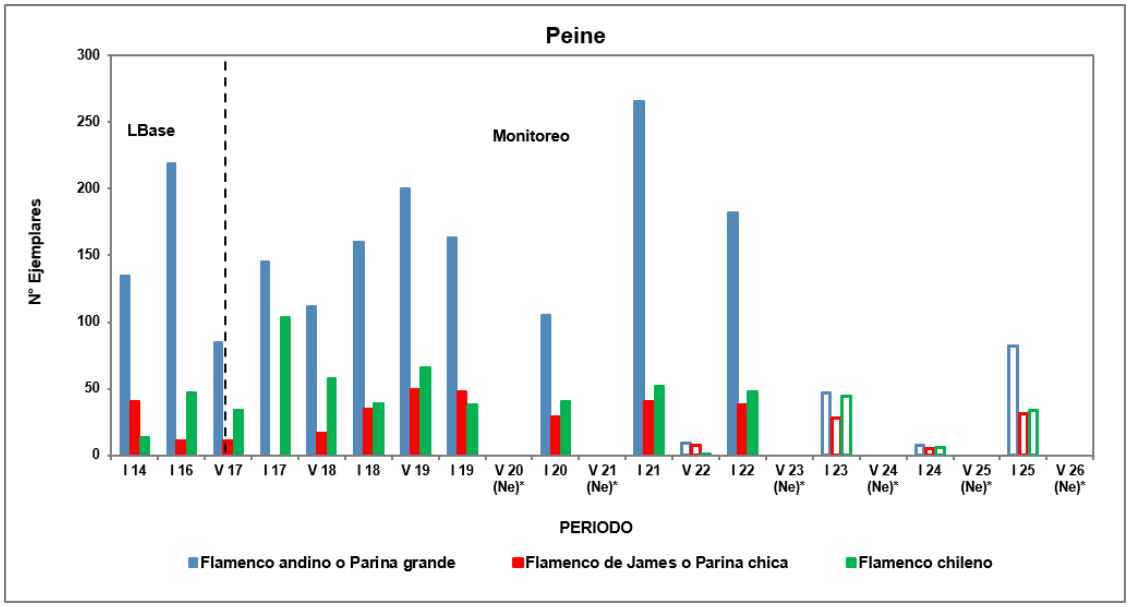
Figura N° 13-13. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. Ne = No evaluado. (**) en las campañas de verano 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) en la campaña de 2022 se efectuaron solo dos puntos de Peine. (****) en la campaña invierno 2025 no se realizó un punto de Peine. (*****) en la campaña verano 2026 no se accedió a lagunas.
Fuente: Elaboración propia.

Para el sistema lagunar Peine, comparando las tres especies de flamencos, la especie dominante es la parina grande, y muestra mayores valores en el monitoreo (85 a 265 ejemplares, excluyendo los muestreos incompletos desde verano 2021) que en la Línea de base (135 individuos; **Figura N° 13-14**), sobre todo considerando los inviernos. El flamenco chileno, la segunda especie dominante, también muestra mayores valores en el monitoreo (34 a 104 ejemplares, excluyendo muestreos incompletos) que en la Línea de base (14 individuos; **Figura N° 13-14**). Finalmente, para la parina chica (la especie menos abundante), los valores del monitoreo en su mayoría (cero a 35) son menores a la Línea de Base (40 ejemplares, a excepción del verano 2019, invierno 2019 e invierno 2021, con 49, 48 y 40 individuos, respectivamente; **Figura N° 13-14.**).

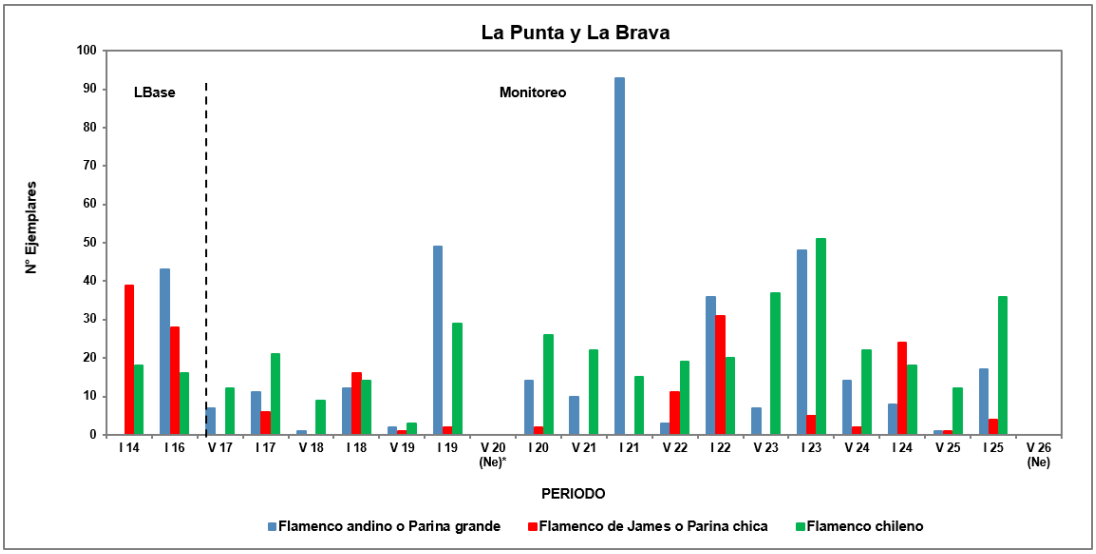
Figura N° 13-14. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema lagunar Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. Ne = No evaluado. (**) en las campañas de verano 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron solo los puntos de La Punta-La Brava. (***) en la campaña de 2022 se efectuaron solo dos puntos de Peine. (****) en la campaña invierno 2025 no se realizó un punto de Peine. (*****) en la campaña verano 2026 no se accedió a lagunas.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el sistema lagunar de La Punta y La Brava, comparando las tres especies de flamencos, la parina grande (no dominante en todas las campañas) muestra mayores valores en el monitoreo PMB (uno a 93 ejemplares) que en la Línea de base (sin registro; **Figura N° 13-15**). El flamenco chileno muestra valores disímiles en la mayor parte de los monitoreos (tres a 51 ejemplares), siendo mayor en nueve campañas respecto a la Línea de base (18 individuos; **Figura N° 13-15).** Por último, para la parina chica (la especie menos abundante), los valores del monitoreo (cero a 31) son menores a la Línea de Base (39 ejemplares; **Figura N° 13-15**).

Figura N° 13-15. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema lagunar de La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.
(**) en la campaña verano 2026 no se accedió a lagunas. Ne = No evaluado.
Fuente: Elaboración propia.

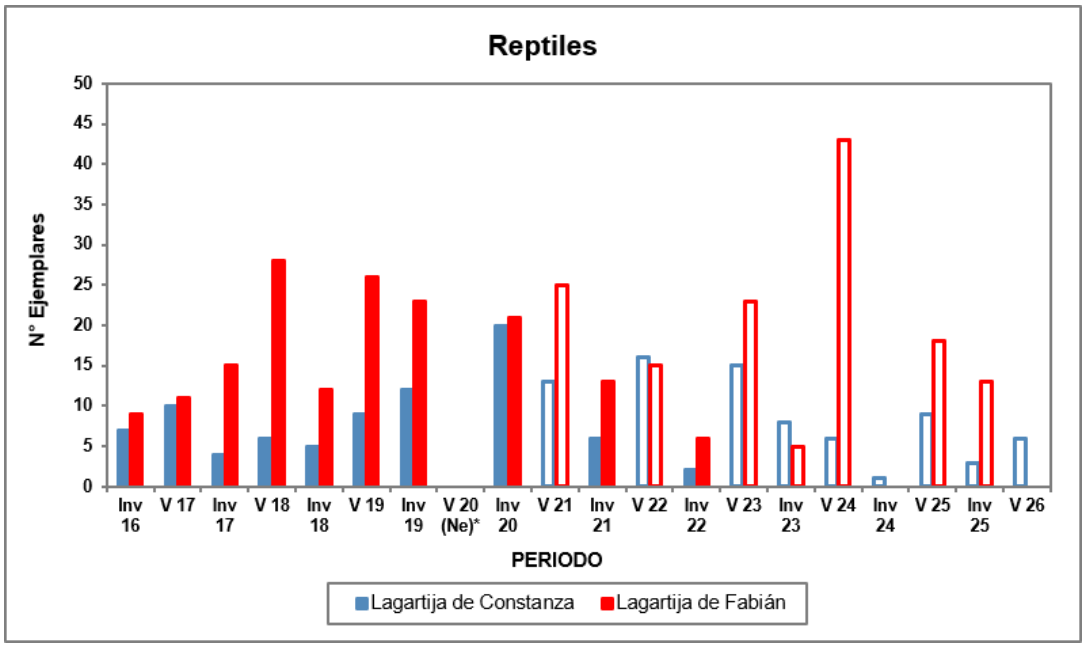
Por lo tanto, las variaciones de abundancia de las tres especies de flamencos muestran que la parina chica es la especie que podría estar disminuyendo sus abundancias, pese a observar un alza puntual en su abundancia en la campaña de invierno 2022, pero sólo en el sistema La Punta y La Brava, y con valores absolutos de pocos ejemplares, mientras que, en Peine, las abundancias son mayores en el monitoreo que en la Línea de Base.

En resumen, para ambos sistemas acuáticos y en los dos periodos analizados (Línea de Base y monitoreo PMB), las abundancias se comportan de forma variable: algunas especies aumentan (o aparecen nuevas especies en el monitoreo), otras tienden a disminuir (parina chica en La Punta y La Brava) y otras no muestran cambios notorios, pero se mantiene el patrón general de que las tres especies de flamencos son las que dominan numéricamente los salares en su conjunto. Cabe destacar que, a pesar de incluir 20 campañas, hay que considerar que las comparaciones estacionales no son rigurosamente equivalentes, ya que hay seis veranos irregulares (2020 por pandemia, además 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026 (y los inviernos de 2023, 2024 y 2025 sin muestreo o incompletos en las lagunas de Peine, donde generalmente se contabilizan centenares de flamencos).

- ***Reptiles***

En el caso de los reptiles, los valores de abundancia son poco comparables, ya que en invierno de 2014 se indica un valor de 5 ind/ha de cada una de las dos especies (*Liolaemus constanzae* en matorral, y *Liolaemus fabiani* en humedal), pero no se especifica el número de transectos realizados por ambiente, lo que dificulta la comparación. Sin embargo, comparando las abundancias absolutas de las dos especies en todo el monitoreo (y para toda el área de estudio), se observa que para la lagartija de Constanza (la especie menos dominante numéricamente), se han contabilizado entre uno a 20 ejemplares (con el mayor valor en invierno de 2020), mientras que, en el caso de la lagartija de Fabián, su número ha oscilado entre ninguno a 43 ejemplares, con el máximo en verano de 2024 (**Figura N° 13-16**). Cabe destacar que en los veranos de 2021 a 2026, y en los inviernos 2023 a 2025 no se muestrearon entre cinco y tres puntos en lagunas de Peine, lo que hace a esas campañas menos comparable a las otras (sobre todo, en relación con la abundancia de la lagartija de Fabián).

Figura N° 13-16. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de reptiles registradas en el área de estudio. Los valores son ejemplares contabilizados en 25 transectos para cada especie.



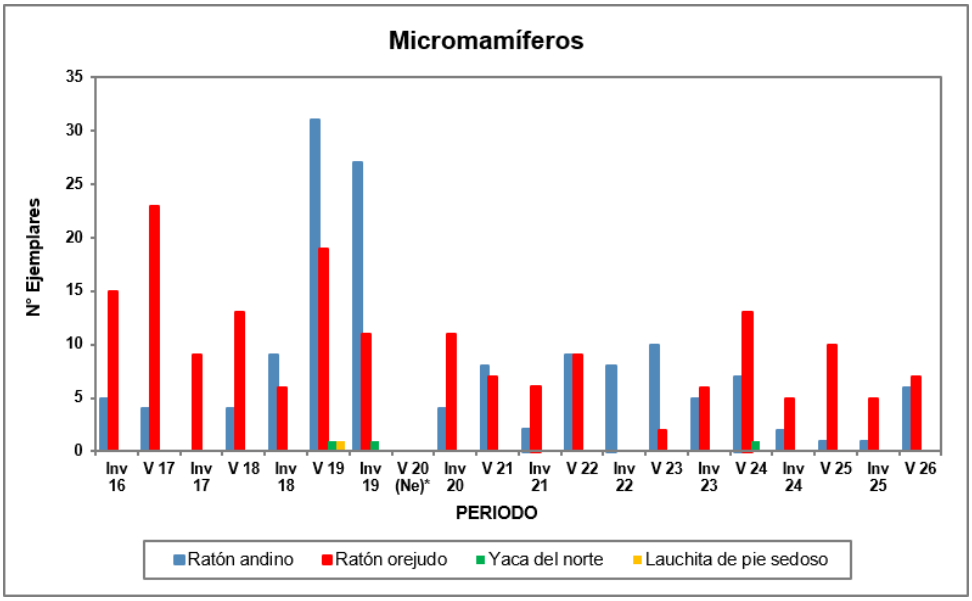
(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. Ne = No evaluado. (**) en las campañas de verano de 2021, 2023, 2024 y 2025 no se muestrearon 5 puntos en laguna Peine. (***) en la campaña de 2022 no se muestrearon 3 puntos en laguna Peine. . (****) En la campaña de invierno 2025 no se muestrearon dos puntos, uno en lagunas de Peine. (*****) En la campaña de verano 2026 no se ingresó a lagunas. Ne = No evaluado

Fuente: Elaboración propia.

- ***Mamíferos***

Finalmente, para los mamíferos la comparación de abundancia no es aplicable, ya que para invierno de 2014 y verano 2015 se indica sólo la presencia de mamíferos (algunos incluso sólo mediante presencia indirecta), sin especificar la abundancia. En el caso específico de los micromamíferos, y al igual que los reptiles, comparando su abundancia a lo largo del monitoreo, se observa que el ratón andino ha variado su abundancia entre cero a 31 individuos, con una tendencia (aunque irregular) al aumento en las últimas campañas (hasta 2019 y entre verano 2021 a verano 2023, comparado a 2017 y 2018), mientras que el ratón orejudo amarillo ha variado entre cero a 23 ejemplares, con una tendencia estacional de mayores abundancias en los veranos (salvo en invierno 2020 y verano 2021), donde ocurre lo opuesto **(Figura N° 13-17)**.

Figura N° 13-17. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de micromamíferos registradas en el área de estudio. Los valores son ejemplares capturados en 9 puntos de muestreo (con un total de 180 trampas por 3 noches).



(*) La campaña estival de 2020 no pudo ser realizada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.
Ne = No evaluado.
Fuente: Elaboración propia.

Si bien en las campañas de monitoreo se agregaron más estaciones de muestreo (nueve a las 16 propuestas por la RCA), las comparaciones son igualmente válidas y representativas, sobre todo para las aves en los sectores de las lagunas de La Punta y La Brava, y Peine (Salada, Saladita e Interna), ya que en ellas (por ser lugares abiertos, planos y con baja cobertura vegetal), se realizó más bien un censo que un muestreo, lo que lo hace relativamente independiente del número de puntos (y por lo tanto, las comparaciones son válidas). Por otra parte, en los ambientes terrestres, efectivamente el aumentar el tamaño muestreal podría implicar un aumento de la probabilidad de registros nuevos, haciéndolo más representativo del área de estudio.

13.3 En relación con Tapetes Microbianos

13.3.1 Aspectos generales

Las diferentes tonalidades observadas en los tapetes se corresponden con diferentes grupos funcionales y comunidades microbianas que habitan estos ambientes y la estratificación responde a una organización dinámica entre estas distintas comunidades las cuales se benefician unas a otras. Este ordenamiento, va ligado, principalmente a la radiación solar, por lo que los organismos que realizan fotosíntesis (*i.e*. cianobacterias, microalgas, diatomeas) deben estar más expuestos a dicha radiación, por lo que se disponen principalmente en la parte superior de los tapetes (Stal, 2000).

La coloración verdosa es clásica de organismos fotosintéticos debido a la presencia de clorofila y/o bacterioclorofila (Madigan *et al*., 2009). Por tanto, el ordenamiento de las tonalidades observadas en los monitoreos (invierno 2024, verano 2025), y aproximado a lo descrito por Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015, se corresponden con: i) verde y/o naranjo en la macro-zona Subsuperficial, ii) rosado y/o púrpura en la macro-zona Intermedia, y iii) marrón y/o verde claro en la macro-zona Profunda. La coloración verde, indicaría la presencia de organismos fotosintéticos oxigénicos tales como microalgas, diatomeas y cianobacterias, en este contexto, la coloración naranja, puede deberse a una producción de carotenoides que sirven como protección a la excesiva radiación UV detectada en el Salar de Atacama y que pueden ser producidos por organismos como las microalgas (Guedes *et al.,* 2011).

En la macro-zona Intermedia, se pueden observar tonalidades de color rosado o púrpura, lo cual se correspondería a bacterias púrpuras sulfúreas o bacterias rojas sulfúreas (i.e. autótrofas fotosintéticas anoxigénicas), las cuales tienen un metabolismo estrechamente ligado al ciclo del azufre ya que, a diferencia de los organismos fotosintéticos oxigénicos, estas bacterias producen fotosíntesis, pero no requieren agua, sino que azufre para realizar dicho proceso (Madigan *et al*., 2009, Gerardi y Lytle, 2015; Rogozin *et al.,* 2016). Estas bacterias, no necesitan de un ambiente totalmente aerobio-oxigénico, por lo que se ubican en la mitad de la estratificación de capas (Madigan *et al*., 2009; Gerardi y Lytle, 2015). Similarmente, se encuentran las bacterias verdes del azufre, las cuales realizan fotosíntesis, sin oxígeno, sino que ocupan azufre y es por eso por lo que se les puede ubicar en una parte más profunda del tapete microbiano (Gerardi y Lytle, 2015).

En las capas profundas, se pueden observar tonalidades más oscuras, como marrón o púrpura e inclusive negro, lo que correspondería a bacterias anoxigénicas anaerobias (i.e. sulfatorreductoras) y muy posiblemente a microrganismos productores de metano (metanogénicas) los cuales pertenecerían al Dominio *Arquea* (Dorador *et al.,* 2010).

Respecto de las variables que podrían estar modulando la presencia mayoritaria de Tipología 1 en los tapetes microbianos, se podrían relacionar, a las fluctuaciones de las variables conductividad, salinidad, oxígeno disuelto y la turbiedad en la columna del agua de las lagunas y que son función de la época del año y del sector (Demergasso *et al*. 2008). Estas fluctuaciones de las variables mencionadas anteriormente, derivadas de las variaciones precipitación-evaporación naturales del Salar de Atacama (Risacher *et al*, 1999), podrían estar influenciando, en su conjunto la diversidad de tipologías de los tapetes microbianos.

13.3.2 Análisis evolución inviernos 2016 a 2025

13.3.2.1 Análisis y Evolución de Tapetes Microbianos por Sector

Los resultados de los monitoreos de invierno mostraron que, en la primera campaña realizada en 2016, el 75% de las estaciones de muestreo presentó tapetes microbianos. En las campañas siguientes (2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022), el registro fue de 68,8%. Esta variación se relaciona con la estación TB-2, ubicada en el sector Vegas de Tilopozo, donde se detectaron tapetes microbianos en 2016, pero en los monitoreos posteriores no se han vuelto a observar.

En la campaña invierno tardío 2023, no se pudo ingresar al sector Peine, por lo que sólo se pudo monitorear el sector La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo, donde se observó que el 62,5% de las estaciones evaluadas presentaron tapetes microbianos. En la campaña invierno 2024, el monitoreo se llevó a cabo parcialmente en el sector Peine, accediendo sólo a las lagunas Saladita (S-11 y SA-25) e Interna (I-11 e I-17); por otro lado, los sectores La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo se muestrearon completamente, así, el 69,2% de las estaciones evaluadas presentaron tapetes microbianos. En la campaña invierno 2025, se pudo muestrear completamente tanto el sector Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo, mostrando valores similares a los observados hasta invierno 2022, con 68,8% de estaciones con tapetes microbianos.

En relación con la estructura de pigmentación en tapetes microbianos según la aproximación propuesta por macro-zonas, en la campaña invierno 2025, se observaron tres principales tipologías de tapetes, las que corresponden a:

A.-TIPOLOGÍA 1, tapetes que presentan 3 macro-zonas de pigmentación:

- Capas Subsuperficiales de tonalidad verde y/o naranja
- Capas Intermedias de tonalidad rosada y/o púrpura
- Capas Profundas de tonalidades color marrón

B.-TIPOLOGÍA 2, tapetes que presentan 2 macro-zonas de pigmentación:

- Capas Subsuperficiales de tonalidad verde, naranja y en menor medida, rosado.
- Capas Intermedias de tonalidades rosada y/o púrpura.

C.-TIPOLOGÍA 3, tapetes que presentan solo una macro-zona:

- Capa Subsuperficial de tonalidad verde, rosado y/o naranja

En relación con la estructura de pigmentación, en 9 campañas de monitoreo de invierno (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2024 y 2025), los tapetes microbianos presentaron las tres tipologías. Mientras que en invierno tardío 2023, se observó la presencia de dos tipologías (1 y 3).

Para el **Sector La Punta-La Brava**, en la campaña invierno 2025, la Tipología 1 se mantuvo como la configuración macroscópica predominante con 100% de prevalencia, lo cual describe un aumento respecto a las anteriores campañas de invierno, siendo por primera vez la única tipología en ser detectada. La Tipología 1 venía en aumento desde invierno 2020 con 29,6% hasta alcanzar su máximo en invierno 2023 con 92,6% de prevalencia. En invierno 2024, se observó una disminución de la Tipología 1, con un 44,4%, por lo que invierno 2025 muestra una recuperación de la tendencia al aumento de dicha tipología. El aumento relativo de tapetes de Tipología 1 está relacionada directamente con la disminución de tapetes de Tipología 2 y 3 **Figura N° 13-20**). Dentro de las estaciones de monitoreo que evidenciaron dicha disminución en Tipología 2, respecto de la última campaña invierno 2024, destacan LP-24 (Laguna La Punta) y LB-1, LB-2 y LB-3 (La Brava).

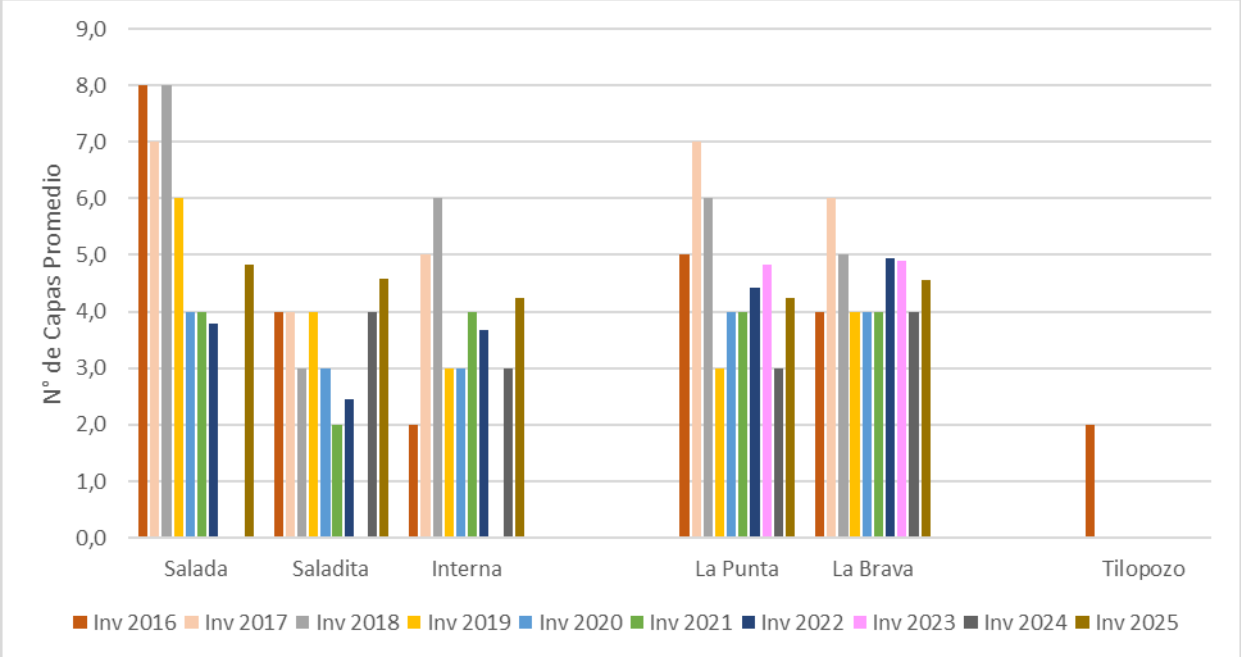
Respecto al **Sector Peine**, en la campaña invierno 2025, se registró un aumento en la proporción general de tapetes de Tipología 1, respecto a todas las campañas de invierno anteriores, donde fue mayor con 86,1%. Cabe destacar que invierno 2023 no pudo ser muestreado y en invierno 2024, el Sector Peine fue muestreado parcialmente. El aumento en la Tipología 1 es consistente con el aumento de macro-zonas en los distintos tapetes evaluados, en favor de la disminución de tapetes de Tipología 2 y 3. Considerando las estaciones evaluadas para el Sector Peine, entre las estaciones de monitoreo que evidenciaron este cambio, respecto de la última campaña invierno 2024, destacan I-11 e I-17(Laguna Interna) y SA-25 (Laguna Saladita).

De este modo, un tapete de Tipología 1 (que contiene las tres macro-zonas macroscópicas: Subsuperficial, Intermedia y Profunda), sugeriría un mayor grado de desarrollo estructural, dado que se estarían evidenciando las tres principales zonas funcionales que dan forma al microambiente del tapete. Por el contrario, la baja disponibilidad de agua podría afectar las condiciones que favorecen el mantenimiento de estas estructuras, promoviendo modificaciones en su conformación y composición tipológica (macro-zonas), con transiciones desde la Tipología 1 a 2 o incluso 3. Estos cambios podrían reflejar variaciones en la organización espacial de los microorganismos y, potencialmente, en algunos procesos ecológicos asociados al tapete, tales como la actividad fotosintética, la participación en ciclos biogeoquímicos y la producción de materia orgánica.

El número de capas promedio de los tapetes observados, por sistema lagunar en el sector La Punta-La Brava, aumentó una capa en invierno 2025 comparado a invierno 2024 tanto en Laguna La Punta como en Laguna La Brava con 4 y 5 capas promedio, respectivamente. Laguna La Punta y La Brava, se han mantenido fluctuando entre 3 y 5 capas promedio desde invierno 2019 (**Figura N° 13-18**). En el Sector Peine, aumentó una capa en invierno 2025 comparado a invierno 2022 en Laguna Salada, así como en Laguna Saladita e Interna respecto a invierno 2024, con 5, 5 y 4 capas promedio, respectivamente. De este modo, se mantiene un leve aumento en el número de capas promedio en Laguna Saladita desde invierno 2021 donde se había registrado 2 capas promedio, mientras que desde invierno 2020 en Laguna Salada se reportaban 4 capas promedio. Por otro lado, Laguna Interna se ha mantenido fluctuando entre 3 y 4 capas promedio desde invierno 2019, donde se observaron 3 capas promedio.

Respecto del Sector Vegas de Tilopozo, no reportó tapetes microbianos en la actual campaña y sólo se evidenció la presencia de tapetes en la campaña de invierno 2016 (**Figura N° 13-18**).

Figura N° 13-18. Número de capas promedio de tapetes microbianos, en los sectores Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo. Invierno 2016 a 2025.



Fuente: Elaboración propia

Respecto al **sector La Punta-La Brava**, en Laguna La Punta, al comparar el número de capas promedio por estación de monitoreo (invierno 2025) (**Figura N° 13-19**), se observa que, la estación LP-23, aumentó las capas promedio respecto a invierno 2024, donde se había registrado 3,3 capas promedio, marcando un aumentó de 1,0 capa promedio entre ambas

campañas. Cabe destacar que, esta estación, venía mostrando una tendencia al alza, desde anteriores campañas de invierno (2019 a 2023). Respecto a la estación LP-24, se observó un aumentó, pasando de 2,8 capas promedio (invierno 2024) a 4,2 (invierno 2025), aumentando 1,3 capas promedio. Esta estación, había mostrado entre todas las campañas anteriores (invierno 2016 a 2022) un rango de capas promedio de 2,7 a 4,0, así, esta estación, que había fluctuado constantemente entre estos valores y que había mostrado una disminución en 2024, vuelve a mostrar un aumento cercano a valores reportados anteriormente.

En laguna La Brava, en invierno 2025, la estación LB-1 mostró un aumento del número de capas promedio, que varió de 3,3 a 4,5 capas promedio, respecto a invierno 2024, lo que significó un aumento de 1,2 capas promedio. Por otro lado, la estación LB-2, mantuvo un número de capas promedio similar que en la campaña de invierno 2024, con 4,7 capas mientras que en invierno fue de 4,8 capas. En la estación LB-3 no se observó cambios, mostrando la misma cantidad de capas promedio tanto en invierno 2024 como en 2025, con 4,3 capas. Cabe destacar que, en estas estaciones, el rango entre todas las campañas ha sido de entre 3,8 - 5 capas promedio (LB-1), por lo que, en la anterior campaña, LB-1 había anotado la mayor variación observada hasta la fecha, mientras que en la presente ha vuelto a valores observados anteriormente. Las estaciones LB-2 y LB-3 se mantienen dentro de los rangos reportados en anteriores campañas, 3,8 - 5,7 capas promedio y 3,2 - 5,8 capas promedio, respectivamente (**Figura N° 13-19**).

En el **sector Peine**, al comparar el número de capas promedio por estación de monitoreo (invierno 2025), se observa que, en Laguna Salada, la estación S-6A mostró valores similares a invierno 2022, con 5,3 y 5,5 capas promedio, respectivamente. Esta estación se caracteriza por presentar rangos entre 5,3 (invierno 2022) y 8,3 (invierno 2018) capas promedio, aunque anotó el menor valor en invierno 2020 con 3,7 capas promedio. Por otro lado, la estación S-9 mostró 4,2 capas promedio en la presente campaña, mientras que en invierno 2022 fue de 6,0, una variación de 1,8 capas promedio. Este, es el menor registro en número de capas comparado a los anteriores inviernos, donde el menor había sido de 4,5 capas promedio en invierno 2018. No obstante, dado que ambas estaciones no pudieron ser muestreadas ni en 2023 ni en 2024, se destaca la importancia de mantener el seguimiento de cada estación de monitoreo.

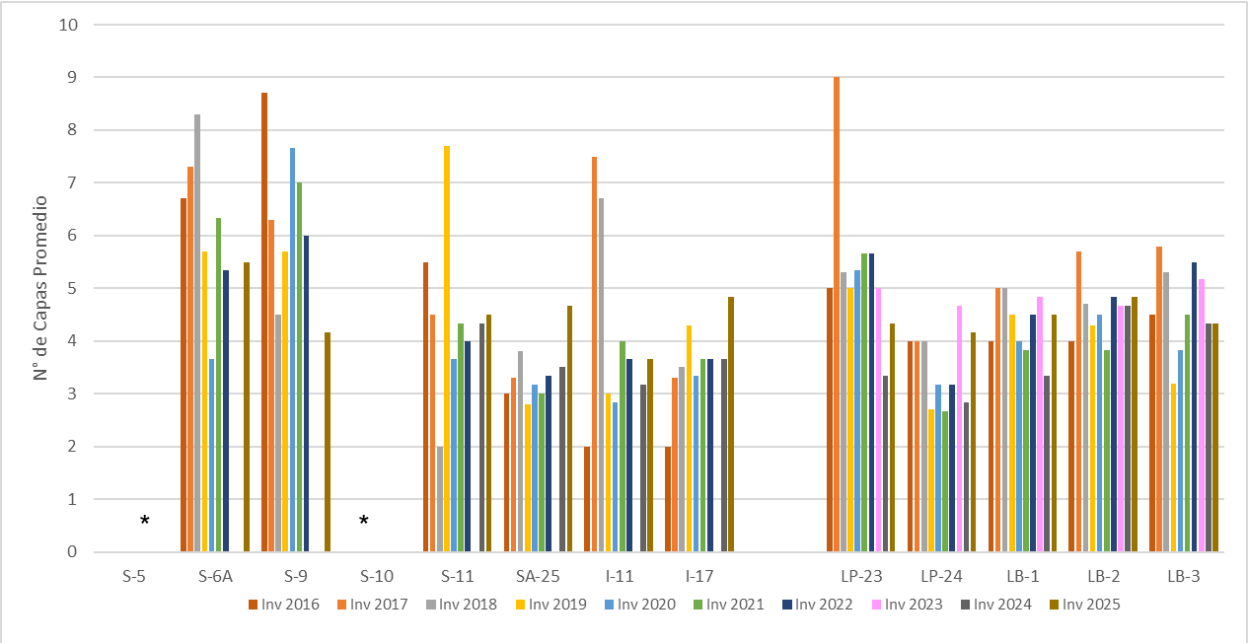
En laguna Saladita, la estación S-11, se mantuvo en valores similares a los reportados en las anteriores campañas de invierno (2020 a 2025), variando de entre 3,7 a 4,3 capas promedio, lo cual representa una variación menor a 1 capa promedio desde invierno 2020, campaña donde se había registrado una drástica disminución en las capas promedio de dicha estación. Similar ocurre con los tapetes de la estación SA-25, donde se observó un leve aumento de 0,2 capas promedio, respecto a invierno 2022 en invierno 2024. Sin embargo, en invierno 2025, se observaron 4,7 capas promedio, un aumento de 1,2 capas respecto al periodo anterior. Previamente, se había registrado un cambio enel número de capas promedio, cuyo valor fue de 3,3 capas en invierno de 2022 respecto de las 3,0 capas promedio registradas en invierno de 2021, sin embargo, esta estación usualmente se encuentra en esos rangos, destacando

que este parámetro ha fluctuado entre 2,8 y 3,8 capas promedio en todos los inviernos (2016 a 2022).

Finalmente, en laguna Interna, se pudo detectar que en la estación I-11, el número de capas promedio aumentó levemente, pasando de 3,2 capas en invierno 2024 a 3,7 capas en invierno 2025, no obstante, desde invierno 2017, se observó un cambio gradual hasta invierno 2021. Por otro lado, la estación I-17, exhibió un aumento en el número de capas promedios, en invierno 2025 respecto a 2024, pasando de 3,7 a 4,8 capas, un aumento de 1,2 capas promedio, superando también, valores registrados en invierno 2021 e invierno 2022, con 3,7 capas promedio; no obstante, al igual que SA-25, esta estación se encuentra en un rango que va desde 2 capas (en invierno 2016) a 4,3 capas (invierno 2019) (**Figura N° 13-19**).

De este modo, las máximas variaciones en el número de capas promedio entre invierno 2025, y anteriores campañas, se observan en LP-23, con una disminución de 4,3 capas promedio (entre invierno 2017 e invierno 2025), mientras que el mayor aumento de capas promedio se observó en I-17, con 2,8 capas promedio (invierno 2018 e invierno 2025). Esto muestra el máximo rango observado entre la última campaña de invierno y las que anotaron mayor o menor número de capas.

Figura N° 13-19. Número de capas promedio de tapetes microbianos, por estación de monitoreo. Invierno 2016 a 2025.



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, respecto a la morfología de los tapetes microbianos, a partir de las 10 campañas de invierno llevadas a cabo, se distinguen principalmente 3 tipos: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente estructurados y pigmentados, característicos de laguna Salada y en laguna La Punta; 2) Tapetes convexos, con apariencia, consistencia y textura de tipo coriácea (semejante al cuero), los cuales predominan en laguna La Brava (LB-1); y 3) Tapetes planos, de textura superficial mucilaginosa, de consistencia blanda y granular, detectados especialmente en laguna La Brava (LB-1 y LB-2), observados en invierno de 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 e invierno 2025.

13.3.3 Estructura de pigmentación y tonalidad de tapetes microbianos

A continuación, se discuten los aspectos más relevantes referidos a la estructura de pigmentación y tonalidad de tapetes microbianos según cada sector en los monitoreos semestrales de invierno realizados entre los inviernos 2016 y 2025.

13.3.3.1 Sector La Punta-La Brava

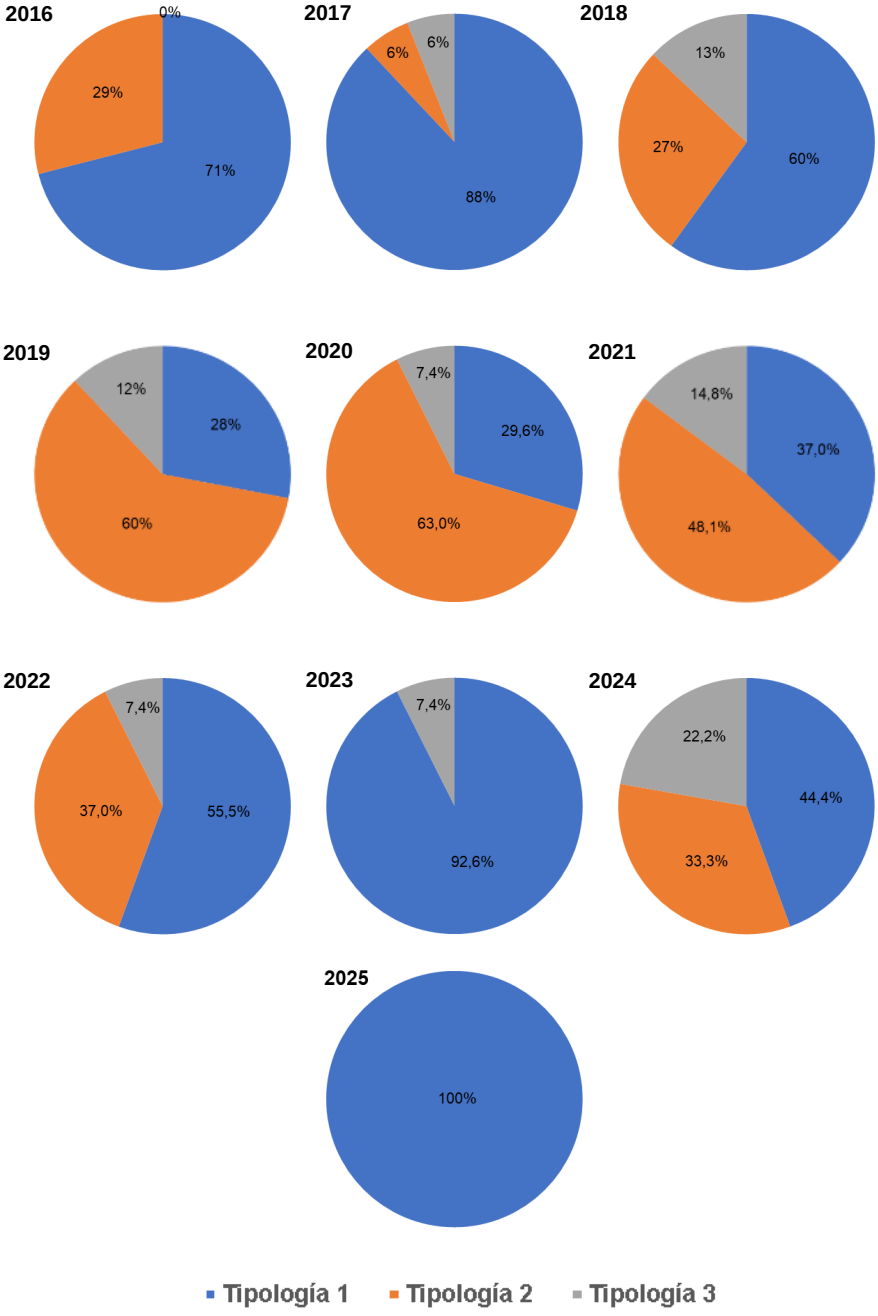
El Sector La Punta-La Brava, presentó tapetes de Tipología 1, 2 y 3 durante las campañas de invierno, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022, mientras que invierno 2016 sólo exhibió la

Tipología 1 y 2, y en invierno 2023 se observó sólo la Tipología 1 y 3. En invierno 2024 hubo un cambio del 48,2% en la prevalencia de tapetes de Tipología 1, aunque se mantuvo como la tipología predominante en el sector. Sin embargo, en Invierno 2025 hubo un 100% de tapetes de Tipología 1. Este cambio se registra después de la disminución observada en invierno de 2024 y representa un retorno a la tendencia de incremento sostenida entre invierno de 2019 e invierno de 2023.

Por otro lado, los tapetes con Tipología 2 disminuyeron un 33,3% en comparación a invierno 2024, donde habían sido detectados, lo que sugiere que la mayoría de los tapetes de Tipología 2 pudieron haber migrado a Tipología 1 dado el aumento de estos últimos. Si bien, se ve un cambio en esta Tipología, se mantiene como el menor valor de prevalencia (0%), exceptuando por invierno 2023 donde tampoco fueron detectados. Por otro lado, la proporción de tapetes de Tipología 3, que se han mantenido en el rango de 6,0% a 14,8% en la mayoría de las campañas de invierno, durante la campaña de invierno 2024, habían exhibido un aumento de 14,8%, siendo la campaña con la mayor proporción de prevalencia de esta tipología, así, similar a lo sugerido con Tipología 2, es posible que tapetes de Tipología 3 hayan migrado a Tipología 1, siendo la potencial razón de no ser detectados en invierno 2025 (**Figura N° 13-20**).

A nivel lagunar, durante la campaña de invierno 2025, en laguna La Punta presentó diferencias sustantivas en la prevalencia de Tipología 1 respecto a invierno 2024. En el caso de la Laguna La Punta, hubo un aumento de 75% en las muestras de tapetes con Tipología 1, respecto a invierno 2024. La estación LP-23 aumentó en un 50% los tapetes de Tipología 1 en invierno 2025, respecto a invierno 2024 (**Tabla N° 13-15**), mientras que en la estación LP-24, dicha tipología aumentó completamente (100%) (**Tabla N° 13-16**), disminuyendo los tapetes de Tipología 2 (**Tabla N° 13-20**) y 3 (**Tabla N° 13-22**). Por otro lado, en laguna La Brava donde todos los tapetes habían presentado la Tipología 1 en invierno 2023, y mostraron una disminución de 44% en esta tipología en invierno 2024, también aumentaron un 100% tanto en las estaciones LB-1 y LB-2, y un 50% en LB-3 (**Tabla N° 13-18** y **Tabla N° 13-19**, respectivamente), en invierno 2025 respecto a invierno 2024. Por otro lado, las Tipologías 2 y 3 disminuyeron en esta laguna, donde todas las estaciones habían exhibido dicha tipología (**Tabla N° 13-21** y **Tabla N° 13-22**). Así, durante invierno 2025, en el Sector La Punta-La Brava la Tipología 1 se mantiene como la conformación predominante, sin evidencia de la Tipología 2 ni la Tipología 3 (**Figura N° 13-20**).

Figura N° 13-20. Proporción de Tipologías de Tapetes en el Sector La Punta-La Brava. Campañas de Invierno 2016 a 2025.



Fuente: Elaboración propia

En la laguna La Punta, los tapetes de Tipología 1 fueron detectados en todas las campañas de monitoreo, excepto en invierno 2020. Por otro lado, durante invierno 2024, los tapetes con esta tipología fueron observados sólo en la estación LP-23 (67%), mientras que en invierno 2025, todos los tapetes muestreados presentaron la Tipología 1 (100%) (**Tabla N° 13-15**), lo cual concuerda con lo observado en campañas de invierno anteriores (2016 a 2023). Por otro lado, si bien esta conformación tipológica no fue detectada en LP-24 en invierno 2024, lo cual representó una variación del 83% respecto a invierno 2023, en invierno 2025, la Tipología 1 fue detectada en todos los tapetes LP-24 (100%). Esto coincide con lo visto anteriormente, donde LP-24 se caracteriza por presentar tapetes de esta tipología, incluso cuando ha mostrado una baja prevalencia que en algunas ocasiones ha sido de 17% (entre invierno 2018 a 2022), mientras que no fueron detectados en invierno 2021, siendo, de este modo, invierno 2025 la campaña donde se observó la mayor prevalencia de esta tipología (**Tabla N° 13-16**).

Tabla N° 13-15. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Punta, estación LP-23. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Año/Muestra			LP-23																					
			2016		2017			2018		2019		2021		2022		2023		2024		2025				
			LP-23		LP- 23			LP-23		LP-23		LP-23		LP-23 P		LP-23 P		LP-23 P		LP-23 P			LP-23 C	
			2	3	1	2	3	1	2	2	3	2	3	1	3	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Naranja																							
		Verde																							
		Verde claro																							
		Verde oscuro																							
		Verde opaco claro																							
		Amarillo																							
		Amarillo claro																							
		Amarillo oscuro																							
	Intermedia	Blanco																							
		Rosado																							
		Rosado claro																							
		Verde opaco claro																							
		Naranja																							
		Café claro																							
		Purpura																							
	Profunda	Verde opaco																							
		Verde oscuro																							
		Verde opaco oscuro																							
		Verde																							
		Gris																							
		Blanco																							
		Marrón																							
		Marrón claro																							
		Marrón verde																							
		Marrón morado																							
		Marrón oscuro																							
		Marrón púrpura																							
		Rosado																							
		Verde claro																							
		Amarillo claro																							

Año/Muestra			LP-23																					
			2016		2017			2018		2019		2021		2022		2023		2024		2025				
			LP-23		LP- 23			LP-23		LP-23		LP-23		LP-23 P		LP-23 P		LP-23 P		LP-23 P			LP-23 C	
			2	3	1	2	3	1	2	2	3	2	3	1	3	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3
		Negro																							

*Tipología 1 no fue reportada en invierno 2020 en LP-23
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-16. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Punta, estación LP-24. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Año/Muestra			LP-24																
			2016	2017		2018	2019	2020	2022	2023					2025			
			LP-24	LP-24		LP-24	LP-24 P	LP-24 P	LP-24 C	LP-24 P		LP-24 C			LP-24 P	LP-24 C		
			1	1	3	1	1	2	1	1	3	1	2	3	2	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Naranja																
		Verde																
		Verde claro																
		Verde oscuro																
		Verde opaco claro																
		Amarillo																
		Amarillo claro																
		Amarillo oscuro																
	Intermedia	Blanco																
		Rosado																
		Rosado claro																
		Verde opaco claro																
		Naranja																
		Café claro																
		Purpura																
	Profunda	Verde opaco																
		Verde oscuro																
		Verde opaco oscuro																
		Verde																
		Gris																
		Blanco																
		Marrón																
		Marrón claro																
		Marrón verde																
		Marrón morado																
		Marrón oscuro																
		Marrón púrpura																
		Rosado																
		Verde claro																
		Amarillo claro																
		Negro																

*Tipología 1 no fue reportada en invierno 2021 en LP-24
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

En la laguna La Brava, se observa un cambio en los tapetes de Tipología 1, tanto en tapetes superficiales planos como sumergidos coriáceos de las estaciones LB-1 (**Tabla N° 13-17**), LB-2 (**Tabla N° 13-18**) y LB-3 (**Tabla N° 13-19**), con un aumento de 100% en los primeros dos sitios y de un 50% en el tercero, respectivamente. De esta manera, los tapetes de LB-1, LB-2 y LB-3 probablemente hayan migrado de Tipología 2 a Tipología 1. De todos modos, se espera que los tapetes en LB-1 y LB-2 no llegasen a cambiar significativamente, ya que son estaciones que se caracterizan por exhibir tapetes con Tipología 1, siendo hallados en todas las campañas de invierno anteriores (2016 a 2024) (**Tabla N° 13-17** y **Tabla N° 13-18**). Por otro lado, después de que en LB-3 se había observado un leve aumento de la Tipología 1 en invierno 2023, en especial de tapetes coriáceos, que migraron de Tipología 2, en invierno 2024 se volvió a observar una variación tanto en tapetes superficiales planos como de tapetes coriáceos, siendo la proporción neta de 100% en invierno 2023 a 66% en invierno 2024. Sin embargo, en invierno 2024, LB-3 volvió a exhibir un 100% de tapetes de Tipología 1, similar a invierno 2023. Esta estación también se caracteriza por presentar tapetes de Tipología 1, por lo que esta variación, en la proporción de conformación tipológica, se encuentra dentro de los rangos observados en las campañas de invierno anteriores (**Tabla N° 13-19**).

En ese sentido, tal como se planteó en el Informe N.° 6 (Invierno 2021) y en el Informe Semestral N.° 13 (Invierno 2022), el aumento de los tapetes de Tipología 1, o la mantención de su proporción con leves variaciones desde invierno de 2020, podría indicar una estabilización de esta conformación tipológica y la reconfiguración de las capas de microorganismos que habrían experimentado cambios durante 2019. Lo anterior sugeriría una condición relativamente estable de los tapetes en esta estación, por lo que se recomienda mantener su seguimiento en el tiempo.

Tabla N° 13-17. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Brava, estación LB-1. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Macrozona		Año/Muestra	LB-1																												
			2016		2017			2018		2020	2021	2022				2023						2024			2025					
			LB-1		LB-1			LB-1		LB-1 C	LB-1 C	LB-1 P	LB-1 C			LB-1 P			LB-1 C			LB-1 P		LB-1 C	LB-1 P			LB-1 C		
			2	3	1	2	3	1	2	3	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	2	1	2	3	1	2	3
	Subsuperficial	Naranja																												
		Verde																												
		Verde claro																												
		Verde oscuro																												
		Rosado																												
		Naranja claro																												
		Amarillo																												
		Amarillo claro																												
	Intermedia	Blanco																												
		Rosado																												
		Purpura																												
		Blanco																												
	Profunda	Naranja claro																												
		Naranja																												
		Verde opaco																												
		Verde oscuro																												
		Verde opaco oscuro																												
		Blanco																												
		Marrón																												
		Marrón claro																												
		Marrón oscuro																												
		Púrpura																												
		Verde																												
		Verde claro																												
		Gris																												
		Negro																												

*Tipología 1 no fue reportada en invierno 2019 en LB-1
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-18. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Brava, estación LB-2. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Macrozona		Año/Muestra	LB-2																																			
			2016		2017		2018		2019		2020				2021			2022				2023						2024			2025							
			LB-2		LB-2		LB-2		LB-2 P	LB-2 C	LB-2 P		LB-2 C		LB-2 P	LB-2 C		LB-2 P		LB-2 C		LB-2 P			LB-2 C			LB-2 P	LB-2 C		LB-2 P			LB-2 C			
			1	3	1	3	1	3	1	1	1	2	2	3	2	1	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Naranja																																			
		Verde																																			
		Verde claro																																			
		Verde oscuro																																			
		Rosado																																			
		Naranja claro																																			
		Amarillo																																			
		Amarillo claro																																			
	Intermedia	Blanco																																			
		Rosado																																			
		Purpura																																			
		Blanco																																			
	Profunda	Naranja claro																																			
		Naranja																																			
		Verde opaco																																			
		Verde oscuro																																			
		Verde opaco oscuro																																			
		Blanco																																			
		Marrón																																			
		Marrón claro																																			
		Marrón oscuro																																			
		Púrpura																																			
		Verde																																			
		Verde claro																																			
		Gris																																			
		Negro																																			

-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-19. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna La Brava, estación LB-3. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Macrozona		Año/Muestra	LB-3																																				
			2016					2017					2018		2019		2020		2021				2022			2023						2024				2025					
			LB-3					LB-3					LB-3		LB-3		LB-3 P		LB-3 P	LB-3 C			LB-3 P	LB-3 C		LB-3 P		LB-3 C				LB-3 P	LB-3 C			LB-3 P		LB-3 C		
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	3	1	2	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Rosado																																						
		Verde opaco																																						
		Naranja																																						
		Verde																																						
		Verde claro																																						
		Verde oscuro																																						
		Marrón claro																																						
		Amarillo																																						
		Amarillo claro																																						
	Intermedia	Blanco																																						
		Rosado																																						
		Purpura																																						
		Blanco																																						
	Profunda	Verde opaco claro																																						
		Verde opaco oscuro																																						
		Marrón																																						
		Marrón claro																																						
		Marrón morado																																						
		Marrón oscuro																																						
		Púrpura																																						
		Rosado gris																																						
		Verde																																						
		Verde claro																																						
		Café naranja																																						
		Amarillo claro																																						
		Gris																																						
		Negro																																						

-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Respecto a Tipología 2, en laguna La Punta, durante invierno 2025 se observaron muestras con esta conformación sólo en LP-24, en tapetes superficiales planos. En invierno 2022 había exhibido este tipo de tapetes en las estaciones LP-23 (33% de las muestras) y LP-24, particularmente en tapetes superficiales coriáceos (66%), aunque también superficiales planos (33%). El hallazgo de esta tipología en estos tapetes, particularmente en LP-24, había coincidido con lo registrado en invierno 2019 e invierno 2020, donde también se había observado esta estructura tipológica. Principalmente, se observó que la estación más prevalente fue LP-24, la cual mantuvo la presencia de esta tipología en invierno 2024, respecto a invierno 2022 y 2021, y similar a 2020, para los tapetes coriáceos e incluso para los tapetes superficiales planos.

Mientras que en invierno 2025, fue solo esto se redujo a una muestra de tapetes. Esto había estado mostrando un cambio respecto a los inviernos anteriores (2016 a 2019), dado que estas estaciones recurrentemente exhiben tapetes de Tipología 1, lo que va en línea con lo observado en invierno 2023 (**Tabla N° 13-20**). En todos los casos de invierno 2022, se había observado la ausencia de la macro-zona profunda, representada en capas de tonalidad marrón, la cual, en la campaña invierno 2023 había sido observada nuevamente, en el 92,6% de las muestras, mientras que para invierno 2024, han vuelto a estar ausentes en la macro-zona profunda, mientras que al haber disminuido la prevalencia de Tipología 2 en invierno 2025, muestra que migraron a Tipología 1. Esto indicaría una variación en las comunidades microbiológicas que podrían estar habitando el tapete, especialmente, en la zona anoxigénica-anaerobia del tapete (macro-zona profunda). En ese sentido, es sugerible mantener la atención en los tapetes de estas estaciones para seguir su evolución (**Tabla N° 13-20**).

Respecto de laguna La Brava, en invierno de 2025 no se observaron tapetes de Tipología 2, evidenciándose la ausencia de esta conformación en las estaciones evaluadas. Esta situación es similar a la registrada en invierno de 2023, cuando tampoco se observaron tapetes de Tipología 2 en las tres estaciones estudiadas (LB-1, LB-2 y LB-3). Previamente, en invierno de 2022, los tapetes de la estación LB-1 habían mostrado leves variaciones respecto de invierno de 2021, observándose una disminución en la proporción de algunos tapetes con esta conformación.No obstante, y al igual que en invierno 2021, en invierno 2022 se había observado cierta dinámica en esta laguna, dado que en LB-1, se había notado un aumento de tapetes superficiales planos con Tipología 2 (33%) en invierno 2021, mientras que disminuyó (33%) en tapetes coriáceos, lo que parecía seguir ocurriendo en invierno 2024, fenómeno que en 2025 pareciera haberse revertido (**Tabla N° 13-21**).

Un efecto similar se observó en LB-2, en invierno 2025, donde la prevalencia de Tipología 2 cambió respecto a invierno 2024. A diferencia de la campaña anterior, la Tipología 2 había aumentado un 33% su presencia en tapetes superficiales planos, respecto a invierno 2023, mientras que los tapetes coriáceos se mantuvieron constantes, con un 33% (una sola muestra), sin embargo, durante invierno 2022, algunos de los tapetes (cerca del 33%) de estas estaciones habían migrado hacia Tipología 1 y finalmente, lo hicieron completamente en

invierno tardío 2023. De este modo, aquellos tapetes de Tipología 2 volvieron a reorganizar la macro-zona superficial, migrando a Tipología 1 (**Tabla N° 13-21**).

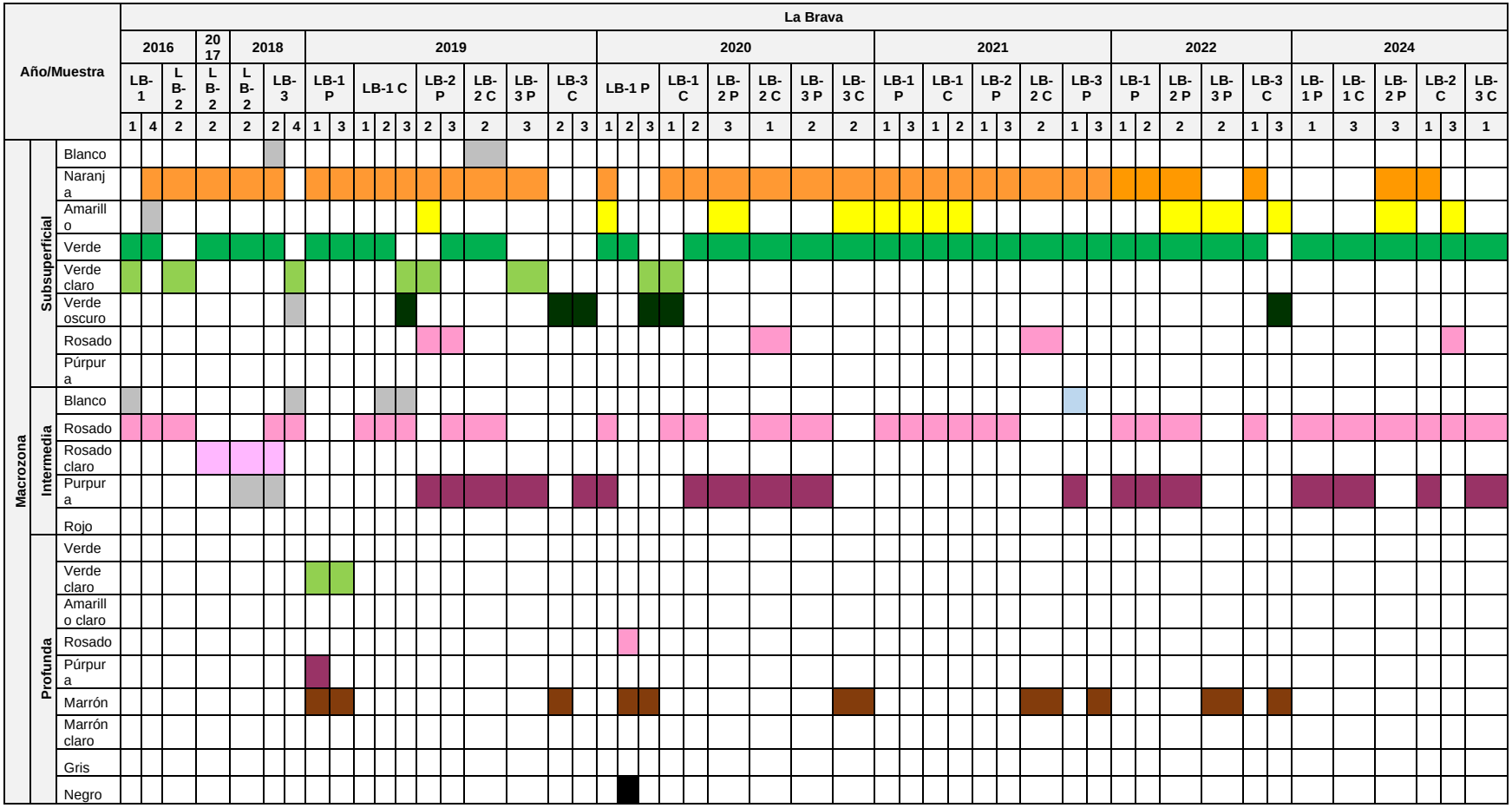
Por otro lado, en LB-3, la Tipología 2 en invierno 2025 tampoco se observó, similar a invierno 2023. Comparado a invierno 2022, los tapetes coriáceos variaron un 50% en la presente campaña. Estos tapetes habían disminuido en un 66%, en invierno 2022, mientras que los tapetes planos superficiales disminuyeron (33%) respecto a invierno 2021. Cabe destacar, que la presencia de Tipología 2, se ha observado previamente en anteriores campañas de invierno (2016 a 2018). La mayoría de los cambios, se habían reflejado en la pérdida de la macro-zona profunda de estos tapetes. Así, los resultados sugieren que los tapetes previamente clasificados como Tipología 2 habrían presentado una reconfiguración estructural, evidenciando nuevamente la macrozona Profunda y siendo clasificados como Tipología 1 (**Tabla N° 13-21**).

Tabla N° 13-20. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Lagunas La Punta. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Año/Muestra			La Punta																								
			2016	2018	2019				2020								2021				2022				2024			2025
			LP-23	LP-23	LP-23	LP-24 P	LP-24 C		LP-23			LP-24 P		LP-24 C			LP-23 P	LP-24 C			LP-23 P	LP-24 P	LP-24 C		LP-24 C			LP-24 P
			1	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	1	1	2	3	2	1	2	3	1	2	3	1
Macrozona	Subsuperficial	Blanco																										
		Naranja																										
		Amarillo																										
		Verde																										
		Verde claro																										
		Verde oscuro																										
		Rosado																										
		Púrpura																										
	Intermedia	Blanco																										
		Rosado																										
		Rosado claro																										
		Purpura																										
		Rojo																										
	Profunda	Verde																										
		Verde claro																										
		Amarillo claro																										
		Rosado																										
		Púrpura																										
		Marrón																										
		Marrón claro																										
		Gris																										
		Negro																										

*Tipología 2 no fue reportada en invierno 2017 ni 2023 en Laguna La Punta.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-21. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Lagunas La Brava. Campaña invierno, 2016 a 2025.



*Tipología 2 no fue reportada en invierno 2023 y 2025 en Laguna La Brava.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a Tipología 3, la Laguna La Punta no reportó esta conformación en LP-23 y en solo una muestra de LP-24 en invierno 2025, mostrando cambios de 67% y 83%, respecto a invierno 2024, y mostrando valores similares a invierno 2023. Cabe destacar que LP-24 se caracteriza por presentar esta tipología en los tapetes superficiales (**Tabla N° 13-22**).

Por otra parte, en Laguna La Brava, a diferencia de invierno 2024, en invierno 2025 no se reportó la Tipología 2, similar a invierno 2022 y 2023. A diferencia de invierno 2021, sólo una muestra de tapetes coriáceos de la estación LB-3 exhibió dicha conformación (**Tabla N° 13-22**). En ese sentido, se sugiere atención en los próximos monitoreos en el comportamiento de estos tapetes y en la conformación de macro-zonas y/o reestructuración de las tipologías 2 o incluso 1 a partir de la Tipología 3.

Tabla N° 13-22. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 3 en Lagunas La Punta y La Brava. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Año/Muestra			La Punta														La Brava							
			2017	2018	2019	2021			2022		2023		2024			2025	2018	2019		2020		2021	2024	
			LP-24	LP-24	LP-24 P	LP-24 P			LP-24 P		LP-23 P	LP-24 P	LP-23 P	LP-24 P		LP-24 P	LB-1	LB-1 P	LB-3 C	LB-3 C		LB-1 P	LB-1 C	LB-3 P
			2	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	2	1	1	3	2	2	2
Macrozona	Subsuperficial	Rosado																							
		Blanco																							
		Rosado claro																							
		Naranja																							
		Amarillo																							
		Verde																							
		Verde oscuro																							
		Naranja claro																							
		Marrón claro																							
		Amarillo claro																							

*Tipología 3 no fue reportada en invierno 2016 en Laguna La Punta y en inviernos 2016, 2017, 2022, 2023 y 2025 en Laguna La Brava.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

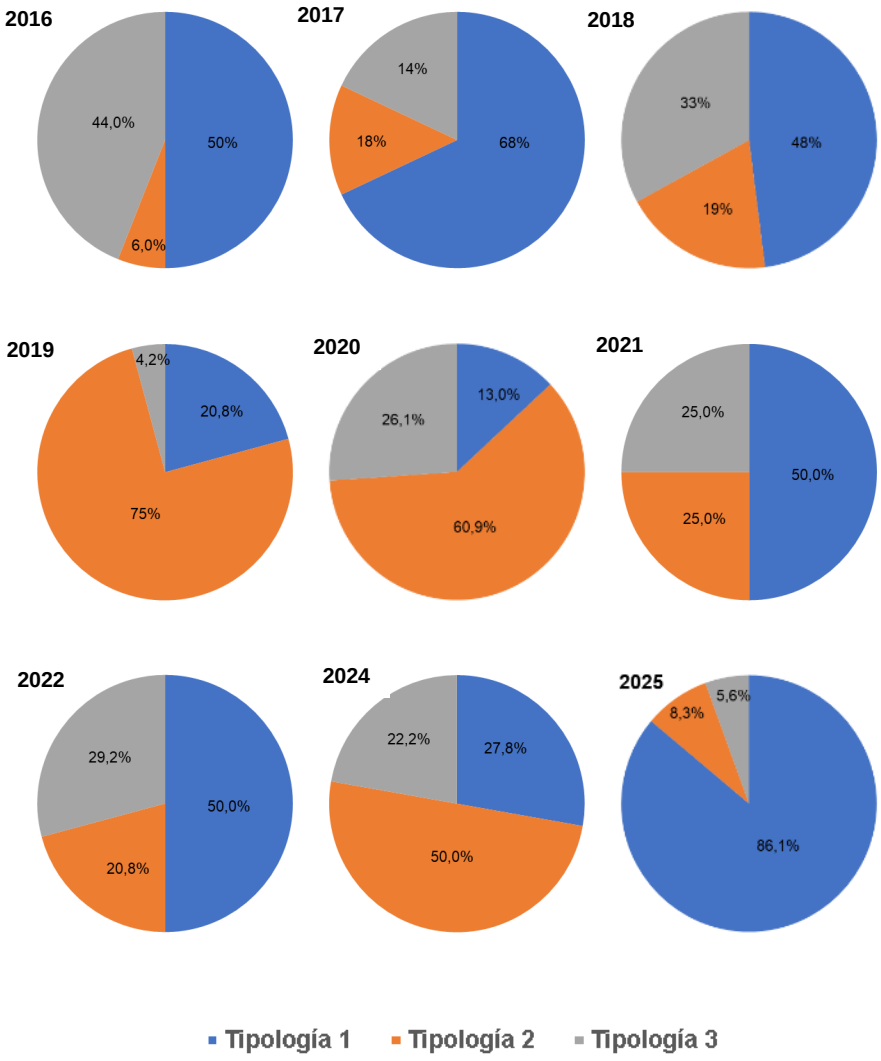
13.3.3.2 Sector Peine

El Sector Peine, presentó tapetes de Tipología 1 y 2 durante la campaña de invierno 2016 y las tres Tipologías (1, 2 y 3) en las sucesivas campañas de invierno (2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2024 y 2025). Comparado a invierno 2024, se puede observar que en invierno 2025, la Tipología 1 aumentó un 58,3%, mientras que la prevalencia de Tipología 2 disminuyó, pasando de 50,0% a 8,3% de prevalencia. A su vez, los tapetes de Tipología 3 disminuyeron un 16,7%. Esto muestra que un 72,2% neto de los tapetes, tanto de Tipología 2 como de Tipología 3, pasaron a Tipología 1. Así, los tapetes de Tipología 1, que habían mostrado una estabilización desde campañas anteriores a invierno 2024, aumentaron a los mayores valores observados que en cualquier campaña de invierno anterior.

Los tapetes de Tipología 2, que habían aumentado sucesivamente entre invierno 2016 y 2019, llegando a un 75%, y que habían anotado un cambio, pasando de 60,9% de prevalencia en invierno 2020 a 20,8% en invierno 2022 (una reducción de ~40,1%), se vieron aumentados, en invierno 2024, un 25,0% respecto a invierno 2021 y ~29,2% respecto a invierno 2022 (recordar que no hay registro para invierno 2023). Sin embargo, en invierno 2025, la Tipología 2 varió un 41,7%, llegando a un 8,3% respecto a invierno 2024. Por otro lado, los tapetes de Tipología 3, mostraron una prevalencia que ha sido variable en la mayoría de las campañas, con rangos entre 25 y 44% (invierno 2016 a 2022), excepto por invierno 2017 e invierno 2019, donde sufrieron una mayor variación (18% y 4,2%, respectivamente). En invierno 2024, estos tapetes, disminuyeron a 22,2%, aunque se mantuvieron en los rangos observados desde invierno 2020. No obstante, en invierno 2025 cayeron un 16,7% hasta alcanzar solo 5,6% comparado a invierno 2024 (**Figura N° 13-21**).

A nivel lagunar, la Tipología 1 se mantuvo similar, en Laguna Salada, con tapetes por sobre 83% en invierno 2025, mientras que en invierno 2022 (la última campaña en que se habían muestreado esta laguna), los tapetes habían mostrado un 67% esta tipología (**Tabla N° 13-23**). En Laguna Saladita, en invierno 2025 respecto de invierno 2024 (**Tabla N° 13-24**). Si bien, la Tipología 1 en la estación S-11 varió un 17%, los tapetes de SA-25 (a nivel neto, tanto superficiales como coriáceos) que antes habían mostrado la Tipología 2, migraron completamente a Tipología 1, aumentando un 100% desde Tipología 2 (**Tabla N° 13-27**) y Tipología 3 (**Tabla N° 13-29**). Por otro lado, en Laguna Interna (I-11 e I-17), se observa un aumento (100%), también, de la Tipología 1 (**Tabla N° 13-25**) mientras que la Tipología 2 (**Tabla N° 13-28**) y 3 (**Tabla N° 13-30**) disminuyeron su prevalencia. De este modo, durante invierno 2025, en el Sector Peine se aumentó la Tipología 1 como la predominante, dejando de ser la Tipología 2 la estructura de tapetes más prevalente (**Figura N° 13-21**).

Figura N° 13-21. Proporción de Tipologías de Tapetes en el Sector Peine, Invierno 2016 a 2025.



Fuente: Elaboración propia

En laguna Salada, los tapetes de Tipología 1 se mantuvieron estables durante invierno 2025, comparados a invierno 2022. Si bien los registros históricos de los tapetes microbianos de esta laguna (invierno 2016 a 2018) mostraron la Tipología 1 en las estaciones S-6A y S-9 (**Tabla N° 13-23**), en invierno de 2020, al igual que en invierno 2019, no se evidenció esta conformación, predominando la Tipología 2, mostrando estos tapetes una pérdida de la macro-zona subsuperficial, pero manteniendo la estructura de tonalidad vistas en invierno 2019, donde hubo mayor prevalencia de tonos rosado, púrpura, sumándose además, las tonalidades verde y naranja en la macro-zona intermedia, mientras

se mantuvo la prevalencia de los tonos marrón y púrpura, en la macro-zona profunda. No obstante, en invierno 2021, hubo un aumento de la Tipología 1, donde los tapetes se reconfiguraron principalmente en la macro-zona Profunda. Al igual que en la campaña de invierno anterior, en invierno 2022, se pudo apreciar, que se mantuvo la Tipología 1 y la macro-zona Profunda. Estos tapetes, cuentan con predominancia de las tonalidades verde y en menor medida naranjo y amarillo en la macro-zona Subsuperficial, púrpura y rosado en la macro-zona Intermedia y marrón en la macro-zona Profunda. Cabe destacar que los tapetes de Tipología 1 han mostrado una relativa estabilidad en el tiempo, por lo que cambios en las condiciones ambientales de la laguna podrían traducirse en una disminución de sus capas estructurales y, en consecuencia, en modificaciones de su tipología (Madigan et al., 2009).

Dado que laguna Salada no pudo ser muestreada en invierno 2024, no fue posible obtener mayores conclusiones de estas estaciones de monitoreo. No obstante, en invierno 2025, todas las muestras de tapetes presentaron la Tipología 1, similar a lo observado en anteriores inviernos. Cabe destacar que, este es el primer reporte de tapetes sumergidos en S-6A y S-9, los cuales también evidenciaron dicha tipología.

Tabla N° 13-23. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna Salada, inviernos 2016 a 2025.

Año/Muestra			Laguna Salada																																							
			2016						2017						2018						2021						2022				2025												
			S-6A			S-9			S-6A			S-9			S-6A			S-9			S-6A P			S-9 P			S6-A P		S-9 P		S-6 P			S-6 C			S-9 P			S-9 C		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Rosado																																									
		Blanco																																									
		Gris																																									
		Verde opaco																																									
		Naranja																																									
		Amarillo																																									
		Verde																																									
		Verde claro																																									
		Verde oscuro																																									
		Verde opaco claro																																									
		Naranja claro																																									
		Amarillo claro																																									
	Intermedia	Blanco																																									
		Rosado																																									
		Rosado claro																																									
		Purpura																																									
		Naranja																																									
	Profunda	Naranja claro																																									
		Naranja																																									
		Verde opaco																																									
		Verde opaco claro																																									
		Verde oscuro																																									
		Verde opaco oscuro																																									
		Verde																																									
		Blanco																																									
		Marrón																																									
		Marrón claro																																									
		Marrón oscuro																																									
		Marrón opaco																																									

Año/Muestra		Laguna Salada																																							
		2016						2017						2018						2021						2022						2025											
		S-6A			S-9			S-6A			S-9			S-6A			S-9			S-6A P			S-9 P			S6-A P		S-9 P			S-6 P			S-6 C			S-9 P			S-9 C		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		Marrón morado																																								
		Marrón oscuro																																								
		Púrpura																																								
		Rosado gris																																								
		Gris																																								
		Gris claro																																								
		Verde claro																																								
		Marrón naranja																																								
		Rosado																																								
		Naranjo																																								
		Negro																																								

*Tipología 1 no fue reportada en Laguna Salada en invierno 2019 y 2020.
**Laguna Salada no fue muestreada ni en invierno 2023 ni invierno 2024.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

En laguna Saladita, los tapetes de Tipología 1 han sido observados en la mayoría de las campañas, sin embargo, en cuanto a tapetes coriáceos con esta tipología, sólo han sido reportados en SA-25 (**Tabla N° 13-24**). Durante invierno 2019, se había detectado la presencia de esta Tipología tanto en SA-25 como en S-11, correspondiéndose con su registro histórico (inviernos 2016, 2017 y 2019), sin embargo, en invierno 2020 no se encontró esta tipología en S-11, la cual había migrado completamente a Tipología 2, perdiendo, principalmente, la capa de tonalidad marrón y amarilla de la macro-zona profunda. En la campaña invierno 2021, se pudo observar una recuperación parcial de los tapetes de Tipología 1 en la estación S-11, evidenciándose en la recuperación de la macro-zona Profunda, reflejada en la aparición de capas de tonalidad, principalmente, marrón. Por otro lado, los tapetes de la estación SA-25 (coriáceos), migraron completamente a Tipología 2 e incluso a Tipología 3, perdiendo su macro-zona Profunda y/o la macro-zona Intermedia.

En la anterior campaña invierno 2022, se pudo apreciar una reconfiguración de los tapetes de Tipología 1, en un 100% tanto en S-11 como en los tapetes coriáceos de SA-25, de este modo, cambiando la macro-zona Profunda, principalmente la tonalidad marrón. Esto se mantuvo sin mayores cambios en invierno 2024, donde S-11 volvió a exhibir el 100% de los tapetes con tres macro-zonas, mientras que SA-25 mantuvo dos muestras de tapetes (66%) coriáceos con dicha Tipología. Cabe resaltar, que desde invierno 2020 no se registraban tapetes de Tipología 1 en SA-25, llegando incluso, a reestablecer la tonalidad verde oscuro, característica de los tapetes coriáceos de esta estación. Por otro lado, en invierno 2025 se observó que la mayoría de los tapetes de S-11 y la totalidad de los tapetes de SA-25 evidenciaron la Tipología 1, esto concuerda con lo observado en inviernos anteriores, donde constantemente estas estaciones han exhibido dicha tipología (**Tabla N° 13-24**).

Este cambio en la proporción de tipologías, observado desde invierno de 2022, mantenido en términos generales durante invierno de 2024 y más acentuado en invierno de 2025 en laguna Saladita, particularmente por el aumento de la Tipología 1 en las estaciones S-11 y SA-25, podría sugerir un proceso de reconfiguración de los tapetes microbianos y de las condiciones ambientales asociadas a su desarrollo. Esta interpretación surge debido a que previamente se había planteado la posible ocurrencia de cambios ambientales en la laguna, anteriores o coincidentes con la campaña de invierno de 2018, período en el cual solo se registró una muestra de Tipología 1 en la estación SA-25, observándose una disminución casi total en S-11 y total en SA-25 de esta conformación.

Por otro lado, esta restitución de tapetes de Tipología 1 (entre invierno 2022 y 2025), se suma a los episodios de reconfiguración tipológica de los tapetes en invierno 2019, ya que se observó en dicha campaña, un efecto de intermitencia en la aparición/desaparición de la Tipología 1 en S-11, y que tal como se propuso en el informe semestral N°6 de invierno 2021, estaría ocurriendo igualmente en SA-25, pues no se observó dicha tipología en esta estación en la pasada campaña invierno 2021 y sí en invierno 2022 y 2024 y ahora en 2025 (**Tabla N° 13-24**). El hecho de que los tapetes puedan estar experimentando cambios en

su tipología podría sugerir la existencia de factores ambientales que estarían influyendo en la estructuración de estas comunidades microbianas. No obstante, este efecto parecería ser menos evidente en la estación SA-25, donde los tapetes coriáceos han mantenido parcialmente la Tipología 1 desde su reaparición en invierno de 2019 hasta invierno de 2024, condición que también fue observada en invierno de 2025

Respecto a laguna Interna, en la campaña invierno 2025, el 83% y el 100% de los tapetes de I-11 e I-17, respectivamente, fue de Tipología 1, lo cual es un aumento de los reportado en invierno 2024, donde no se habían reportado (**Tabla N° 13-25**). Cabe resaltar que la estación I-11 se ha caracterizado por exhibir, en menor o mayor medida, tapetes de Tipología 1 en todas las campañas de invierno (2017 a 2022), excepto en invierno 2016, con un rango de prevalencia de entre 17% (inviernos 2019, 2020 y 2022) y 100% (invierno 2018). Así, en campañas anteriores (invierno 2017 y 2018), esta tipología se había presentado en tapetes superficiales planos de la estación I-11 (66%), sin embargo, en 2019 ocurrió una disminución de estos, ya que migraron a Tipología 2 (perdiendo la macro-zona profunda), mientras en invierno 2020, dichos tapetes (antes en Tipología 2), en su mayoría superficiales planos, migraron a Tipología 3, perdiendo la macro-zona intermedia.

Si bien, los tapetes de I-11 habían restituido su macro-zona Profunda en invierno 2021, y que en invierno 2022 habían migrado a Tipología 2 y 3, perdiendo, además, la macro-zona Intermedia en este último caso, parece ser que en invierno 2024 habían migrado completamente a Tipología 2, no observándose, por primera vez, desde invierno 2016, ningún representante de Tipología 1 en I-11, mientras que, en invierno 2025 volvieron a restituirse.

Similar a lo mencionado anteriormente, la estación I-17 tampoco observó tapetes de Tipología 1 en invierno 2024, al igual que en invierno 2022, donde la única muestra que se reportó en la campaña invierno 2021, había migrado a Tipología 3, perdiendo su macro-zona Intermedia y Profunda, mientras que se mantuvo la proporción neta en la Tipología 2, mientras que en invierno 2025 volvieron a restituirse el 100% de los tapetes muestreados (**Tabla N° 13-25**). Cabe destacar que esta estación, se destaca por no presentar o sólo en baja prevalencia (33%) tapetes de Tipología 1. De este modo, y como se mencionó anteriormente, las variaciones observadas en la tipología de los tapetes podrían reflejar cambios en la estructuración de estas comunidades microbianas en sectores de Laguna Interna. Sin embargo, estas diferencias deben interpretarse con cautela, ya que podrían estar asociadas tanto a condiciones ambientales locales como a procesos propios de la dinámica natural y evolución de estos sistemas, por lo que resulta necesario continuar con el seguimiento temporal para evaluar la consistencia y alcance de dichas tendencias.

Tabla N° 13-24. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna Saladita, inviernos 2016 a 2025.

Año/Muestra			Laguna Saladita																																				
			2016			2017					2018	2019			2020		2021		2022					2024				2025											
			S-11			SA-25		S-11			SA-25	SA-25 C		S-11	SA-25 C		S-11 P		S-11 P			SA-25 C		S-11 P		SA-25 C		S-11 P		S-11 C			SA-25 P			SA-25 C		
			1	2	3	4	5	1	3	4	3	2	3	2	3	1	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Blanco																																						
		Naranja																																						
		Verde																																						
		Verde claro																																						
		Verde oscuro																																						
		Amarillo																																						
	Intermedia	Blanco																																						
		Rosado																																						
		Rosado claro																																						
		Rojo púrpura																																						
		Purpura																																						
	Profunda	Verde opaco																																						
		Verde opaco claro																																						
		Marrón																																						
		Marrón claro																																						
		Marrón oscuro																																						
		Gris																																						
		Gris claro																																						
		Verde																																						
		Marrón naranja																																						
		Blanco																																						
		Rosado																																						
		Rosado claro																																						
		Amarillo claro																																						
		Negro																																						

*Laguna Saladita no fue muestreada en invierno 2023.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-25. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 1 en Laguna Interna, inviernos 2016 a 2025.

Año/Muestra			Laguna Interna																					
			2017			2018				2019	2020	2021				2022	2025							
			I-11		I-17	I-11			I-17	I-11 P	I-11 C	I-11 C			I-17 P	I-11 C	I-11 P	I-11 C		I-17 P		I-17 C		
			1	2	2	1	2	3	3	2	3	1	2	3	2	1	3	2	3	1	2	3	1	2	3
Macrozona	Subsuperficial	Blanco																						
		Naranja																						
		Verde																						
		Verde claro																						
		Verde oscuro																						
		Amarillo																						
	Intermedia	Blanco																						
		Rosado																						
		Rosado claro																						
		Rojo púrpura																						
		Purpura																						
	Profunda	Verde opaco																						
		Verde opaco claro																						
		Marrón																						
		Marrón claro																						
		Marrón oscuro																						
		Gris																						
		Gris claro																						
		Verde																						
		Marrón naranja																						
		Blanco																						
		Rosado																						
		Rosado claro																						
		Amarillo claro																						
		Negro																						

*Tipología 1 no fue reportada en invierno 2016 ni en invierno 2024 en Laguna Interna
**Laguna Interna no fue muestreada en invierno 2023.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

En laguna Salada, la presencia de tapetes de Tipología 2 fue registrada en sólo una muestra durante invierno 2022, perteneciente a la estación S6-A, la cual había exhibido un 100% de tapetes de Tipología 1 en la campaña anterior, siendo la primera vez, desde invierno 2020, en que en esta laguna se vuelve a identificar un tapete de Tipología 2. Este tapete, perdió la macro-zona Profunda, principalmente, la tonalidad marrón a diferencia de campañas anteriores (invierno 2019 y 2020) donde se habían perdido las tonalidades verde y naranja, correspondientes a la maco-zona Subsuperficial (**Tabla N° 13-26**). Dado que Laguna Salada no pudo ser muestreada en invierno 2024, no se pueden obtener mayores conclusiones de estas estaciones de monitoreo, mientras que no fue detectada esta tipología en invierno 2025.

Sobre laguna Saladita, se pudo observar que la proporción neta de tapetes de Tipología 2 no tuvo cambios entre invierno 2025 y 2022, evidenciándose sólo un tapete coriáceo (33%) de la estación SA-25 en invierno 2024 y uno superficial plano en S-11 en invierno 2025. La estación SA-25 se caracteriza por presentar tapetes de Tipología 2, en baja prevalencia (~33%), por lo que los cambios a nivel de proporción en esta tipología, durante invierno 2022 y mantenidos durante invierno 2024 aunque no en invierno 2025, muestran un cambio de 75% en la prevalencia de esta tipología, respecto a invierno 2021, los cuales migraron a Tipología 1 en invierno 2022 y se han mantenido con esta conformación macroscópica hasta invierno 2024.

Cabe destacar que si bien invierno 2024 fue la segunda campaña consecutiva, desde invierno 2019, en la que se observa un cambio en los tapetes de Tipología 2 en esta laguna, esta vez, en invierno 2025 no se evidenciaron en SA-25. Este cambio en la tipología se representa en la recuperación de la macro-zona Profunda, de tonalidad marrón, que habían perdido los tapetes coriáceos de SA-25. Este fenómeno de reestructuración podría sugerir la presencia de condiciones ambientales que podrían estar determinando la formación y estructura de estos tapetes microbianos, provocando que reorganicen sus capas, migrando de Tipología 1 a 2 o viceversa (**Tabla N° 13-27**). Se sugiere mantener el seguimiento de estos tapetes y evaluar su reconfiguración tipológica en el tiempo.

En laguna Interna, durante invierno 2024, se observó la mayor proporción de tapetes de Tipología 2, mostrando una prevalencia de 83%, entre tapetes superficiales planos y coriáceos, en I-11, mientras que en invierno 2025 se reportó solo un tapete (17%), al igual que en invierno 2022, con esta tipología. De esta forma, los tapetes migraron de Tipología 2 a Tipología 1, variando la macro-zona Profunda (capas de tonalidad marrón). Si bien la estación I-11 se caracteriza por exhibir tapetes con esta tipología, invierno 2024 fue la campaña donde se ha detectado la mayor presencia de tapetes de Tipología, mientras que anteriormente habían sido registrados en invierno 2019.

Por otro lado, la estación I-17, exhibió el 100% de sus tapetes con Tipología 2 durante invierno 2024 mientras que en invierno 2025 migraron completamente a Tipología 1, similar

a invierno 2022 y 2021 donde el 66% de sus tapetes mostraron esta conformación tipológica. Cabe destacar que la estación I-17, se caracteriza por presentar tapetes de Tipología 2 (**Tabla N° 13-28**).

Tabla N° 13-26. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Laguna Salada, inviernos 2016 a 2022.

Año/Muestra			Salada														
			2018		2019						2020						2022
			S-9		S-6A			S-9			S-6A			S-9			S6-A P
			2	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2
Macrozona	Subsuperficial	Naranja															
		Verde															
		Verde claro															
		Verde amarillo															
		Verde oscuro															
		Rosado															
		Amarillo															
		Amarillo claro															
	Intermedia	Blanco															
		Rosado															
		Verde															
		Verde claro															
		Naranjo															
		Amarillo															
		Púrpura															
	Profunda	Verde oscuro															
		Marrón															
		Marrón claro															
		Amarillo															
		Púrpura															
		Verde claro															
		Verde															
		Negro															

*Tipología 2 no fue reportada en inviernos 2016, 2017 y 2021 en Laguna Salada
**Laguna Salada no fue muestreada ni en invierno 2023 ni en invierno 2024.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-27. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Laguna Saladita, inviernos 2016 a 2025.

Año/Muestra			Saladita																		
			2016	2017	2018	2019				2020					2021				2022	2024	2025
			SA-25	S-11	S-11	S-11	SA-25 C	SA-25 P		S-11			SA-25 C	SA-25 P	S-11 P	SA-25 C		SA-25 P	SA-25 P	SA-25 C	S-11 P
			3	2	3	3	1	1	2	3	1	2	3	2	1	1	2	3	1	1	2	2
Macrozona	Subsuperficial	Naranja																				
		Verde																				
		Verde claro																				
		Verde amarillo																				
		Verde oscuro																				
		Rosado																				
		Naranja claro																				
		Amarillo																				
		Amarillo claro																				
	Intermedia	Blanco																				
		Rosado																				
		Verde																				
		Verde claro																				
		Naranjo																				
		Amarillo																				
		Púrpura																				
		Blanco																				
	Profunda	Verde oscuro																				
		Marrón																				
		Marrón claro																				
		Amarillo																				
		Púrpura																				
		Verde claro																				
		Verde																				
		Rosado																				
		Negro																				

*Laguna Saladita no fue muestreada en invierno 2023.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 13-28. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en Laguna Interna, inviernos 2016 a 2025.

Año/Muestra			Interna																														
			2017		2018	2019							2020			2021		2022			2024								2025	
			I-17		I-17	I-11 C		I-11 P		I-17			I-11 C		I-17	I-17 P		I-11 C	I-17 P		I-11 P			I-11 C		I-17 P				I-11 P	
			1	3	2	1	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	3	2	1	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	
Macrozona	Subsuperficial	Naranja																															
		Verde																															
		Verde claro																															
		Verde amarillo																															
		Verde oscuro																															
		Rosado																															
		Naranja claro																															
		Amarillo																															
		Amarillo claro																															
	Intermedia	Blanco																															
		Rosado																															
		Verde																															
		Verde claro																															
		Naranjo																															
		Amarillo																															
		Púrpura																															
		Blanco																															
	Profunda	Verde oscuro																															
		Marrón																															
		Marrón claro																															
		Amarillo																															
		Púrpura																															
		Verde claro																															
		Verde																															
		Rosado																															
		Negro																															

*Tipología 2 no fue reportada en invierno 2016 en Laguna Interna
**Laguna Interna no fue muestreada en invierno 2023.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Respecto a Tipología 3, no se observó esta conformación en invierno 2025, a diferencia de la campaña anterior donde se observó un aumento de 33% en la prevalencia de esta conformación en la estación SA-25, siendo así, todos los tapetes superficiales planos (100%) correspondientes a Tipología 3. No obstante, los tapetes superficiales planos de esta estación se han caracterizado por presentar esta conformación macroscópica a lo largo de las campañas de invierno (**Tabla N° 13-29**).

Por otro lado, en laguna Interna, a diferencia de invierno 2024, en invierno 2025 se observaron dos muestras de tapetes de Tipología 3, particularmente en la estación I-11, lo cual mostraría un aumento de 100% (respecto a invierno 2024), pero sigue siendo menor a lo observado desde invierno 2019. Así, los tapetes de I-17 migraron desde Tipología 3 a Tipología 2 o a Tipología 1, los cuales recuperaron la macro-zona Intermedia, de tonalidad rosada o púrpura. Cabe destacar que los tapetes planos superficiales planos de la estación I-11, se caracterizan por presentar esta conformación tipológica, mientras que, en esta ocasión, se detectó una muestra de tapetes superficiales planos (**Tabla N° 13-30**).

Tabla N° 13-29. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 3 en Laguna Saladita, inviernos 2016 a 2024.

Año/Muestra			Saladita																				
			2016		2017				2018					2020	2021			2022		2024			
			SA-25		SA-25				SA-25			S-11		SA-25 P	SA-25 C	SA-25 P		SA-25 P		SA-25 P			
			1	2	1	2	3	6	1	2	4	1	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	
Macrozona	Subsuperficial	Rosado																					
		Blanco																					
		Rosado claro																					
		Naranja																					
		Amarillo																					
		Verde																					
		Verde claro																					
		Naranja claro																					
		Marrón claro																					
		Amarillo claro																					
	Intermedia	Blanco																					
		Amarillo																					
		Naranjo																					
		Verde																					
		Verde claro																					
		Púrpura																					

*Tipología 3 no fue reportada en invierno 2017 en Laguna Interna
**Laguna Saladita no fue muestreada en invierno 2023.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13-30. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 3 en Laguna Interna, inviernos 2016 a 2025.

Año/Muestra			Interna																									
			2016						2018	2019	2020					2021			2022					2024	2025	
			I-11		I-17				I-17	I-11 C	I-11 P			I-17		I-11 P			I-11 P			I-11 C	I-17 P	I-11 C	I-11 P	
			1	2	1	2	3	4	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	3	2	3	1	2
Macrozona	Subsuperficial	Rosado																								
		Blanco																								
		Rosado claro																								
		Naranja																								
		Amarillo																								
		Verde																								
		Verde claro																								
		Naranja claro																								
		Marrón claro																								
		Amarillo claro																								
	Intermedia	Blanco																								
		Amarillo																								
		Naranjo																								
		Verde																								
		Verde claro																								
		Púrpura																								

*Tipología 3 no fue reportada en invierno 2017 en Laguna Interna
**Laguna Interna no fue muestreada en invierno 2023.
-P: Tapete plano; -C: Tapete coriáceo
Fuente: Elaboración propia

13.3.3.3 Sector Tilopozo

Este sector ha registrado presencia de tapetes microbianos, en el punto de muestreo TB-2, sólo en la campaña invierno 2016, motivo por el cual fueron ingresadas como estaciones adicionales al monitoreo. Cabe señalar que en este sector no se detectó la presencia de tapetes microbianos en invierno 2025 (**Tabla N° 13-31**).

Tabla N° 13-31. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos de Tipología 2 en el Sector vegas de Tilopozo. Campaña invierno, 2016 a 2025.

Año/Muestra			Tilopozo									
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
			TB-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Macrozona	Subsuperficial	Blanco		S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C
		Naranja										
		Amarillo										
		Verde										
		Verde claro										
		Verde oscuro										
	Intermedia	Blanco										
		Rosado										
		Rosado claro										
		Purpura										
	Profund	Verde claro	S/C									
		Amarillo claro										
		Marrón										

(s/c: sin capas)
Fuente: Elaboración propia

13.3.3.4 Aspectos generales

Las diferentes tonalidades observadas en los tapetes se corresponden con diferentes grupos funcionales y comunidades microbianas que habitan estos ambientes y la estratificación responde a una organización dinámica entre estas distintas comunidades las cuales se benefician unas a otras. Este ordenamiento va ligado principalmente a la radiación solar, por lo que los organismos que realizan fotosíntesis (*i.e*. cianobacterias, microalgas, diatomeas) se encuentran más expuestos a dicha radiación, por lo que se disponen principalmente en la parte superior de los tapetes (Stal, 2000).

La coloración verdosa es clásica de organismos fotosintéticos debido a la presencia de clorofila y/o bacterioclorofila (Madigan *et al*., 2009). Por tanto, el ordenamiento de las tonalidades observadas en este monitoreo (invierno 2024), y aproximado a lo descrito por Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015, se corresponden con: i) verde y/o naranjo en la macro-zona Subsuperficial, ii) rosado y/o púrpura en la macro-zona Intermedia, y iii) marrón y/o verde claro en la macro-zona Profunda. La coloración verde, indicaría la presencia de organismos fotosintéticos oxigénicos tales como microalgas, diatomeas y cianobacterias, en este contexto, la coloración naranja, puede deberse a una producción de carotenoides que sirven como protección a la excesiva radiación UV detectada en el Salar de Atacama y que pueden ser producidos por organismos como las microalgas (Guedes *et al.,* 2011).

En la macro-zona Intermedia, se pueden observar tonalidades de color rosado o púrpura, lo cual se correspondería a bacterias púrpuras sulfúreas o bacterias rojas sulfúreas *(i.e.* autótrofas fotosintéticas anoxigénicas), las cuales tienen un metabolismo estrechamente ligado al ciclo del azufre ya que, a diferencia de los organismos fotosintéticos oxigénicos, estas bacterias producen fotosíntesis, pero no requieren agua, sino que azufre para realizar dicho proceso (Madigan *et al*., 2009, Gerardi y Lytle, 2015; Rogozin *et al.,* 2016). Estas bacterias, no necesitan de un ambiente totalmente aerobio-oxigénico, por lo que se ubican en la mitad de la estratificación de capas (Madigan et al., 2009; Gerardi y Lytle, 2015). Similarmente, se encuentran las bacterias verdes del azufre, las cuales realizan fotosíntesis, sin oxígeno, sino que ocupan azufre y es por eso que se les puede ubicar en una parte más profunda del tapete microbiano (Gerardi y Lytle, 2015).

En las capas profundas, se pueden observar tonalidades más oscuras, como marrón o púrpura e inclusive negro, lo que correspondería a bacterias anoxigénicas anaerobias (i.e. sulfatorreductoras) y muy posiblemente a microrganismos productores de metano (metanogénicas) los cuales pertenecerían al Dominio *Arquea* (Dorador *et al.,* 2010).

Cabe mencionar, que si bien se estudia la tipología, el número de capas y espesor de los tapetes, no necesariamente la tipología se asocia o correlaciona directamente con el número de capas, sino más bien, con la coloración que exhiben los tapetes, los cuales representan la

funcionalidad de las comunidades, las cuales, a su vez, se asocian con las macrozonas de estas estructuras. En ese contexto, si se observan capas verdes y/o naranja (macrozona Subsuperficial), seguido de capas rosada y/o púrpura (macrozona Intermedia) y luego negro y/o café (macrozona Profunda), entonces se habla de Tipología 1. Si el tapete exhibe sólo dos macrozonas, entonces correspondería a Tipología 2, y si sólo exhibe una, entonces sería Tipología 3. Si bien, las capas pueden variar, mientras exista la presencia de, al menos, una capa representante de alguna macrozona, entonces se establece la presencia de ésta. Por ejemplo, un tapete puede tener 3 capas, cada una correspondiente a una macrozona, y ser considerado Tipología 1, mientras que otro tapete, puede tener 6 capas, pero pertenecientes a dos macrozonas, pues entonces, sería considerado Tipología 2.

Respecto de las variables que podrían estar modulando la presencia y sus tipologías de tapetes microbianos, se podrían atribuir los cambios a las fluctuaciones de las variables conductividad, la salinidad, oxígeno disuelto y la turbiedad en las lagunas. Estas fluctuaciones, derivadas de las variaciones precipitación-evaporación propias del Salar de Atacama, provocaría diferencias en las conductividades y salinidades y consecuentemente el oxígeno disuelto disponible y la turbiedad en la columna de agua, las que son función de la época del año y del sector, afectando en su conjunto la diversidad de tipologías de los tapetes microbianos.

Los tapetes microbianos son microambientes dinámicos y autorregulados, los cuales pueden cambiar su estructura para ajustarse a las condiciones ambientales externas. Esta, dinámica, hace que cambien su estructura laminar dependiendo de los recursos de los que dispongan, ya sean, principalmente, hídricos o salinos (Prieto-Barajas *et al.,* 2018). Cuando el tapete microbiano se enfrenta a una carencia en estos recursos, tienden a disminuir sus capas y modificar sus macro-zonas, las cuales generalmente se van perdiendo desde la profunda a la subsuperficial. Es por ello, que el agua, que humedece a los tapetes, es un factor crítico para su sustentabilidad (Wong *et al.,* 2016).

13.3.4 Presencia de Microbialitos y Evaporitas en los Sistemas

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, para los inviernos entre 2016 y 2025 (**Tabla N° 13-32**) y en base a observaciones macroscópicas desde el borde lagunar se sugiere la presencia de microbialitos en el Sector Peine, en la estación I-11 (invierno 2016, 2021, 2022, 2024 y 2025) y en el Sector La Punta - La Brava, en las estaciones LP-23 y LB-1 en todos los inviernos. Respecto a las evaporitas, en base a observaciones macroscópicas desde el borde lagunar, se sugiere la presencia de evaporitas en Laguna Interna (I-11) en invierno 2017 y 2018, mientras que en Laguna La Punta (LP-24) a partir de invierno 2017 hasta la presente campaña. Estos cambios, podrían ocurrir como resultado del aumento de la columna de agua, especialmente, en Laguna Interna donde no se pudo observar presencia de evaporitas (estación I-11), previamente observadas en campañas anteriores. A su vez, estos resultados solamente sugieren la presencia de estas estructuras (*i.e.* evaporitas, microbialitos) ya que la denominación de microbialitos o evaporitas, requiere de análisis específicos de la estructura interna y composición de éstas.

Tabla N° 13-32. Registro de Microbialitos y Evaporitas en las estaciones de monitoreo. Campañas invierno 2016 a 2025.

Estación de Monitoreo	Registro visual																			
	Microbialito										Evaporita									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
S-5	-	-	-	-	-	-	-	Sin acceso	Sin acceso	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin acceso	Sin acceso	-
S-6A	-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-			-
S-9	-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-			-
SA-25	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
S-10	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
S-11	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
I-11	+	-	-	-	-	+	+		+	+	-	+	+	-	-	-	-		-	-
I-17	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
LP-23	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LP-24	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LB-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LB-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LB-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TB-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TB-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TB-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(+) Presencia, (-) No detección

13.3.5 Análisis evolución veranos 2017 a 2026

13.3.5.1 Análisis y Evolución de Tapetes Microbianos por Sector

Los resultados de los monitoreos en los distintos sectores mostraron que en las campañas verano 2017, 2018 y 2019, el 68,8% de las estaciones registraron presencia de comunidades microbianas. En verano 2021, campaña en la cual no se pudo ingresar al sector Peine y sólo se muestreó el sector La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo, se observó que el 62,5% de las estaciones evaluadas presentaron tapetes microbianos. En la campaña verano 2022, en la cual sólo se obtuvo acceso parcialmente al sector Peine y pleno acceso a los sectores La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo, se reportó que el 66,7% de las estaciones monitoreadas presentaron tapetes microbianos. Mientras que, en las campañas verano 2023, 2024 y 2025, sólo se muestreó el sector La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo, donde se observó que el 62,5% de las estaciones evaluadas presentaron tapetes microbianos. Para las campañas verano 2023, 2024, 2025 y 2026, el sector Peine no fue muestreado debido a restricciones de acceso por reproducción de flamencos y en la campaña verano 2026 en el sector La Punta-La Brava no se pudo acceder por el mal estado de los caminos.

En relación con la estructura de pigmentación en tapetes microbianos según la aproximación propuesta por macro-zonas, hasta la campaña verano 2025 (sin registro de tapetes en 2026), se observaron dos principales tipologías de tapetes, las que corresponden a:

A.-TIPOLOGÍA 1, tapetes que presentan el mayor grado de desarrollo estructural observado, caracterizados por la presencia de tres macro-zonas de pigmentación:

- Capas Subsuperficiales de tonalidad verde y/o naranja
- Capas Intermedias de tonalidad rosada y/o púrpura
- Capas Profundas de tonalidades color marrón y/o verde

B.-TIPOLOGÍA 3, tapetes que presentan solo una macro-zona:

- Capa Subsuperficial de tonalidad verde, rosado y/o naranja

En relación con la estructura de pigmentación, en 7 campañas de monitoreo de verano (2017 a 2024), en tapetes microbianos, se observó la presencia de las tres tipologías, mientras que, en la campaña verano 2025 se evidenció la presencia sólo de Tipología 1 y 3. Cabe recordar en este punto que, la campaña de verano 2020, no fue ejecutada producto de la pandemia COVID-19. En verano 2026 no se pudo obtener información debido a la ausencia de muestreos por restricciones de acceso a los sectores La Punta-La Brava y Peine.

Para el **sector La Punta-La Brava**, en la campaña verano 2025, se mantuvo una proporción de tapetes de Tipología 1 similar a verano 2024 (92,6% versus 88,9%), luego de un aumento de esta tipología observado respecto a las anteriores campañas de verano (2021 con 37%,

2022 con 54% y 2023 con 42%), mientras que, se mantuvieron en valores similares a verano 2017, 2018 y 2019 (89%, 82% y 81%, respectivamente).

Dentro de las estaciones de monitoreo que más cambiaron en verano 2025, respecto de la campaña verano 2024, destaca LB-3 donde todos los tapetes exhibieron Tipología 1, mostrando patrones similares a los de campañas verano 2017 a 2019 y 2022 en las cuales se registraron, principalmente, tapetes Tipología 1.

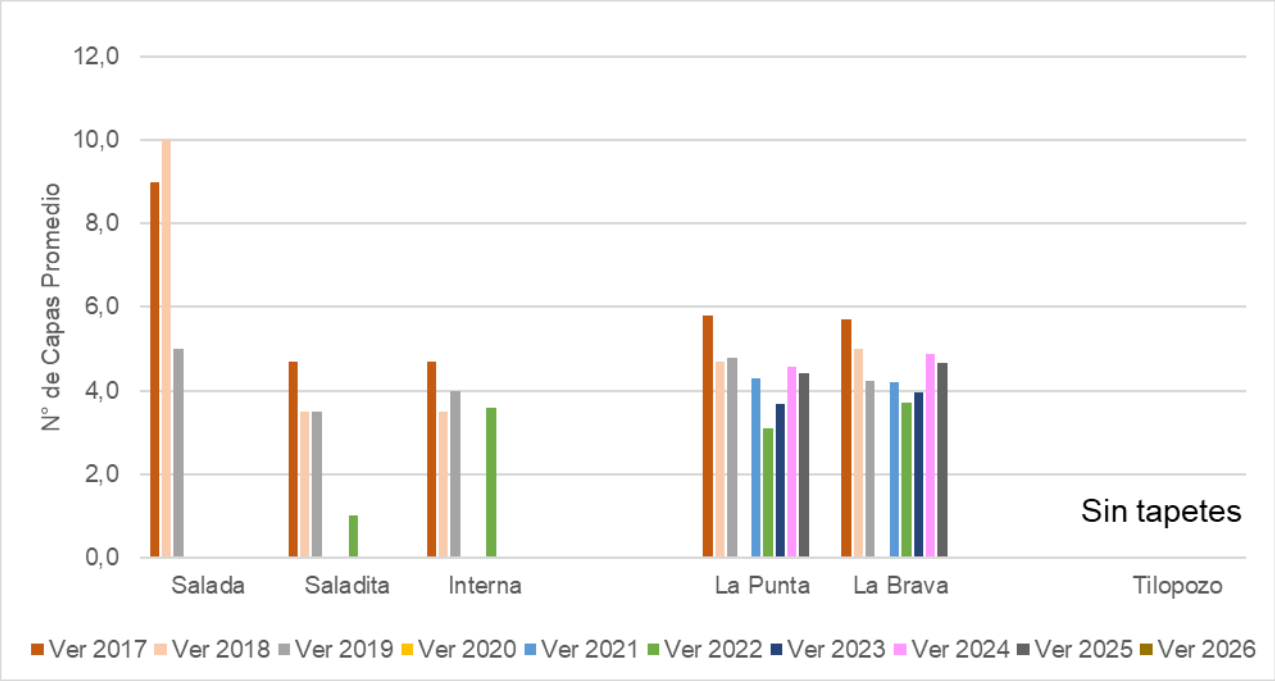
Dentro de las estaciones de monitoreo verano 2025, la mayoría no mostró cambios respecto a verano 2024 respecto de sus tipologías, excepto en la estación LB-3 donde uno de los tapetes muestreados migró de Tipología 2 a Tipología 1 con el 100% de las muestras de tapetes, exhibiendo las tres macro-zonas. De este modo, los tapetes de Tipología 1 (que contiene las tres macro-zonas macroscópicas: Subsuperficial, Intermedia y Profunda), razón por la que se encontrarían en condiciones de mayor grado de desarrollo estructural, dado que se estarían evidenciando las tres principales zonas funcionales que dan forma al microambiente del tapete. Por el contrario, la baja disponibilidad de agua podría afectar a los microorganismos de estas estructuras, haciendo que los tapetes modificasen su conformación (macro-zonas) tipológica, pasando de Tipología 1 a 2 o incluso 3, y por consiguiente, menor grado de desarrollo estructural y/o funcional (i.e. fotosintética, en la participación en ciclos biogeoquímicos, productora de nutrientes, entre otros) (**Figura N° 13-22**).

Respecto al sector La Punta-La Brava, entre la campaña verano 2017 y verano 2025 se observa que las capas promedio registraron una leve disminución, que varió desde 5,8 a 4,4 capas, respectivamente, en laguna La Punta y de 5,7 a 4,7 capas, respectivamente, en laguna La Brava, reduciendo levemente la tendencia al aumento del número de capas en los tapetes de estas lagunas en verano 2025, comparado a verano 2024 (**Figura N° 13-22**). Específicamente, en laguna La Punta, las capas se mantuvieron similares entre verano 2018 y verano 2019, con 4,7 y 4,8 capas promedio, respectivamente, anotando una diferencia de 0,1 capas, mientras que, en verano 2021, bajó a 4,3 capas promedio, lo que significó una variación total de 0,5 capas. Por otro lado, en verano 2022 se observó una mayor disminución de las capas promedio, la cual alcanzó las 3,1 capas promedio, para luego recuperarse en verano 2023 y 2024 hasta llegar a 3,7 y 4,6 capas promedio, respectivamente un aumento de 0,6 capas promedio entre verano 2022 y 2023 y de 0,9 capas promedio entre verano 2023 y 2024. En verano 2025, los tapetes mostraron una leve reducción de 0,2 capas promedio respecto a verano 2024 (**Figura N° 13-22**).

Respecto del número de capas en la laguna La Brava, las capas se mantuvieron iguales entre verano 2019 y 2021, con 4,2 capas, mientras que, en verano 2022, bajó a 3,7, marcando, también, una variación total de 0,5 capas. Posteriormente subió 0,2 capas promedio, alcanzando 3,9 capas en verano 2023. Por otro lado, en verano 2024, hubo un aumento de 1 capa promedio respecto de verano 2023, llegando a alcanzar 4,9 capas promedio. En verano 2025, los tapetes mostraron una leve reducción de 0,2 capas promedio respecto a verano 2024 (**Figura N° 13-22**).

Cabe señalar que para el sector Vegas de Tilopozo, se observó a la fecha (verano 2026) sin tapetes microbianos, así como en las campañas de verano anteriores (**Figura N° 13-18**).

Figura N° 13-22. Número de capas promedio de tapetes microbianos, en los sectores Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo. Verano 2017 a 2026.



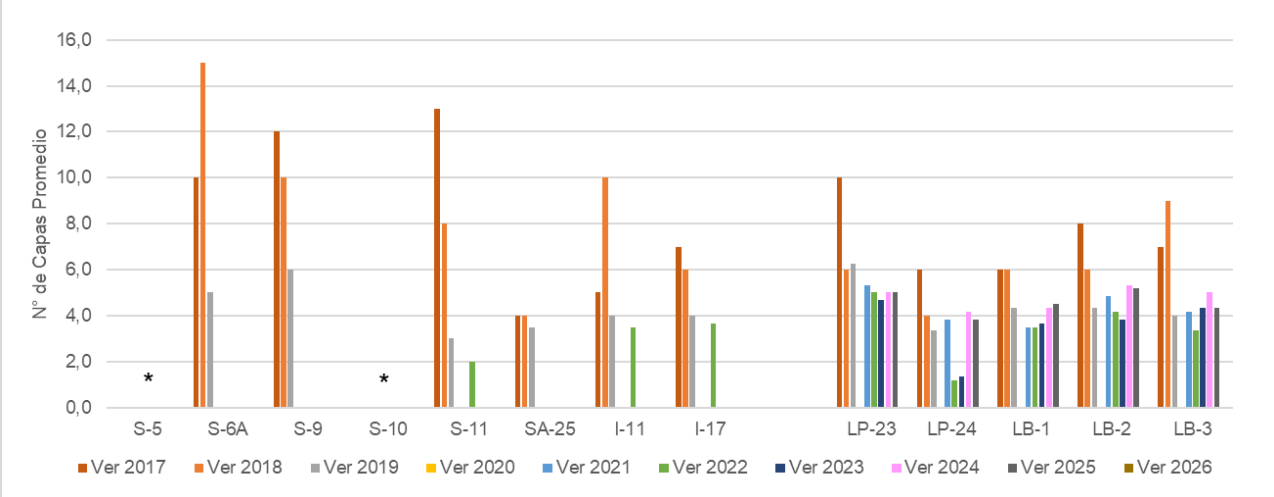
Campaña verano 2020, no se realizó producto pandemia COVID-19.
(*) Verano 2024, se monitorearon solo 8 estaciones. En el sector Peine los monitoreos no se han podido realizar para todas las campañas de verano ni en todas las estaciones, ya que no se tuvo acceso debido al cierre temporal de los sistemas lagunares durante el periodo reproductivo de flamencos, indicado por las gráficas faltantes para ciertas campañas de verano. En esta campaña de verano 2026, tampoco pudo ser monitoreado el sector La Punta-La Brava por cierre de caminos de acceso.
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, según lo reportado anteriormente para verano 2025, al analizar el número de capas por estación de monitoreo en la laguna La Punta (**Figura N° 13-23**), se observa que la estación LP-23 no presentó cambios manteniendo las 5,0 capas promedio, lo que ha sido exhibido como mínimo, en las anteriores campañas de verano. La estación LP-24, también mostró una disminución de 0,3 capas promedio en verano 2025, respecto de verano 2024, no obstante, sigue siendo mayor a los valores observados de 1,2 y 1,3 capas promedio en verano 2022 y 2023, respectivamente. Esto implica una variación de 2,7 y 2,5 capas promedio respecto a verano 2022 y 2023. Así, el menor número de capas promedio registrado a la fecha, fue observada en verano 2022 (1,2 capas), donde hubo una disminución desde 4,0 capas en verano 2021 a 1,2 capa en verano 2022, seguida de 1,3 capas, en verano 2023, es decir, entre 2021 a 2023 hubo cerca de un 75% de reducción. Si bien en verano 2017 se anotó el mayor número de capas promedios de esta laguna, con 10 y 6 capas promedio para LP-23 y LP-24, respectivamente, la disminución se había mantenido en rangos que variaban entre 5 y 6 (LP-

23) y 3 y 4 (LP-24) capas promedio hasta verano 2021, mientras que, en verano 2024 y 2025, los tapetes han vuelto a mostrar un número de capas promedio en dichos rangos o sobre estos. Esta variación sugiere que hay que mantener especial atención en la evolución de los tapetes de esta laguna. Cabe destacar, además, que, al igual que en verano 2022, 2023 y 2024, la estación LP-24 no evidenció tapetes sumergidos, aunque embebidos en agua, los cuales si habían sido registrados entre verano 2017 y verano 2021.

En tanto, en la laguna La Brava, el número de capas que se ha mantenido sin mayores variaciones, en las cuales tanto LB-1 como LB-2, se mantuvieron en rangos vistos en anteriores veranos (~4,0 capas promedio). En las campañas verano 2024 y 2025 se observa una variación en el número de capas promedio de 4,3 a 4,5 capas en LB-1 y de 5,3 a 5,2 capas en LB-2, con variaciones sobre 0,2 capas y por debajo 0,1 capas en promedio, respectivamente, entre verano 2024 a 2025. Por otro lado, LB-3 que había anotado un leve aumento de este parámetro en verano 2023 a 2024, mostró una disminución en el número de capas, pasando de 5,0 a 4,3 capas promedio, con una disminución de 0,7 capas, con similares valores vistos en verano 2023 (**Figura N° 13-23**). De este modo, la estación LB-1 aumentó levemente el número de capas de los tapetes, mientras que, LB-2 y LB-3 mostraron disminuciones. Así, la mayor variación en el número de capas, entre periodos de verano, fue observado para la estación LB-3.

Figura N° 13-23. Número de capas promedio de tapetes microbianos, por estación de monitoreo. Verano 2017 a 2026.



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en la estación.
Campaña verano 2020, no se realizó producto pandemia COVID-19.
(**) En el sector Peine los monitoreos no se han podido realizar para todas las campañas de verano ni en todas las estaciones, ya que no se tuvo acceso debido al cierre temporal de los sistemas lagunares durante el periodo reproductivo de flamencos, indicado por las gráficas faltantes para ciertas campañas de verano. En esta campaña de verano 2026, tampoco pudo ser monitoreado el sector La Punta-La Brava por cierre de caminos de acceso.
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, respecto a la morfología de los tapetes microbianos, a partir de ocho campañas de verano llevadas a cabo, se distinguen principalmente 3 tipos: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente estructurados y pigmentados, característicos de laguna Salada y laguna La Punta; 2) Tapetes convexos, con apariencia, consistencia y textura de tipo coriácea (semejante al cuero), los cuales predominan en laguna La Brava (LB-1); y 3) Tapetes planos, de textura superficial mucilaginosa, de consistencia blanda y granular, detectados especialmente en laguna La Brava (LB-1 y LB-2), observados en verano de 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025.

13.3.6 Estructura de pigmentación y tonalidad de tapetes microbianos

A continuación, se discuten los aspectos más relevantes referidos a la estructura de pigmentación y tonalidad de tapetes microbianos según cada sector en los monitoreos semestrales de verano, realizados en 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, y sólo en los sectores en donde hubo disponibilidad de datos en 2026.

13.3.6.1 Sector La Punta-La Brava

El sector La Punta-La Brava, presentó tapetes de Tipología 1 y 2 durante las campañas de verano 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023 y 2024. La Tipología 3 en tanto fue observada en todas las campañas, excepto en verano 2017. Por otro lado, en verano 2025, sólo observó la presencia de tapetes de Tipología 1 y 3 y no de Tipología 2. En estos tapetes, se observaron mayormente las tonalidades verde y naranjo en la macrozona Subsuperficial, las tonalidades rosado y púrpura en la macrozona Intermedia y marrón en la macrozona Profunda. En todas las campañas, se observó tapetes de morfología plana.

No se entrega análisis de la evolución de sector de La Punta-La Brava para la última campaña verano 2026, dada la ausencia de información que permita hacerlo.

13.3.6.2 Sector Peine

En el sector Peine, se observó en todas las campañas de verano (2017 a 2022), las tipologías 1, 2 y 3, de las cuales, la Tipología 1 fue la más frecuente, excepto por verano 2019, donde predominó la Tipología 2. En estos tapetes, se observaron mayormente las tonalidades verde y naranjo en la macrozona Subsuperficial, las tonalidades rosado y púrpura en la macrozona Intermedia y marrón en la macrozona Profunda. En todas las campañas, se observó tapetes de morfología plana.

No se entrega mayor análisis de la evolución de sector de Peine, dado que no hay información desde verano 2023 que permita hacerlo.

13.3.6.3 Sector Tilopozo

Este sector ha registrado presencia de tapetes microbianos, en la estación de muestreo TB-2, sólo en la campaña invierno 2016, motivo por el cual fueron ingresadas como estaciones adicionales al monitoreo. En este sector no se detectó la presencia de tapetes microbianos en verano 2026, al igual que en reportes anteriores (verano 2017 a 2025).

13.3.6.4 Aspectos generales (hasta la campaña verano 2025)

Las diferentes tonalidades observadas en los tapetes hasta la campaña verano 2025 (sin muestreo en verano 2026), se corresponden con diferentes grupos funcionales y comunidades microbianas que habitan estos ambientes y la estratificación responde a una organización dinámica entre estas distintas comunidades las cuales se benefician unas a otras. Este ordenamiento va ligado, principalmente, a la radiación solar, por lo que los organismos que realizan fotosíntesis (*i.e*. cianobacterias, microalgas, diatomeas) deben estar más expuestos a dicha radiación, por lo que se disponen principalmente en la parte superior de los tapetes (Stal, 2000).

La coloración verdosa es clásica de organismos fotosintéticos debido a la presencia de clorofila y/o bacterioclorofila (Madigan *et al*., 2009). Por tanto, el ordenamiento de las tonalidades observadas considerando los distintos monitoreos hasta verano 2025, y aproximado a lo descrito por Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015, se corresponden con: i) verde y/o naranjo en la macro-zona Subsuperficial, ii) rosado y/o púrpura en la macro-zona Intermedia, y iii) marrón y/o verde claro en la macro-zona Profunda. La coloración verde, indicaría la presencia de organismos fotosintéticos oxigénicos tales como microalgas, diatomeas y cianobacterias, en este contexto, la coloración naranja, puede deberse a una producción de carotenoides que sirven como protección a la excesiva radiación UV detectada en el Salar de Atacama y que pueden ser producidos por organismos como las microalgas (Guedes *et al.,* 2011).

En la macro-zona Intermedia, se pueden observar tonalidades de color rosado o púrpura, lo cual se correspondería a bacterias púrpuras sulfúreas o bacterias rojas sulfúreas *(i.e.* autótrofas fotosintéticas anoxigénicas), las cuales tienen un metabolismo estrechamente ligado al ciclo del azufre ya que, a diferencia de los organismos fotosintéticos oxigénicos, estas bacterias producen fotosíntesis, pero no requieren agua, sino que azufre para realizar dicho

proceso (Madigan *et al*., 2009, Gerardi y Lytle, 2015; Rogozin *et al.,* 2016). Estas bacterias, no necesitan de un ambiente totalmente aerobio-oxigénico, por lo que se ubican en la mitad de la estratificación de capas (Madigan et al., 2009; Gerardi y Lytle, 2015). Similarmente, se encuentran las bacterias verdes del azufre, las cuales realizan fotosíntesis, sin oxígeno, sino que ocupan azufre y es por eso por lo que se les puede ubicar en una parte más profunda del tapete microbiano (Gerardi y Lytle, 2015).

En las capas profundas, se pueden observar tonalidades más oscuras, como marrón o púrpura e inclusive negro, lo que correspondería a bacterias anoxigénicas anaerobias (i.e. sulfatorreductoras) y muy posiblemente a microrganismos productores de metano (metanogénicas) los cuales pertenecerían al Dominio *Arquea* (Dorador *et al.,* 2010).

Cabe mencionar que, si bien se estudia la tipología, el número de capas y espesor de los tapetes, no necesariamente la tipología se asocia o correlaciona directamente con el número de capas, sino más bien, con la coloración que exhiben los tapetes, los cuales representan la funcionalidad de las comunidades, las cuales, a su vez, se asocian con las macrozonas de estas estructuras. En ese contexto, si se observan capas verdes y/o naranja (macrozona Subsuperficial), seguido de capas rosada y/o púrpura (macrozona Intermedia) y luego negro y/o café (macrozona Profunda), entonces se habla de Tipología 1. Si el tapete exhibe sólo dos macrozonas, entonces correspondería a Tipología 2, y si sólo exhibe una, entonces sería Tipología 3. Si bien, las capas pueden variar, mientras exista la presencia de, al menos, una capa representante de alguna macrozona, entonces se establece la presencia de ésta. Por ejemplo, un tapete puede tener 3 capas, cada una correspondiente a una macrozona, y ser considerado Tipología 1, mientras que otro tapete, puede tener 6 capas, pero pertenecientes a dos macrozonas, pues entonces, sería considerado Tipología 2.

Respecto de las variables que podrían estar modulando la presencia y sus tipologías de tapetes microbianos, se podrían atribuir los cambios a las fluctuaciones de las variables conductividad, la salinidad, oxígeno disuelto y la turbiedad en las lagunas. Estas fluctuaciones, derivadas de las variaciones precipitación-evaporación propias del Salar de Atacama, provocaría diferencias en las conductividades y salinidades y consecuentemente el oxígeno disuelto disponible y la turbiedad en la columna de agua, las que son función de la época del año y del sector, afectando en su conjunto la diversidad de tipologías de los tapetes microbianos.

13.3.7 Presencia de Microbialitos y Evaporitas en los Sistemas

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, para periodos de verano 2017 a 2026 (**Tabla N° 13-33**) y en base a observaciones macroscópicas desde el borde lagunar, se sugiere la presencia de microbialitos en el sector Peine, en la estación I-11 (para verano 2017 a 2021) y en el sector La Punta-La Brava, en la estación LP-23 y en las estaciones LB-1 y LB-3 (para verano 2017 a 2025). Según lo observado entre periodos de verano, se mantiene la presencia

de microbialitos en la estación LB-1, en tanto, se mantiene la presencia de posibles microbialitos en la estación LB-3 en los periodos de verano 2021 y 2022.

Respecto a las evaporitas, se sigue consignando la presencia de posibles evaporitas en la estación LP-24 (Laguna La Punta). Estos resultados sugieren la presencia de estas estructuras (evaporitas, microbialitos) ya que la denominación de microbialitos o evaporitas, requiere de análisis específicos de la estructura interna y composición de éstas. Finalmente, debido a la imposibilidad de monitoreo, no fue posible obtener conclusiones para la campaña verano 2026.

Tabla N° 13-33. Registro de Microbialitos y Evaporitas en las estaciones de monitoreo. Campaña verano, 2017 a 2026.

ID Estación	Registro visual																			
	Microbialito										Evaporita									
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
S-5	-	-	-	Pandemia COVID-19	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	-	-	-	Pandemia COVID-19	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso	Sin acceso
S-6A	-	-	-								-	-	-							
S-9	-	-	-								-	-	-							
SA-25	-	-	-								-	-	-							
S-10	-	-	-								-	-	-							
S-11	-	-	-			-					-	-	-			-				
I-11	+	+	+			+					-	-	-			-				
I-17	-	-	-			-					-	-	-			-				
LP-23	+	+	+		+	+	+	+	+		-	-	-		-	-	-	-	-	
LP-24	+	-	-		-	-	-	-	-		+	+	+		+	+	+	+	+	
LB-1	+	+	+		+	+	+	+	+		-	-	-		-	-	-	-	-	
LB-2	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-		-	-	-	-	-	
LB-3	-	-	-		+	+	-	-	-		-	-	-		-	-	-	-	-	
TB-1	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
TB-2	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
TB-3	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-

(+) Presencia, (-) No detección

Fuente: Elaboración propia

13.3.8 Evolución de Parámetros Físicos y Químicos (2016-2026)

A continuación, se describe la evolución histórica de la calidad de agua y sedimentos de algunas variables de importancia para los tapetes microbianos y por sector (Peine y la Punta-La Brava). Por otra parte, cabe mencionar que en el periodo de verano 2020 no se realizó el monitoreo debido a la pandemia COVID-19 y en el periodo invierno 2021 y en verano 2023 y 2024 no se pudo acceder a Peine debido al periodo reproductivo de los flamencos en el sector, en verano 2022 y 2025 no se accedió a las estaciones de Peine S-9 y SA-25, por la presencia de flamencos. Por último en verano 2026 no se accedió a Peine debido al periodo reproductivo de los flamencos en el sector y a La Punta-La Brava por el mal estado de los caminos.

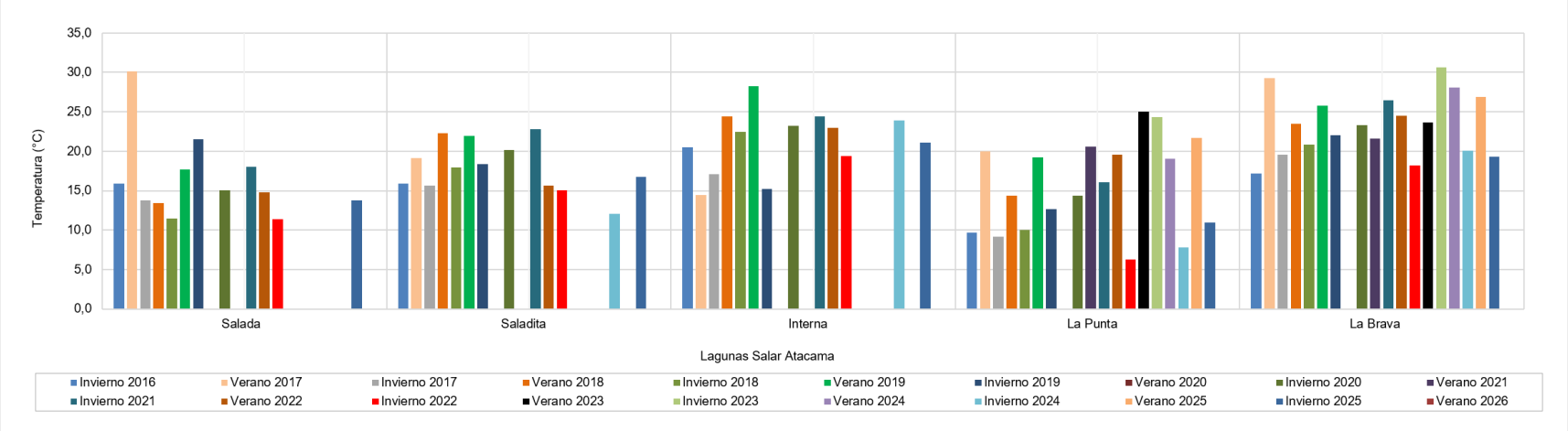
- *Temperatura*

En relación con la temperatura promedio registrada en periodos invierno y verano, el valor máximo se observó en invierno 2023, con un valor de 30,7 °C en la laguna La Brava, sector La Punta-La Brava. Mientras que, el mínimo fue detectado en invierno 2022 con 6,3 °C en la laguna La Punta, sector La Punta-La Brava. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en la laguna La Brava y en la laguna Interna y los menores en la laguna La Punta y laguna Salada (**Figura N° 13-24**). Cabe señalar que, el registro de temperatura del agua puede ser variable durante el día, siendo dependiente de la hora en que se realiza la medición.

- *Conductividad*

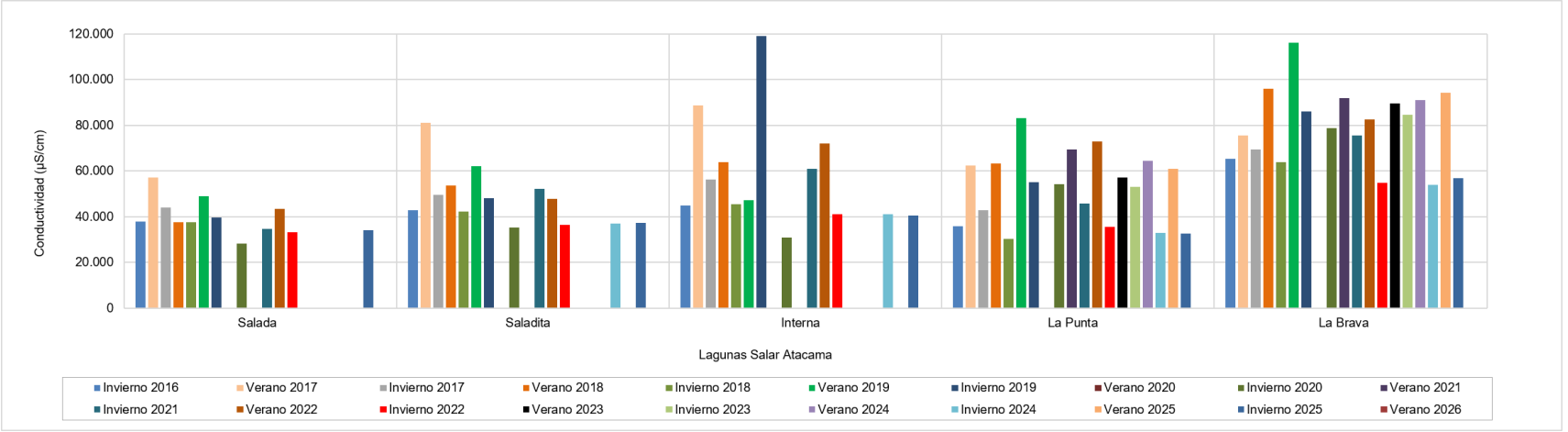
Para la conductividad registrada en periodos invierno y verano, el valor promedio máximo fue observado en invierno 2019, con un valor de 119.100 µS/cm en la laguna Interna, sector Peine. Mientras que, el mínimo fue detectado en invierno 2020 con 28.335 µS/cm en la laguna Salada, sector Peine. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en las lagunas La Brava, La Punta e Interna y los menores en la laguna Salada (**Figura N° 13-25**).

Figura N° 13-24. Variación promedio de temperatura (°C) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 13-25. Variación promedio de la conductividad (µS/cm) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia

- *Salinidad*

En relación con la salinidad registrada en periodos invierno y verano, el valor promedio máximo fue observado en verano 2021, con un valor de 76,3 g/Kg en la laguna La Brava, sector La Punta-La Brava. Mientras que, el mínimo fue detectado en invierno 2018 con 15,0 g/Kg la laguna La Punta, sector La Punta-La Brava. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en la laguna La Brava y los menores en la laguna Salada (**Figura N° 13-26**). Los valores obtenidos para la salinidad son coherentes con los obtenidos para la conductividad, ambos están correlacionados.

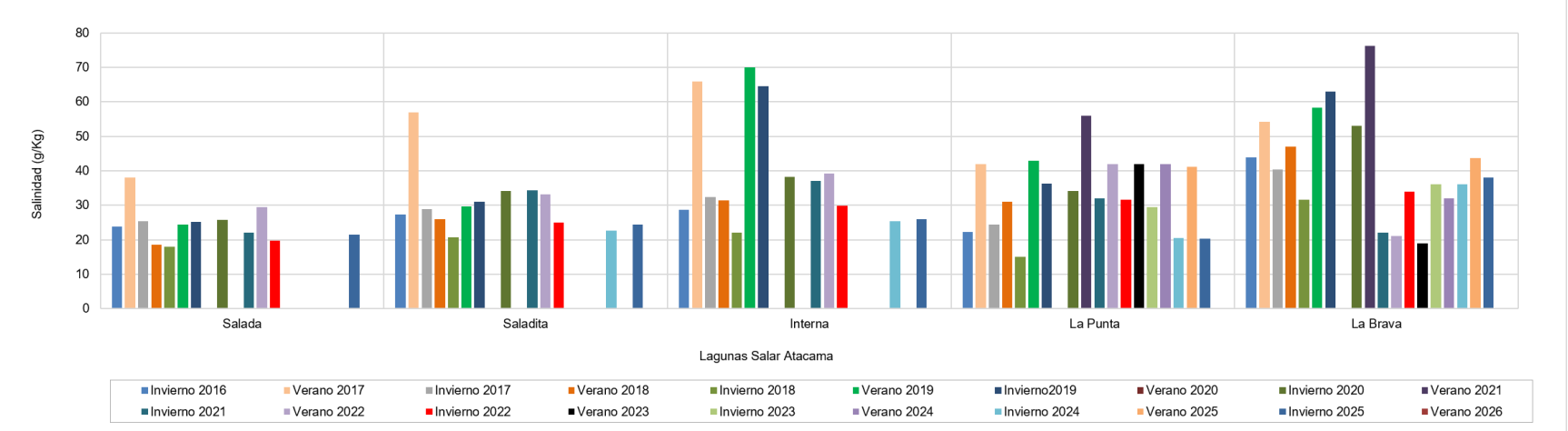
En relación con la salinidad, se sabe que la fluctuación de la salinidad afecta la diversidad bacteriana, las tasas de fotosíntesis, además del consumo de oxígeno disponible en el cuerpo de agua. La presencia de tapetes en ambientes con salinidades más altas puede sugerir una adaptación a esta variable por parte de los microorganismos, y puede estar relacionado con el cambio en la diversidad y la función de sus comunidades microbianas (Farias *et al.* 2017).

- *Oxígeno disuelto*

Respecto al oxígeno disuelto registrado en periodos invierno y verano, el valor promedio máximo fue observado en verano 2017, con un valor de 7,5 mg/L en la laguna Salada, sector Peine. Mientras que, el mínimo fue detectado en verano 2017 con en 2,1 mg/L la laguna La Brava, sector La Punta-La Brava. Cabe señalar que, si bien se observó en el registro histórico un valor de 17,6 mg/L en verano 2017 en la laguna La Punta, este correspondería a un valor anómalo. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en la laguna Salada y los menores en la laguna La Brava (**Figura N° 13-27**).

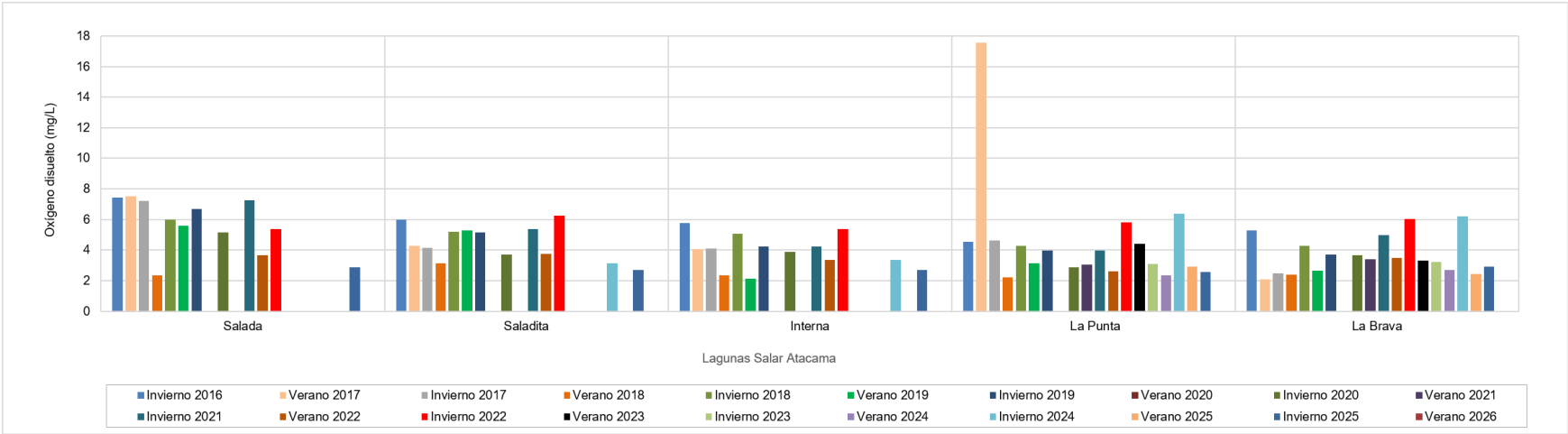
Esto se condice con los registros de salinidad y conductividad, en el sector La Brava donde se observan los mayores registros para estas variables y los menores registros de oxígeno disuelto, esto se explica debido a que en ambientes con mayor salinidad-conductividad el oxígeno disuelto presenta una menor solubilidad. Por ende, menor disponibilidad de oxígeno disuelto para la biota acuática.

Figura N° 13-26. Variación promedio de la salinidad (g/Kg) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 13-27. Variación promedio de oxígeno disuelto (mg/L) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia.

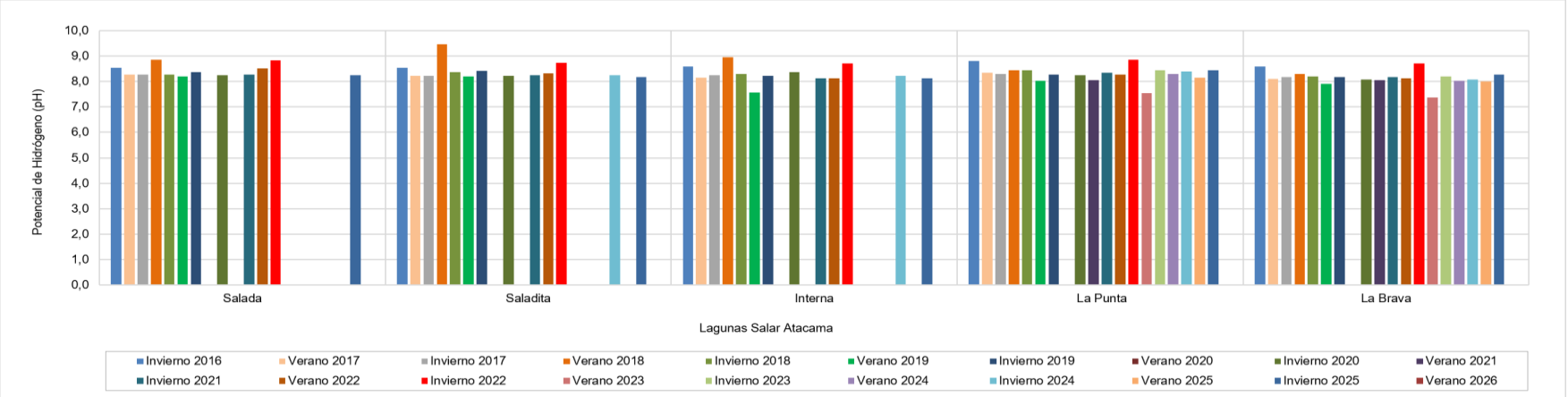
- *pH*

Para el pH registrado en periodos invierno y verano, se observó un valor promedio máximo en verano 2018, con un valor de 9,5 unidades en la laguna Saladita, sector Peine. Mientras que, el mínimo fue detectado en verano 2023 con un valor de 7,4 unidades la laguna La Brava, sector La Punta-La Brava. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en la laguna Saladita y los menores en la laguna La Brava (**Figura N° 13-28**). Entre sectores se mantuvieron registros constantes de pH, manteniéndose en valores de rangos de alcalinidad (8,2 y 8,5 unidades en promedio por sector) los que califican como moderadamente alcalinos según Hounslow (1995).

- *Alcalinidad Total*

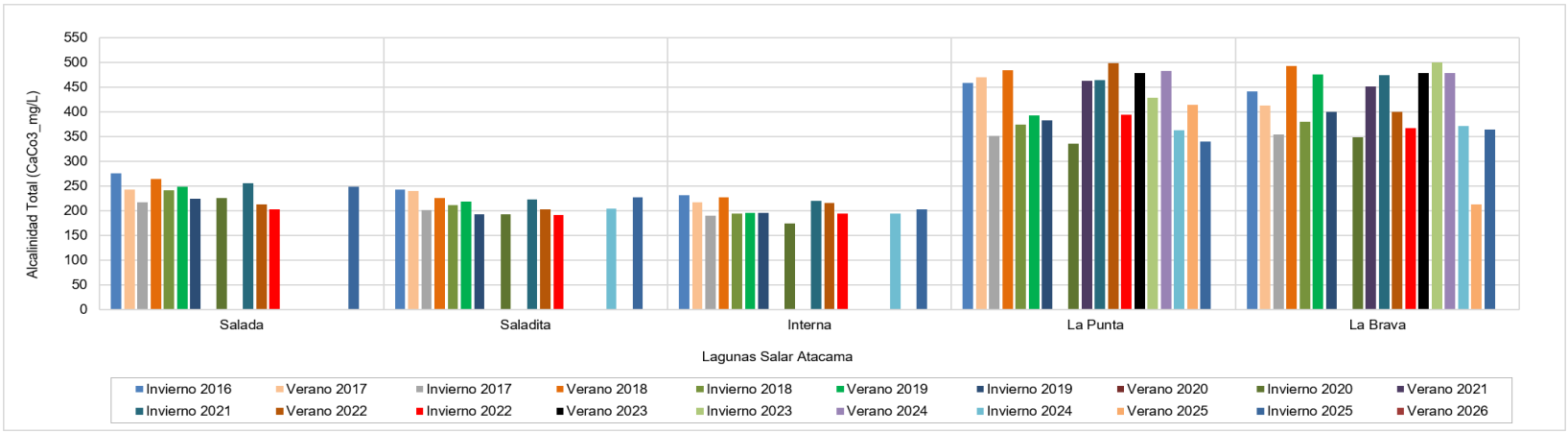
Para la alcalinidad registrada en periodos invierno y verano, se observó un valor promedio máximo en invierno 2023, con un valor de 500 mg/L en la laguna La Brava, sector La Punta-La Brava. Mientras que, el mínimo fue detectado en invierno 2020 con un valor de 174 mg/L en la laguna Interna, sector Peine. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en las lagunas La Punta y La Brava y los menores en la laguna Saladita (**Figura N° 13-29**). Entre sectores, el sector Peine presentó menores registros. La alcalinidad en este tipo de ecosistemas hipersalinos contribuye a la precipitación de carbonatos por parte de los microrganismos y modela el equilibrio bicarbonato-carbonato en las aguas (Risacher, Alonso & Salazar 1999; Glunk et al, 2010).

Figura N° 13-28. Variación promedio de potencial de Hidrógeno (pH) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 13-29. Variación promedio de la alcalinidad ($CaCO_3$_mg/L) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia.

- *Turbiedad*

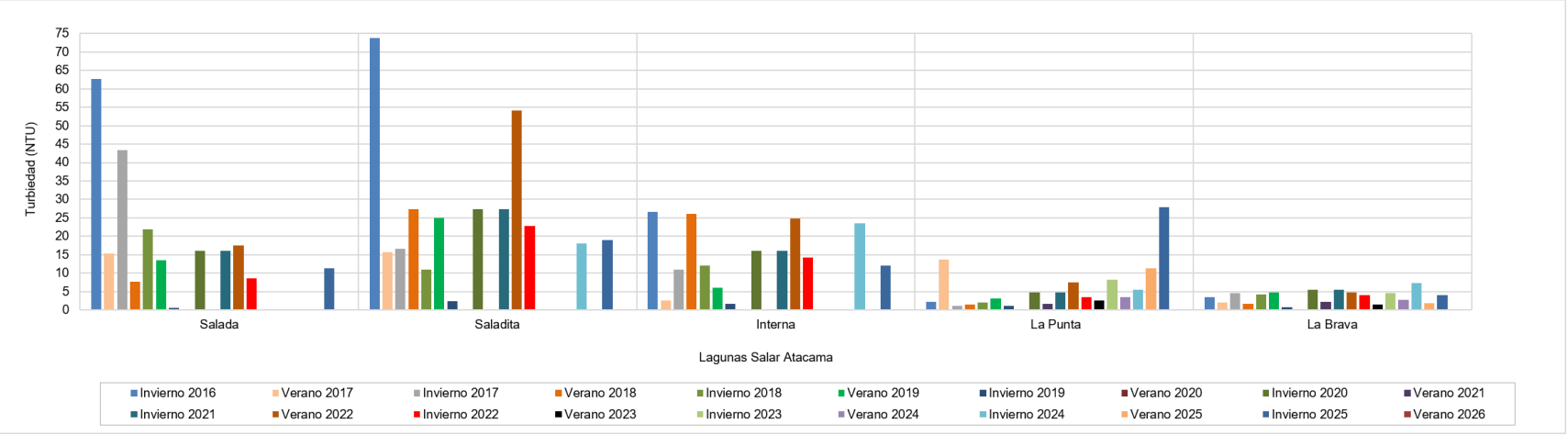
La turbiedad registrada en periodos invierno y verano, presentó un valor promedio máximo en invierno 2016, con un valor de 73,9 NTU en la laguna Saladita, sector Peine. Mientras que, el mínimo fue detectado en invierno 2019 con un valor de 0,6 NTU en la laguna Interna, sector Peine. En general, entre sectores los mayores registros invierno-verano fueron detectados en las lagunas de Peine, en orden de importancia Saladita-Salada-Interna y los menores y con similares registros en las lagunas de La Punta y La Brava (**Figura N° 13-30**). La turbiedad afecta la penetración de luz e irradiación en la columna de agua. La reducción considerable de la disponibilidad de luz para los microorganismos fotosintéticos puede inhibir su crecimiento (Demergasso *et al.* 2003).

- *Potencial redox (ORP)*

Para el potencial redox (ORP) en periodos invierno y verano, se observó que el valor promedio máximo se registró en verano 2023, con un valor de 217 mV en la laguna La Punta, sector La Punta-La Brava. Mientras que, el mínimo fue detectado en invierno 2019 con un valor de -464 mV en la laguna La Punta, sector La Punta-La Brava. En general, entre sectores presentaron valores negativos y similares de potencial redox, considerados para ambientes de características reductoras. Sin embargo, en la campaña verano 2023, algunos sectores presentaron valores de ambientes oxigénicos, específicamente en las lagunas La Punta y La Brava (**Figura N° 13-31**).

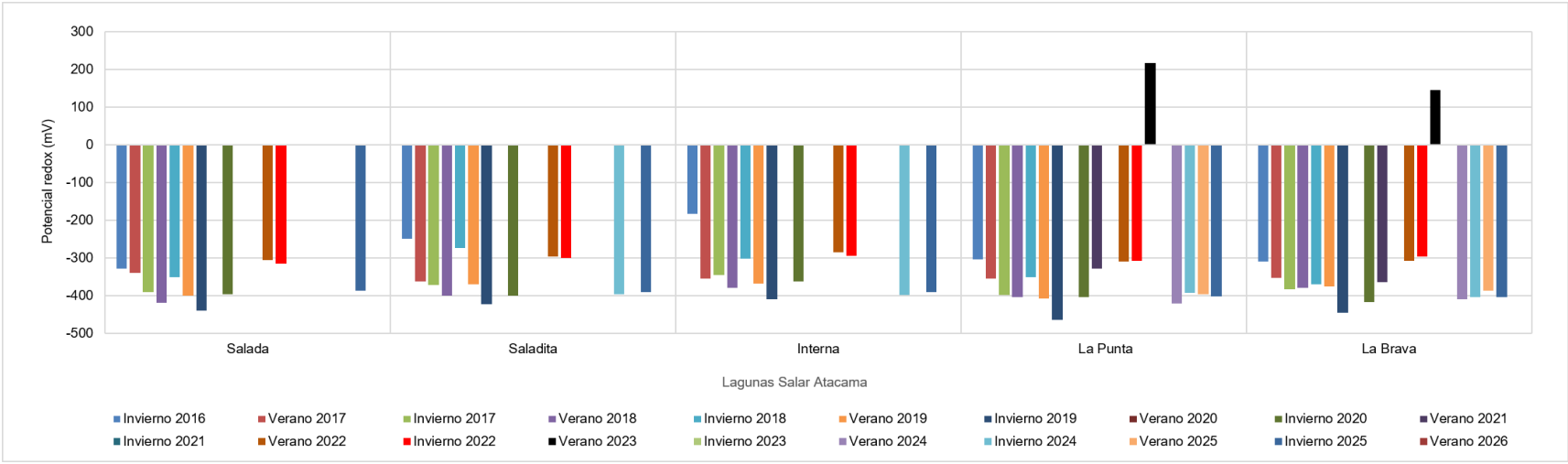
El potencial redox con valores negativos es un indicador de ambientes de características reductoras y anoxigénicas, o sea propicio para el establecimiento de las macrozonas Intermedia y Profunda, que presentan principalmente grupos de bacterias y microrganismos tipo bacterias rojas sulfúreas, bacterias verdes no sulfúreas y sulfobacterias oxidantes no coloreadas en la macrozona Intermedia y de bacterias verdes sulfúreas (autótrofas fotosintéticas) y bacterias sulfurreductoras (anaerobias) en la macrozona Intermedia siguiendo la metodología propuesta en el presente informe tomada de Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, (2015).

Figura N° 13-30. Variación promedio de la turbiedad (NTU) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 13-31. Variación promedio de potencial redox (mV) en lagunas del Salar de Atacama. Invierno-Verano 2016-2026.



Fuente: Elaboración propia

13.4 En relación con Suelo o Sustrato

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2025 (M19) y verano 2026 (M20), para el subcomponente ambiental suelo – sustrato.

Se separa la discusión de los resultados por sectores, de acuerdo con el siguiente detalle:

- Sector La Punta – La Brava: Puntos S 3; S4; S5 (La Punta) y S 6 (La Brava)
- Sector Peine: Puntos S 10; S 11; S 12 y S 14.
- Sector Tilopozo: Puntos S 1; S 2; S 7; S 8; S 9 y S 13.

Además, se presenta la evolución de los parámetros estudiados entre los monitoreos de invierno, (monitoreo M1, M3, M5, M7, M9, M13, M15, M17 y el actual M19), así como entre los monitoreos de verano (M2, M4, M6, M10, M12, M14, M16, M18 y el actual M20). Cabe señalar, que la campaña estival 2020 (M8) no pudo ser realizada para este componente debido a las restricciones por efecto de la situación sanitaria Covid-19 a nivel nacional, al igual que la campaña invernal 2021 (M11), cancelada por razones de seguridad por motivos internos de la compañía.

Señalar también que en el presente monitoreo estival (M20), realizado entre los días 17 y 20 de marzo de 2026, no fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de la comunidad (ver registro en Anexo Cartas y Prohibiciones). Es por ello que se omiten los resultados del monitoreo de verano M20 para este sector en particular.

13.4.1 Análisis de evolución de resultados Sector La Punta - La Brava

En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presenta el detalle de resultados de los análisis de laboratorio de los parámetros evaluados para suelo, y sus rangos de medición, presentando información comparada con los 18 monitoreos realizados, tanto de invierno como de verano.

Para el monitoreo estival (M20), realizado entre los días 17 y 20 de marzo de 2026, no fue posible ingresar al sector La Punta-La Brava, ya que no se contó con la autorización de acceso por parte de la comunidad de Peine, motivo por el cual sus puntos de monitoreo no figuran en el análisis de la Discusión

13.4.1.1 Conductividad Eléctrica y Salinidad Sector La Punta - La Brava

Para el sector **La Punta - La Brava**, en la **Figura N° 13-32** se presenta la evolución de conductividad eléctrica y salinidad para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-34** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

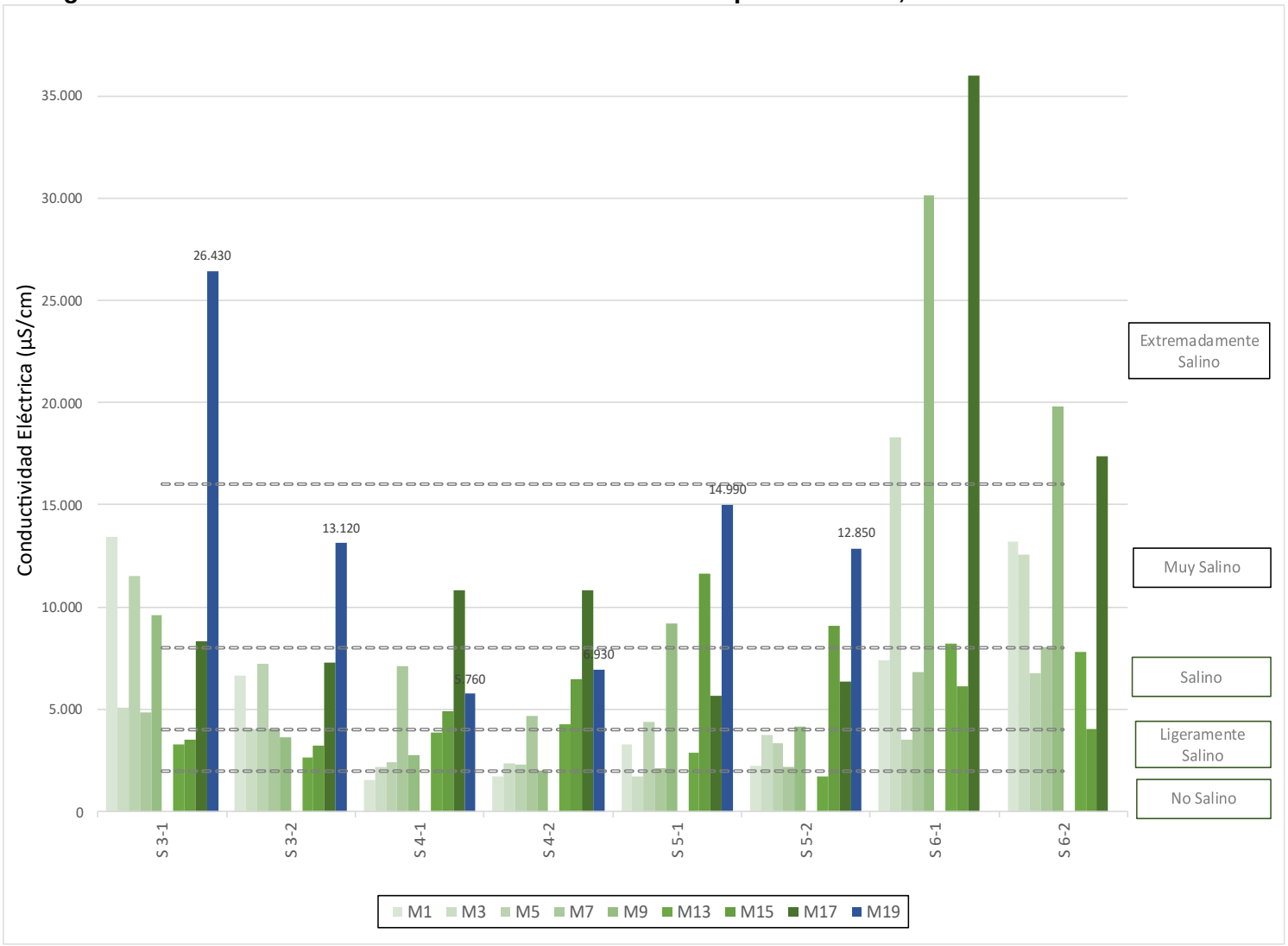
Para el sector La Punta - La Brava, en el monitoreo de invierno (M19), la conductividad eléctrica alcanzó sus mayores valores en el punto S 3, presentándose como extremadamente salino en su horizonte superficial (S 3-1, 26.430 µS/cm) y muy salino en profundidad (S 3-2, 13.120 µS/cm). Por su parte, los puntos S 4 y S 5 mostraron homogeneidad en sus perfiles, clasificándose como salino y muy salino, respectivamente. Al comparar con la serie histórica invernal (M1 a M17), únicamente el punto S 4 presentó valores dentro de sus rangos históricos. En cambio, las muestras S 3-1, S 3-2, S 5-1 y S 5-2 registraron valores por sobre los máximos históricos del periodo de seguimiento, destacando la muestra S 3-1 con un alza del 217% respecto al monitoreo invernal anterior (M17). Estas variaciones no se relacionan con fluctuaciones en el nivel freático ni con el contenido de humedad, por lo que podrían responder a una variación puntual que requiere ser confirmada en posteriores monitoreos.

En cuanto a la salinidad en M19, todos los puntos se mantuvieron dentro de los rangos de variación histórica de invierno, registrándose el mayor valor en S 3-1 (29.186 mg/kg) y el menor en S 4-2 (9.860 mg/kg). Cabe señalar que en esta campaña no fue posible tomar muestras en la estación S 6 por malas condiciones en el camino de acceso. En el monitoreo de verano (M20), no fue posible ingresar al sector La Punta - La Brava (S 3, S 4, S 5 y S 6) debido a que no se contó con la autorización de la comunidad local. Por este motivo, no se dispone de datos analíticos para esta temporada ni es posible establecer un análisis comparativo con la serie de veranos anteriores para dicho sector.

Los niveles de conductividad eléctrica y salinidad registrados son consistentes con las características químicas de suelos ubicados en el entorno inmediato de humedales salinos.

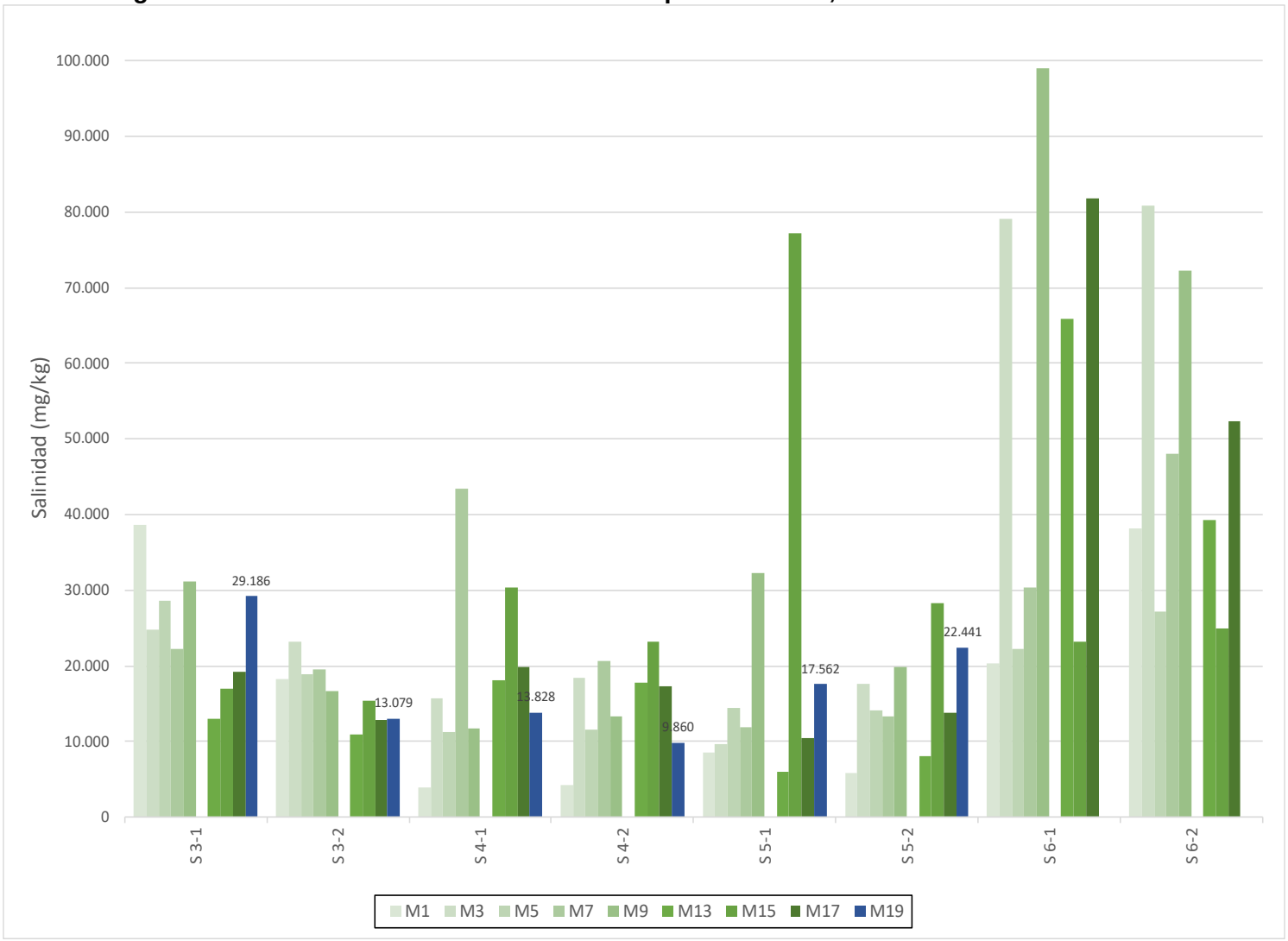
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato**, se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable, tanto para los presentes monitoreos (M19 y M20) como para los anteriores (M1 a M20).

Figura N° 13-32. Resultados Conductividad Eléctrica Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava.



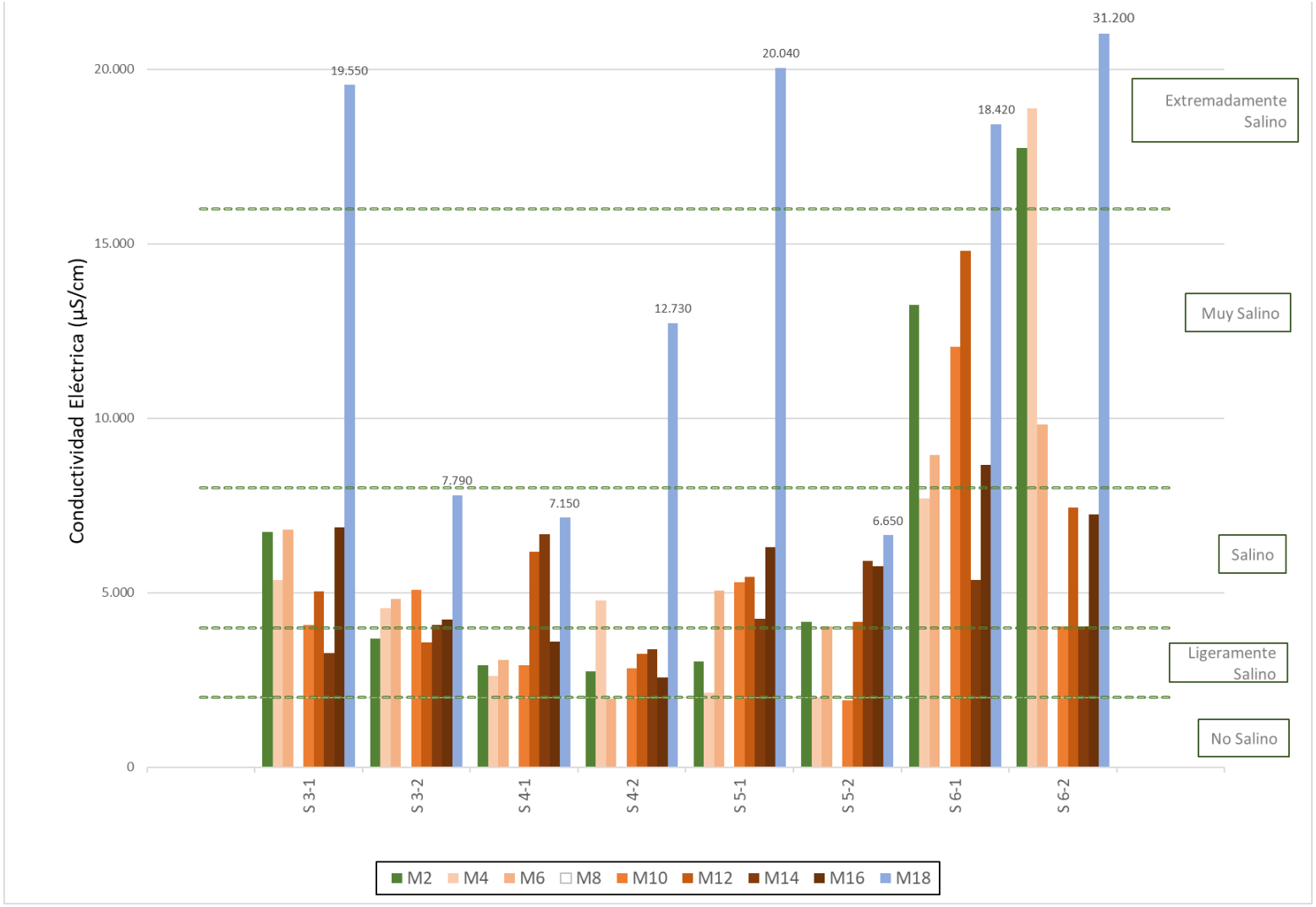
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-33. Resultados de Salinidad Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava.



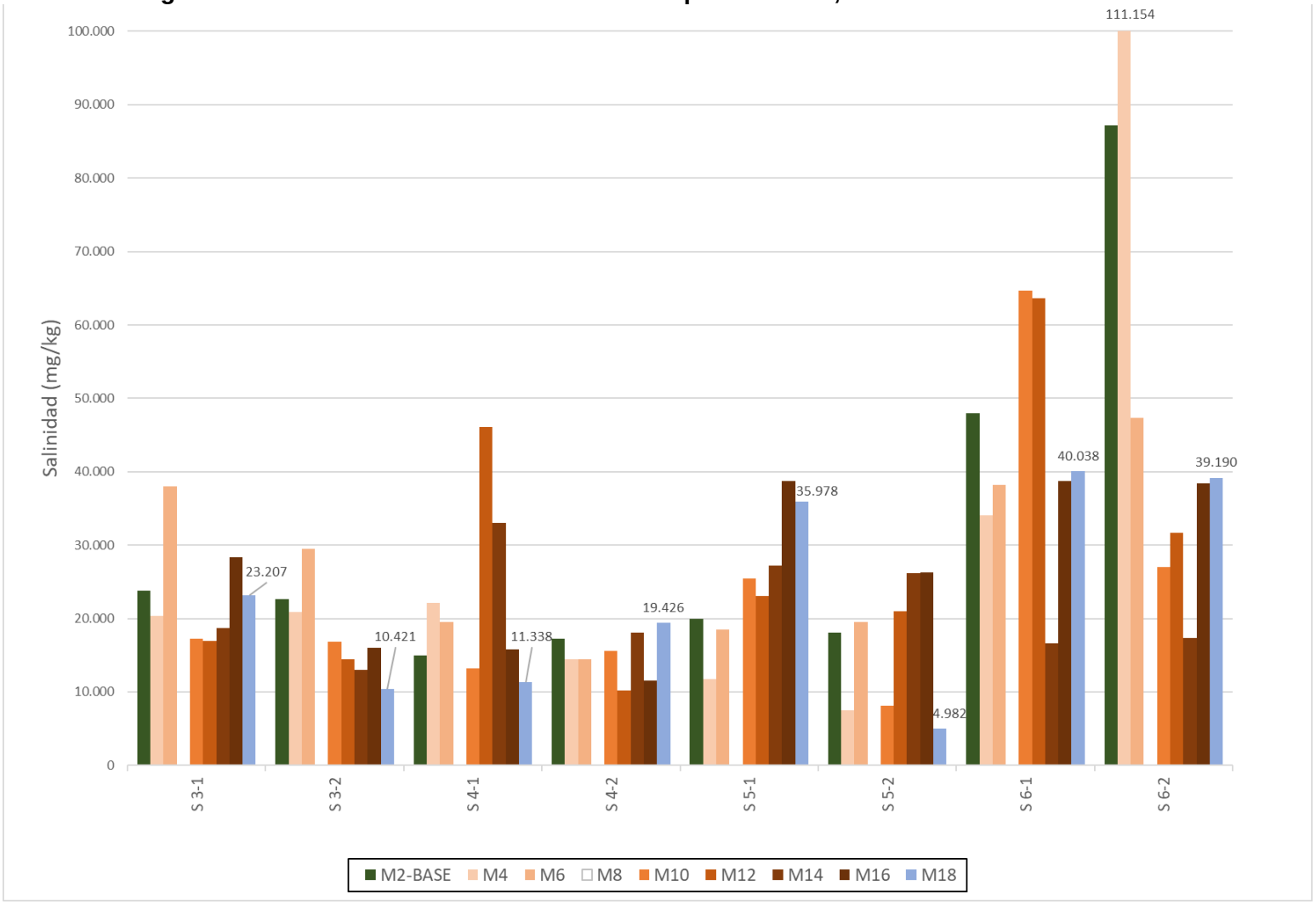
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-34. Resultados Conductividad Eléctrica campaña Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-35. Resultados de Salinidad Campaña Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.1.2 Nivel de pH Sector La Punta – La Brava

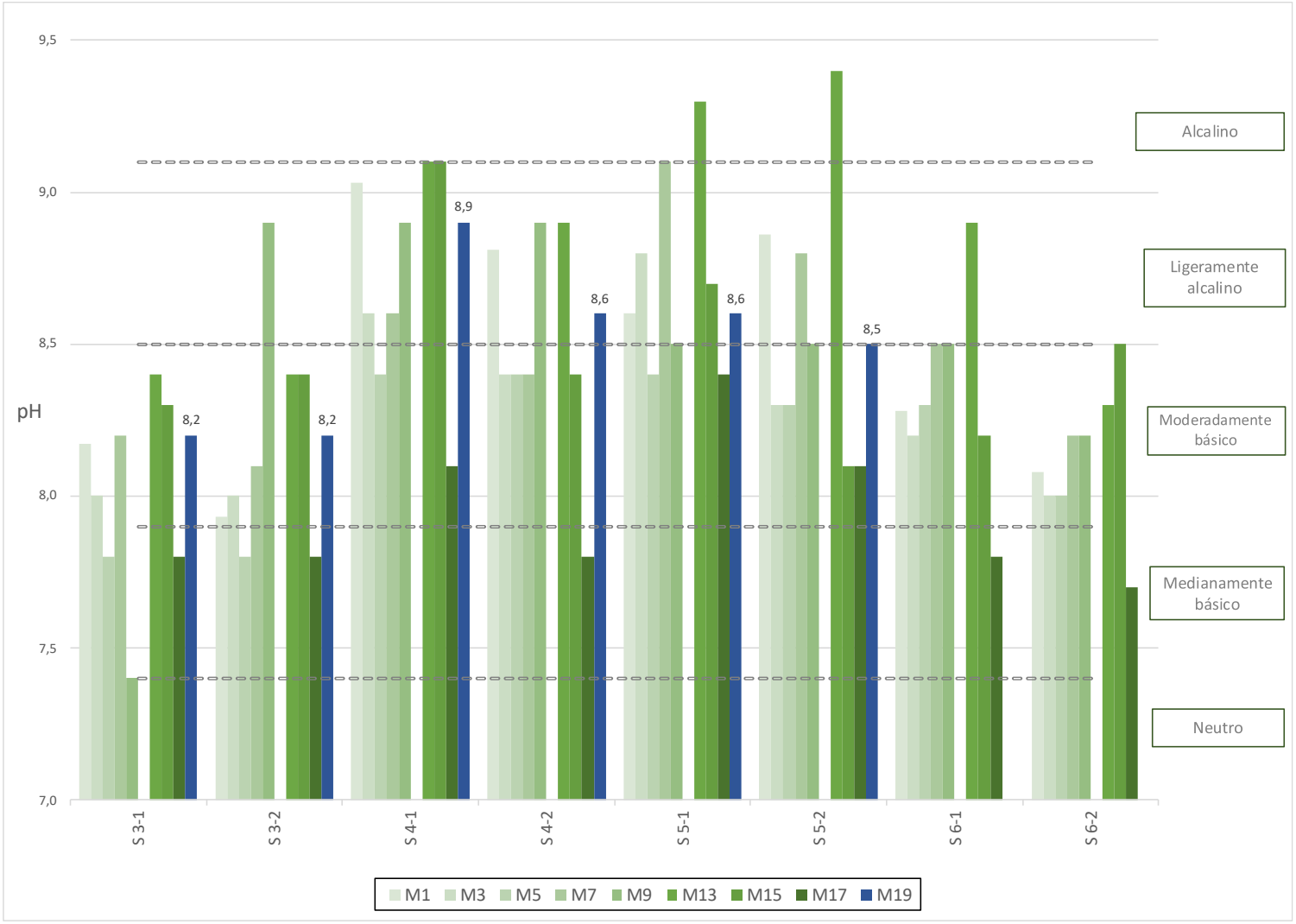
Para el sector **La Punta - La Brava**, en la **Figura N° 13-36** se presenta la evolución de pH en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-37** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

Los resultados del monitoreo de invierno (M19) muestran valores de pH que se mantienen estables en comparación con la tendencia histórica de las campañas invernales anteriores (M1 a M17), demostrando niveles de variabilidad poco significativos entre periodos de medición. Al contrastar los resultados de M19 con respecto al monitoreo invernal previo (M17), se observan incrementos dentro de los rangos históricos, destacándose los puntos S 4-1 y S 4-2 con alzas de 0,8 unidades de pH. En este periodo invernal, los valores oscilaron entre 8,2 puntos de pH (moderadamente alcalino en S 3-1 y S 3-2) y 8,9 puntos de pH (ligeramente alcalino en S 4-1).

Cabe señalar que para el punto S 6 no se dispuso de muestras durante M19 por falta de acceso en el camino. Durante el monitoreo de verano (M20), no fue posible ingresar al sector La Punta - La Brava (estaciones S 3, S 4, S 5 y S 6) debido a la falta de autorización por parte de la comunidad local. Por ello, no se registran datos analíticos de pH para esta temporada estival ni es posible establecer una comparación con la serie de veranos precedentes para dicho sector.

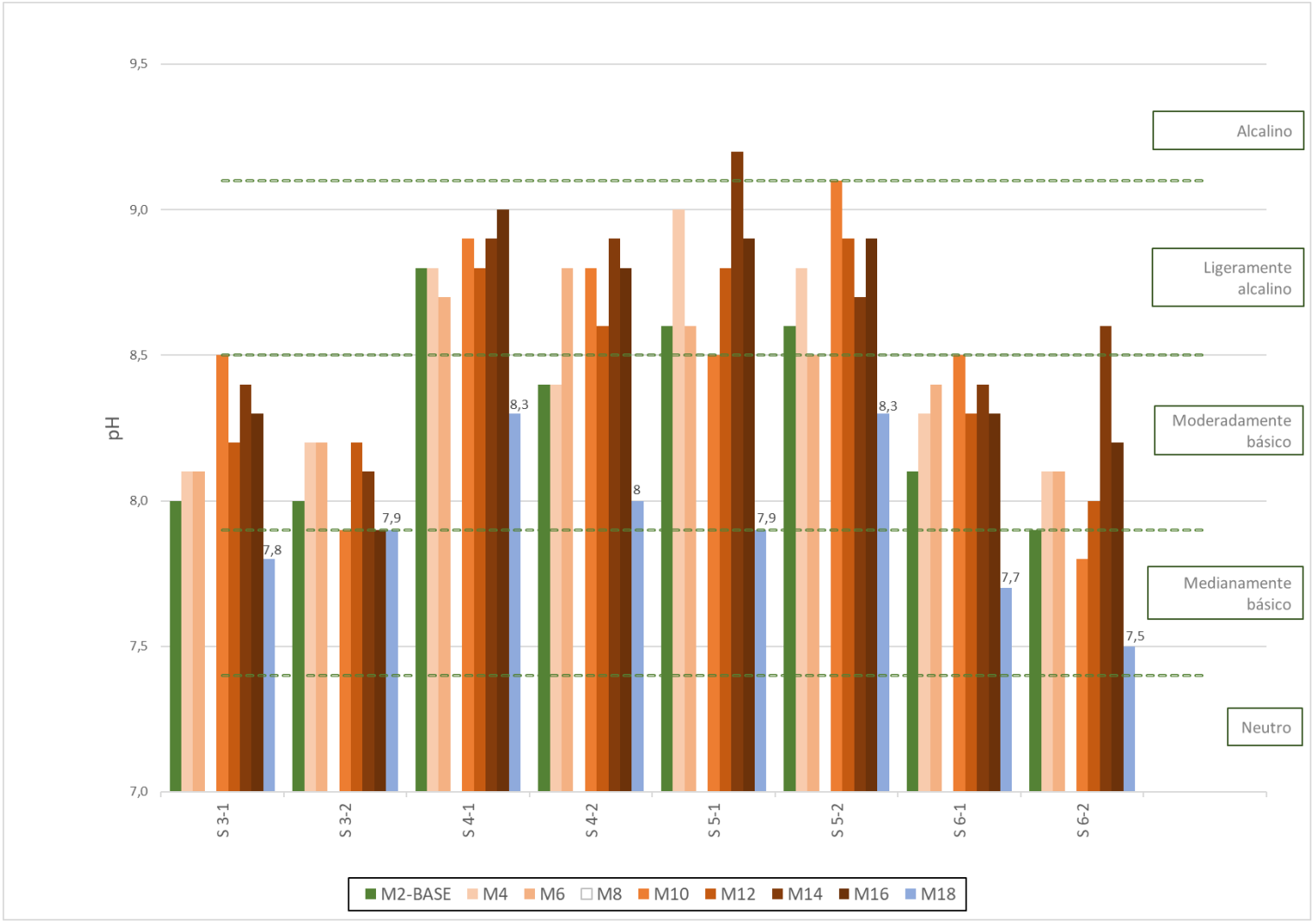
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-36. Resultados pH Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-37. Resultados pH Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.1.3 Materia Orgánica Sector La Punta La Brava

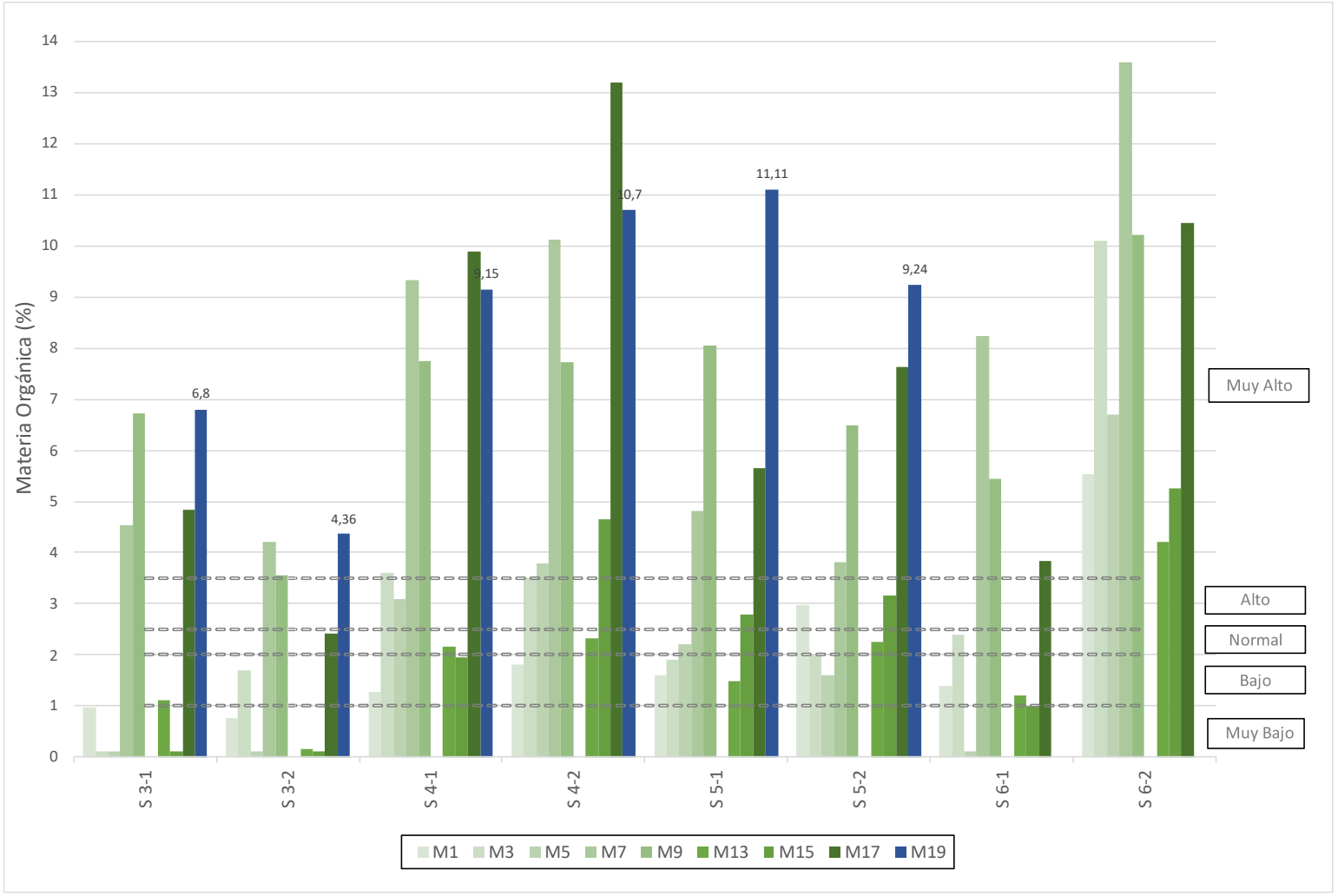
Para el sector **La Punta - La Brava**, en la **Figura N° 13-38** se presenta la evolución de Materia Orgánica en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-39** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

En el sector La Punta - La Brava, los resultados del monitoreo de invierno (M19) muestran que todas las muestras analizadas se ubican en la categoría de concentración muy alta, oscilando entre un 4,36% (S 3-2) y un 11,11% (S 5-1). Al comparar con la serie histórica invernal, las muestras S 3-1, S 3-2, S 5-1 y S 5-2 registraron valores ligeramente superiores a sus máximos anteriores de invierno, mientras que las muestras restantes se mantuvieron dentro de sus rangos habituales de variación. Para la muestra S 6 no se dispuso de datos por falta de acceso en el camino.

Estas variaciones entre periodos se explican principalmente por la presencia localizada de restos vegetales y la heterogeneidad natural del material parental en los perfiles muestreados.

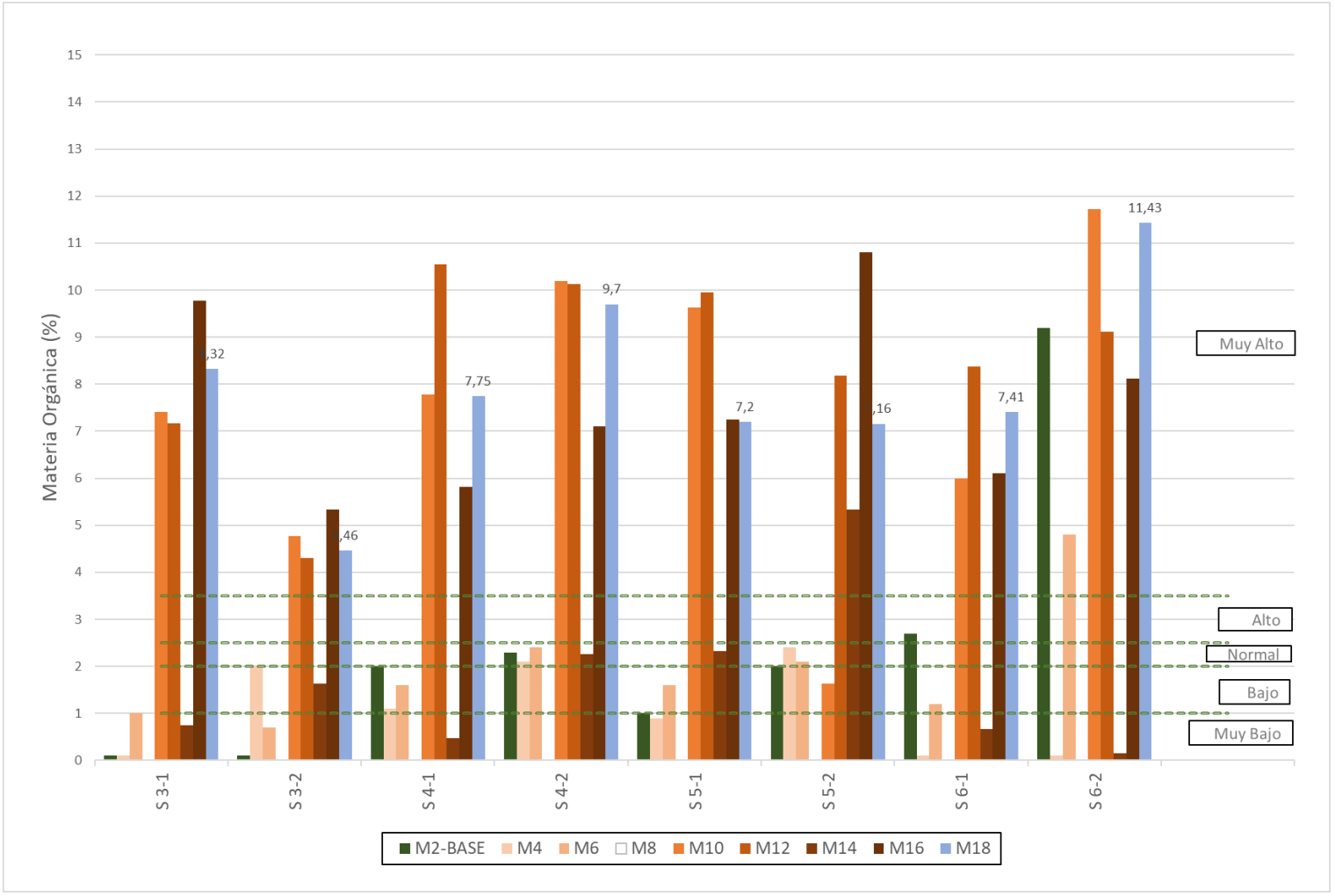
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-38. Materia Orgánica Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-39. Materia Orgánica Campaña Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

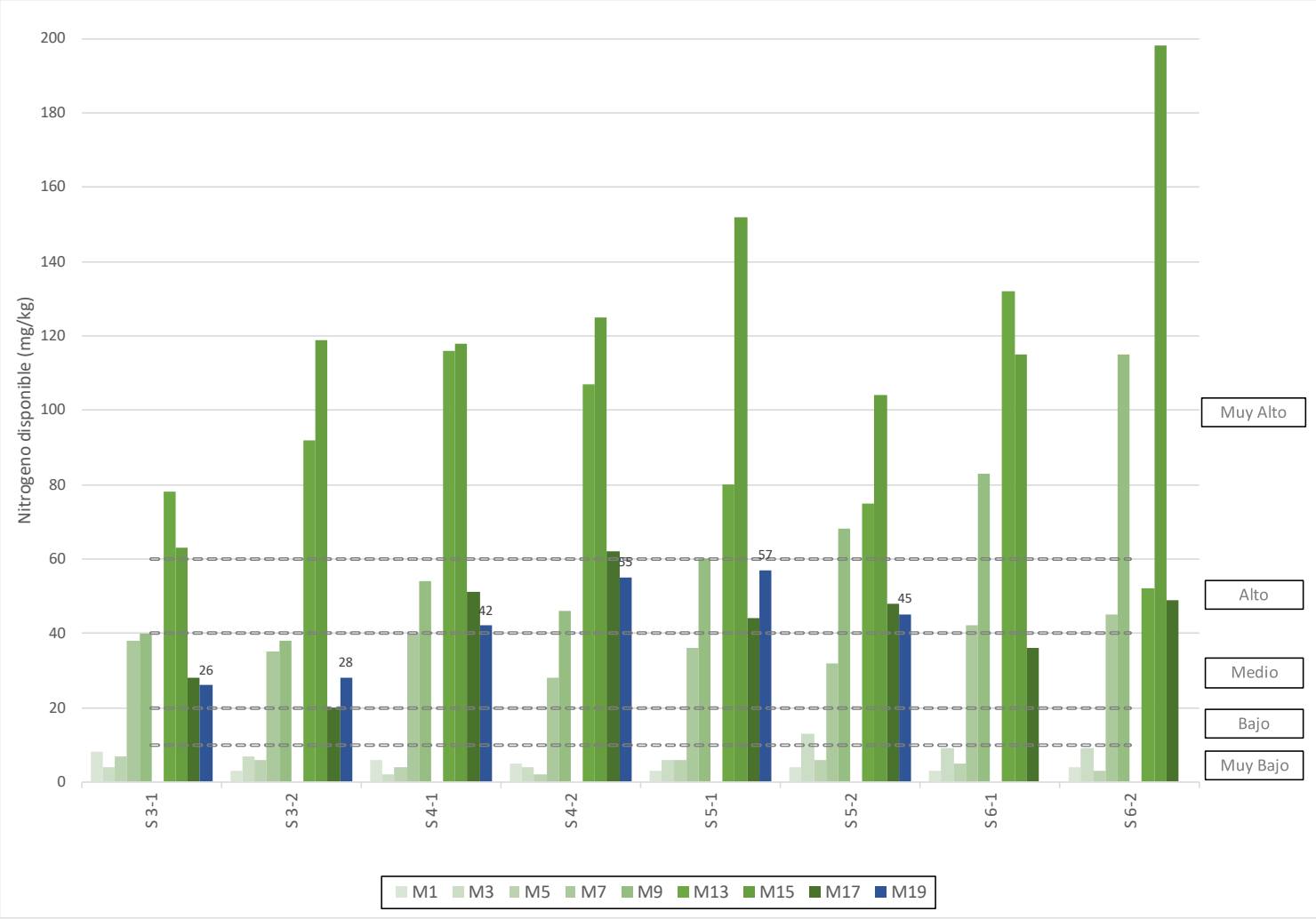
13.4.1.4 Nutrientes Sector La Punta La Brava (Nitrógeno, Fósforo y Potasio disponibles)

Para el sector **La Punta - La Brava**, en la **Figura N° 13-40** se presenta la evolución de nitrógeno disponible en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-41** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

Para el sector La Punta - La Brava, los resultados del monitoreo de invierno (M19) muestran concentraciones de nitrógeno disponible que varían entre 26 mg/kg (S 3-1, nivel normal) y 57 mg/kg (S 5-1, nivel alto). La totalidad de las muestras de este periodo se posicionó dentro del rango histórico de variación invernal (M1 a M17). Al comparar con las campañas invernales previas M13 y M15, los valores de M19 reflejan una disminución importante, aproximándose a la tendencia observada en monitoreos como M7 y M9.

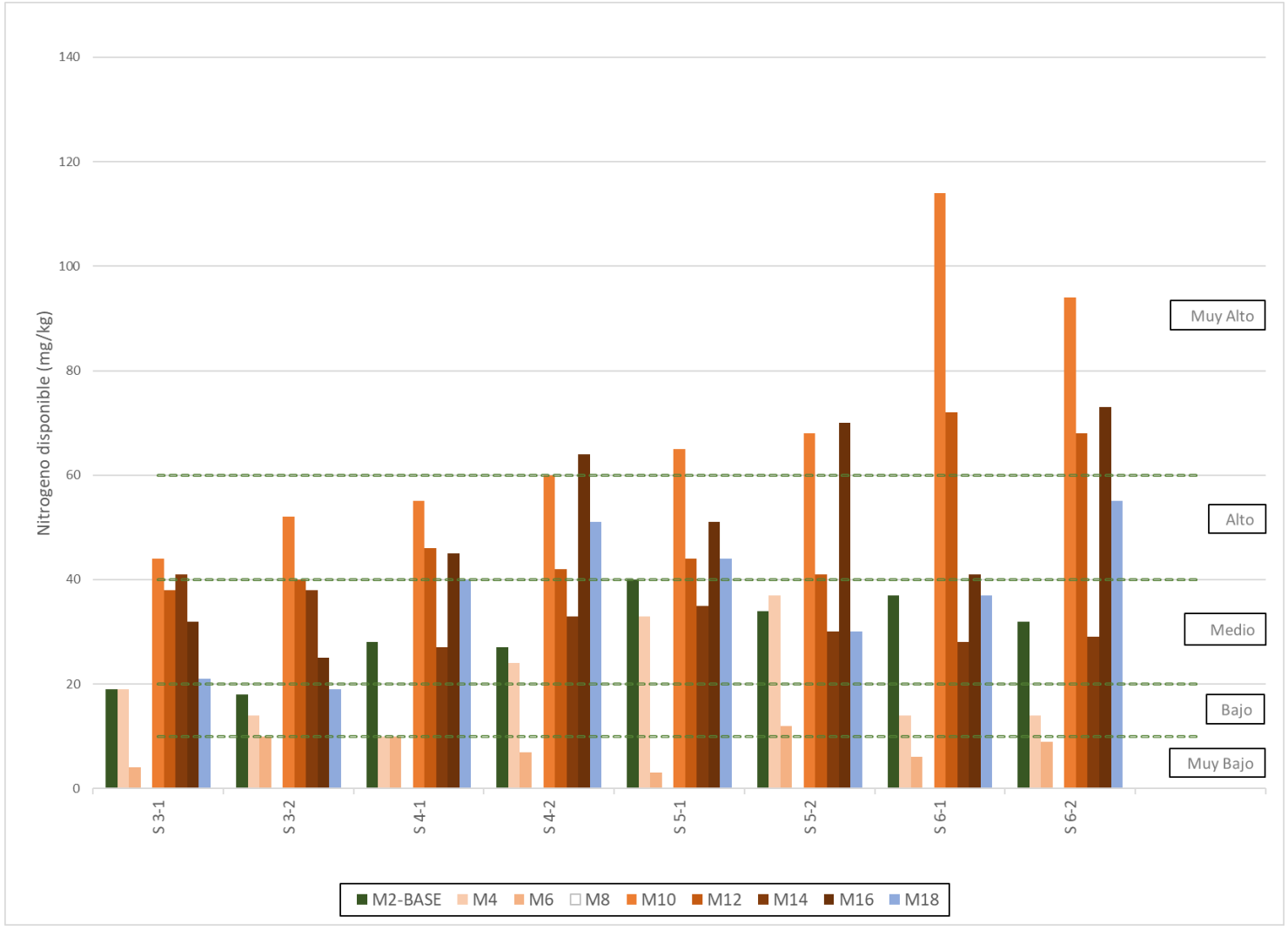
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-40. Nitrógeno disponible Campaña Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-41. Nitrógeno disponible Campaña Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

En la **Figura N° 13-42**, se muestra la concentración de fósforo disponible en el sector de La Punta – La Brava, para todos los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-43** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

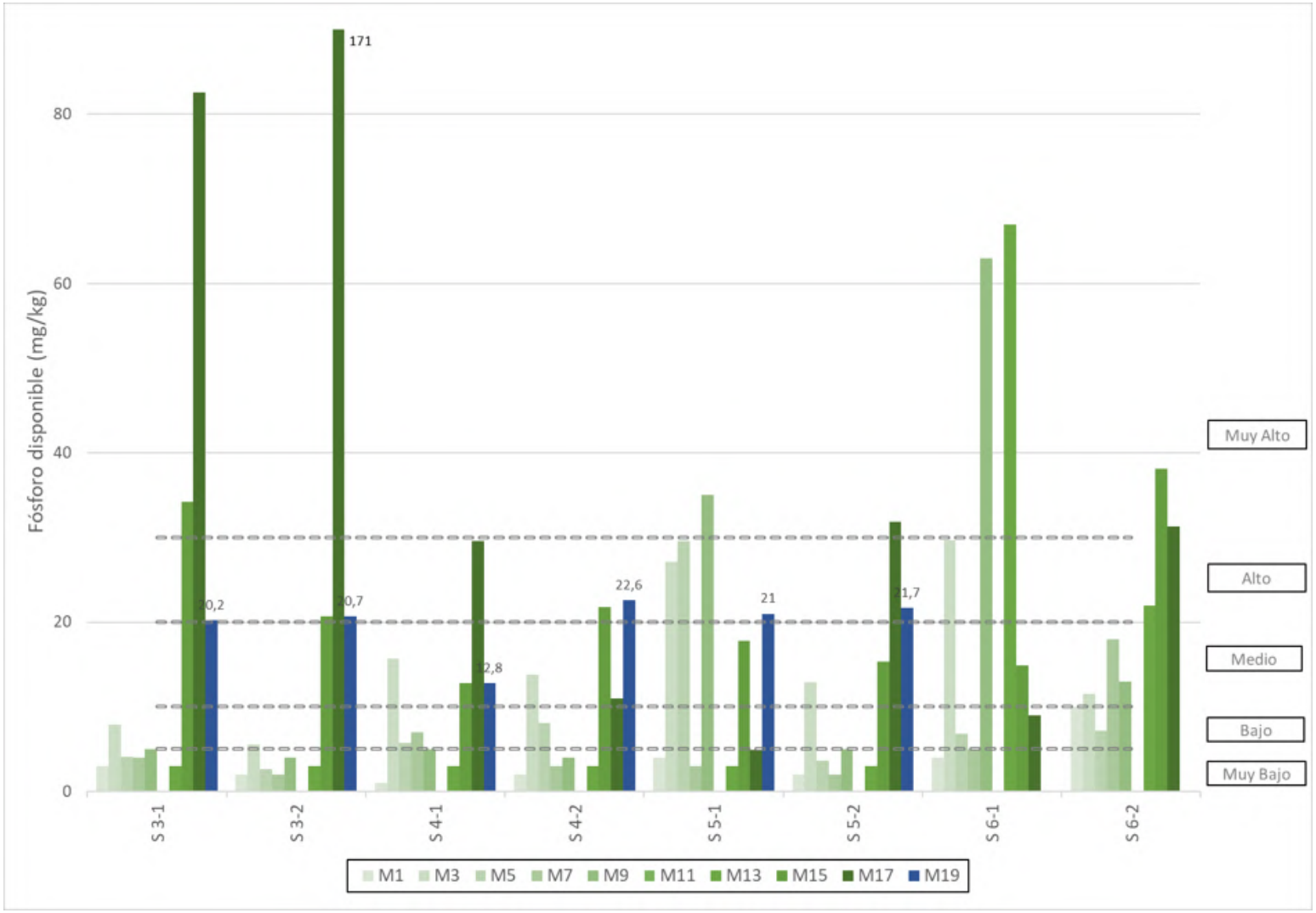
En el monitoreo de invierno 2025 (M19) el mayor nivel de fósforo se detecta en la muestra S 4-2 (22,6 mg/kg), mientras que el menor se presenta en la muestra S 4-1 (12,8 mg/kg). El punto S6 no presenta resultados, dada la falta de camino de acceso habilitado.

El punto S 4-2 representa el único sitio en donde se registra el mayor valor de fósforo histórico con respecto a los monitoreos de invierno anteriores, mientras que en el resto los valores se encuentran dentro del rango de medición histórico para cada punto. Se necesitan más monitoreos para evaluar posibles valores anómalos del monitoreo M17 en la serie de datos.

La disponibilidad de fósforo varía en función de parámetros clave del suelo, asociándose de manera positiva con un pH más alcalino, un mayor contenido de materia orgánica y niveles más altos de humedad. Para determinar si este comportamiento responde a una tendencia sostenida en el tiempo y precisar otros factores causales, se requerirá de los datos de las próximas campañas de seguimiento.

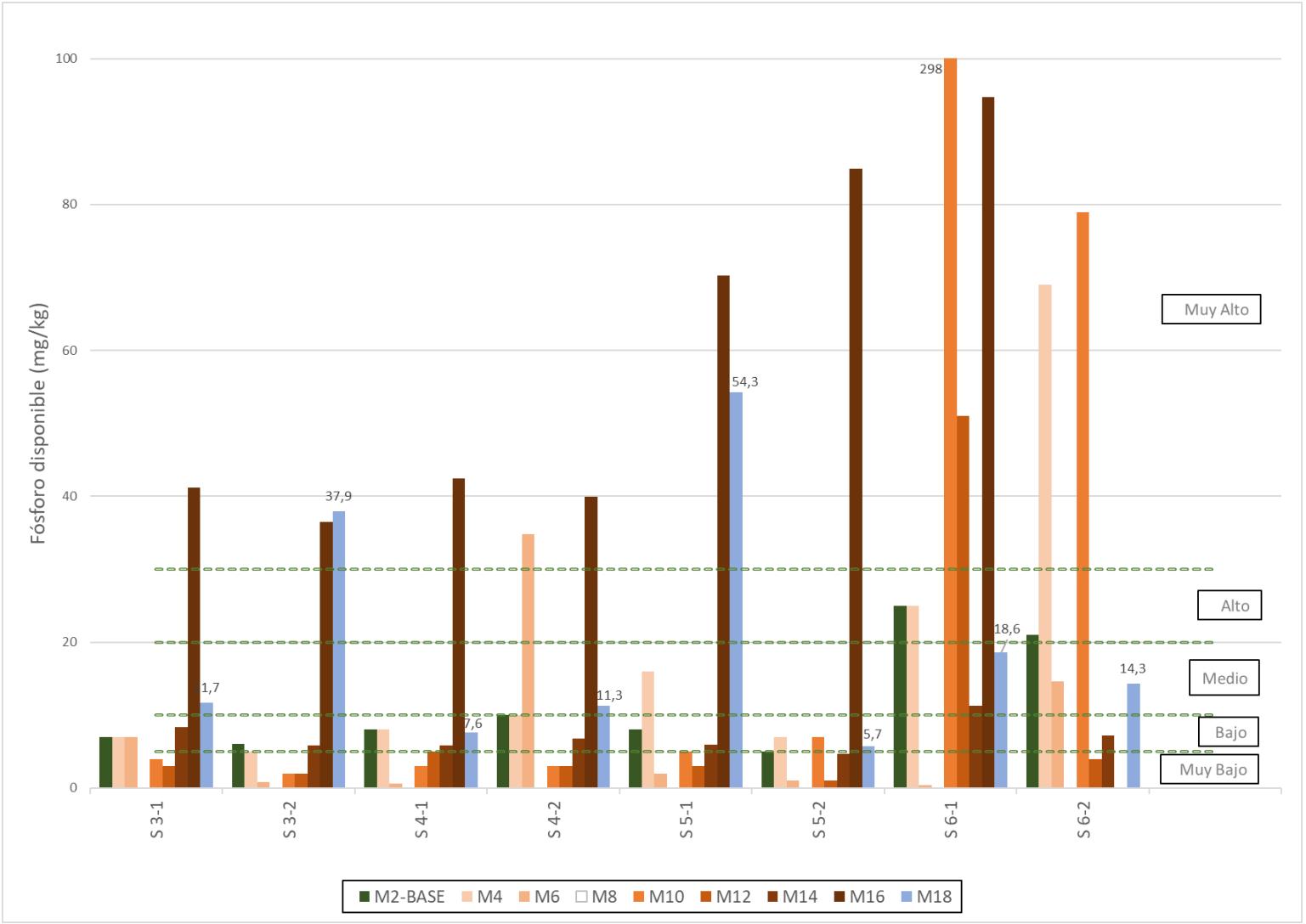
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-42. Fósforo disponible Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-43. Fósforo disponible Campañas Verano Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia. Muestra S 6-2 para M16 sin datos desde laboratorio.

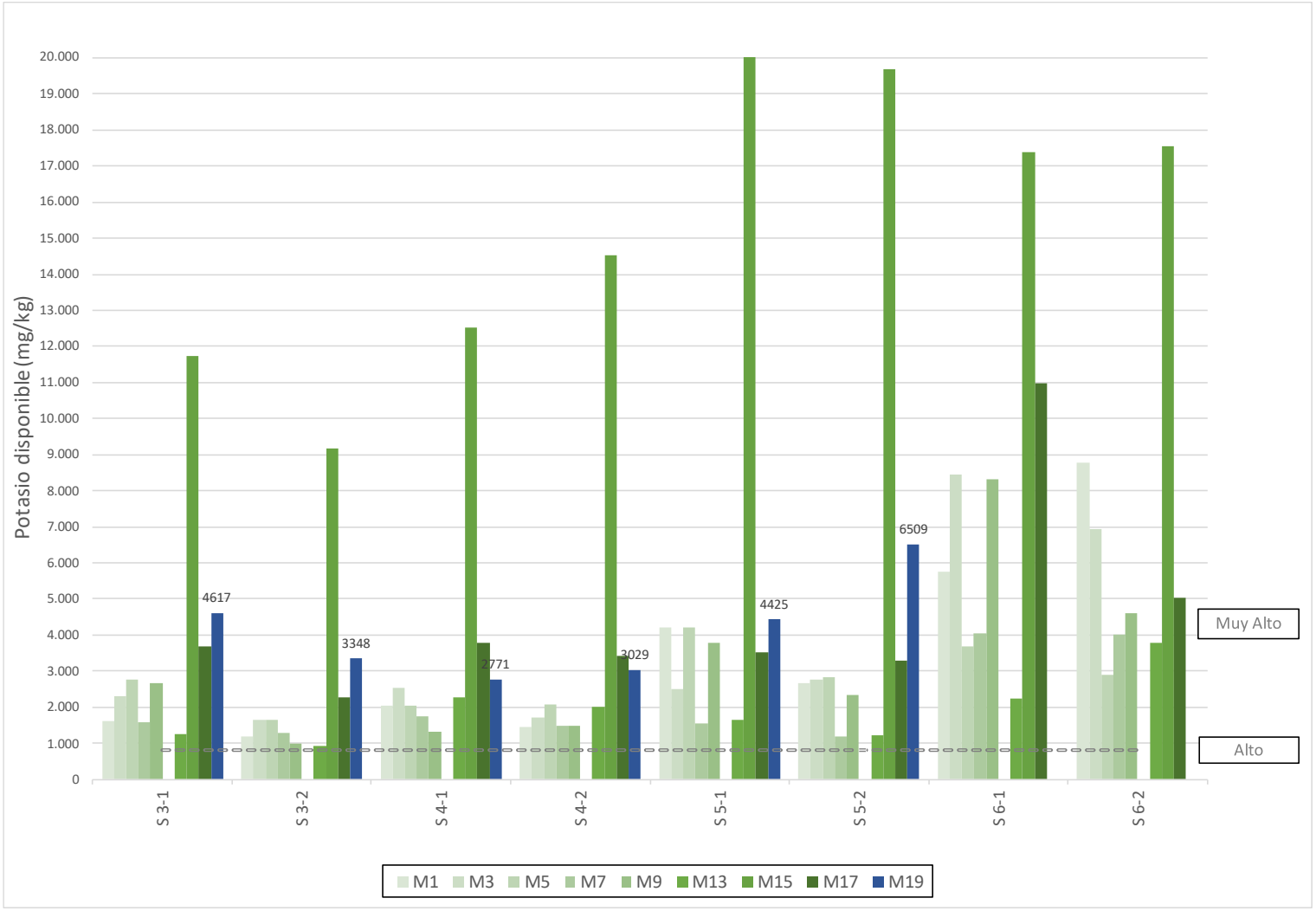
La **Figura N° 13-44** gráfica la concentración de potasio disponible en el sector de La Punta – La Brava, para todos los monitoreos de invierno disponibles, en tanto, en la **Figura N° 13-45** se muestra para todos los monitoreos de verano disponibles.

En el sector La Punta - La Brava, los resultados del monitoreo de invierno (M19) muestran que todas las muestras se clasifican en la categoría muy alta de potasio disponible, con valores entre 2.771 mg/kg (S 4-1) y 6.509 mg/kg (S 5-2). La totalidad de los puntos de este periodo se ubicó dentro del rango de variación histórica de los monitoreos invernales (M1 a M17). Las magnitudes de M19 se presentaron en el tramo alto de la serie general, pero sensiblemente menores a los registros atípicos detectados en M15. Para la estación S 6 no se dispuso de muestras por el estado del camino.

Durante la campaña de verano (M20), no se obtuvieron datos analíticos en este sector debido a restricciones de acceso impuestas por la comunidad local, imposibilitando la comparación estival.

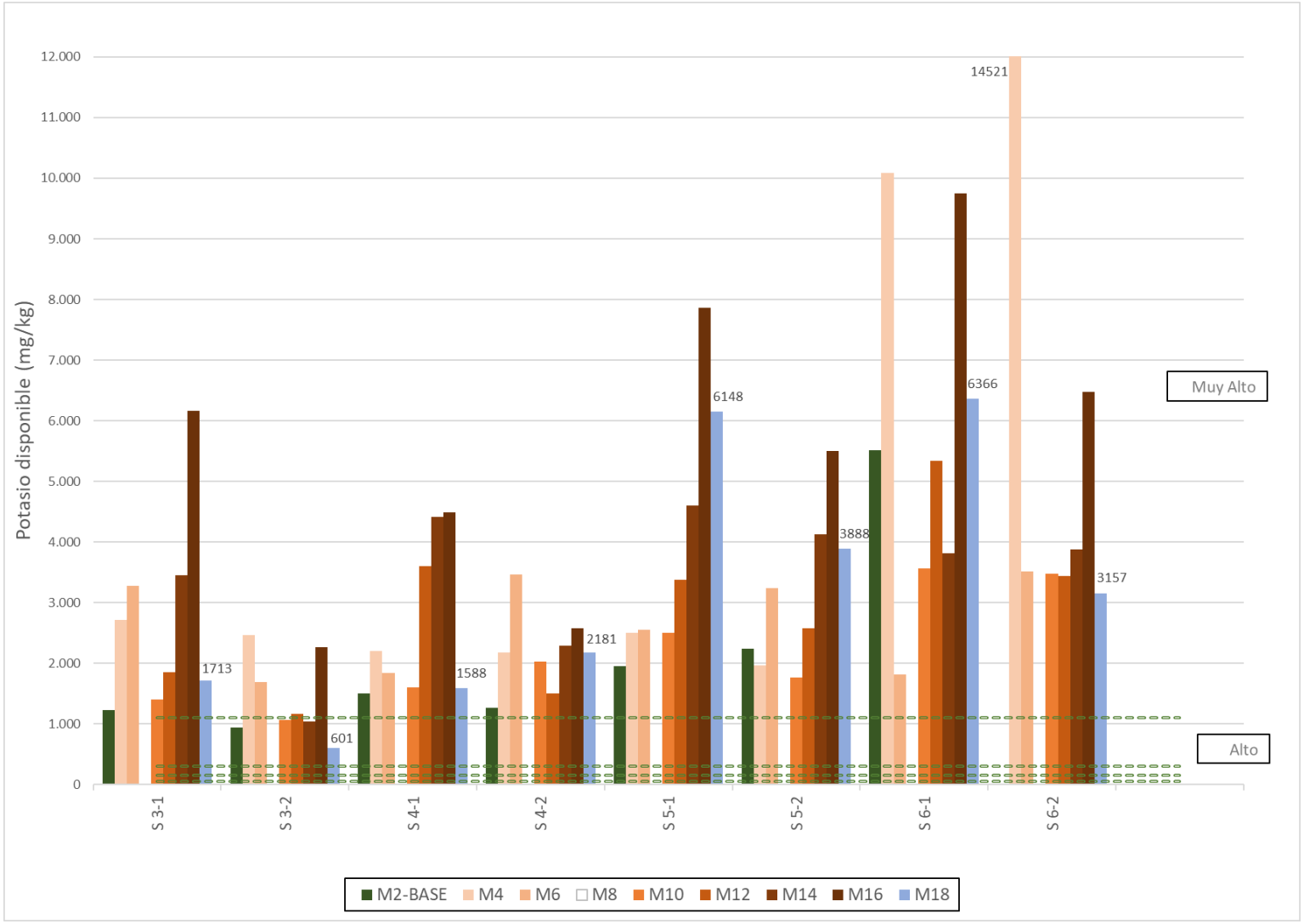
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-44. Potasio disponible Campañas Invierno Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-45. Potasio disponible Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.1.5 Conductividad Hidráulica y Textura Sector La Punta - La Brava

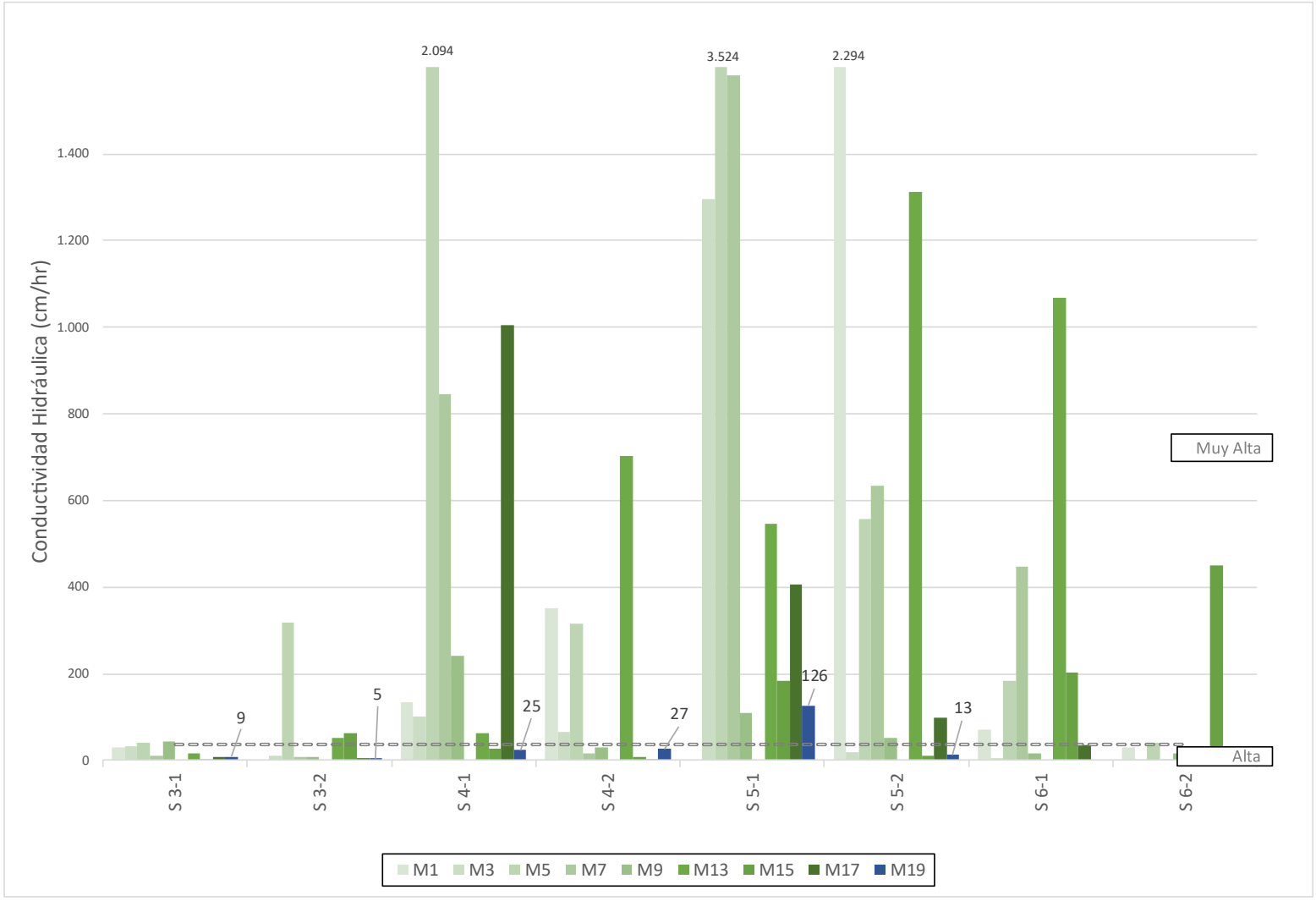
En la serie de datos temporales de conductividad hidráulica para el sector de **La Punta - La Brava** que se indica en la **Figura N° 13-46** y en la **Figura N° 13-47** para los monitoreos de invierno y verano respectivamente

Para el sector La Punta - La Brava, los resultados del monitoreo de invierno (M19) indican valores de conductividad hidráulica en las categorías alta (cinco muestras) y muy alta (S 5-1 con 126 cm/hr), con el mínimo registrado en S 3-2 (5 cm/hr). Todos los puntos presentaron una reducción de la permeabilidad entre el primer y segundo horizonte. Las muestras de M19 se ubicaron dentro de su envolvente histórica invernal (M1 a M17), situándose en la parte baja de dicho rango.

Dado que la conductividad hidráulica depende de las características de suelo, en conjunto con condiciones de compactación, es que se espera una variación natural entre las muestras. En los monitoreos desarrollados no se consignan intervenciones antrópicas sobre la compactación que incidan en estos resultados. Es necesario seguir evaluando la serie histórica de datos para identificar tendencias y robustecer el análisis de dichos datos, dado que en general, para el sector La Punta – La Brava, este parámetro reporta gran variabilidad en el tiempo.

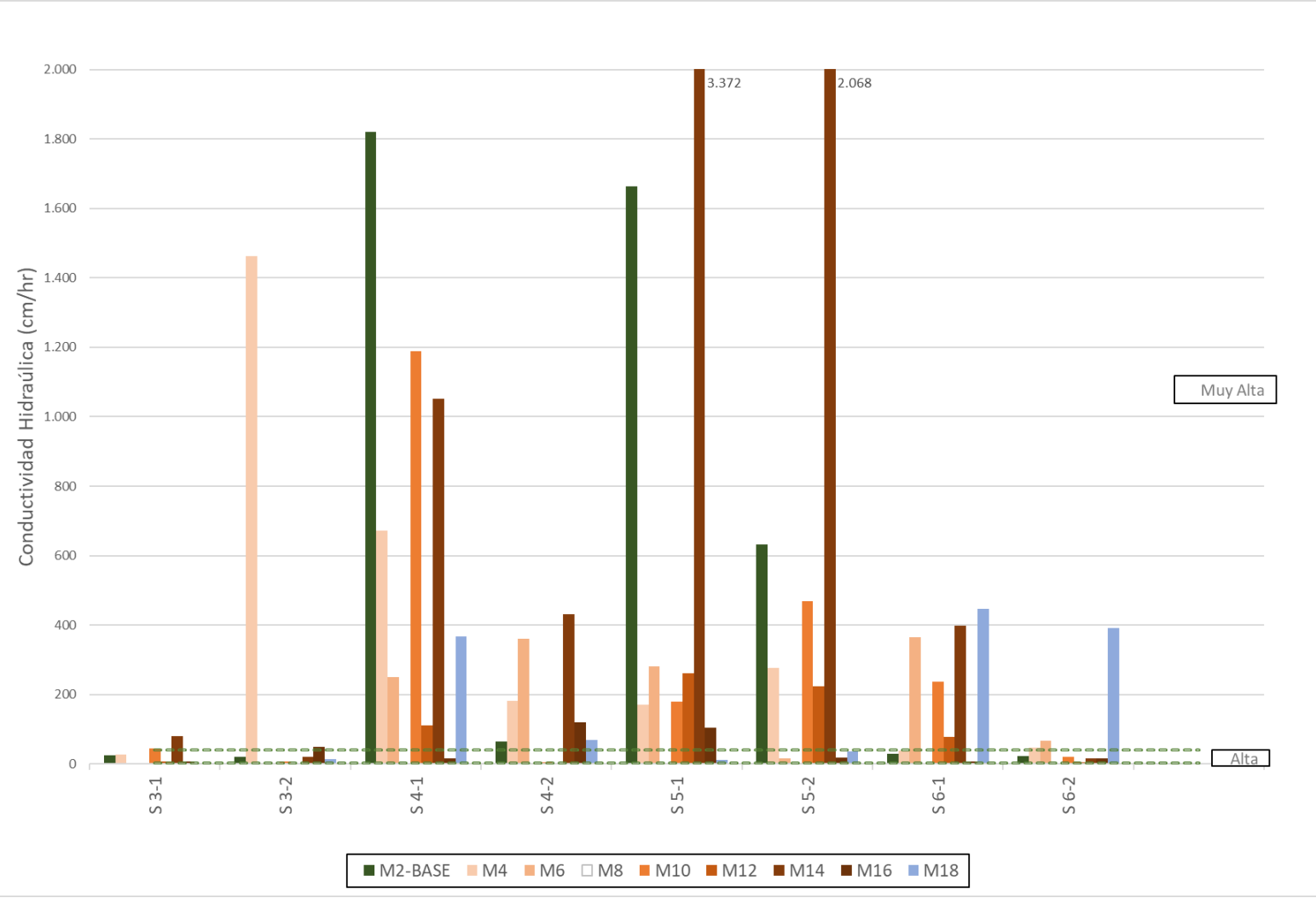
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-46. Cond. Hidráulica Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-47. Cond. Hidráulica Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

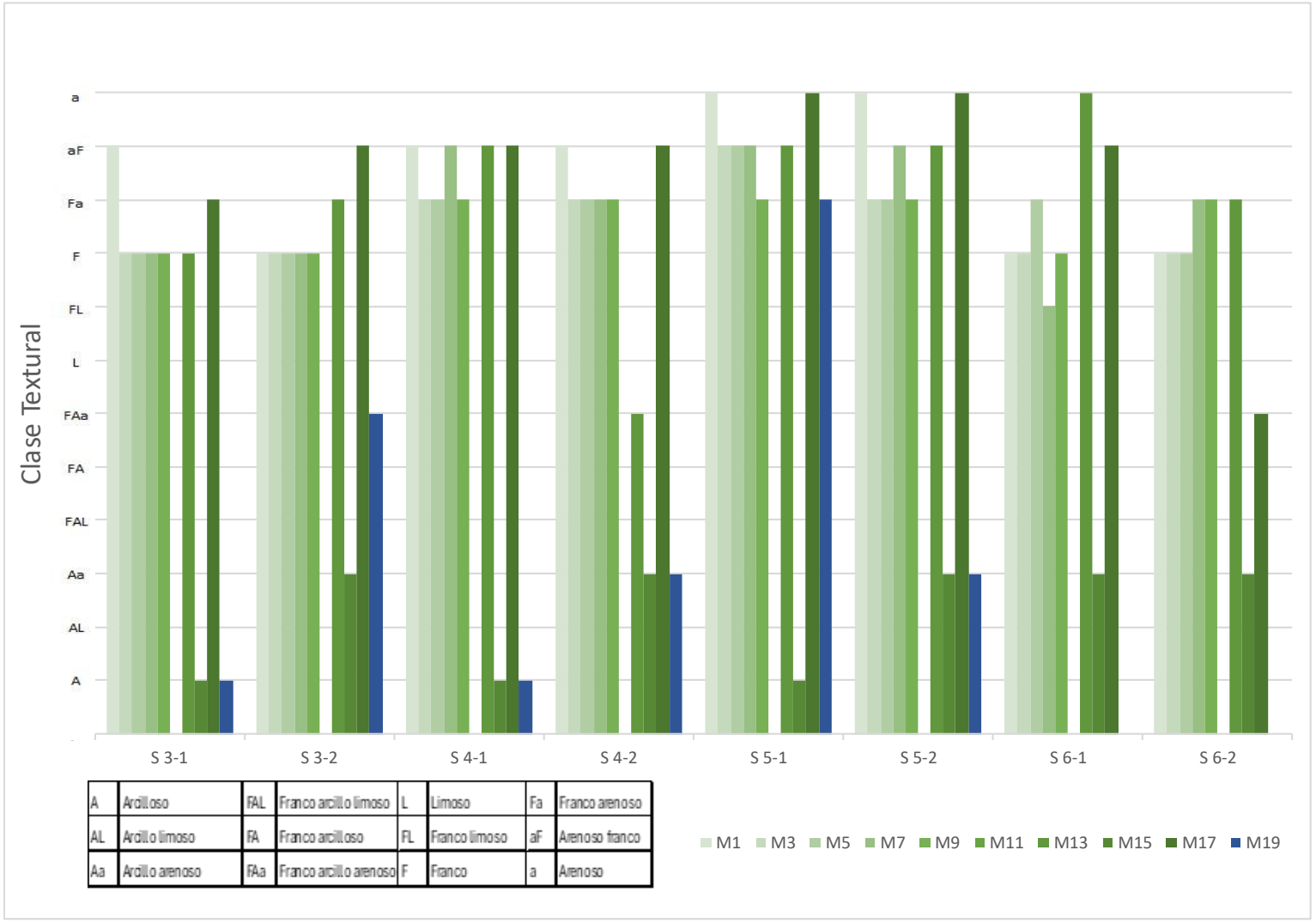
En la **Figura N° 13-48** y **Figura N° 13-49** se muestran los datos de clases texturales registrados en los monitoreos de invierno y verano respectivamente, para el sector de La Punta-La Brava.

Para el sector La Punta - La Brava, los resultados del monitoreo de invierno (M19) mostraron un cambio hacia texturas más finas en comparación con el monitoreo previo (M17), alejándose de los valores modales históricos. Cinco de las seis muestras analizadas se clasificaron en rangos de textura fina a muy fina (arcillosa y arcillo arenosa), manteniéndose únicamente la muestra S 5-1 en la categoría de textura moderadamente gruesa (franco arenosa). Esta presencia de partículas finas se correlacionó de forma directa con menores valores de conductividad hidráulica.

Es necesario complementar con más datos a la serie temporal para proponer causas complementarias que expliquen estas variaciones, como por ejemplo el re-transporte de material parental con clases texturales diferenciales, desde cotas superiores afectadas por la ocurrencia de lluvias intensas en temporadas anteriores.

En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

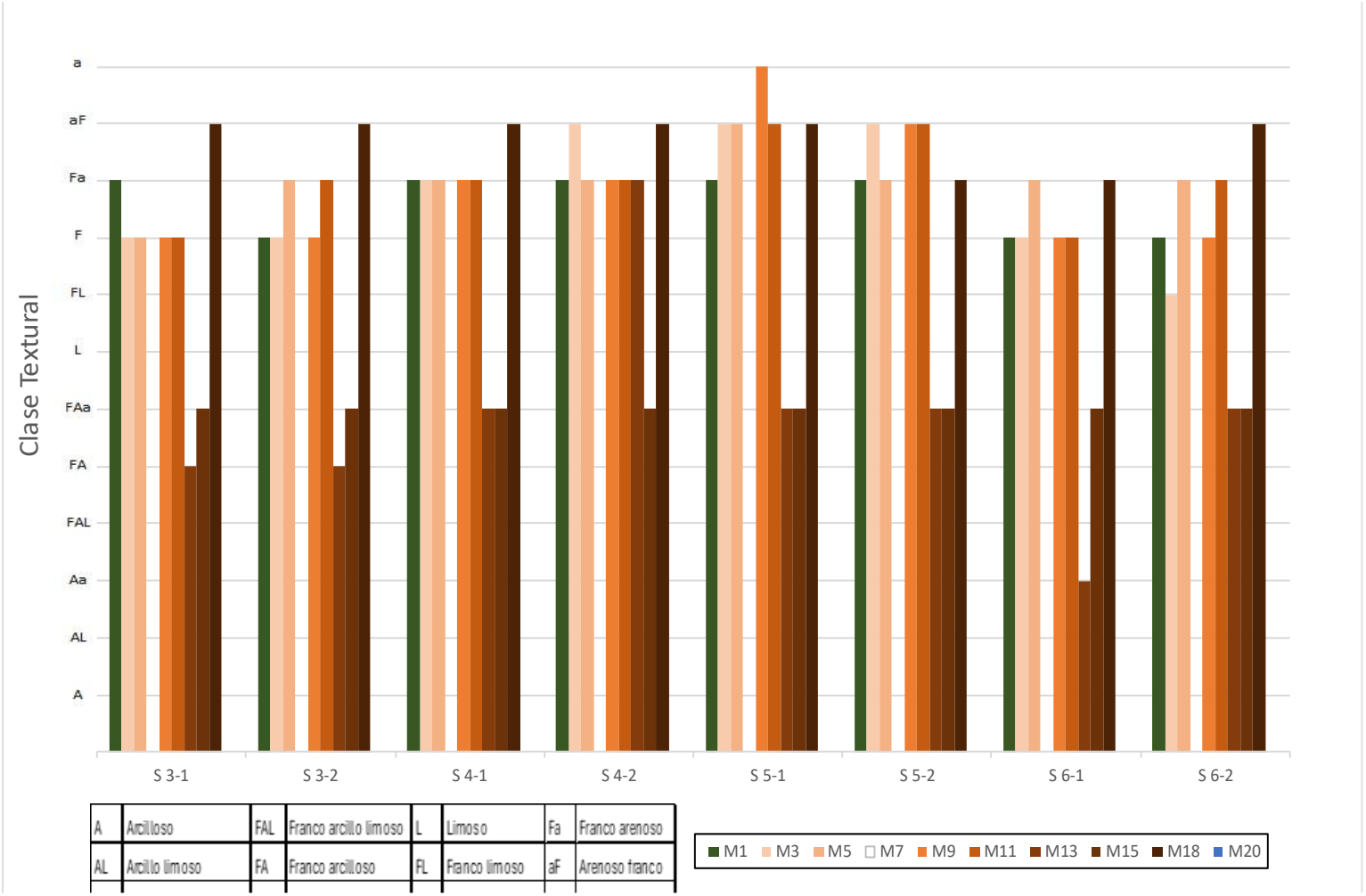
Figura N° 13-48. Clase Textural Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava.



A	Arcilloso	FAL	Franco arcillo limoso	L	Limoso	Fa	Franco arenoso
AL	Arcillo limoso	FA	Franco arcilloso	FL	Franco limoso	aF	Arenoso franco
Aa	Arcillo arenoso	FAa	Franco arcillo arenoso	F	Franco	a	Arenoso

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-49. Clase Textural Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.1.6 Humedad y Nivel Freático Sector La Punta - La Brava

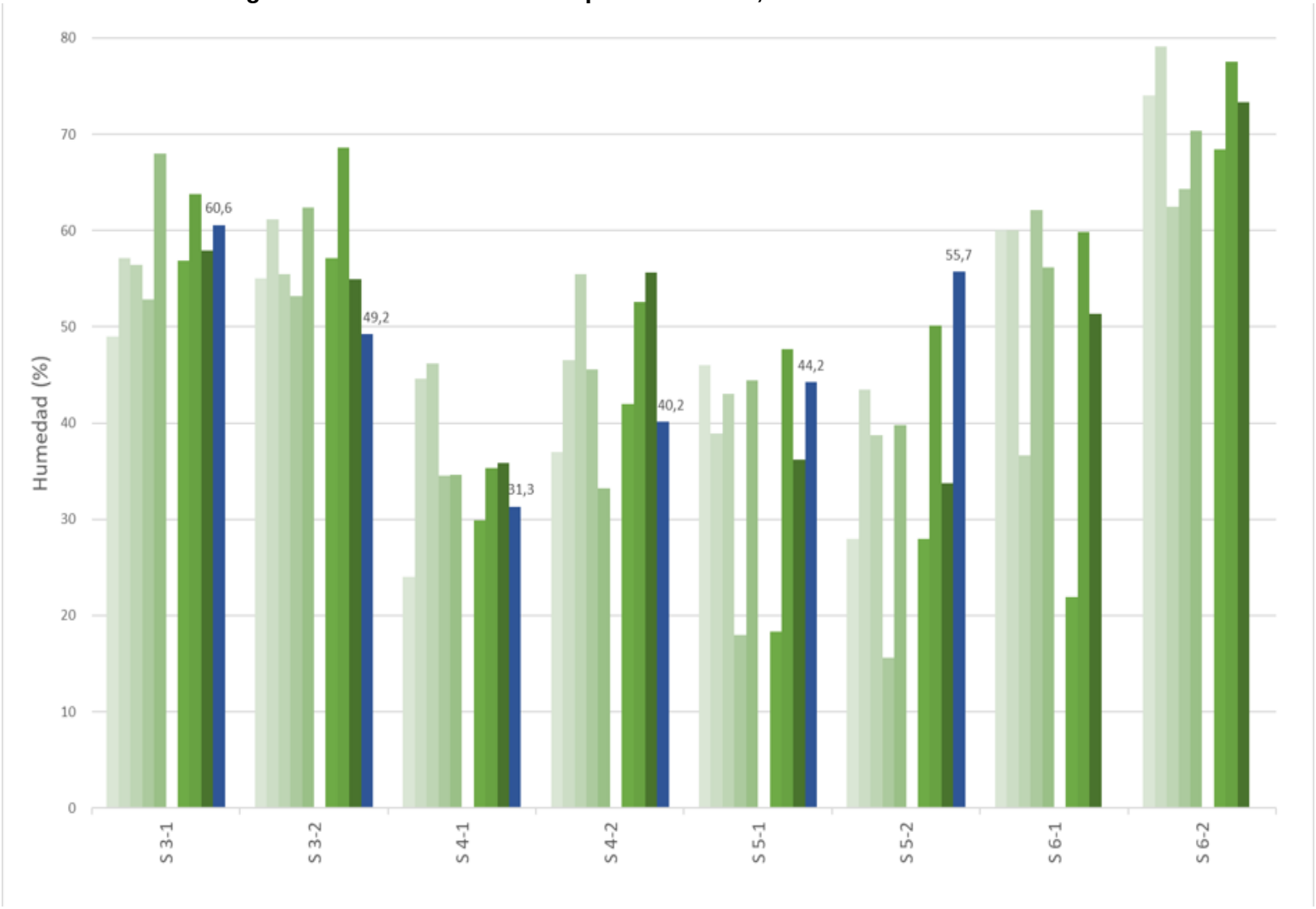
La serie de datos de humedad para el sector **La Punta – La Brava** representados en la **Figura N° 13-50** (invierno 2025) y **Figura N° 13-51** (veranos) se presenta dentro del rango de variaciones históricas para este parámetro, con una gran consistencia de resultados al interior de cada muestra.

Para el sector La Punta - La Brava, los resultados del monitoreo de invierno (M19) muestran que la humedad de suelo varió entre 31,3% (S 4-1) y 60,6% (S 3-1), manteniéndose dentro de los márgenes históricos de variación invernal (M1 a M17) y con baja fluctuación respecto a M17. Únicamente la muestra S 5-2 registró un incremento del 11% sobre su máximo invernal previo.

Para el punto S 6 no se obtuvo registro por inaccesibilidad en el camino. La presencia de nivel freático somero en este sector contribuye a explicar los porcentajes de humedad observados. Durante el monitoreo de verano (M20), no se obtuvieron datos en este sector debido a restricciones de acceso impuestas por la comunidad local, por lo que no es posible realizar comparaciones estivales en el presente periodo.

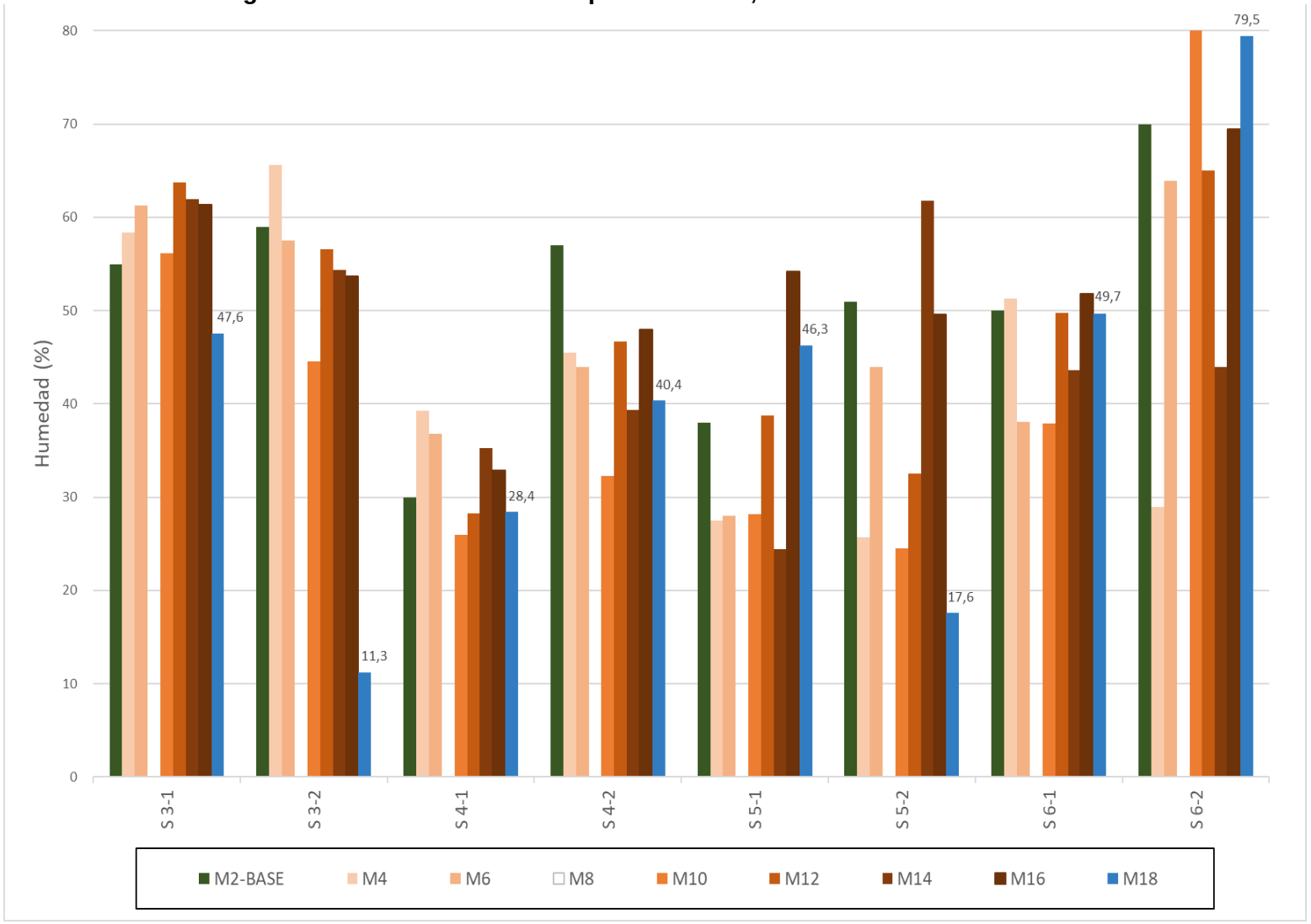
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-50. Humedad Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-51. Humedad Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

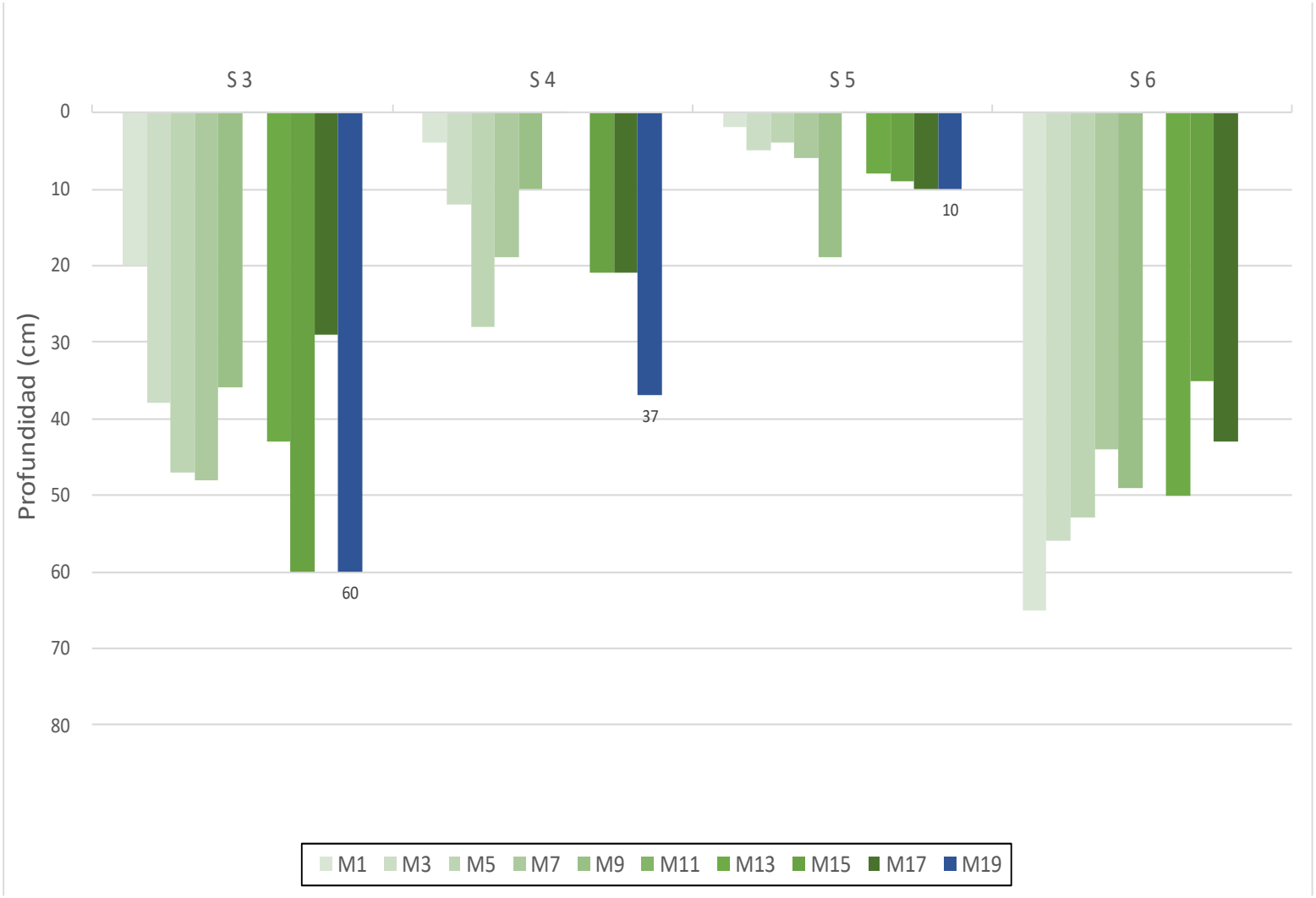
En el sector de **La Punta - La Brava** se registró el **Nivel Freático** al momento de la toma de muestras, tanto para el monitoreo de invierno M19 (**Figura N° 13-52**) y se presentan los registros históricos de verano en la **Figura N° 13-53**.

Los resultados del monitoreo de invierno (M19) muestran que todos los puntos presentaron nivel freático observable dentro del perfil excavado, situándose las profundidades entre 10 cm (S 5, más somero) y 60 cm (S 3, más profundo). Al comparar con la serie histórica invernal, las mediciones se mantuvieron dentro de la variabilidad conocida, conservando la tendencia donde S 5 registra de manera constante la napa más cercana a la superficie. Para el punto S 6 no se obtuvo registro por inaccesibilidad en el camino de acceso.

Es necesario aclarar que la metodología y los resultados aquí indicados para registrar el nivel freático del perfil del suelo no forma parte de los compromisos ante la SMA.

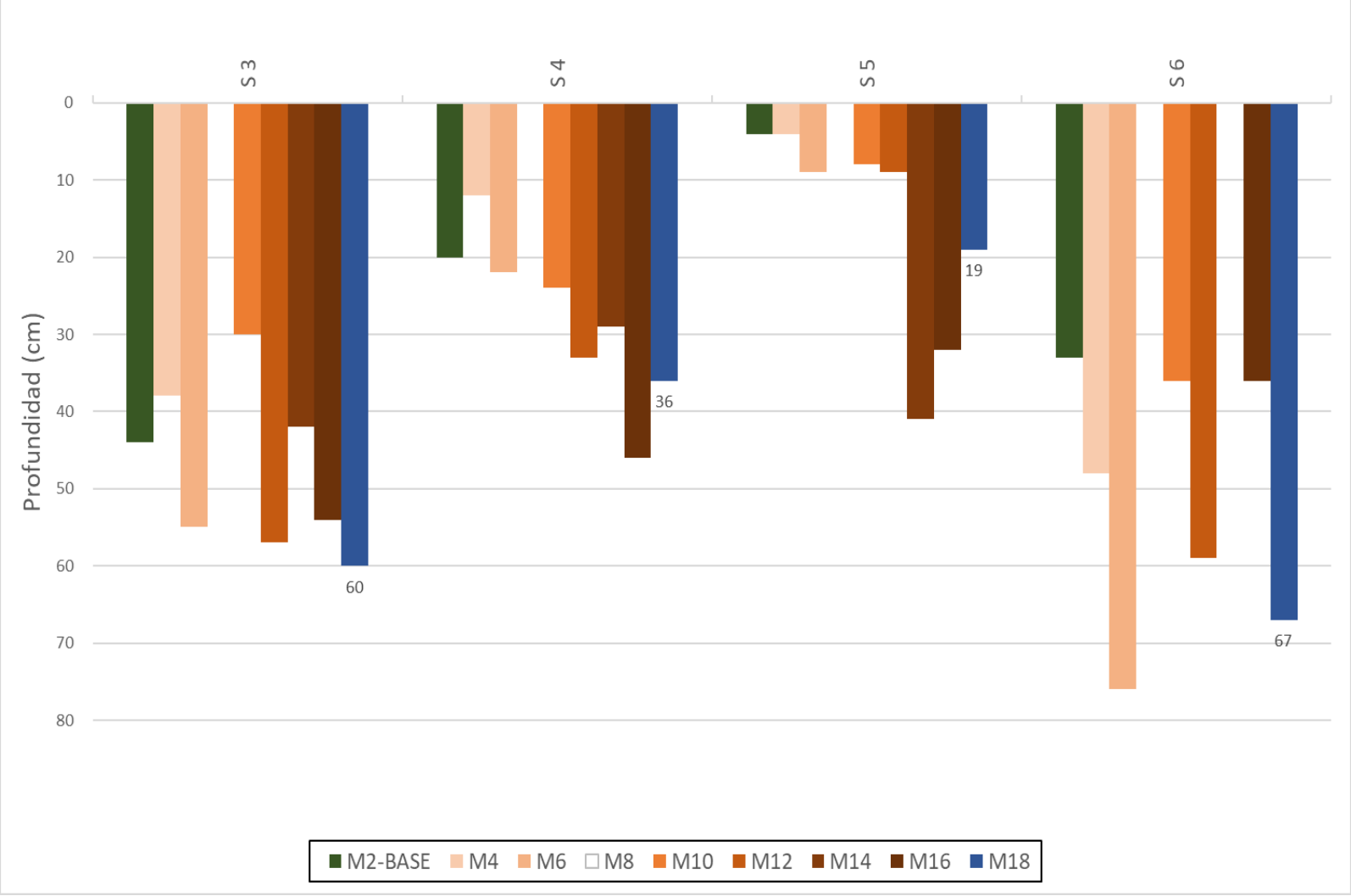
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-52. Nivel Freático Campañas Invierno, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-53. Nivel Freático Campañas Verano, Sector La Punta – La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.2 Análisis de evolución de resultados Sector Peine

En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presenta el detalle de resultados de los análisis de laboratorio de los parámetros evaluados para suelo, y sus rangos de medición, presentando información comparada con los 18 monitoreos realizados (M1 a M20), tanto de invierno como de verano.

13.4.2.1 Conductividad Eléctrica y Salinidad Sector Peine

Para el sector **Peine**, en la **Figura N° 13-54** y **Figura N° 13-56** se presenta la evolución de conductividad eléctrica y salinidad para los monitoreos de invierno y verano respectivamente.

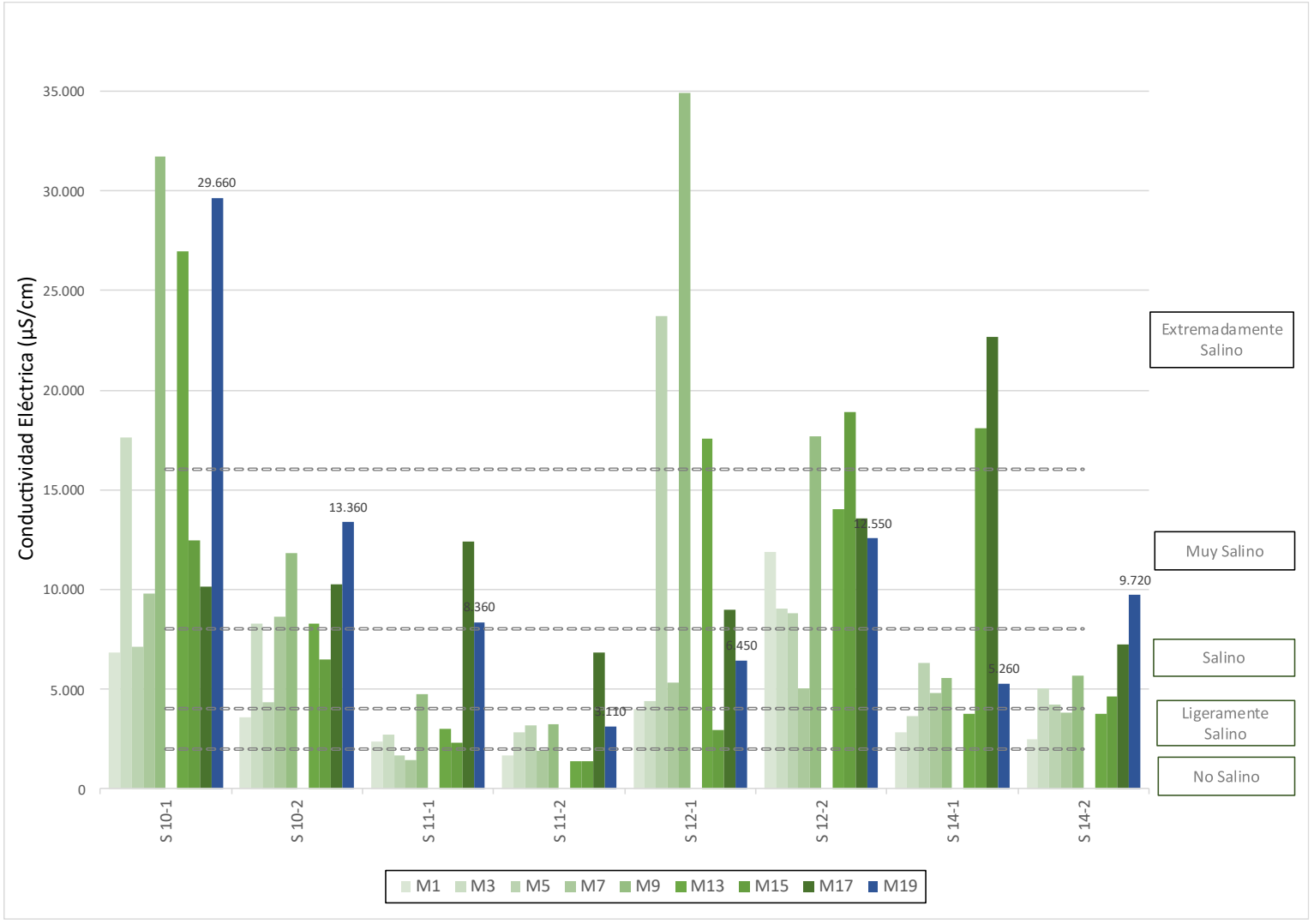
En el sector Peine, los resultados de la campaña de invierno (M19) indican que la conductividad eléctrica se ubicó mayoritariamente en la categoría muy salino, con la muestra S 10-1 alcanzando el valor máximo (29.660 µS/cm, extremadamente salino) y S 11-2 el mínimo (3.110 µS/cm, ligeramente salino). Al contrastar con los monitoreos invernales previos, dos muestras (S 10-2 y S 14-2) superaron los máximos históricos de invierno. Por su parte, la salinidad en M19 se presentó en general dentro del rango de variación histórica de cada horizonte, situándose mayoritariamente en el tramo bajo de las evaluaciones anteriores, con valores entre 5.852 mg/kg (S 11-2) y 47.531 mg/kg (S 10-1), y registrando la muestra S 12-2 un valor ligeramente inferior a su mínimo histórico invernal.

Durante el monitoreo de verano (M20), la conductividad eléctrica en Peine se presentó con mayor frecuencia en la categoría salino (cinco muestras), clasificándose una muestra como ligeramente salina (S 14-2, 3.624 µS/cm), una como muy salina (S 10-2, 9.291 µS/cm) y una como extremadamente salina (S 10-1, 41.640 µS/cm). Al comparar con la serie estival (M2 a M18), la mayoría de las muestras se verificaron dentro de su rango normal de variación, observándose únicamente en S 10-2 un incremento del 65,9% por sobre su máximo histórico previo de verano. En salinidad estival, el punto con menor concentración promedio fue S 12 (5.808 mg/kg en S 12-1 y 5.785 mg/kg en S 12-2), mientras que la mayor concentración se verificó en S 10-1 (54.404 mg/kg). En general, la salinidad de M20 se ubicó dentro de la variabilidad histórica estival, registrándose valores inferiores al mínimo histórico en tres muestras (S 10-2, S 12-2 y S 14-1, con disminuciones relativas de 16,8%, 44,6% y 29,3% respectivamente).

Debe considerarse que para conductividad eléctrica se produjo un cambio de laboratorio analítico entre M18 (ANAM) y M20 (SGS). Los niveles de conductividad eléctrica y salinidad registrados en ambas campañas son consistentes con las características químicas esperables en suelos ubicados en el entorno inmediato de humedales salinos.

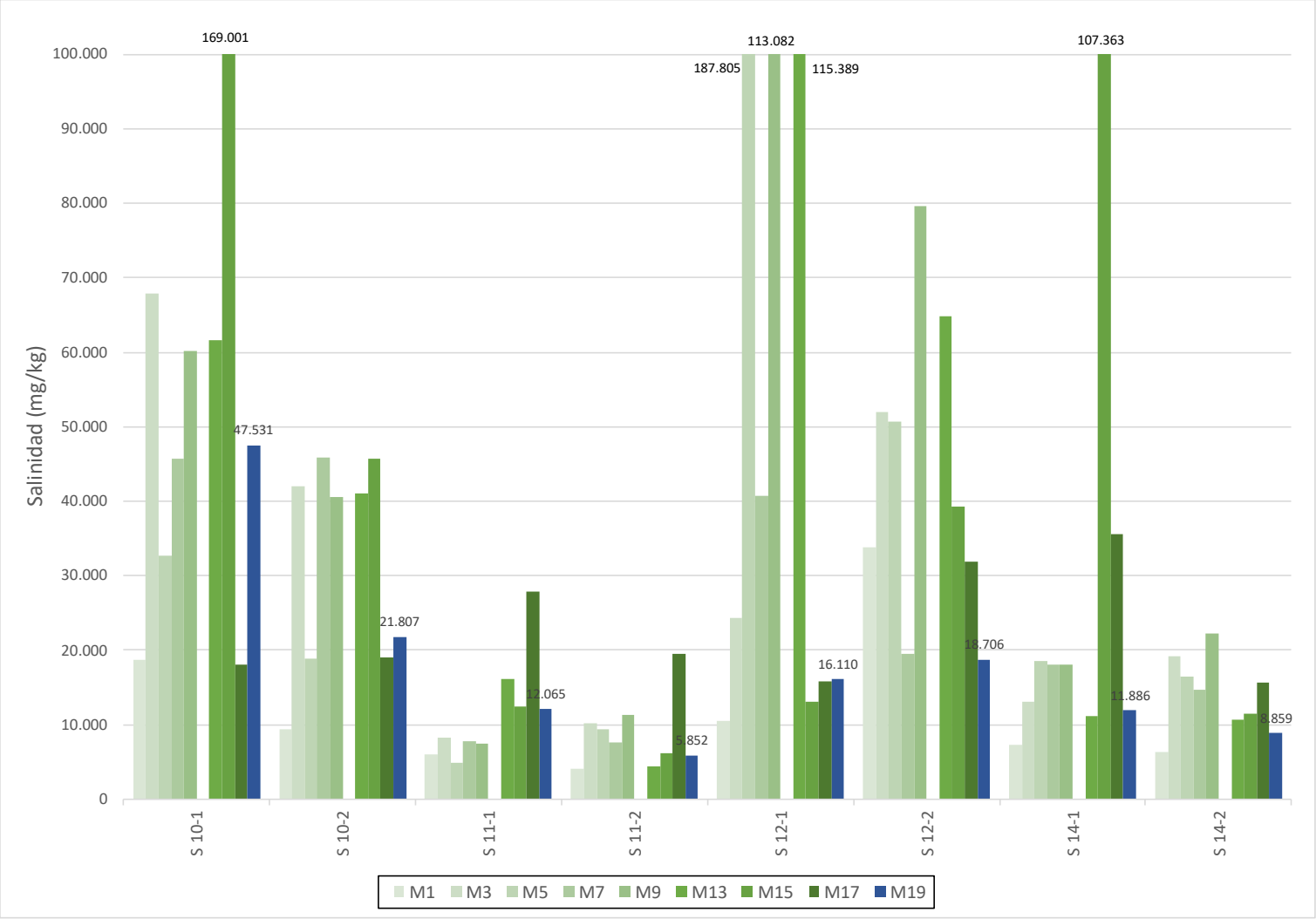
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para estas variables.

Figura N° 13-54. Conductividad Eléctrica Campañas Invierno, Sector Peine.



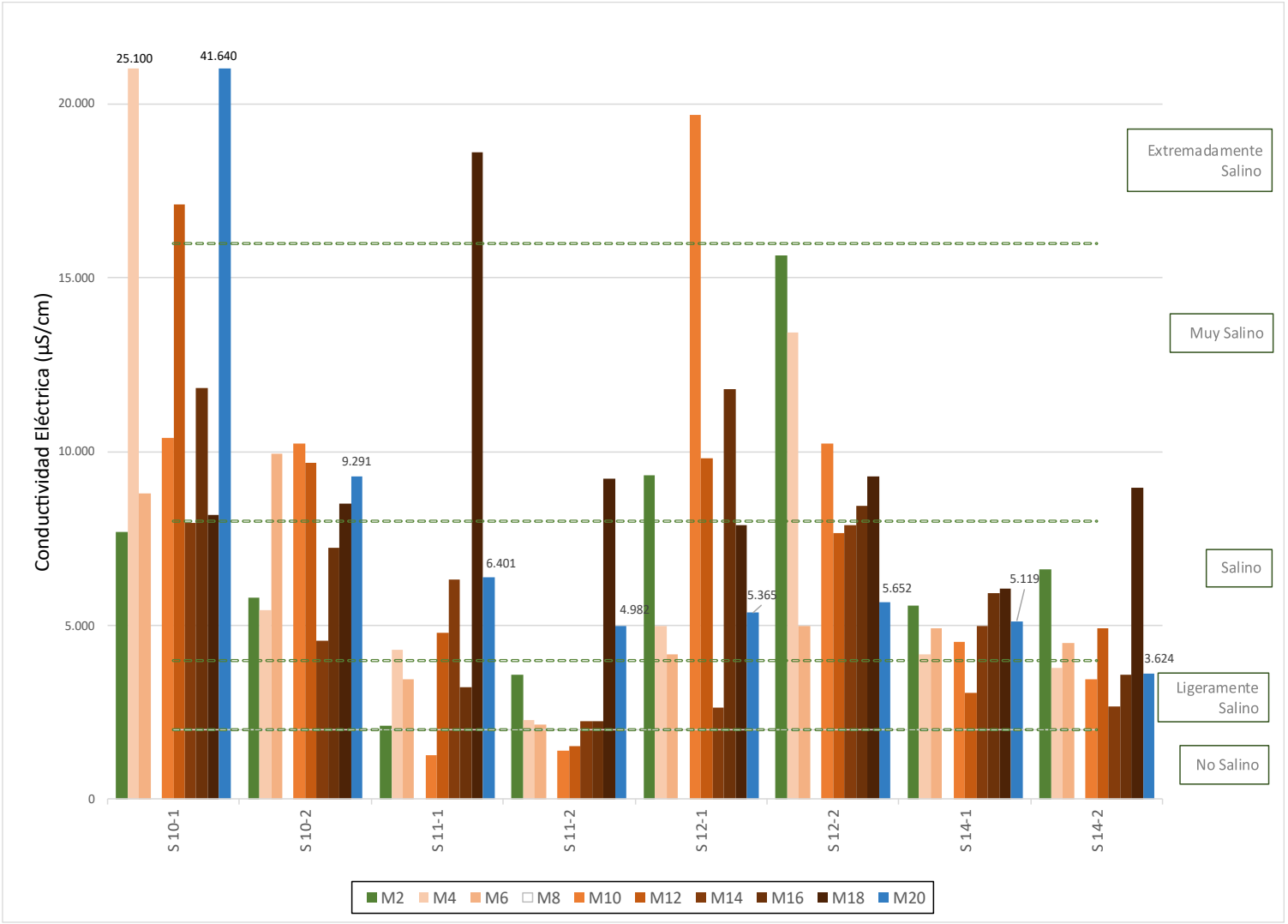
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-55. Salinidad Campañas Invierno, Sector Peine.



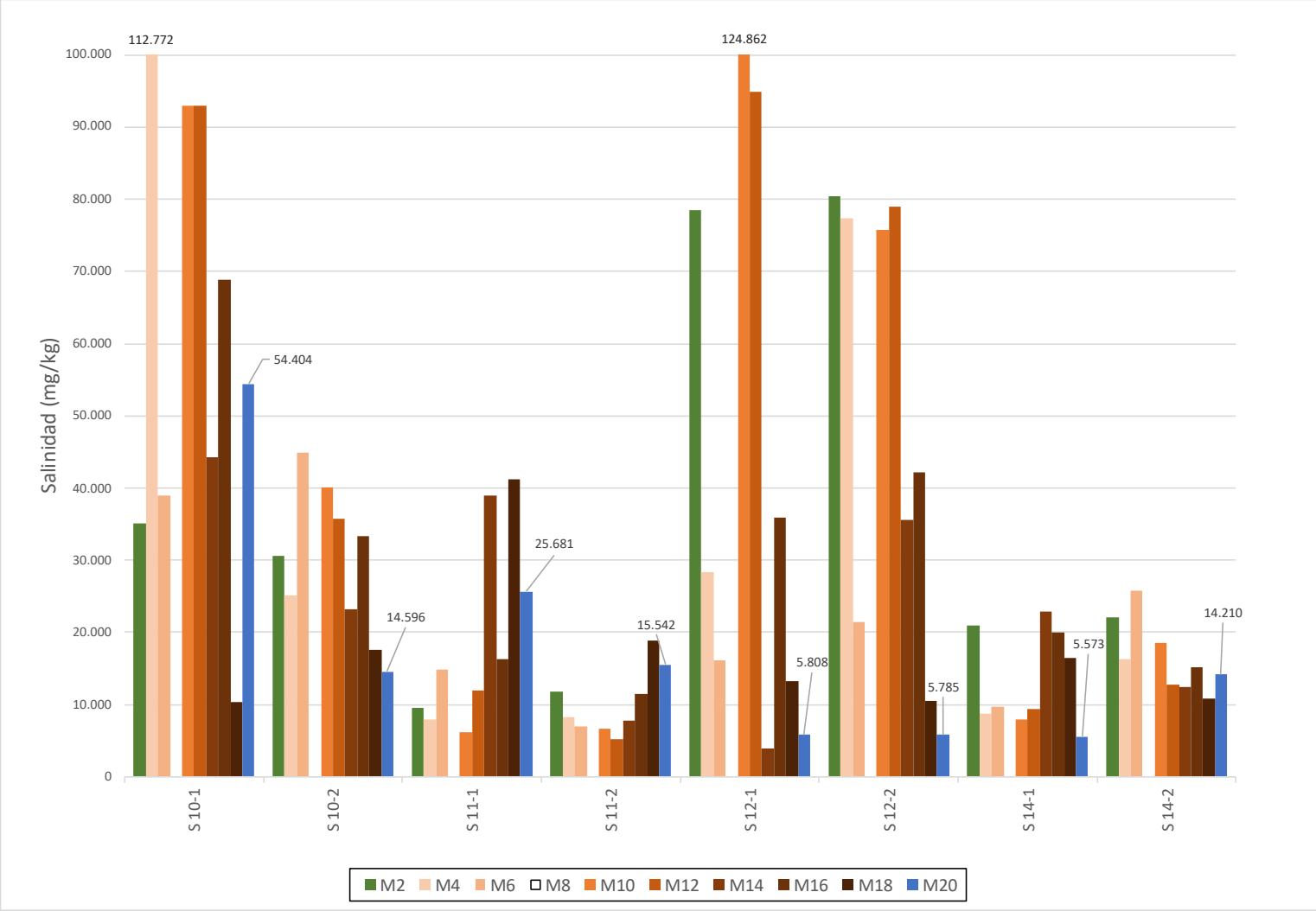
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-56. Conductividad Eléctrica Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 13-57. Salinidad Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.2.2 Nivel de pH Sector Peine

Para el sector **Peine**, en la **Figura N° 13-58** se presenta la evolución de pH en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-59** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), los valores de pH variaron entre 8,4 unidades (moderadamente alcalino en S 11-1) y 9,4 unidades de pH (alcalino en S 12-1). Los registros del punto S 11 se mostraron muy estables respecto a la serie de inviernos anteriores. Sin embargo, en las muestras S 10-2, S 12-1, S 12-2, S 14-1 y S 14-2 se apreciaron alzas por sobre sus máximos históricos invernales previos, siendo el incremento más considerable el registrado en S 12-1, con un alza de 0,6 unidades de pH respecto a su máximo anterior (M13).

En el monitoreo de verano (M20), los valores de pH en Peine se presentaron muy estables y dentro del rango de variación histórica de los monitoreos estivales (M2 a M18). La distribución de los resultados estuvo representada por cuatro muestras en el nivel medianamente alcalino (S 11-1, S 11-2, S 12-1 y S 12-2, con valores entre 7,7 y 7,9 puntos de pH) y cuatro muestras en la categoría moderadamente alcalino (S 10-1, S 10-2, S 14-1 y S 14-2, con valores entre 8,2 y 8,5 puntos de pH). Las variaciones entre el primer y segundo horizonte resultaron acotadas; las muestras S 11 y S 14 mostraron un ligero incremento de pH en superficie, mientras que S 10 y S 12 mostraron un comportamiento inverso.

Para el parámetro pH en M20 se produjo un cambio de laboratorio analítico entre M18 (ANAM) y M20 (SGS). Los niveles observados son normales para las posiciones fisiográficas que ocupan estos suelos en la cercanía de cuerpos lagunares salinos.

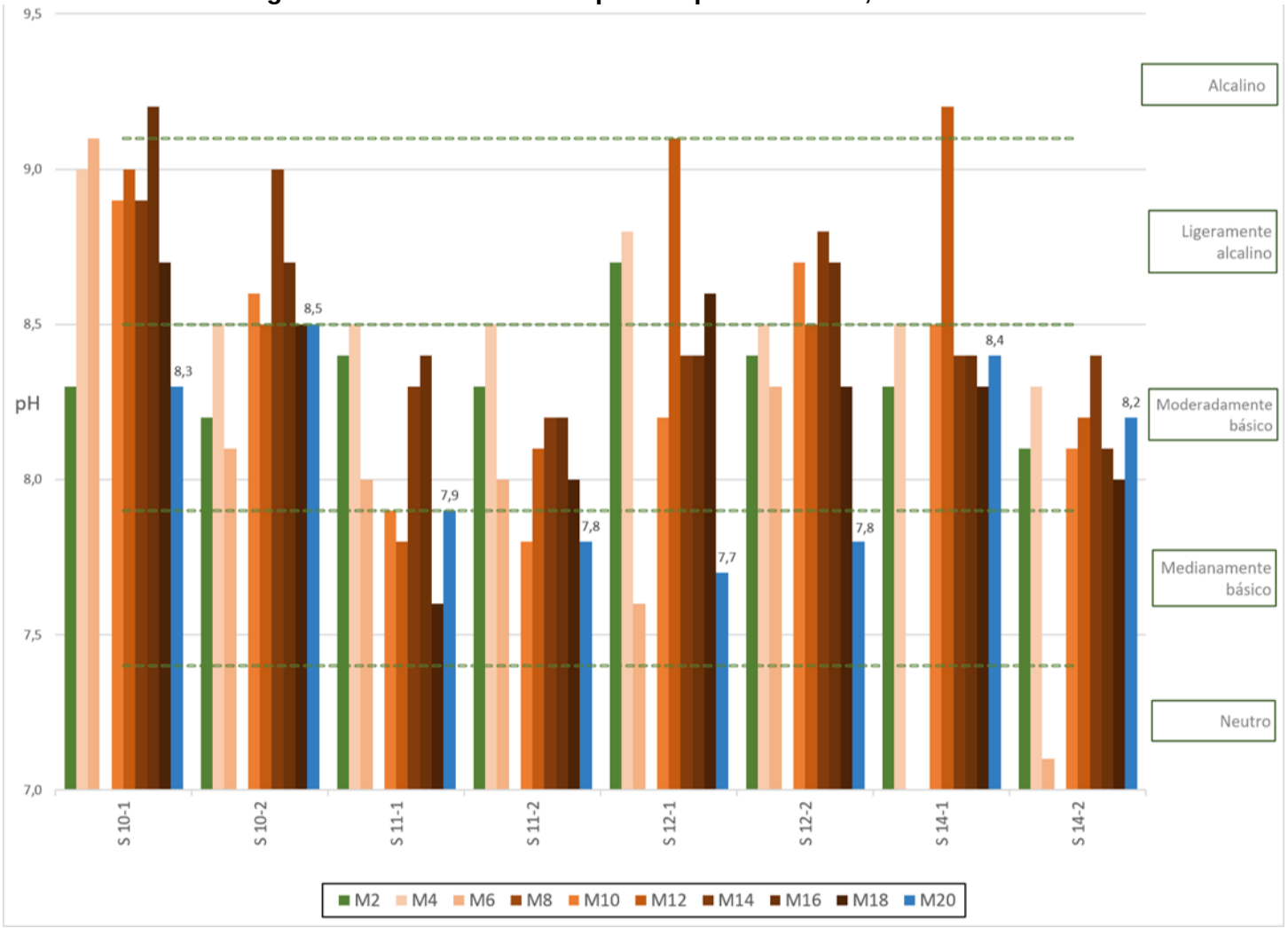
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-58. Resultados pH Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-59. Resultados pH Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.2.3 Materia Orgánica Sector Peine

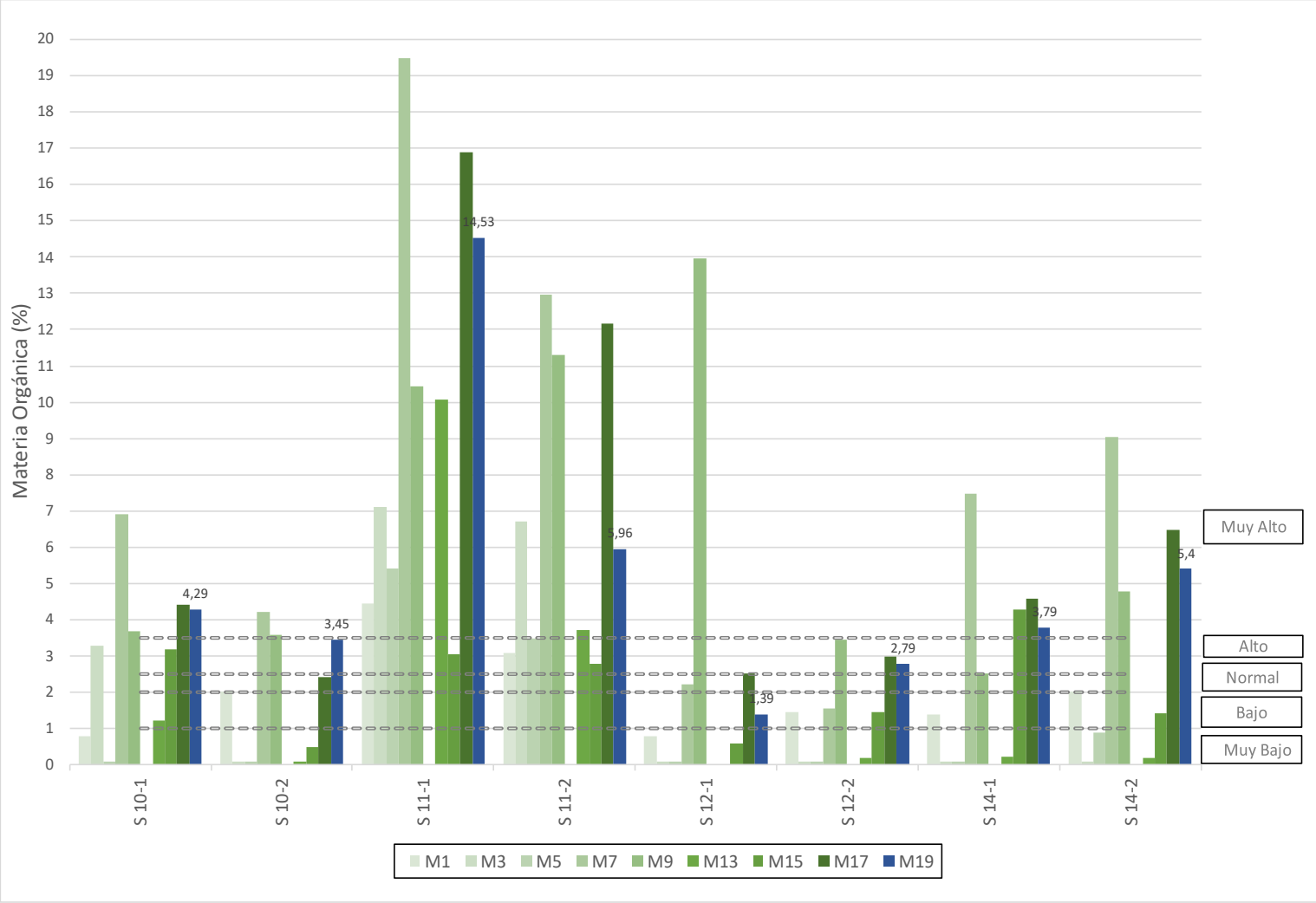
Para el sector **Peine**, en la **Figura N° 13-60** se presenta la evolución de Materia Orgánica en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-61** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), los contenidos de materia orgánica oscilaron entre la categoría baja (1,39% en S 12-1) y muy alta (14,53% en S 11-1). La totalidad de las muestras de este periodo se ubicó dentro del rango de variación histórica de los monitoreos invernales (M1 a M17), mostrándose niveles alineados con campañas previas como M7 y M9. En el monitoreo de verano (M20), los valores de materia orgánica se presentaron en su mayoría dentro de la variación histórica estival (M2 a M18). La muestra S 14-1 (15,42%, muy alto) representó el único registro por sobre el máximo estival previo, con un incremento del 18,3%.

Se mantiene de manera sostenida en el tiempo la tendencia a registrar los mayores contenidos de materia orgánica en el punto S 11, lo cual se relaciona directamente con su mayor cobertura vegetal circundante. Los niveles altos a muy altos registrados son característicos de suelos hídricos asociados a la cercanía de vegetación azonal en el salar. Para este parámetro se consigna el cambio de laboratorio analítico entre M18 (ANAM) y M20 (ALS).

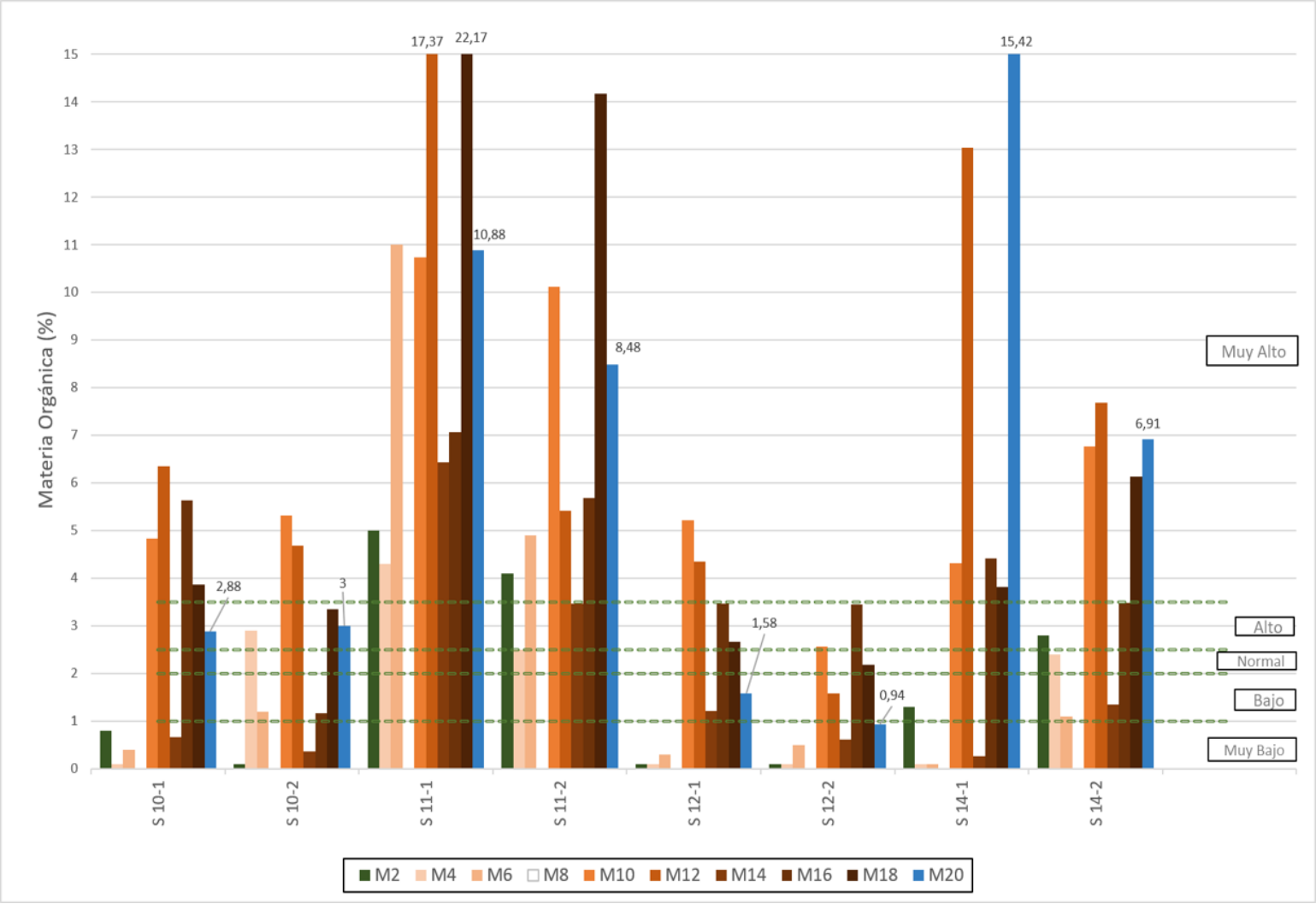
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-60. Resultados Materia Orgánica Campañas Invierno, Sector Peine



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-61. Resultados Materia Orgánica Campañas Verano, Sector Peine



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.2.4 Nutrientes Sector Peine (Nitrógeno, Fósforo y Potasio disponibles)

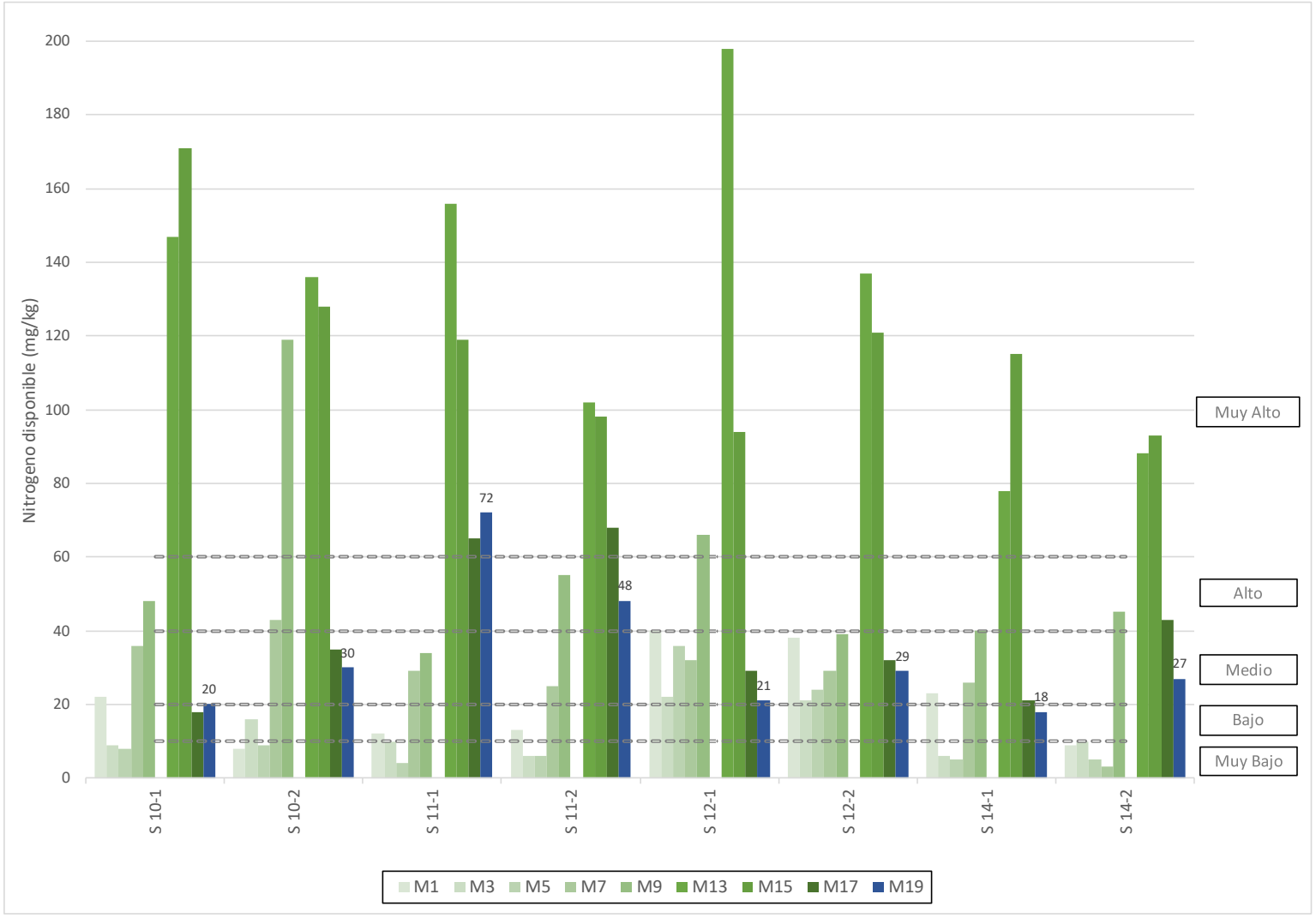
Para el sector **Peine**, en la **Figura N° 13-62** y **Figura N° 13-63** se presenta la evolución de nitrógeno disponible en suelo para los monitoreos de invierno y de verano respectivamente.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), el nitrógeno disponible osciló entre 18 mg/kg (S 14-1, nivel bajo) y 72 mg/kg (S 11-1, nivel muy alto). Todos los puntos se mantuvieron dentro del rango de variación histórica de invierno, registrando descensos relevantes con respecto a los altos valores observados en M13 y M15, y alineándose de mejor forma con la tendencia histórica de M7, M9 y M17.

En el monitoreo de verano (M20), las concentraciones variaron entre 18 mg/kg (S 14-1) y 52 mg/kg (S 11-1), ubicándose la mayoría de las muestras en la categoría normal. Al contrastar con la serie estival (M2 a M18), todas las muestras de Peine se presentaron dentro de su envolvente histórica de variación. La muestra S 11-2 mantuvo el mismo valor registrado en la campaña estival anterior (47 mg/kg), constituyendo su máximo histórico de verano.

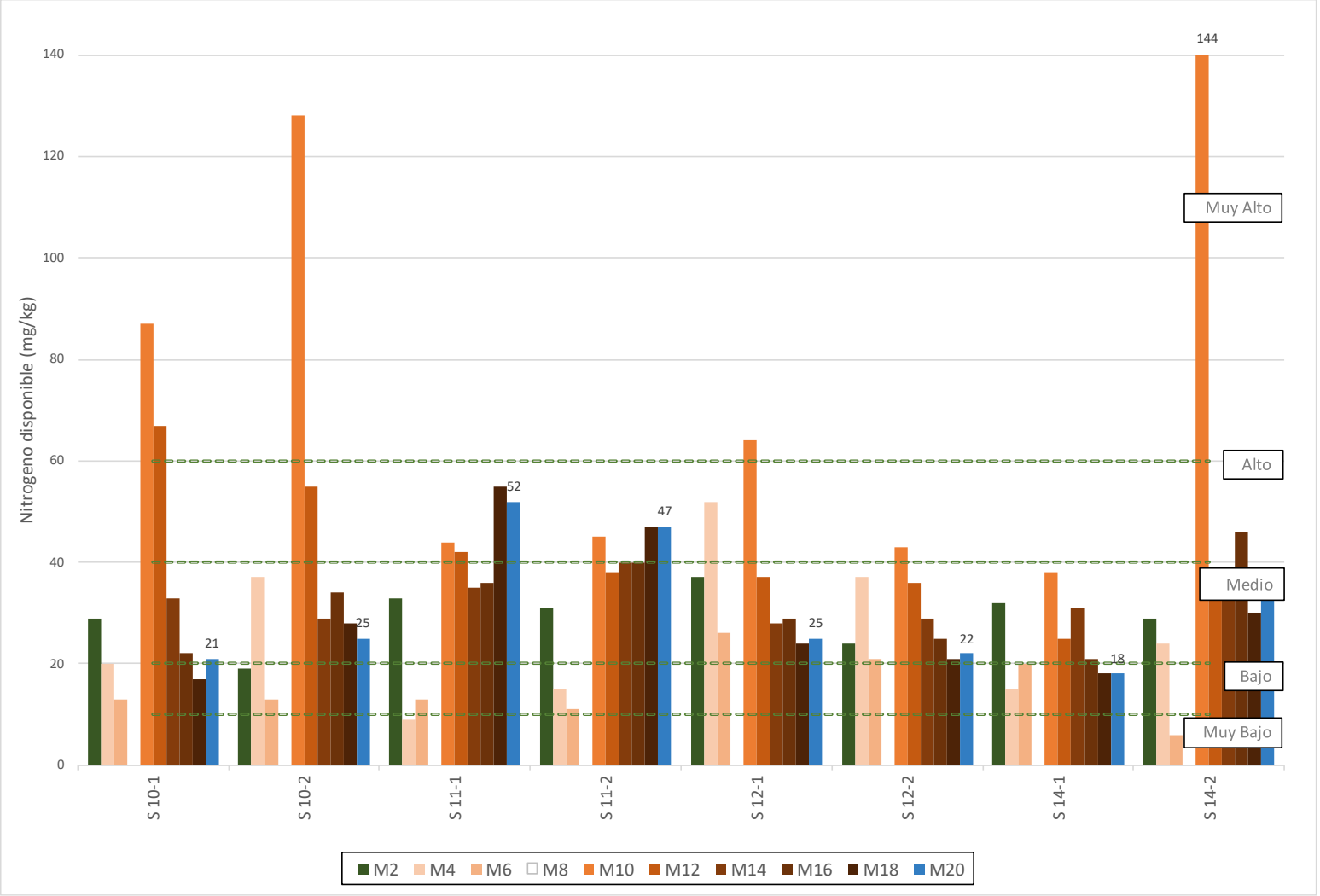
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-62. Resultados Nitrógeno disponible Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-63. Resultados Nitrógeno disponible Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

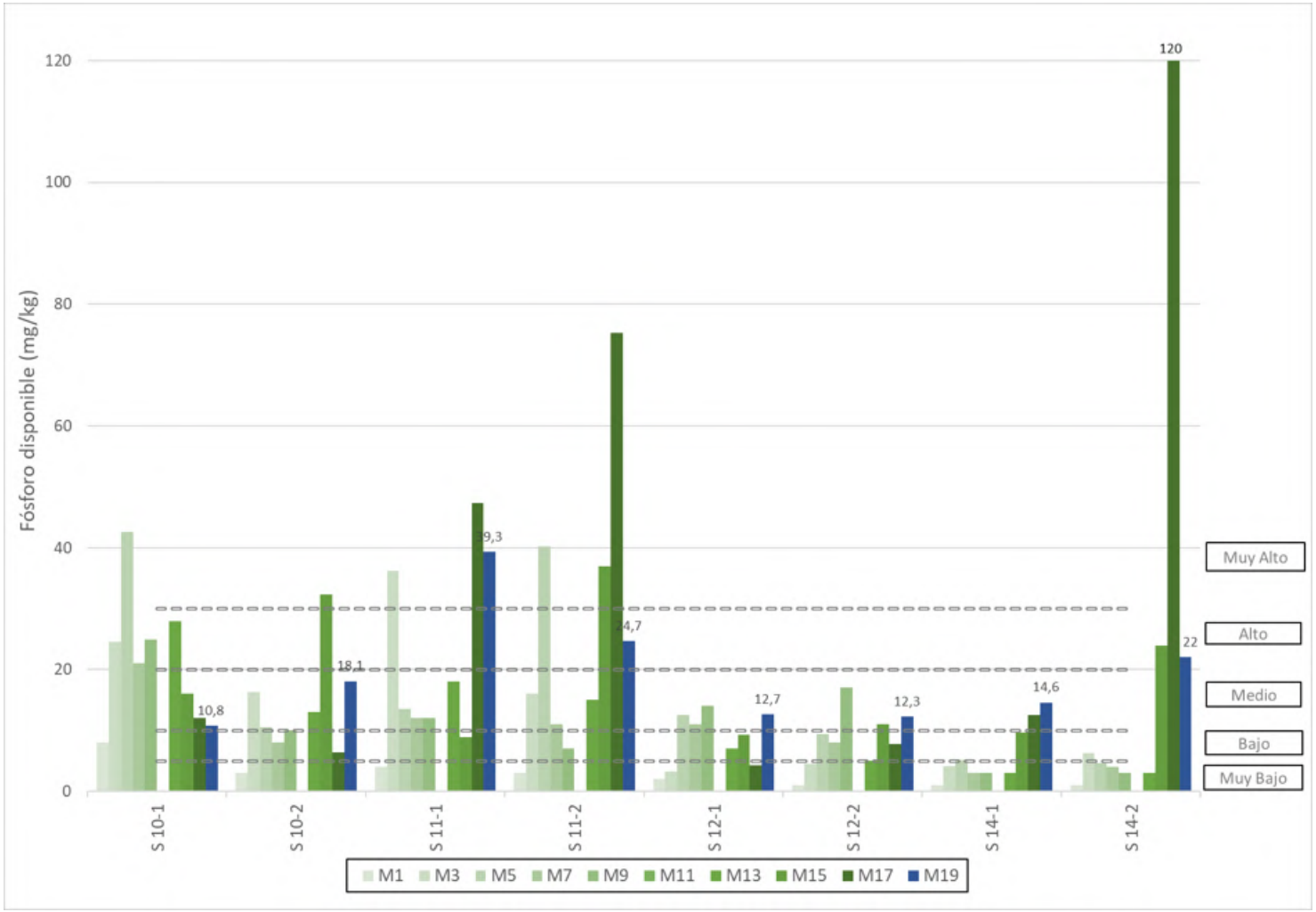
En la **Figura N° 13-64** y **Figura N° 13-65**, se muestra la concentración de fósforo disponible en el sector de Peine, para todos los monitoreos de invierno y de verano respectivamente.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), el fósforo disponible osciló entre 10,8 mg/kg (S 10-1, nivel medio) y 39,3 mg/kg (S 11-1, nivel muy alto). Todas las muestras de este periodo se mantuvieron dentro del rango de variación histórica de invierno, a excepción de S 14-1 (14,6 mg/kg) que superó de forma leve su máximo histórico previo invernal (M17). En el monitoreo de verano (M20), los valores de fósforo en Peine variaron entre 9,8 mg/kg (S 12-1, nivel bajo) y 30,3 mg/kg (S 11-1, nivel muy alto). Siete de las ocho muestras del sector se ubicaron dentro de su rango de variación estival previo, registrándose únicamente la muestra S 11-2 (20,1 mg/kg, alto) por sobre su antecedente estival conocido. En general, los valores de M20 retoman la escala observada en monitoreos anteriores a M16, atenuando los picos elevados registrados en campañas estivales recientes.

La variabilidad que presentan los datos puede explicarse parcialmente por la variabilidad del material parental de los suelos caracterizados. Además, los niveles de fósforo disponible varían con los niveles de pH (mayor alcalinidad mayor disponibilidad de fósforo), materia orgánica del suelo (mayor proporción de materia orgánica se asocia a mayor disponibilidad de fósforo) y niveles de humedad del suelo (mayor humedad se asocia a mayor disponibilidad de fósforo). Monitoreos posteriores podrían confirmar o descartar un aumento tendencial en Fósforo disponible, lo que permitiría proponer causas adicionales a estas variaciones como el re-transporte de material parental con contenidos diferenciales de fósforo desde cotas superiores afectadas por la ocurrencia de lluvias intensas en temporadas anteriores.

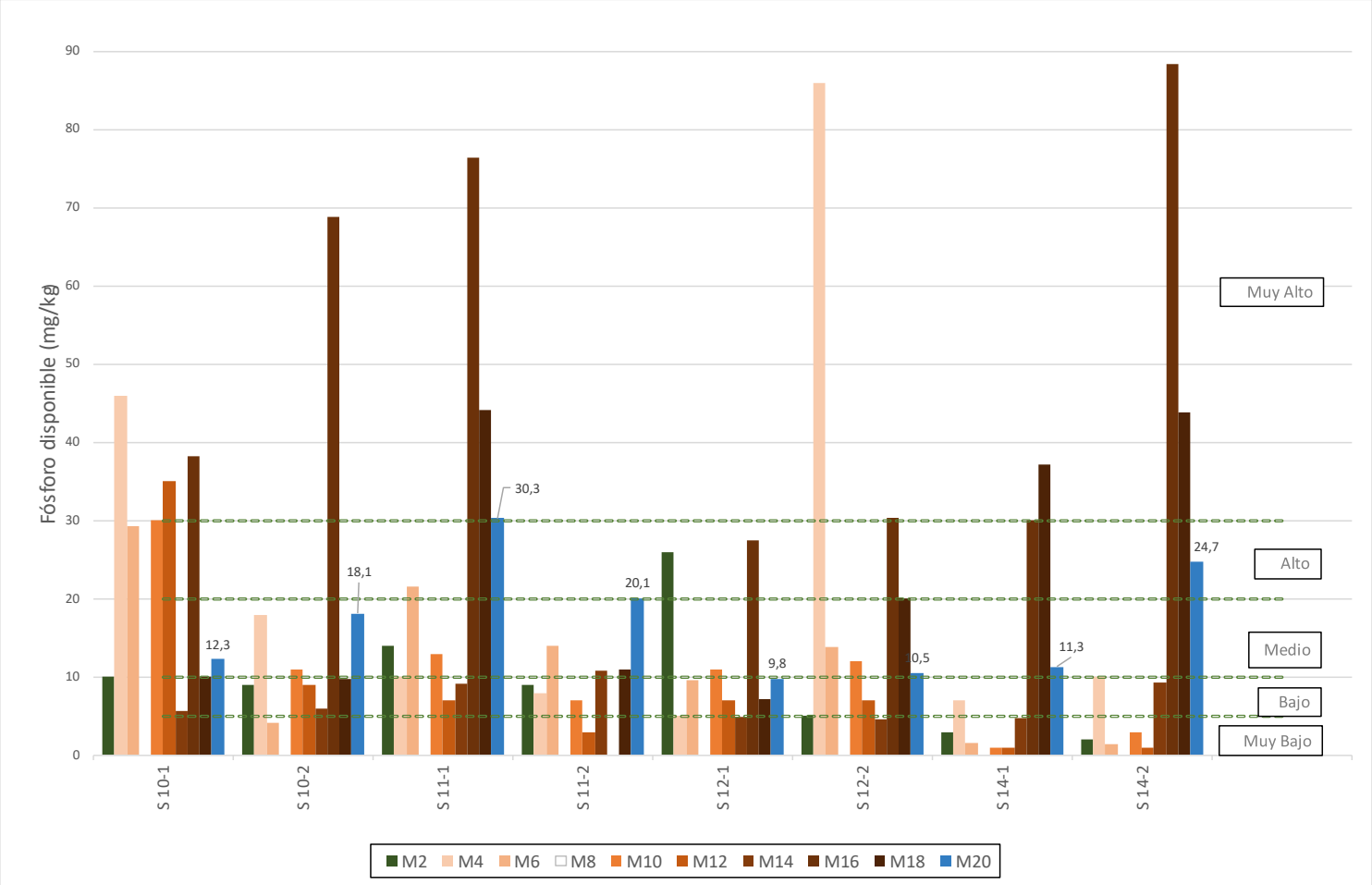
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-64. Resultados Fósforo disponible Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-65. Resultados Fósforo disponible Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia. Muestra S 11-2 para M16 sin datos desde laboratorio.

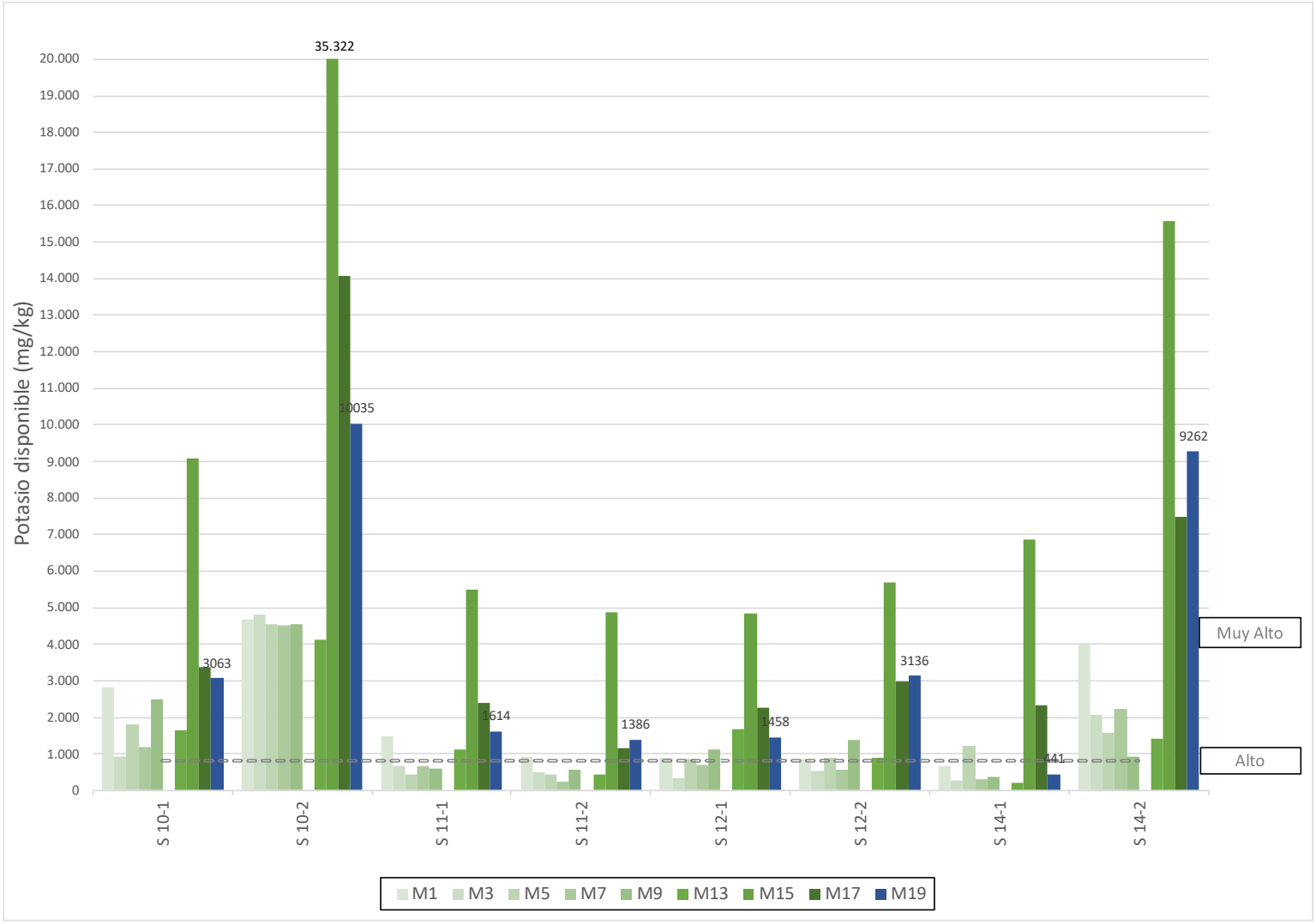
La **Figura N° 13-66** grafica la concentración de potasio disponible en el sector de **Peine**, para todos los monitoreos de invierno, en tanto, en la **Figura N° 13-67** se muestra para todos los monitoreos de verano.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), el potasio disponible se presentó en el rango muy alto para siete muestras y alto para una muestra (441 mg/kg en S 14-1), alcanzando el máximo en S 10-2 con 10.035 mg/kg. Todas las muestras se mantuvieron dentro de los límites de variación histórica invernal, ubicándose en el tramo alto del periodo de seguimiento y muy por debajo de los valores elevados observados en M15.

En el monitoreo de verano (M20), las ocho muestras analizadas se posicionaron en la categoría muy alta, oscilando entre 874 mg/kg (S 14-1) y 12.116 mg/kg (S 10-2). Todos los puntos de Peine se verificaron dentro de su tendencia histórica estival (M2 a M18), destacando S 10-2 con un valor cercano a su máximo previo estival. En todos los perfiles se constató un incremento del potasio en profundidad, comportamiento habitual para este sector.

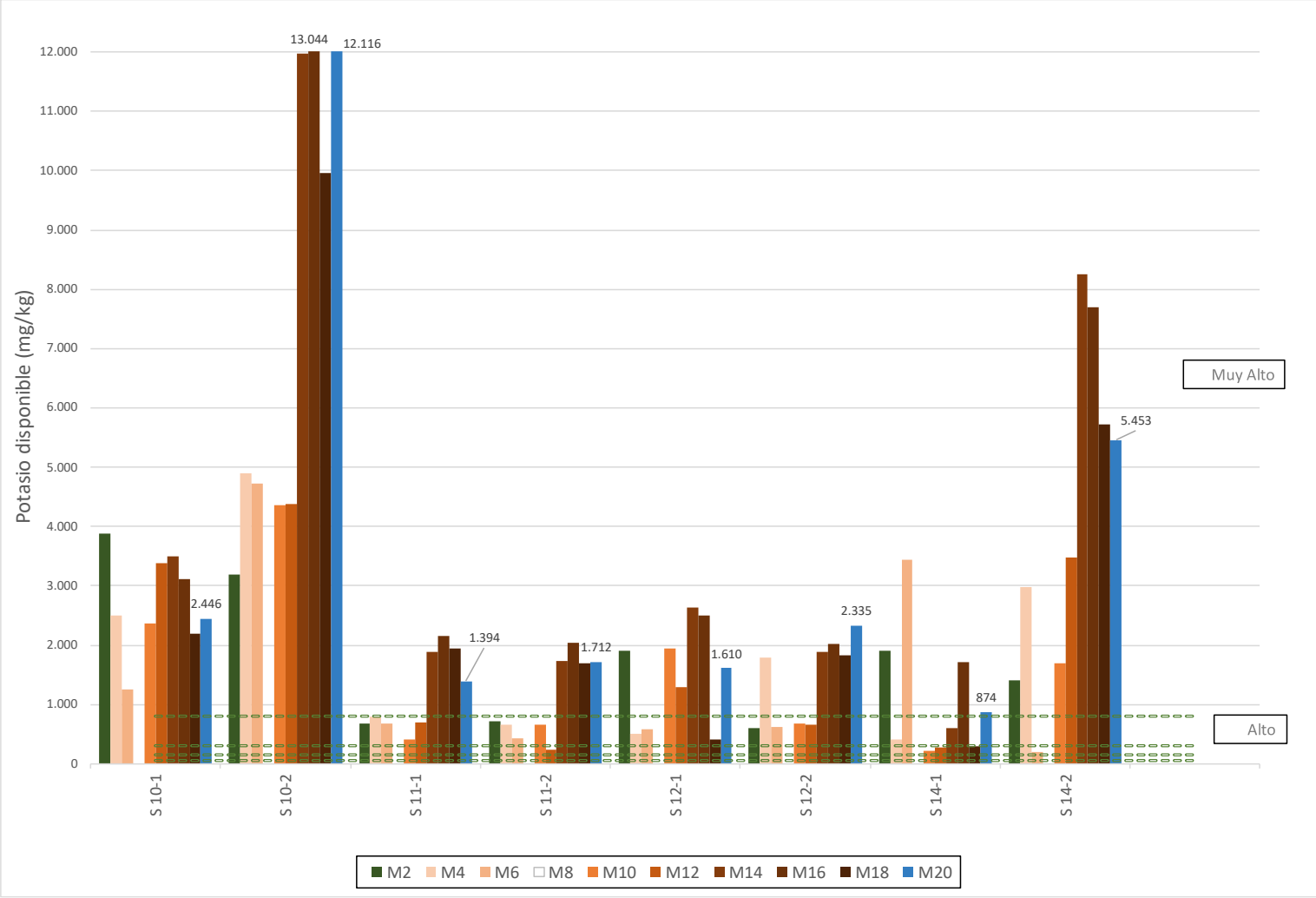
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-66. Resultados Potasio disponible Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-67. Resultados Potasio disponible Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.2.5 Conductividad Hidráulica y Textura Sector Peine

En la serie de datos temporales para conductividad hidráulica en el sector de **Peine,** se indica en la **Figura N° 13-68** y **Figura N° 13-69** para los monitoreos de invierno y verano respectivamente.

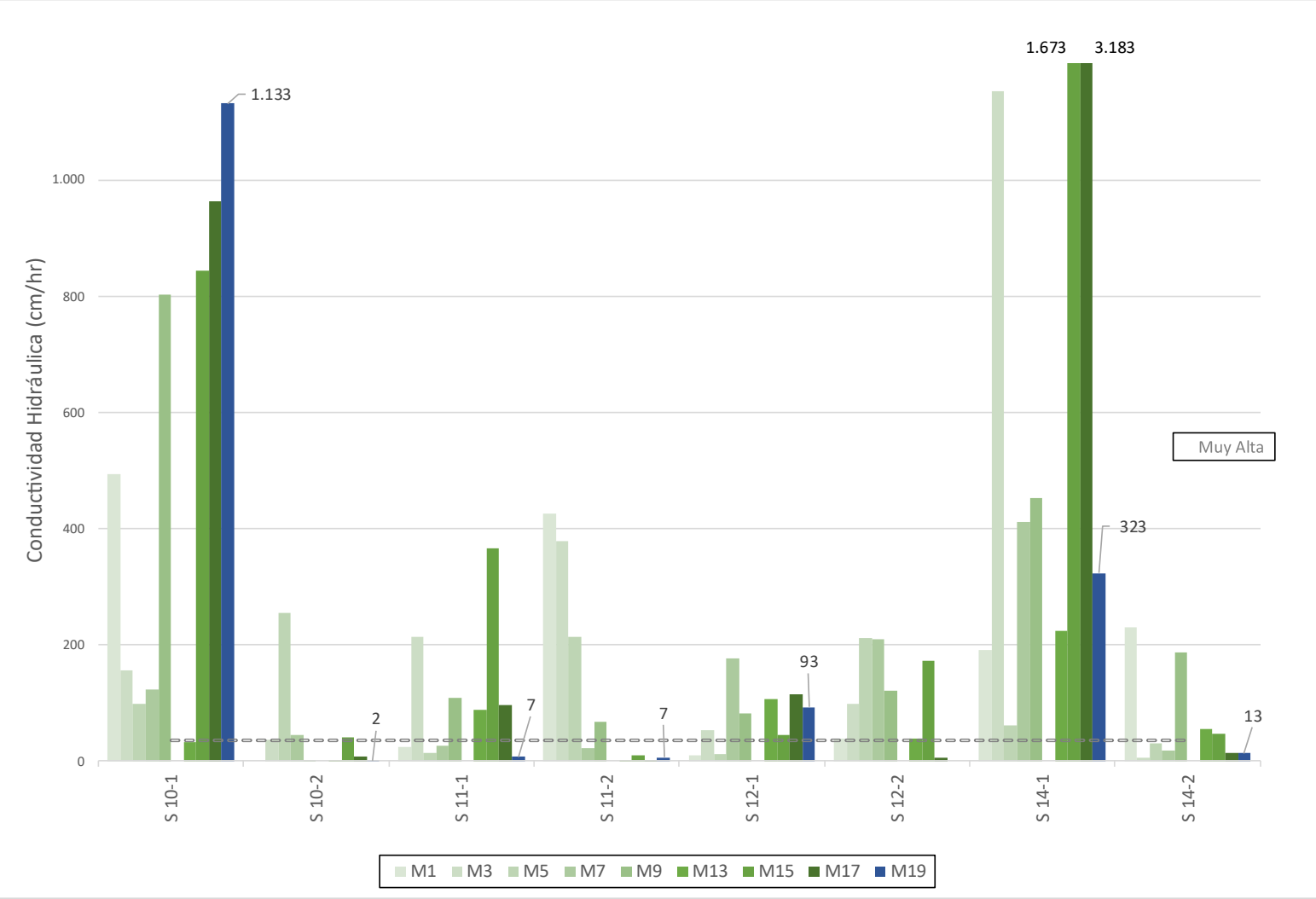
En el sector Peine, durante el monitoreo de invierno (M19), tres muestras presentaron categoría “muy alta”, tres nivel “alto” y una nivel “moderadamente bajo” (S 10-2 con 1,4 cm/hr), alcanzando el máximo en S 10-1 (1.133 cm/hr). Los valores se mantuvieron dentro de la escala histórica invernal, a excepción de las muestras S 10-2 y S 11-1 que registraron mínimos históricos de invierno. La muestra S 12-2 no pudo ser analizada en laboratorio por la dureza del suelo.

En el monitoreo de verano (M20), la conductividad hidráulica se distribuyó entre la categoría alta (cuatro muestras) y muy alta (cuatro muestras), oscilando entre 3,9 cm/hr (S 10-2) y 1.658 cm/hr (S 14-2). Siete de las ocho muestras de Peine se mantuvieron dentro de su rango de variación estival previa, registrándose únicamente S 14-2 por sobre su máximo histórico de verano (alza del 379% respecto al máximo previo). Se constató además una marcada reducción de permeabilidad en profundidad en las estaciones S 10 y S 11.

Conductividades hidráulicas muy altas deberían estar asociadas a texturas gruesas a muy gruesas, lo que no es evidenciable claramente en este monitoreo, por lo que no es posible asociar las diferencias en la conductividad hidráulica a la textura. Dado que la conductividad hidráulica depende de las características de suelo, en conjunto con condiciones de compactación, es que se espera una variación natural entre las muestras. En los monitoreos desarrollados no se consignan intervenciones antrópicas sobre la compactación que incidan en estos resultados.

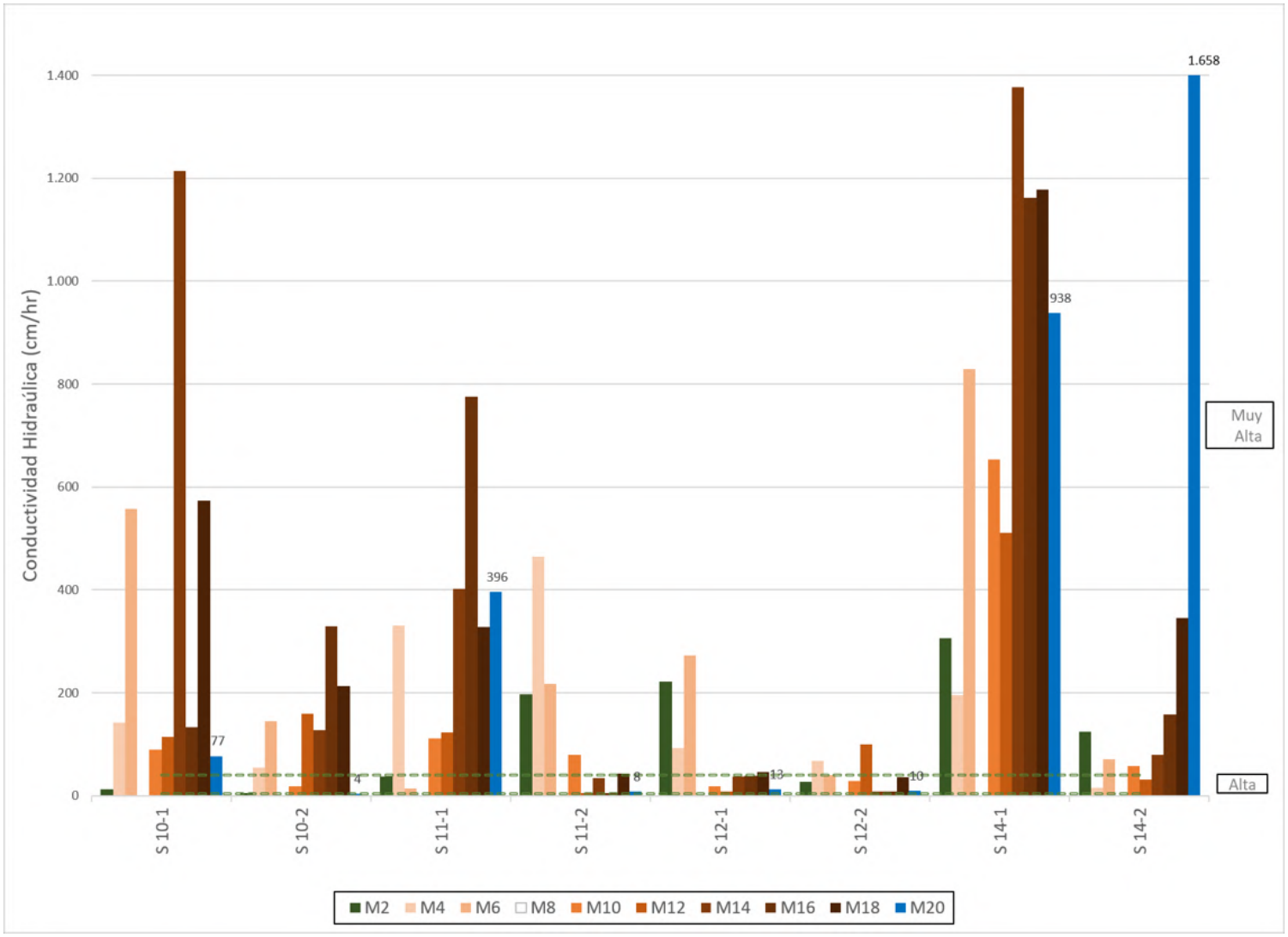
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-68. Conductividad Hidráulica Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-69. Conductividad Hidráulica Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

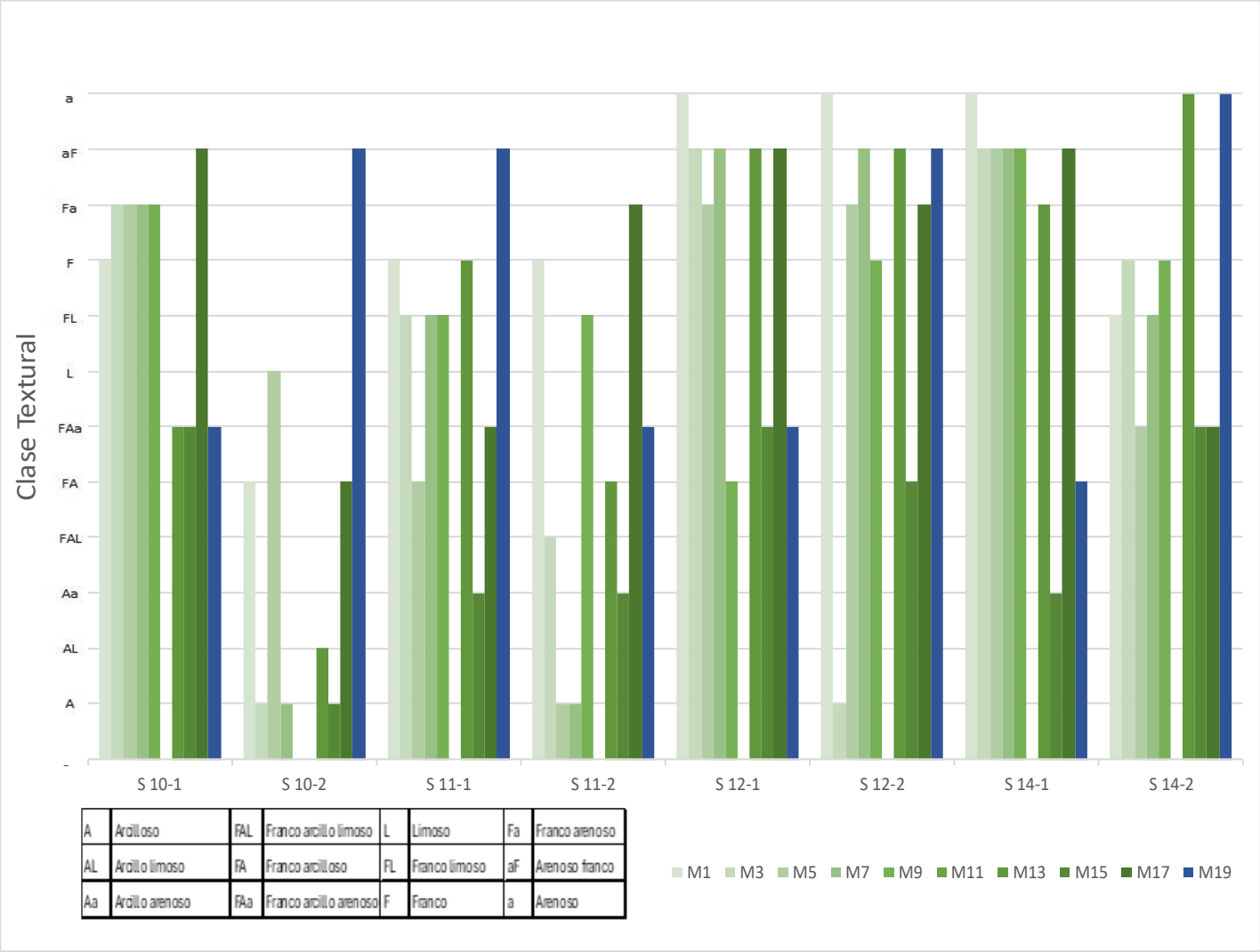
En la **Figura N° 13-70** y **Figura N° 13-71** se muestran los datos de clases texturales registrados en los monitoreos de invierno y verano respectivamente, para el sector de Peine.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), las clases texturales se distribuyeron de manera equitativa entre categorías moderadamente finas (franco arcillo arenosa y franco arcillosa en S 10-1, S 11-2, S 12-1 y S 14-1) y gruesas (areno francosa y arenosa en S 10-2, S 11-1, S 12-2 y S 14-2). Estos resultados contrastaron con el monitoreo M17 (predominantemente gruesas), pero mostraron consistencia con campañas anteriores como M15.

En el monitoreo de verano (M20), la totalidad de las muestras del sector Peine se clasificaron en la categoría de textura gruesa, perteneciendo todas a la clase arenosa. Este comportamiento representó una transición hacia texturas más gruesas respecto a veranos anteriores (como M18, donde se observaban clases areno francosas o franco arcillosas). Variaciones de este tipo entre periodos cortos se explican parcialmente por la heterogeneidad natural del material parental y posibles procesos de escorrentía superficial.

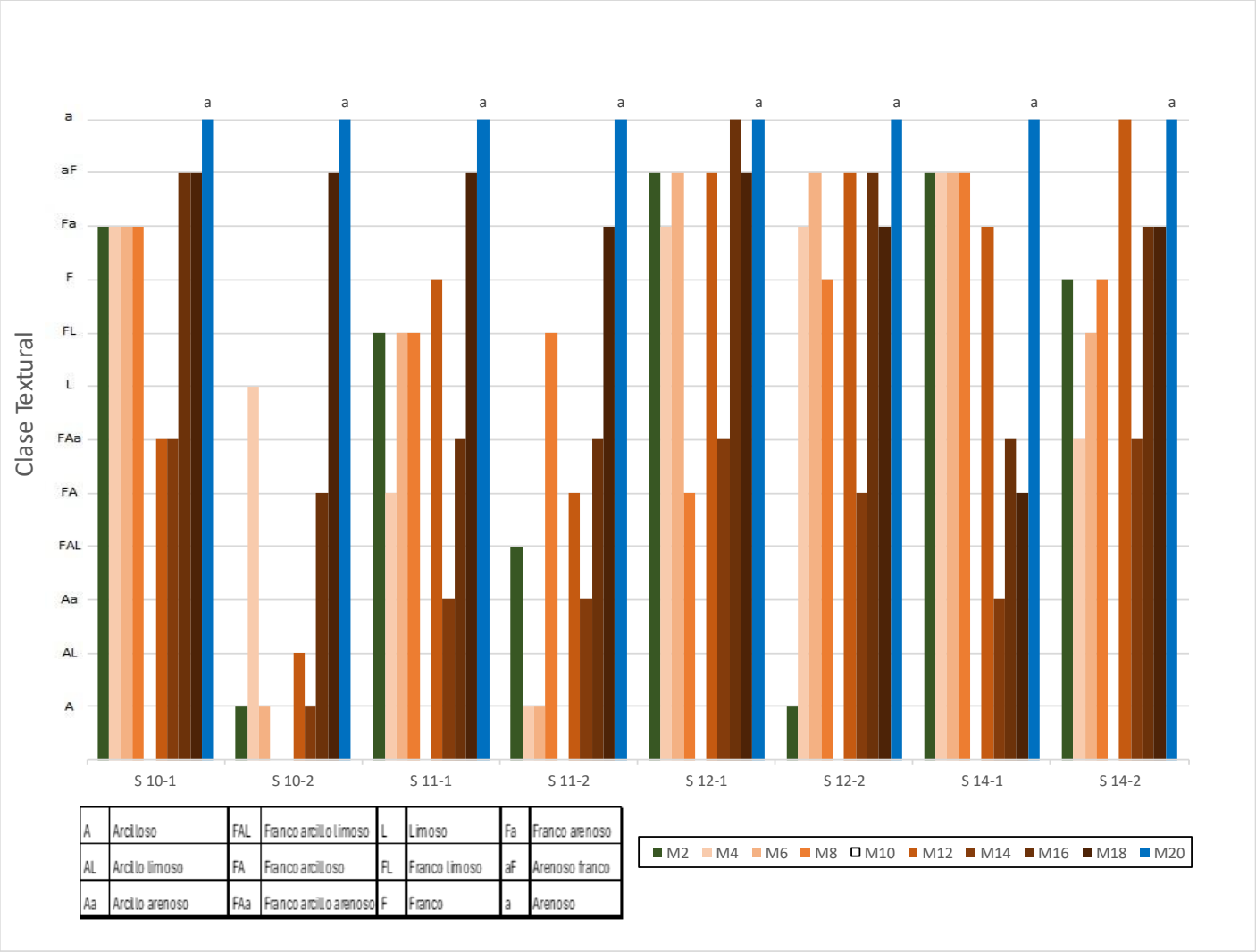
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-70. Clase Textural Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-71. Clase Textural Campañas Verano, Sector Peine.



A	Arcilloso	FAL	Franco arcillo limoso	L	Limoso	Fa	Franco arenoso
AL	Arcillo limoso	FA	Franco arcilloso	FL	Franco limoso	aF	Arenoso franco
Aa	Arcillo arenoso	FAa	Franco arcillo arenoso	F	Franco	a	Arenoso

Fuente: Elaboración Propia.

13.4.2.6 Humedad y Nivel Freático Sector Peine

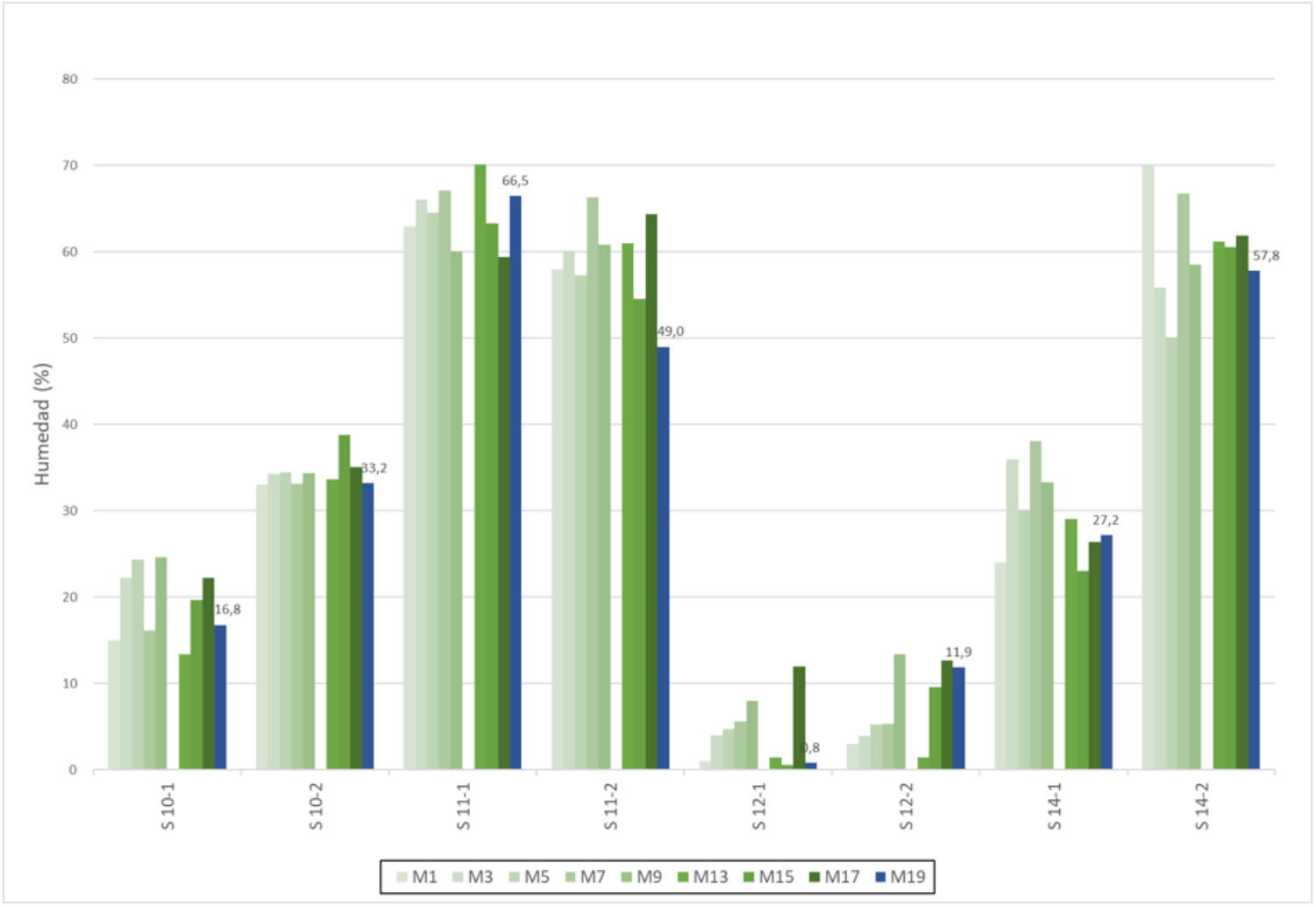
En la serie de datos temporales de humedad representados en la **Figura N° 13-72** (invierno) y **Figura N° 13-73** (verano) se aprecia que, en general, los resultados de los monitoreos de invierno y de verano se presentan dentro del rango de variaciones históricas para este parámetro, con una gran consistencia de resultados al interior de cada muestra.

En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), los porcentajes de humedad fluctuaron entre 0,8% (S 12-1) y 66,5% (S 11-1). Todos los perfiles se posicionaron dentro de los rangos de variación histórica invernal, observándose una elevada estabilidad general, con excepción de S 12-1 que mostró una baja marcada respecto a mediciones anteriores.

En el monitoreo de verano (M20), la humedad en Peine osciló entre 0,76% (S 12-1) y 66,7% (S 11-1). Siete de las ocho muestras se mantuvieron dentro de la variabilidad histórica de verano, registrándose únicamente la muestra S 11-1 por encima de su máximo estival previo (alza del 12,6%). Las texturas más gruesas y la ausencia o mayor profundidad del nivel freático explican de forma consistente los bajos contenidos de agua en los puntos S 10 y S 12, mientras que la presencia de la napa y texturas más finas justifican la mayor humedad en S 11 y S 14.

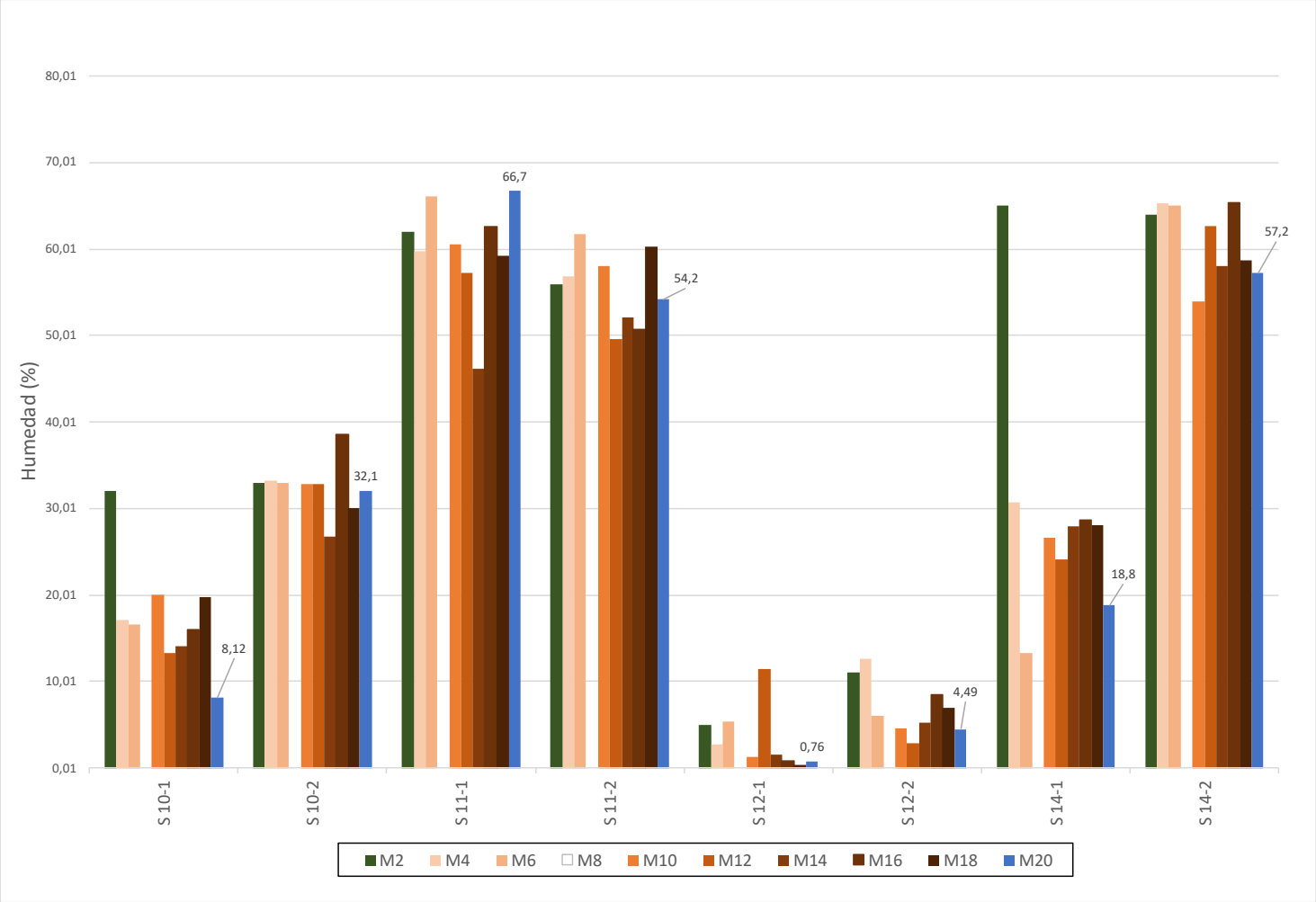
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-72. Humedad Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-73. Humedad Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia.

Al momento de la toma de muestras de suelo en el sector de **Peine**, se registró el **Nivel Freático,** tanto para el monitoreo de verano e invierno. El registro histórico se muestra en la **Figura N° 13-74** y **Figura N° 13-75** respectivamente.

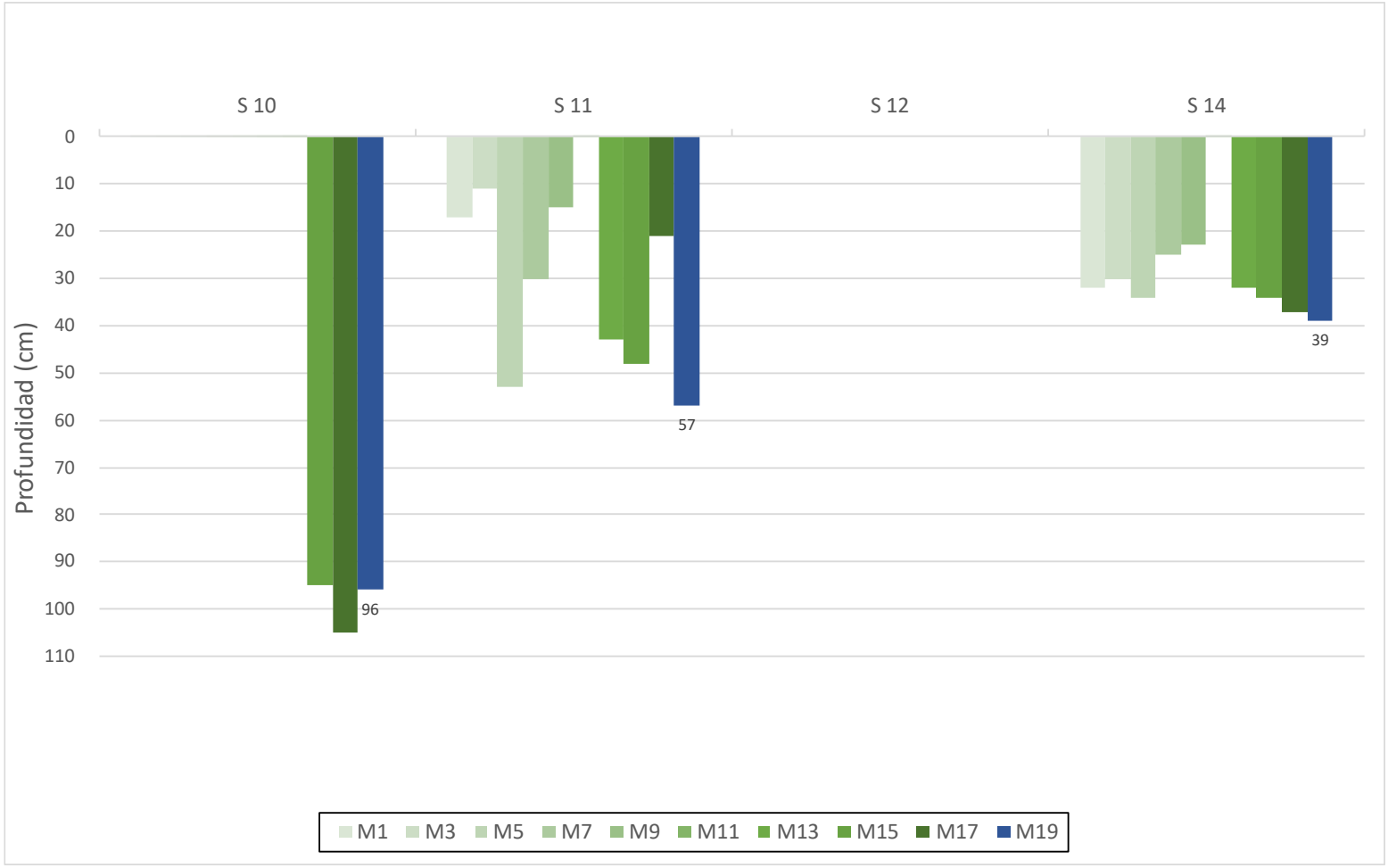
En el sector Peine, durante la campaña de invierno (M19), tres de los cuatro puntos registraron nivel freático dentro del perfil excavado: S 14 (39 cm), S 11 (57 cm) y S 10 (96 cm). El punto S 12 se mantuvo sin registro de napa observable dentro de la profundidad trabajada, condición constante desde el inicio del seguimiento. Los valores obtenidos en M19 se ubicaron dentro del rango histórico invernal, identificándose a S 11 ligeramente más profundo que en mediciones previas.

En el monitoreo de verano (M20), el nivel freático estuvo presente en tres estaciones: S 14 (46 cm, más somero), S 10 (111 cm) y S 11 (116 cm), permaneciendo S 12 sin registro. En comparación con los monitoreos estivales anteriores (M2 a M18), las lecturas se ubicaron dentro de los márgenes históricos, destacando un descenso puntual del nivel en el punto S 11. Las variaciones registradas son coherentes con las fluctuaciones naturales de los aportes subterráneos al acuífero.

Es necesario aclarar que tanto la metodología como los valores aquí indicados para registrar el nivel freático del perfil del suelo no forman parte de los compromisos ante la SMA, sin embargo, se presenta el dato respectivo para tener conocimiento agregado del sistema.

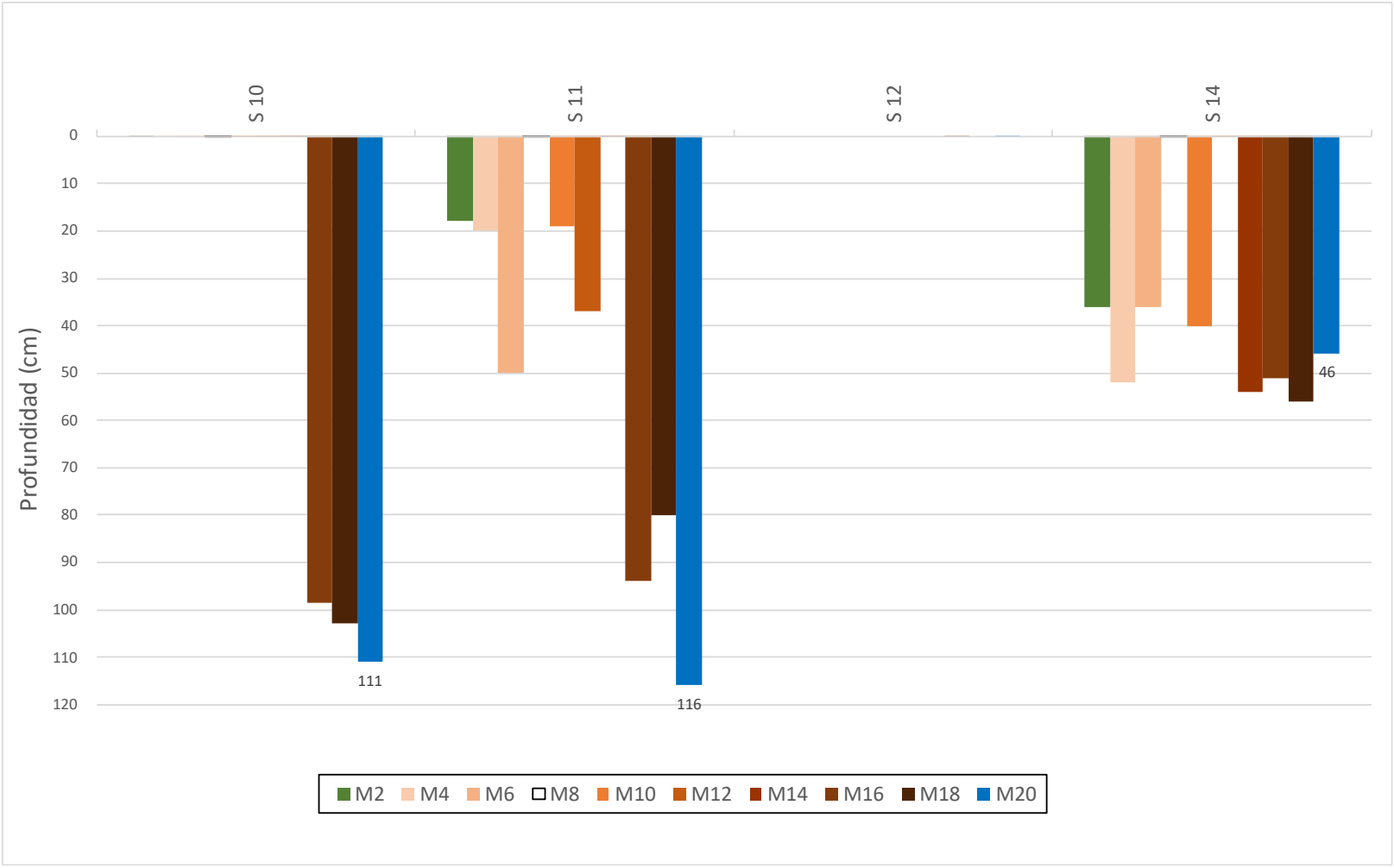
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-74. Nivel Freático Campañas Invierno, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia. Monitoreos sin datos corresponden a ausencia de nivel freático.

Figura N° 13-75. Nivel Freático Campañas Verano, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia. Monitoreos sin datos corresponden a ausencia de nivel freático.

13.4.3 Análisis de evolución de resultados Sector Tilopozo

En el Anexo 2 Suelos o Sustrato, se presenta el detalle de resultados de los análisis de laboratorio de los parámetros evaluados para suelo, y sus rangos de medición, presentando información comparada con los 18 monitoreos realizados, tanto de invierno como de verano.

13.4.3.1 Conductividad Eléctrica y Salinidad Sector Tilopozo

Para el sector de **Tilopozo**, en la **Figura N° 13-76** se presenta la evolución de conductividad eléctrica y salinidad para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-78** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

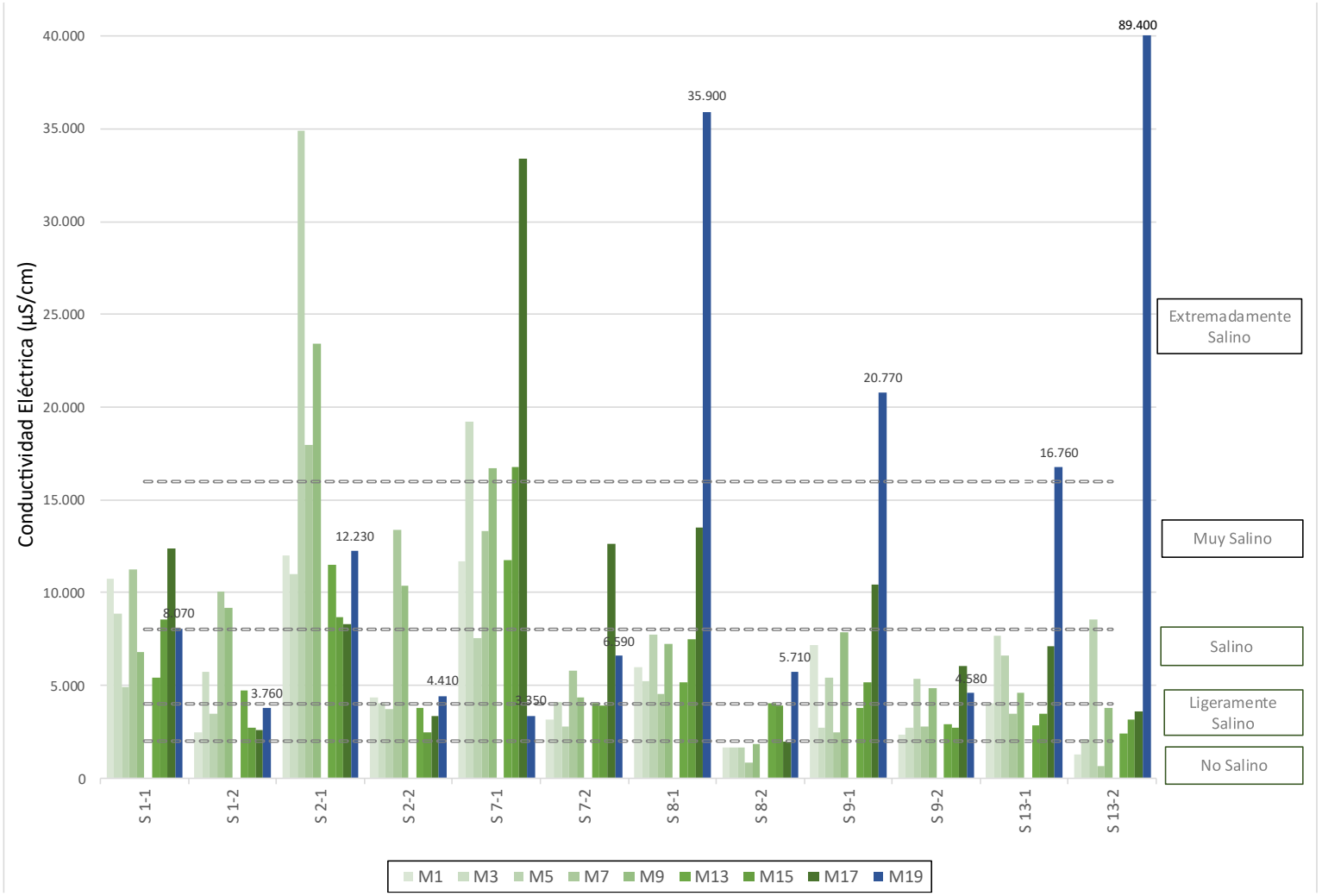
En el sector de Tilopozo, la campaña de invierno (M19) mostró valores de conductividad eléctrica que abarcaron desde ligeramente salino hasta extremadamente salino. El menor registro se obtuvo en S 7-1 (3.350 µS/cm) y el mayor en S 13-2 (89.400 µS/cm). Cinco de las doce muestras analizadas (S 8-1, S 8-2, S 9-1, S 13-1 y S 13-2) registraron valores por sobre los máximos históricos de invierno. Para la salinidad en M19, los valores oscilaron entre 2.555 mg/kg (S 2-2) y 73.857 mg/kg (S 8-1), manteniéndose la mayoría dentro de los rangos históricos de invierno, a excepción de S 8-1 que superó en un 129% su máximo histórico anterior. Todos los puntos de Tilopozo mostraron un descenso de salinidad entre el horizonte superficial y el profundo en M19.

En el monitoreo de verano (M20), la conductividad eléctrica en Tilopozo se distribuyó en cuatro muestras ligeramente salinas, dos salinas, cuatro muy salinas y dos extremadamente salinas (S 7-1 con 23.900 µS/cm y S 13-1 con 18.290 µS/cm). Tres muestras excedieron sus máximos históricos de verano: S 7-1 (19,98%), S 7-2 (12,3%) y S 13-1 (10,51%), mientras que las demás se ubicaron dentro del rango histórico estival. Todos los puntos exhibieron un incremento de conductividad eléctrica en superficie. Respecto a la salinidad en M20, los menores valores se obtuvieron en S 13-2 (1.749 mg/kg) y S 2-2 (3.559 mg/kg), mientras que las mayores concentraciones se midieron en S 8-1 (55.231 mg/kg) y S 7-1 (48.476 mg/kg). Se observaron dos muestras sobre sus rangos estivales previos (S 8-1, con un alza del 69,14%, y S 9-1) y una muestra por debajo del rango histórico (S 9-2, con una baja del 35,2%). Los puntos S 1 y S 2 mantuvieron mayor dispersión entre campañas, en tanto los puntos asociados a vegas demostraron mayor estabilidad.

Se consigna el cambio de laboratorio para conductividad eléctrica entre M18 (ANAM) y M20 (SGS). En definitiva, el comportamiento de la conductividad eléctrica y la salinidad en los sectores analizados responde a la dinámica propia de los sistemas salinos, donde la evaporación y la fluctuación hídrica regulan la concentración de sales.

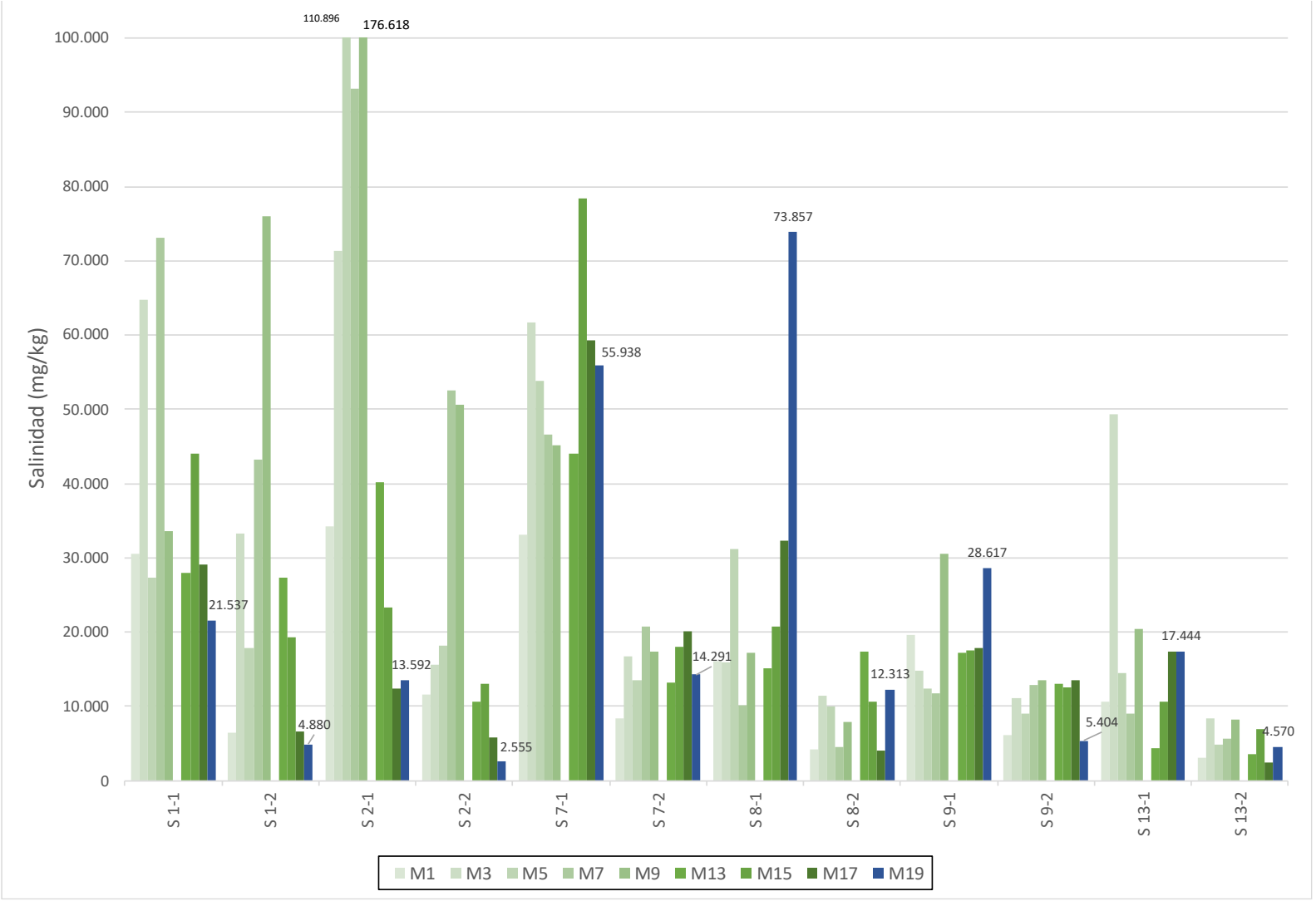
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato**, se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para estas variables, tanto para los presentes monitoreos (M19 y M20) como para los anteriores (M1 a M18).

Figura N° 13-76. Conductividad Eléctrica Campañas Invierno, Tilopozo.



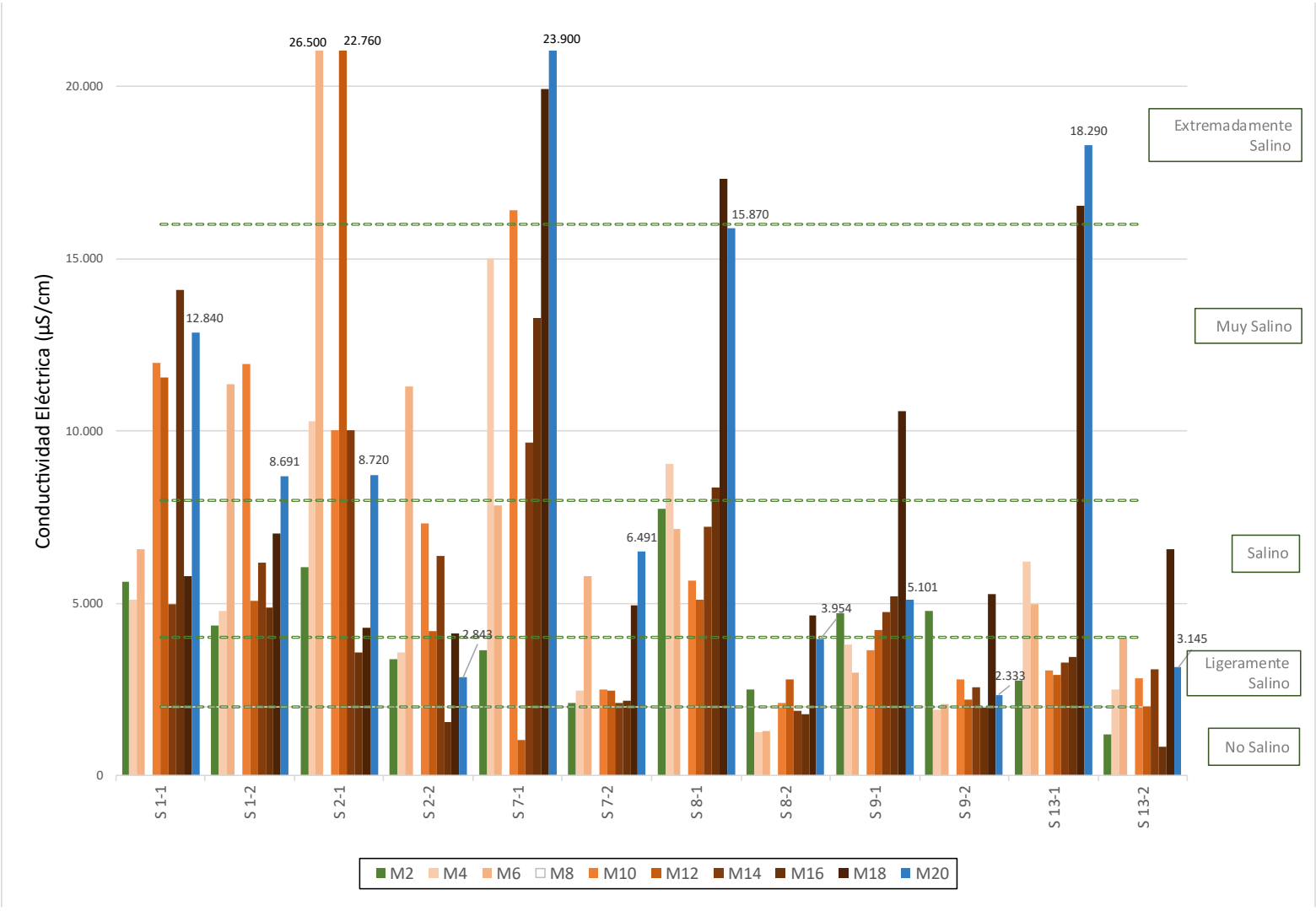
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-77. Salinidad Campañas Invierno, Tilopozo.



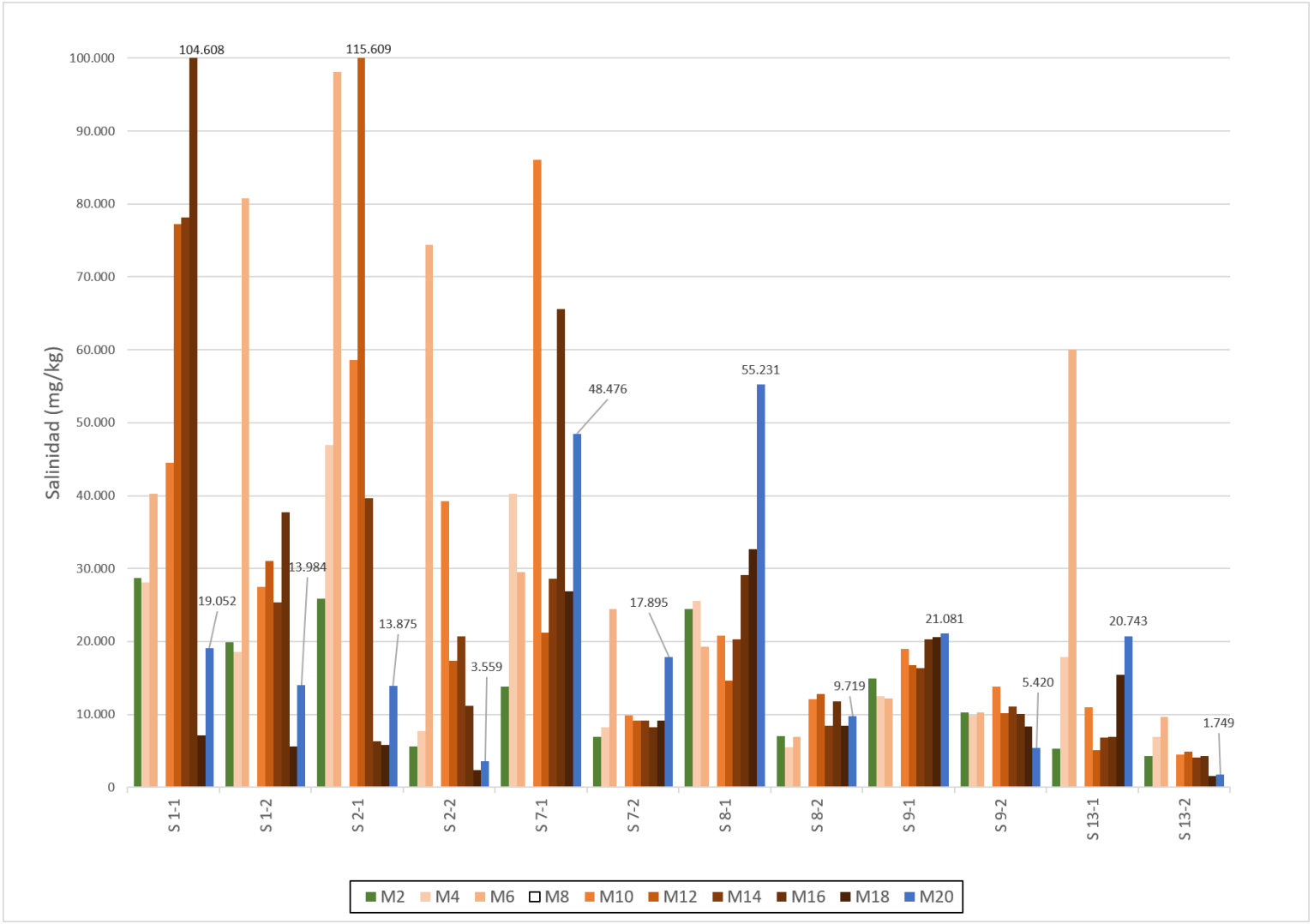
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-78. Conductividad Eléctrica Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 13-79. Salinidad Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.3.2 Nivel de pH Sector Tilopozo

Para el sector de **Tilopozo**, en la **Figura N° 13-80** se presenta la evolución de pH en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-81** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

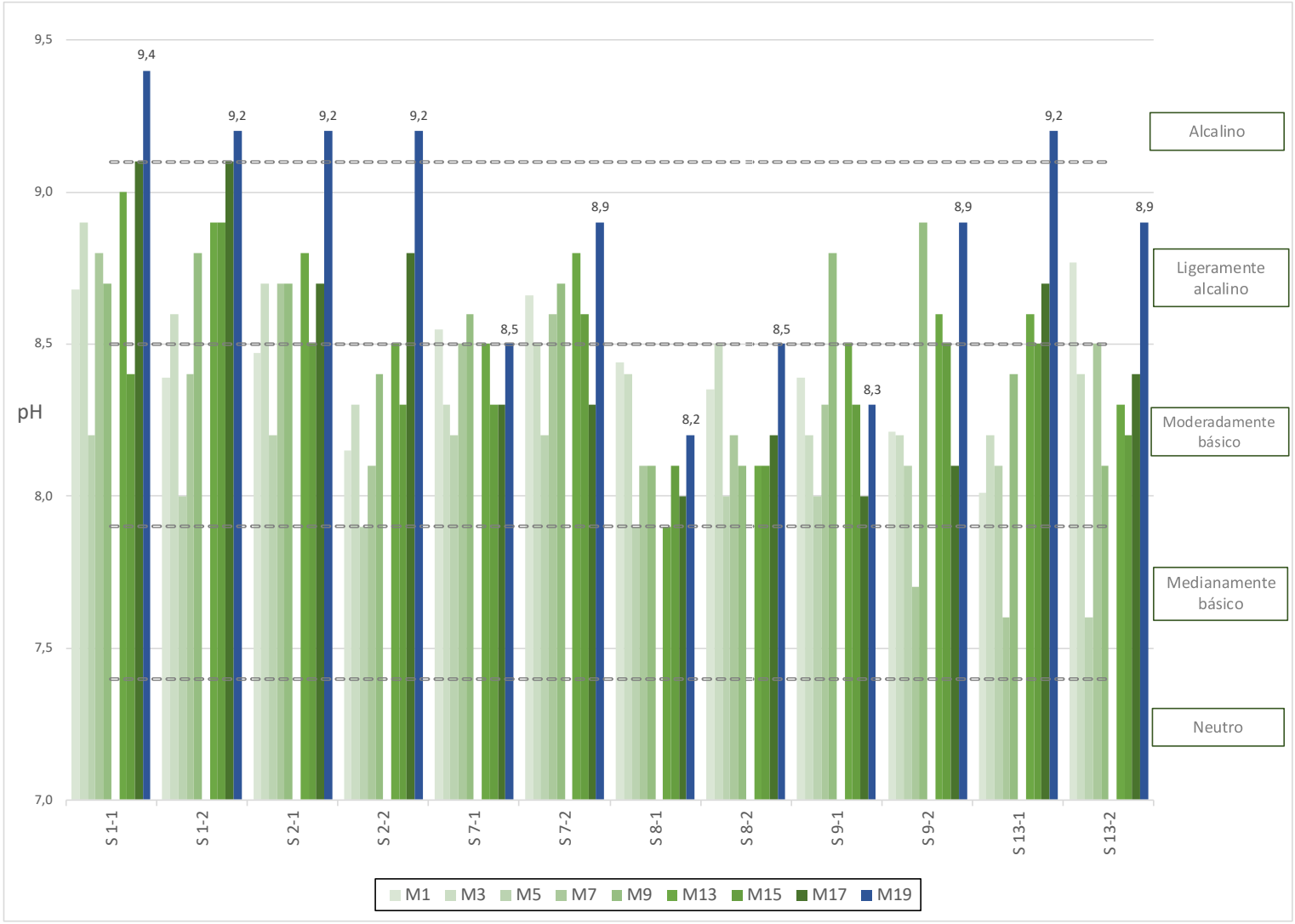
En el sector de Tilopozo, los resultados de la campaña de invierno (M19) mostraron un incremento en los niveles de pH, registrándose siete de las doce muestras con valores por sobre sus máximos históricos de invierno (S 1-1, S 1-2, S 2-1, S 2-2 y S 13-1 en la categoría alcalino; S 7-2 y S 13-2 en la categoría ligeramente alcalino). Los aumentos sobre el máximo invernal alcanzaron hasta 0,5 unidades de pH en la muestra S 13-1 (9,2 unidades de pH). Las muestras restantes se mantuvieron dentro del rango de variación observado en inviernos anteriores.

Durante el monitoreo de verano (M20), el pH en Tilopozo se clasificó en cinco muestras en el nivel ligeramente alcalino, seis muestras en moderadamente alcalino y una muestra en la categoría alcalino (S 9-1 con 9,2 unidades de pH). En general, las muestras se ubicaron dentro del rango de variación de los monitoreos estivales anteriores, con la única excepción de la muestra S 9-1, que presentó un valor ligeramente por sobre su máximo estival previo. La comparación entre horizontes reflejó en la mayoría de los puntos una tendencia a incrementar el pH en profundidad (alzas de 0,2 a 0,5 unidades), con la sola excepción de S 9, donde el horizonte superficial registró mayor pH.

También se consigna para este periodo el cambio de laboratorio analítico entre M18 (ANAM) y M20 (SGS). En resumen, los valores de pH en los sectores evaluados corresponden a los rangos normales y esperables para ambientes de salar y periferias de vegas, donde las condiciones de alcalinidad responden al balance evaporativo y la composición de sales solubles presentes.

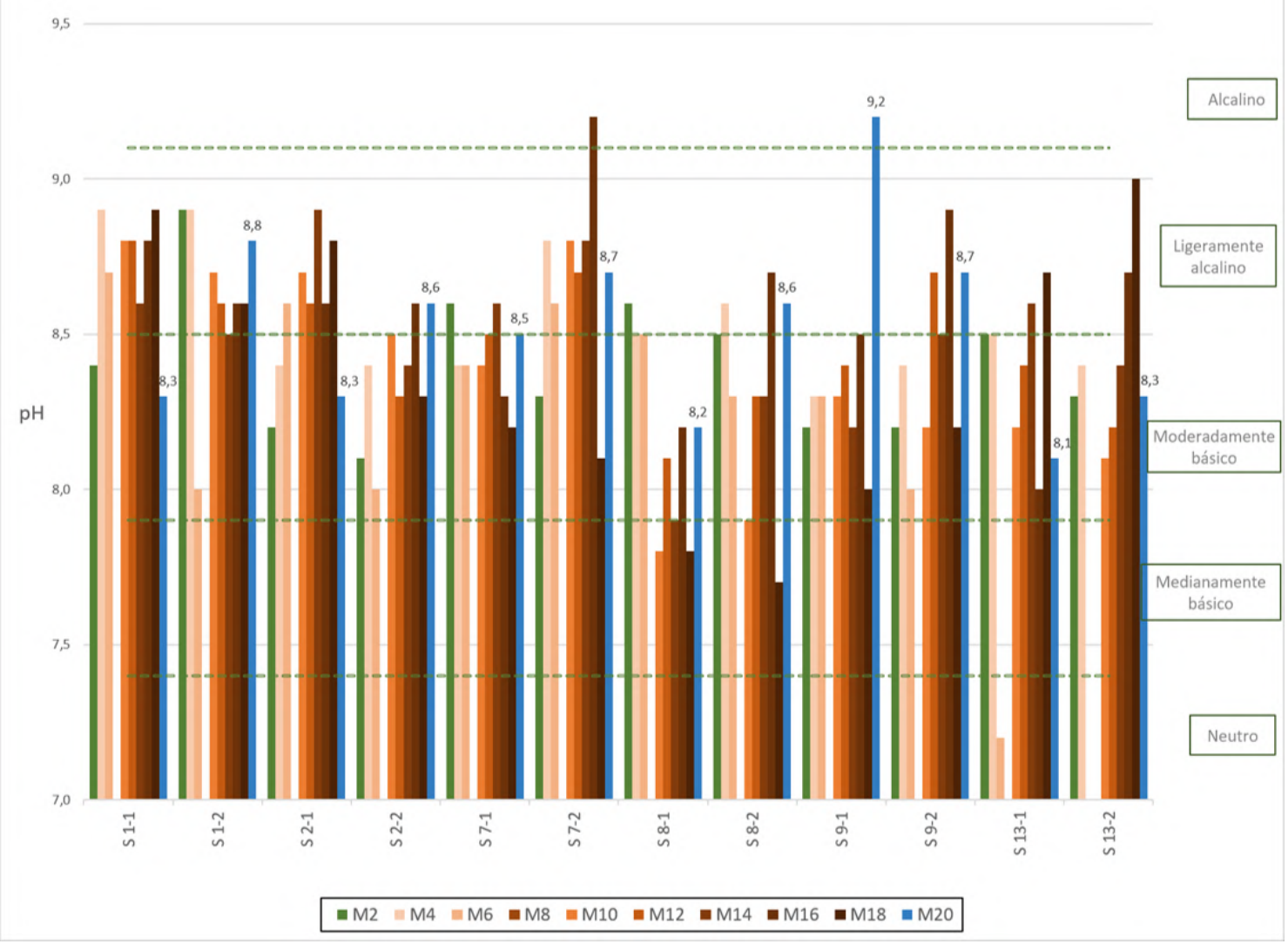
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-80. Resultados pH Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-81. Resultados pH Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.3.3 Materia Orgánica Sector Tilopozo

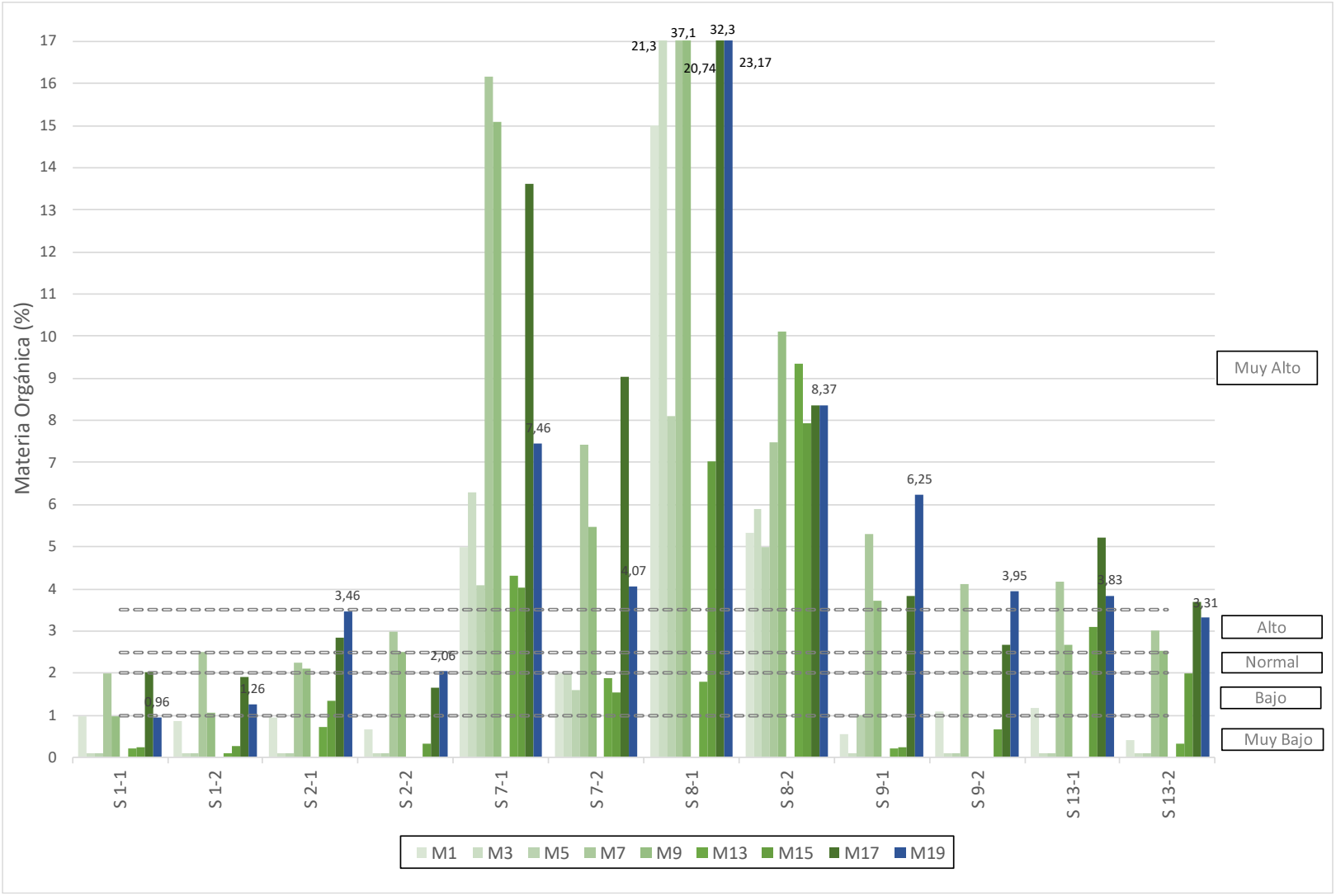
Para el sector de **Tilopozo**, en la **Figura N° 13-82** se presenta la evolución de Materia Orgánica en suelo para los monitoreos de invierno y en la **Figura N° 13-83** se presenta la misma información para los monitoreos de verano.

En Tilopozo, el monitoreo de invierno (M19) mostró una amplia variabilidad en los contenidos de materia orgánica, desde niveles muy bajos (0,96% en S 1-1) hasta muy altos (23,17% en S 8-1). La mayoría de los puntos se mantuvieron dentro de la variabilidad invernal conocida, a excepción de S 2-1 y S 9-1 que superaron ligeramente sus máximos anteriores de invierno. Durante la campaña de verano (M20), los resultados se presentaron en general dentro del rango de variación histórica estival. Solamente las muestras S 8-1 (34,13%) y S 13-1 (11,12%) registraron valores sobre sus máximos históricos de verano. La distribución espacial del parámetro se mantiene constante respecto a campañas previas: los puntos S 1, S 2 y S 9, ubicados en zonas de piedemonte o con costras salinas, exhiben los menores valores; mientras que S 7 y S 8 registran las mayores concentraciones debido a su localización en vegas con alta densidad vegetacional y acumulación de raíces.

En términos generales, la materia orgánica en el área de estudio muestra estabilidad temporal y una clara correlación espacial con las condiciones de humedad y cobertura vegetal de los humedales.

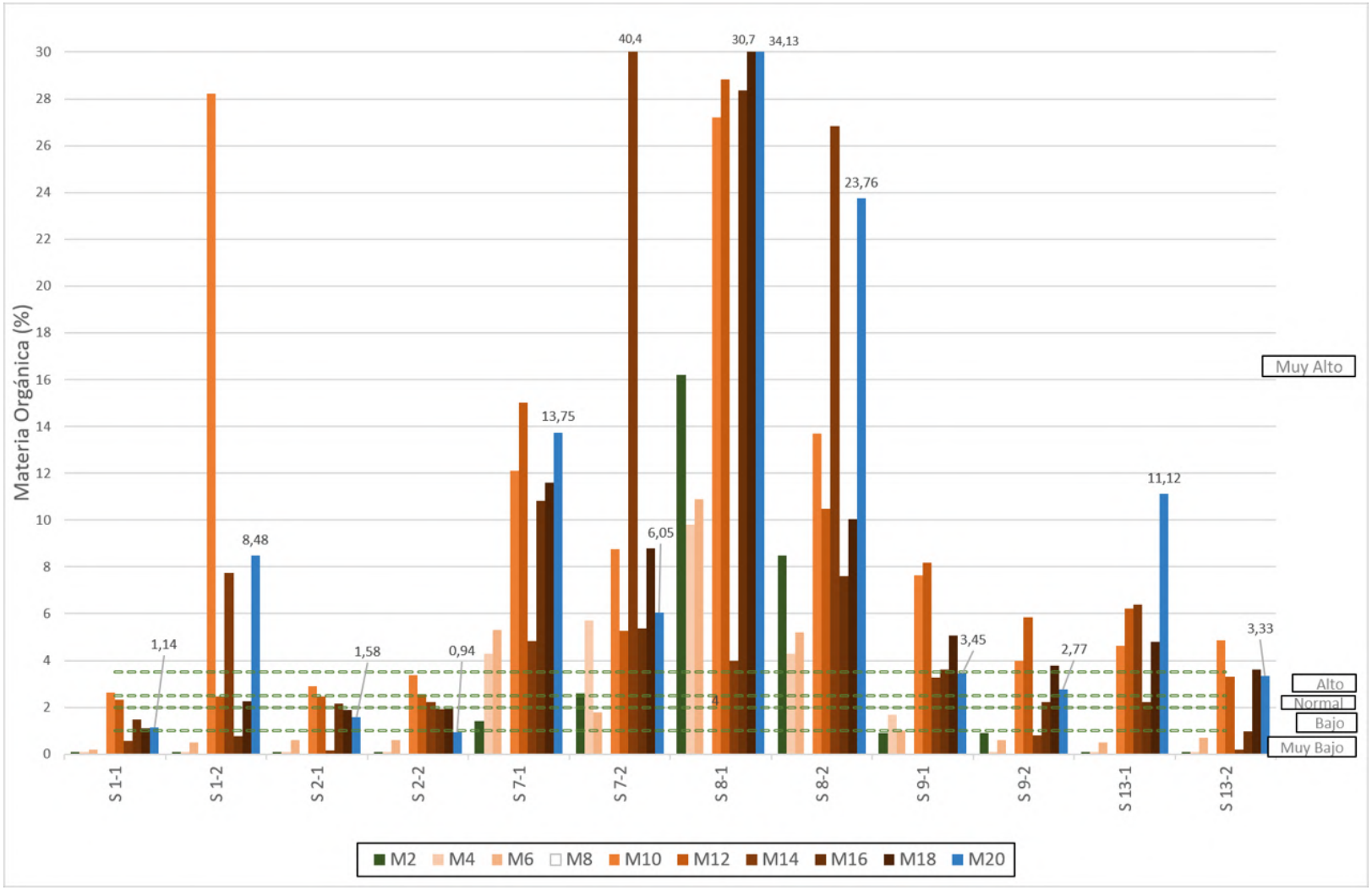
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-82. Resultados Materia Orgánica Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-83. Resultados Materia Orgánica Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.3.4 Nutrientes Sector Tilopozo (Nitrógeno, Fósforo y Potasio disponibles)

Para el sector de **Tilopozo**, en la **Figura N° 13-84** y **Figura N° 13-85** se presenta la evolución de Nitrógeno disponible en suelo para los monitoreos de invierno y de verano respectivamente.

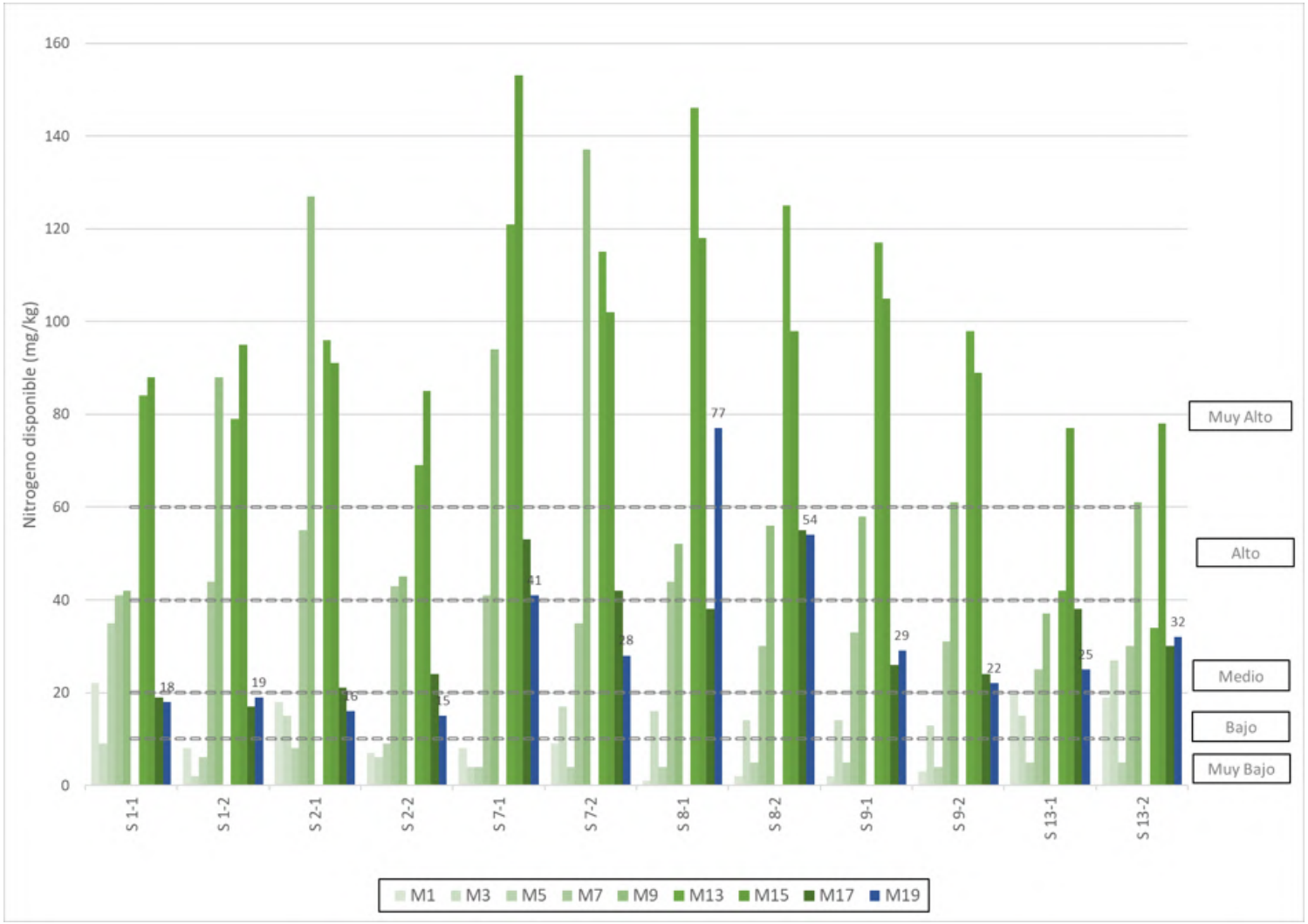
En el sector de Tilopozo, el monitoreo de invierno (M19) registró valores entre 15 mg/kg (S 2-2, nivel bajo) y 77 mg/kg (S 8-1, nivel muy alto). La totalidad de los puntos se ubicó dentro de los rangos de variación invernal de la serie histórica. El comportamiento espacial muestra mayores niveles en puntos con mayor densidad de vegetación (S 7 y S 8), respondiendo a los procesos de aporte y acumulación orgánica.

Durante el monitoreo de verano (M20), las concentraciones de nitrógeno oscilaron entre 19 mg/kg (S 1-2, nivel bajo) y 118 mg/kg (S 8-1, nivel muy alto). La gran mayoría de los puntos se mantuvo dentro de la variación histórica estival, con la sola excepción de la muestra S 8-1, que presentó un incremento del 81,5% por sobre su máximo histórico previo de verano.

En términos generales, la dinámica del nitrógeno disponible en el área de estudio muestra estabilidad en sus rangos usuales, explicándose sus fluctuaciones por la actividad biológica local, la mineralización de restos vegetales y factores hidroclimáticos puntuales.

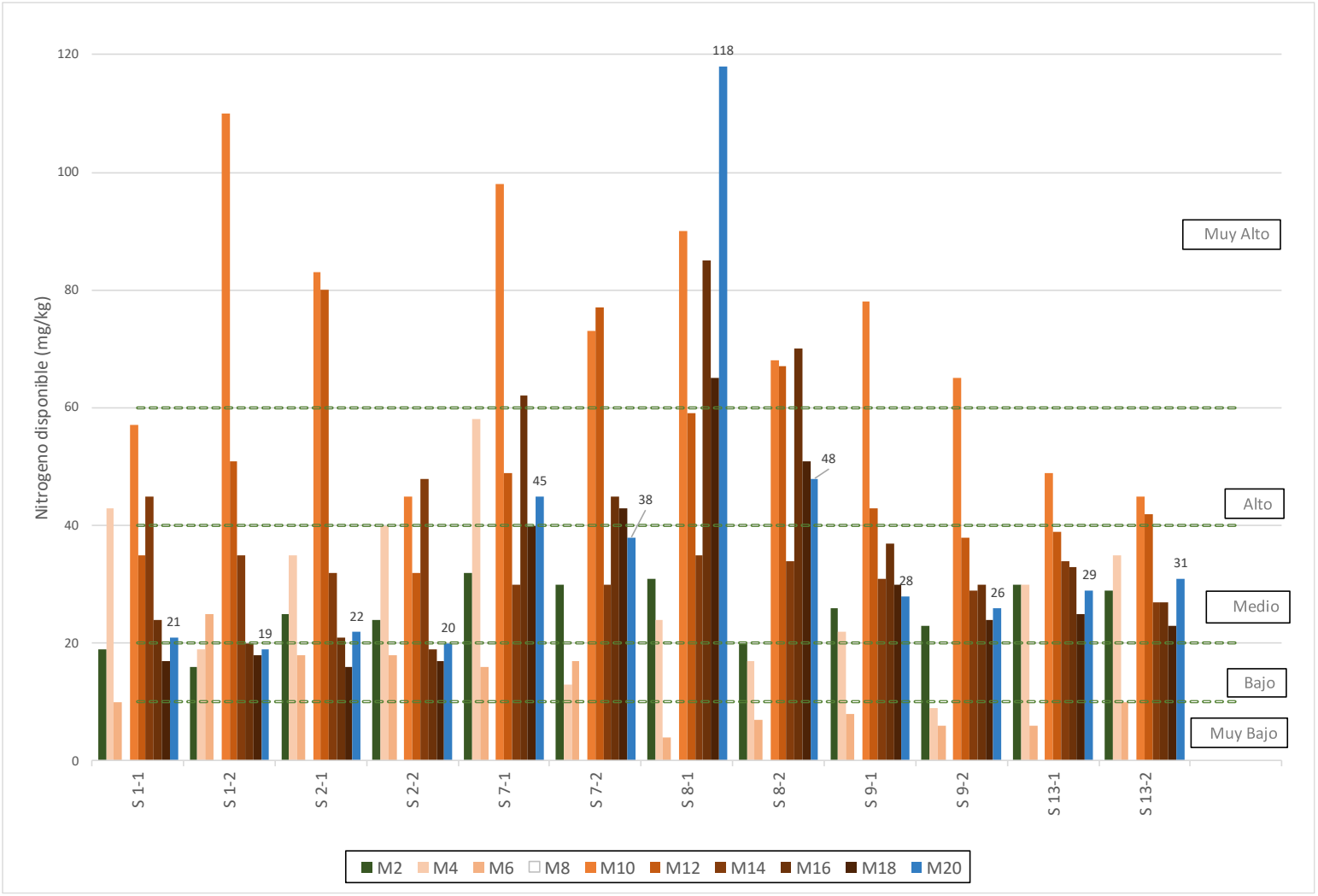
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-84. Resultados Nitrógeno disp. Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-85. Resultados Nitrógeno disp. Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

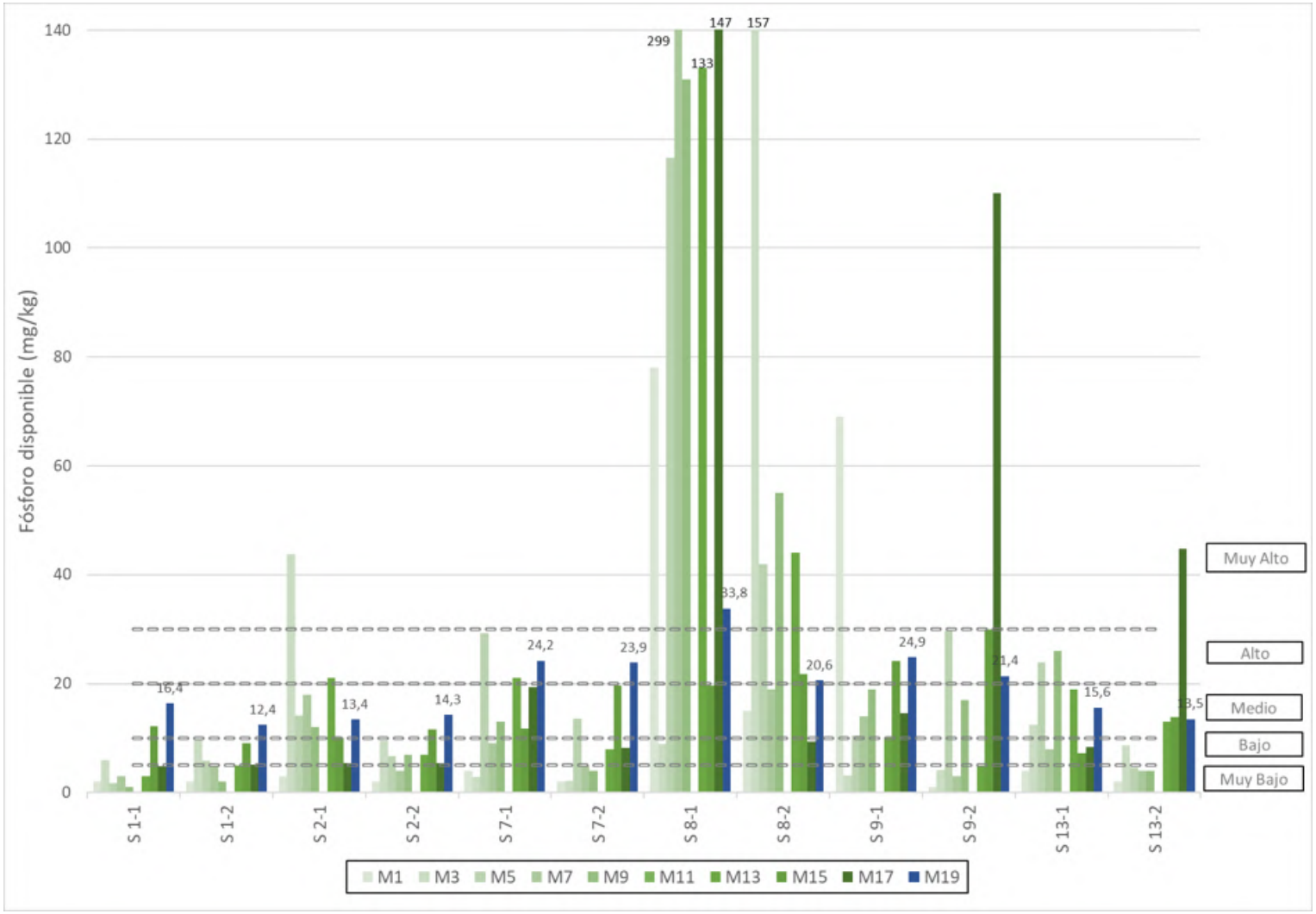
En la **Figura N° 13-86** y **Figura N° 13-87**, se muestra la concentración de fósforo disponible en el sector de Tilopozo, para todos los monitoreos de invierno y de verano respectivamente.

En Tilopozo, el monitoreo de invierno (M19) mostró valores que variaron entre 12,4 mg/kg (S 1-2, nivel medio) y 33,8 mg/kg (S 8-1, nivel muy alto). Cuatro de las doce muestras (S 1-1, S 1-2, S 2-2 y S 7-2) superaron sus máximos históricos invernales previos, mientras que las muestras restantes evidenciaron disminuciones importantes con respecto a la campaña M17. Durante la campaña de verano (M20), los resultados en Tilopozo fluctuaron entre 9,6 mg/kg (S 2-1, nivel bajo) y 118 mg/kg (S 8-1, nivel muy alto). A excepción del punto S 8-1, la totalidad de los puntos se posicionó dentro de la envolvente histórica de variación estival (M2 a M18), registrándose niveles sensiblemente menores a los picos observados en M16 y M18.

En general, la disponibilidad de fósforo disponible en el área de estudio muestra alta variabilidad, la cual se asocia parcialmente a las variaciones en el material parental, el pH, los contenidos de materia orgánica y la dinámica de humedad del suelo.

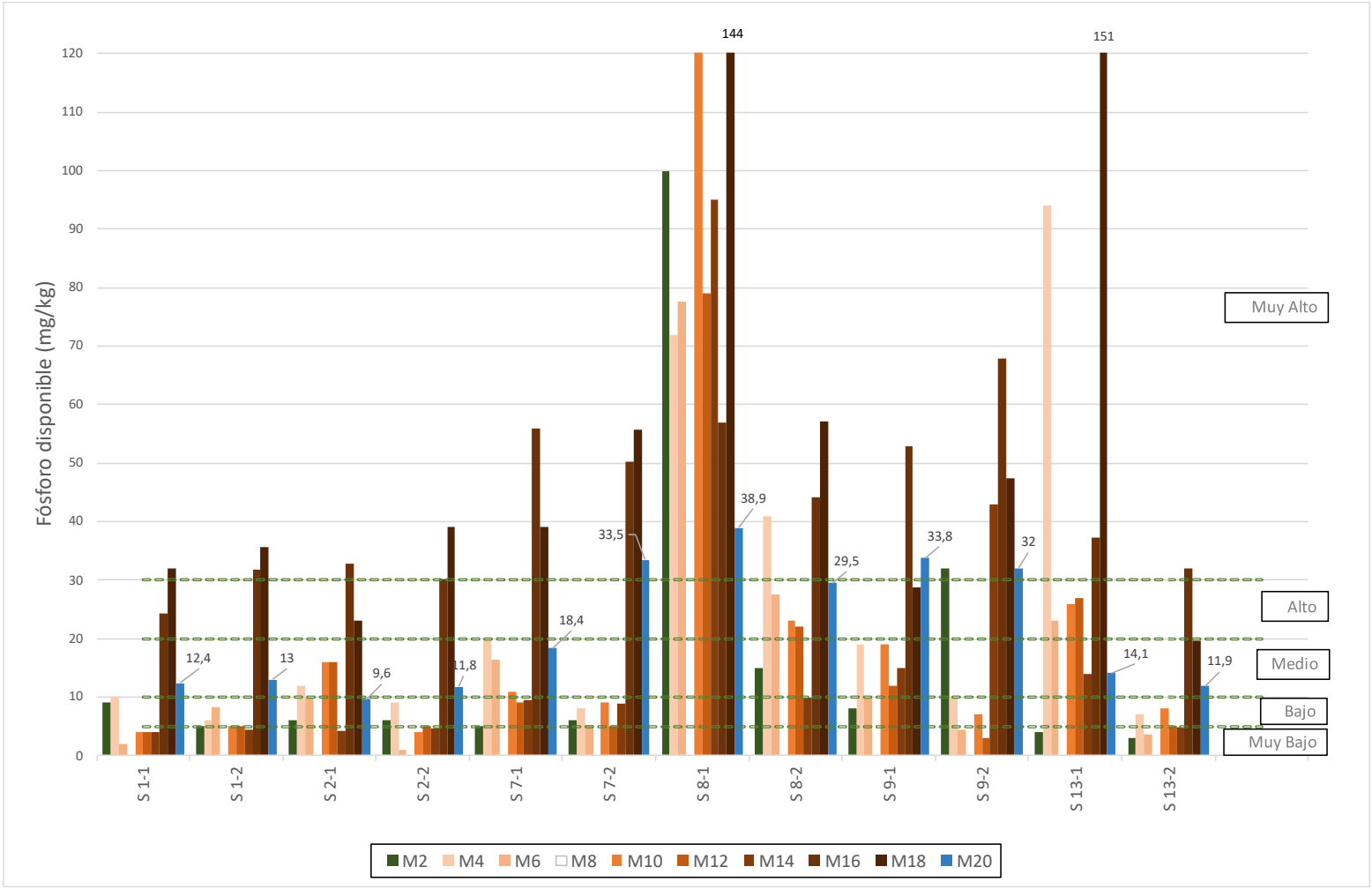
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-86. Resultados Fósforo disponible Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-87. Resultados Fósforo disponible Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

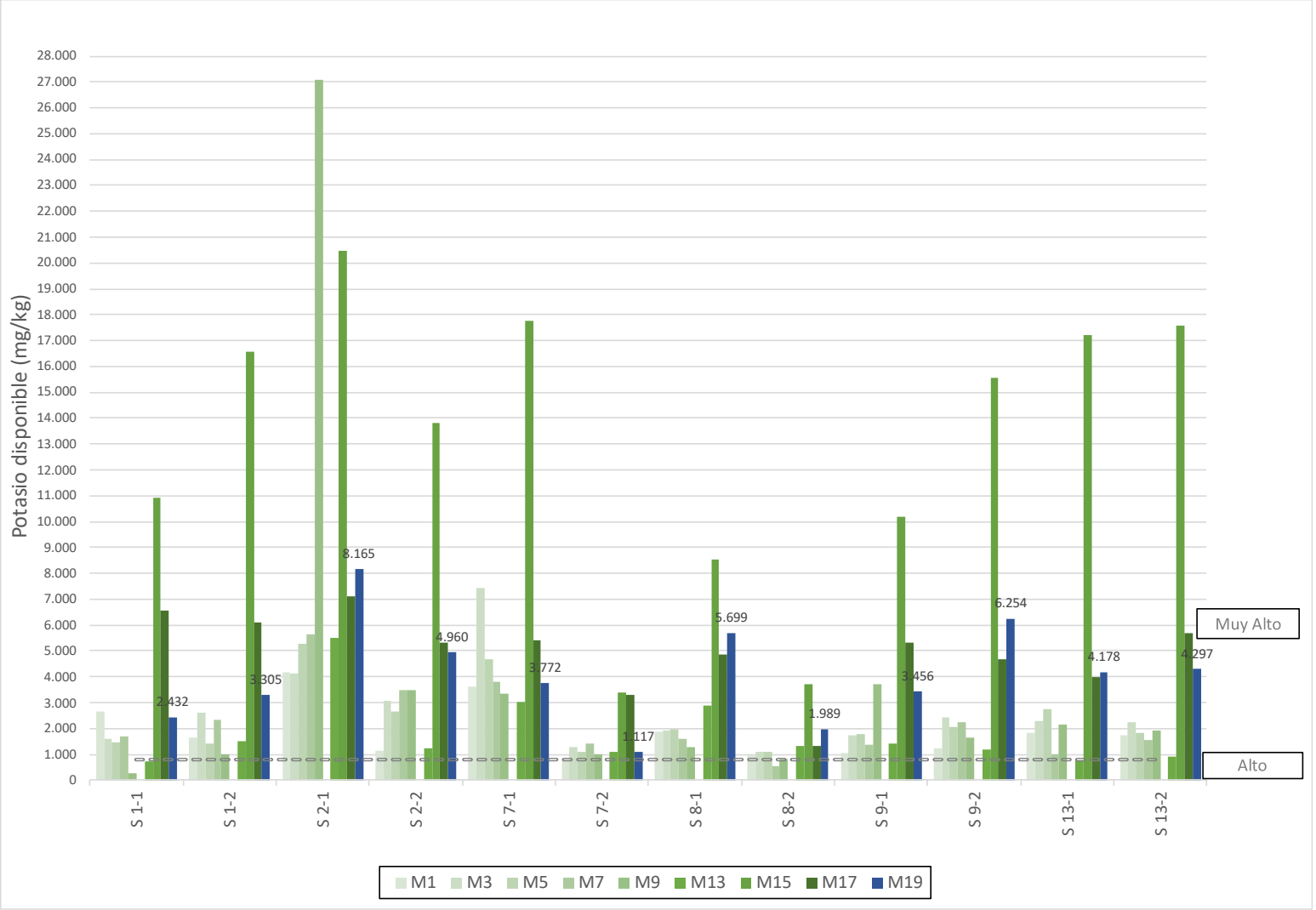
La **Figura N° 13-88** grafica la concentración de potasio disponible en el sector de **Tilopozo**, para todos los monitoreos de invierno, en tanto, en la **Figura N° 13-89** se muestra para todos los monitoreos de verano.

En Tilopozo, el monitoreo de invierno (M19) registró la totalidad de sus doce muestras en la categoría muy alta, variando entre 1.117 mg/kg (S 7-2) y 8.165 mg/kg (S 2-1). Todos los puntos se ubicaron dentro del rango de variación invernal conocido, mostrándose magnitudes consistentes con las tendencias históricas generales. Durante la campaña de verano (M20), el potasio disponible se clasificó de igual forma en la categoría muy alta para todas las muestras, con concentraciones entre 1.771 mg/kg (S 7-2) y 6.949 mg/kg (S 7-1). Nueve de las doce muestras se mantuvieron dentro de la variabilidad estival conocida, registrándose incrementos ligeros a moderados sobre los máximos históricos de verano únicamente en S 7-1 (4%), S 7-2 (39%) y S 8-2 (14,5%). En la mitad de las muestras de Tilopozo se apreció un alza relevante respecto a M18, condicionada por la variabilidad en los materiales parentales, los niveles de pH, materia orgánica y humedad del suelo.

En resumen, el potasio disponible en el área de estudio mantiene niveles constitutivamente elevados y estables, explicándose sus oscilaciones por la mineralogía arcillosa del material de origen y las dinámicas hídricas locales del salar.

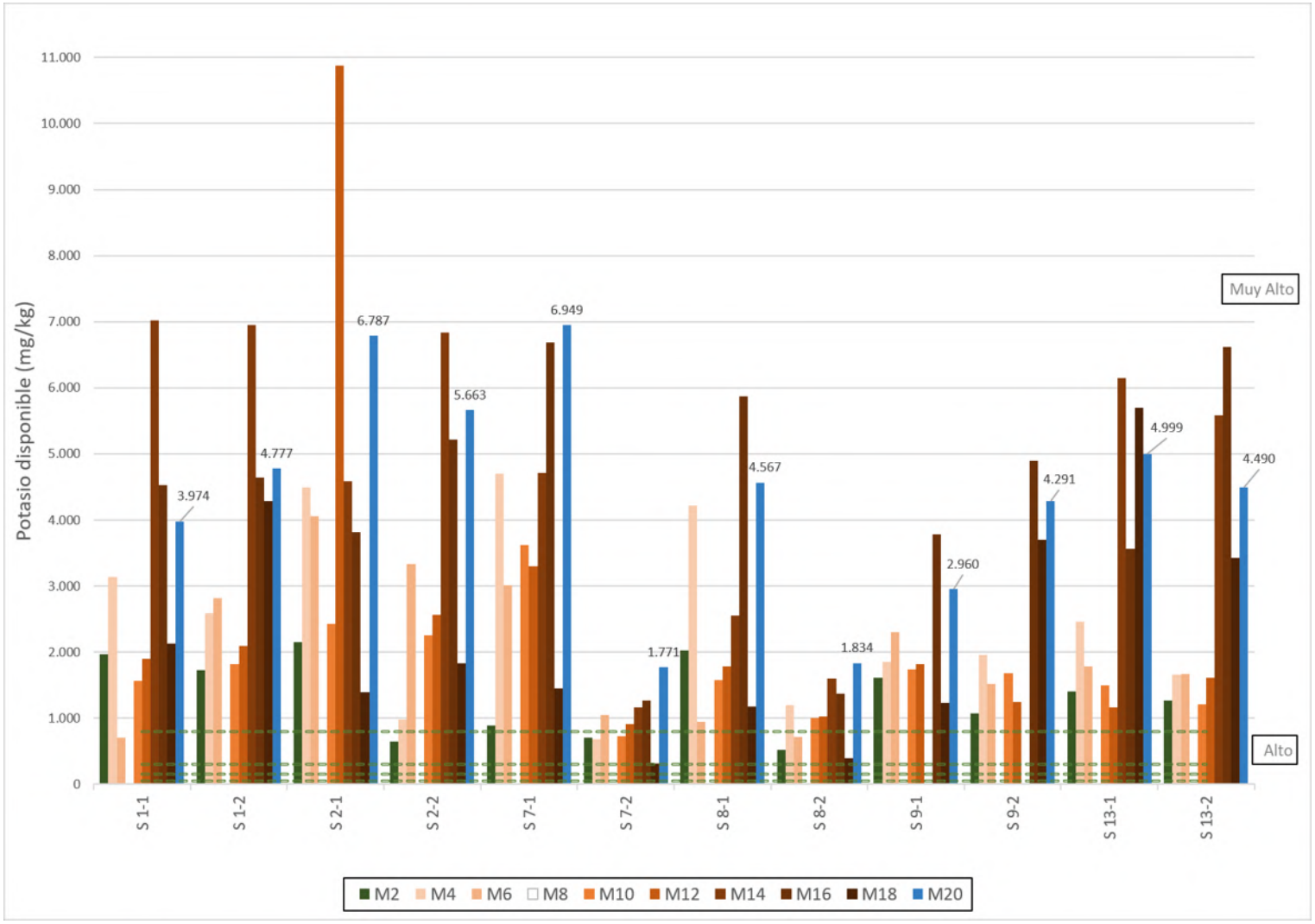
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-88. Resultados Potasio disponible Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-89. Resultados Potasio disponible Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

13.4.3.5 Conductividad Hidráulica y Textura Sector Tilopozo

Las series de datos temporales de conductividad hidráulica para el sector de **Tilopozo** se indican en la **Figura N° 13-90** y **Figura N° 13-91** para los monitoreos de invierno y verano respectivamente.

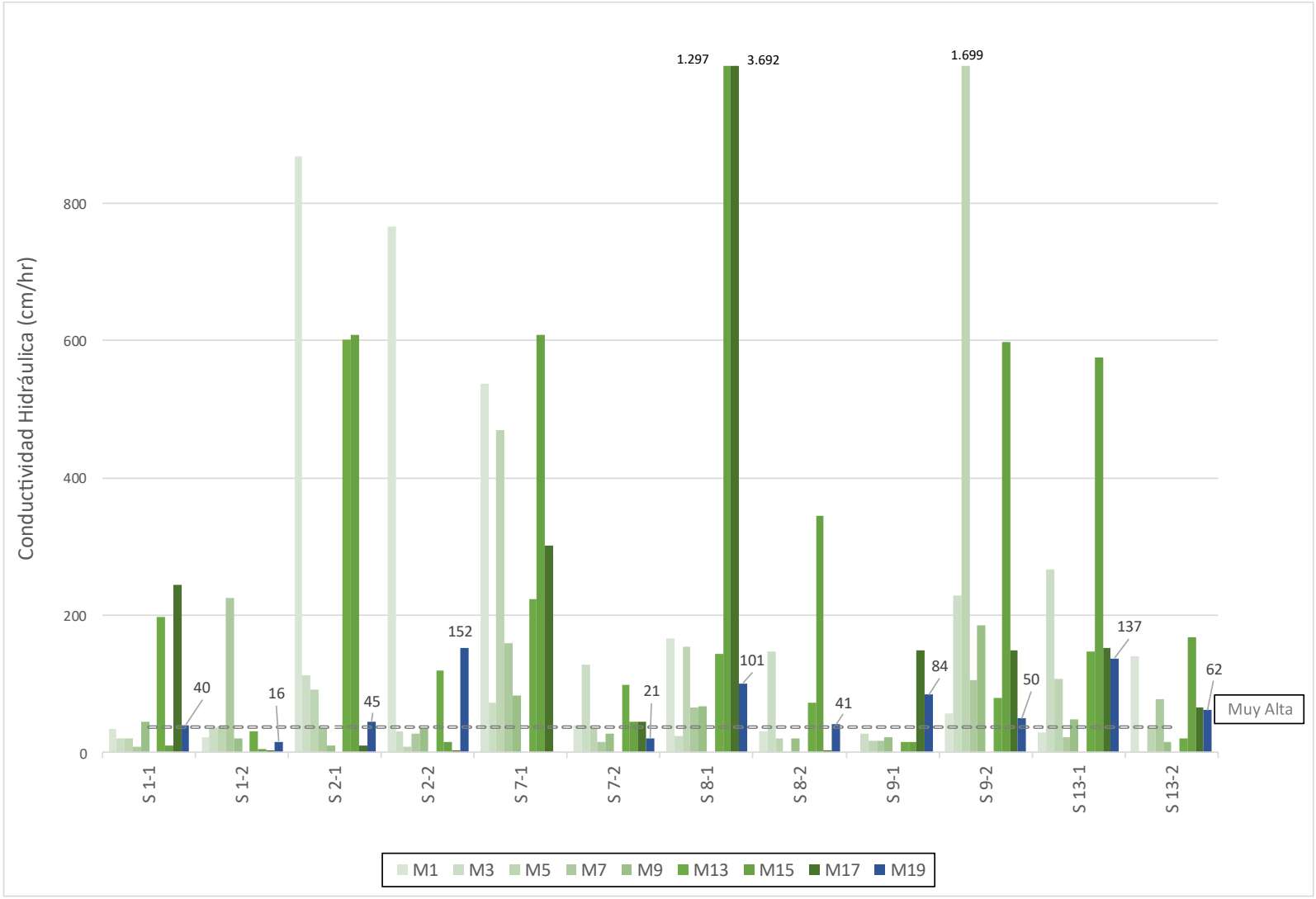
En Tilopozo, la campaña de invierno (M19) mostró dos muestras en el nivel alto y nueve en el muy alto, con valores entre 16 cm/hr (S 1-2) y 152 cm/hr (S 2-2). Todos los datos de M19 se posicionaron dentro de la variación histórica de invierno. El horizonte superficial de S 7-1 no pudo ser muestreado por la dureza del sustrato.

Durante la campaña de verano (M20), las concentraciones oscilaron entre 4,4 cm/hr (S 2-2, nivel alto) y 1.318 cm/hr (S 7-1, nivel muy alto). Once de las doce muestras se mantuvieron dentro de los márgenes históricos de verano, registrándose solo S 1-1 (496 cm/hr) por sobre su máximo estival previo, con un incremento del 34,1%. En la mayoría de los puntos se apreció una baja de la permeabilidad en profundidad, excepto en S 9 que incrementó un 81,5% en el segundo horizonte.

En general, la conductividad hidráulica presenta una elevada variabilidad natural intrínseca a la estructura, porosidad y densidad aparente de los suelos salinos, sin evidencia de intervenciones antrópicas de compactación que alteren estos resultados

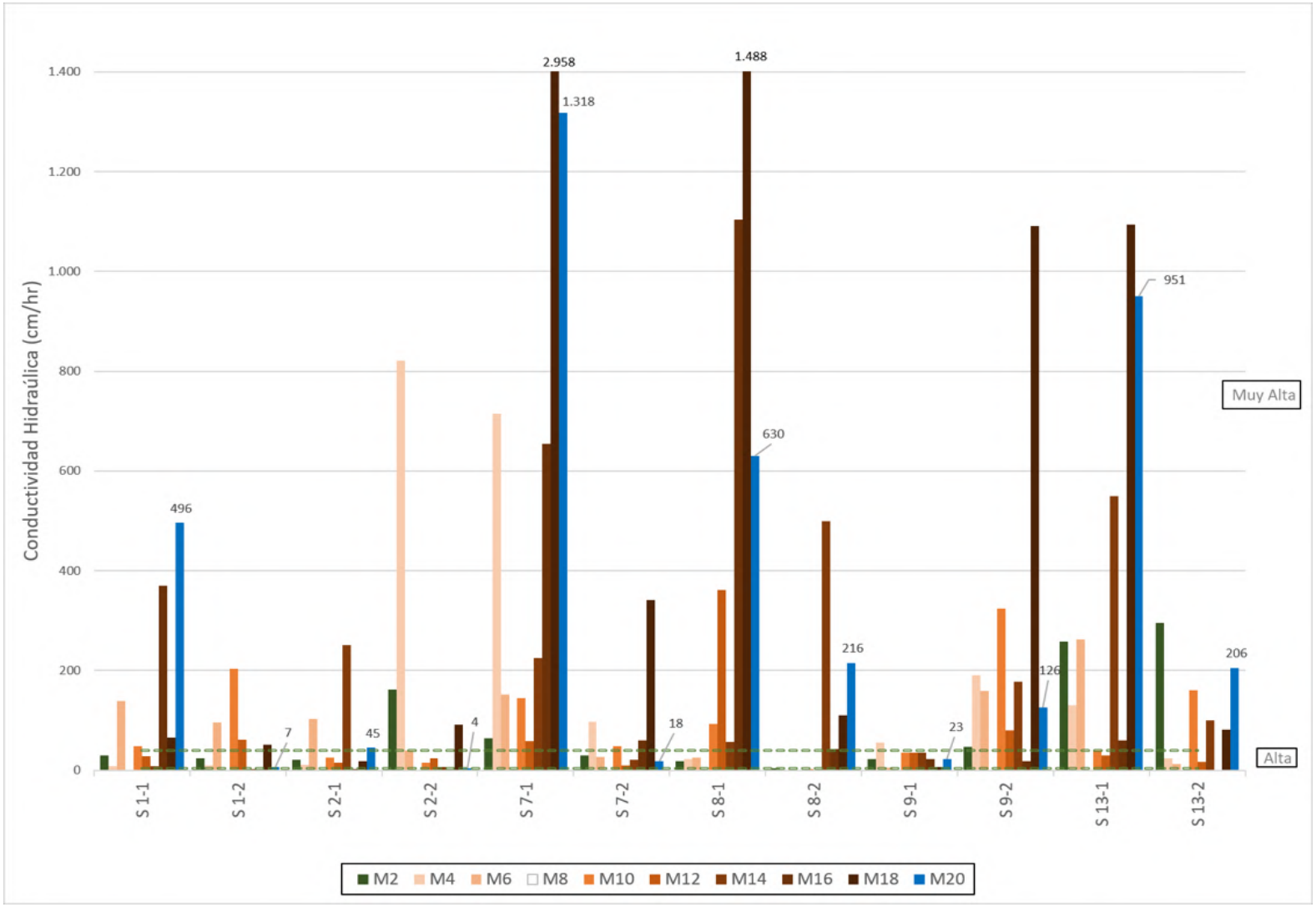
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-90. Conductividad Hidráulica Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-91. Conductividad Hidráulica Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

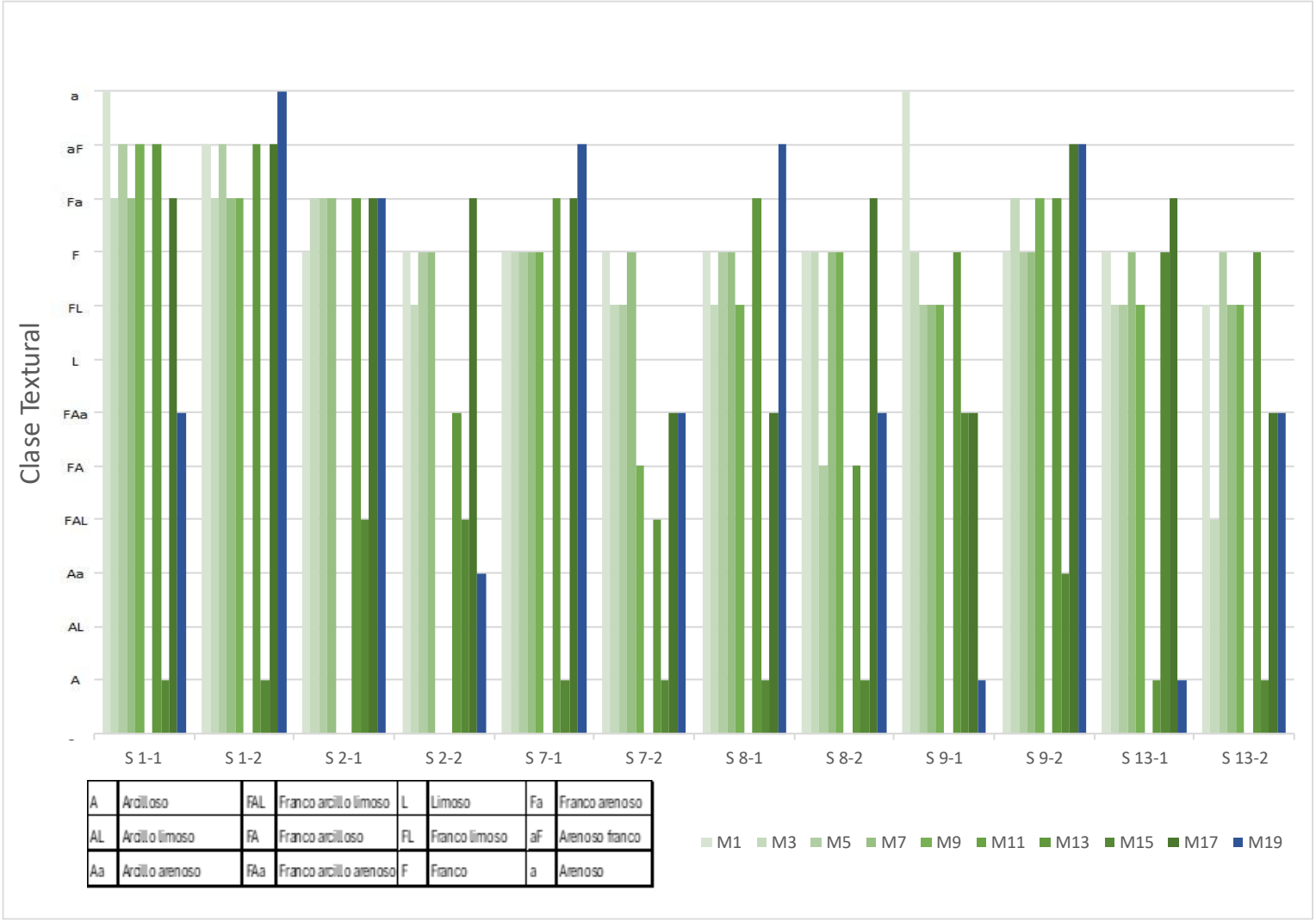
En la **Figura N° 13-92** y **Figura N° 13-93** se muestran los datos de clases texturales registrados en los monitoreos de invierno y verano respectivamente.

En el sector de Tilopozo, durante el monitoreo de invierno (M19), la textura mostró variabilidad entre puntos, clasificándose seis muestras como moderadamente gruesas a gruesas (franco arenosa y areno francosa), cuatro como moderadamente finas (franco arcillo arenosa) y dos en rangos finos (arcillo arenosa en S 2-2 y arenosa muy fina en S 9-1 y S 13-1). Estos valores se mantuvieron cercanos a las tendencias modales de la serie histórica invernal.

Durante la campaña de verano (M20), la totalidad de las doce muestras de Tilopozo se clasificó en la categoría gruesa, perteneciendo sin excepción a la clase textural arenosa. Al comparar con veranos anteriores (donde predominaba la clase areno francosa), se confirma una tendencia hacia el registro de materiales más gruesos. En general, las variaciones de textura entre monitoreos resultan esperables para este ambiente y se relacionan con la heterogeneidad natural de los perfiles y el re-transporte de sedimentos.

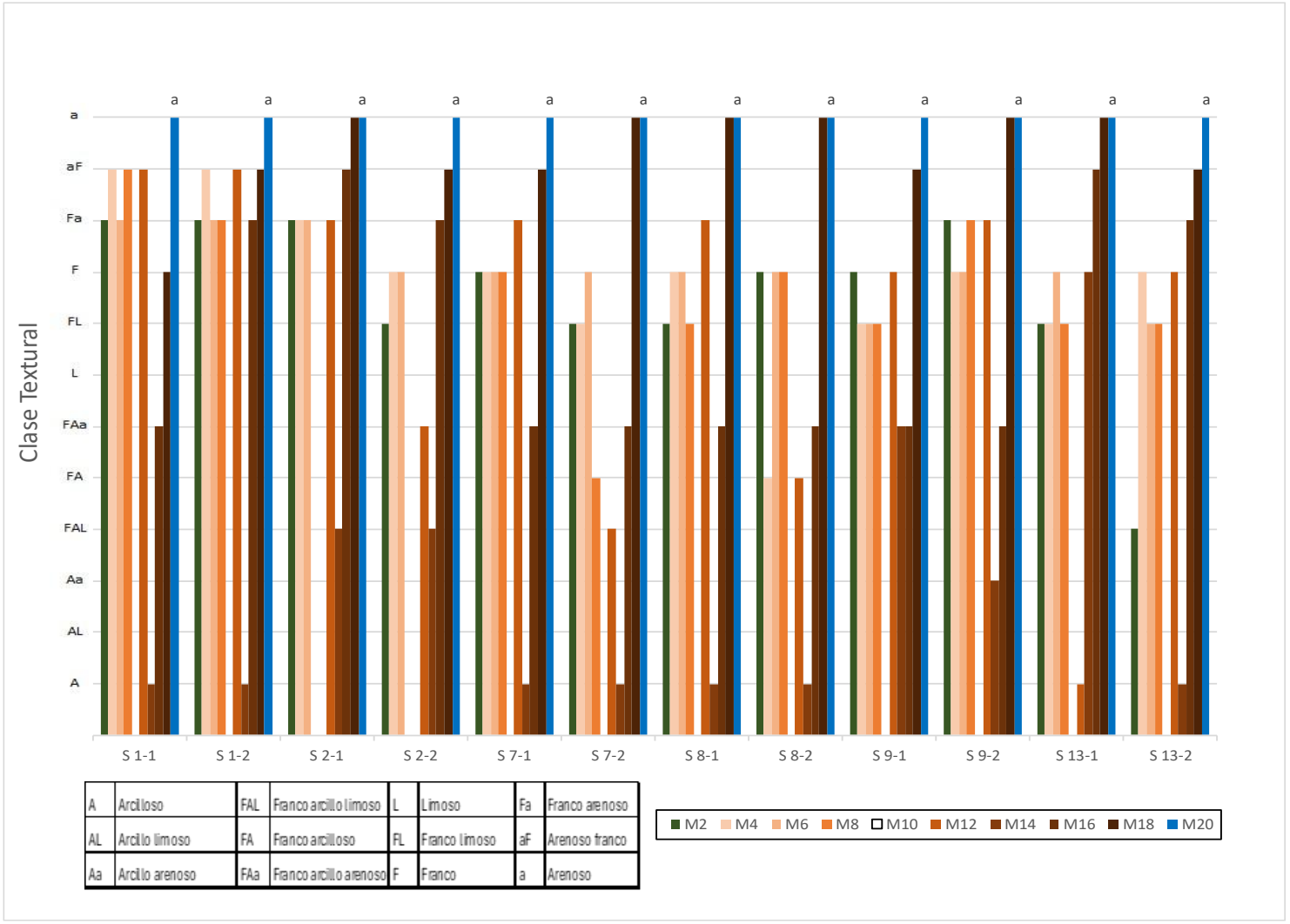
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-92. Clase Textural Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-93. Clase Textural Campañas Verano, Sector Tilopozo.



A	Arcilloso	FAL	Franco arcillo limoso	L	Limoso	Fa	Franco arenoso
AL	Arcillo limoso	FA	Franco arcilloso	FL	Franco limoso	aF	Arenoso franco
Aa	Arcillo arenoso	FAa	Franco arcillo arenoso	F	Franco	a	Arenoso

Fuente: Elaboración Propia.

13.4.3.6 Humedad y Nivel Freático Sector Tilopozo

La serie de datos temporales de humedad se resume en la **Figura N° 13-94** y **Figura N° 13-95** para monitoreos de invierno y verano respectivamente.

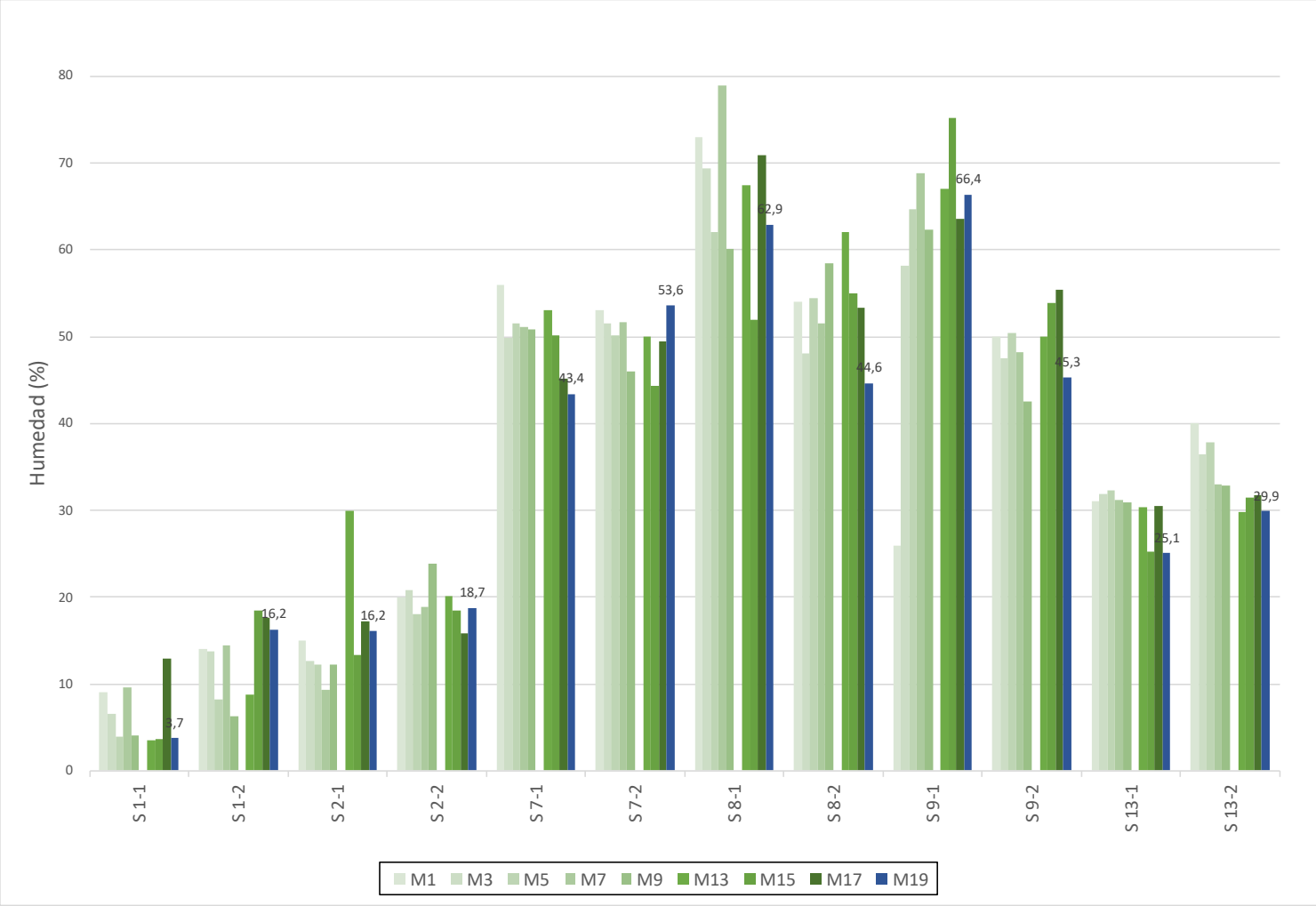
En Tilopozo, el monitoreo de invierno (M19) registró valores de humedad entre 3,7% (S 1-1) y 66,4% (S 9-1). Todas las muestras se mantuvieron dentro de los márgenes históricos de invierno, salvo S 7-2 que se presentó ligeramente sobre su máximo invernal previo. Las mayores acumulaciones hídricas coincidieron con las zonas de vega y nivel freático somero (S 7, S 8 y S 9).

Durante la campaña de verano (M20), los niveles de humedad variaron entre 4,59% (S 2-1) y 62,1% (S 8-1). La casi totalidad de las muestras se ubicó dentro de la variación estival histórica, a excepción de S 2-2 (24,2%) que registró un incremento del 15,8% sobre su máximo histórico de verano. Los patrones espaciales se mantienen estables, mostrando menor humedad en los sectores de piedemonte (S 1 y S 2) y mayores contenidos en las vegas asociadas al núcleo.

En general, la humedad del suelo en el área de estudio demuestra consistencia en el tiempo y responde a la interacción entre la profundidad de la napa freática y las características físicas de los perfiles.

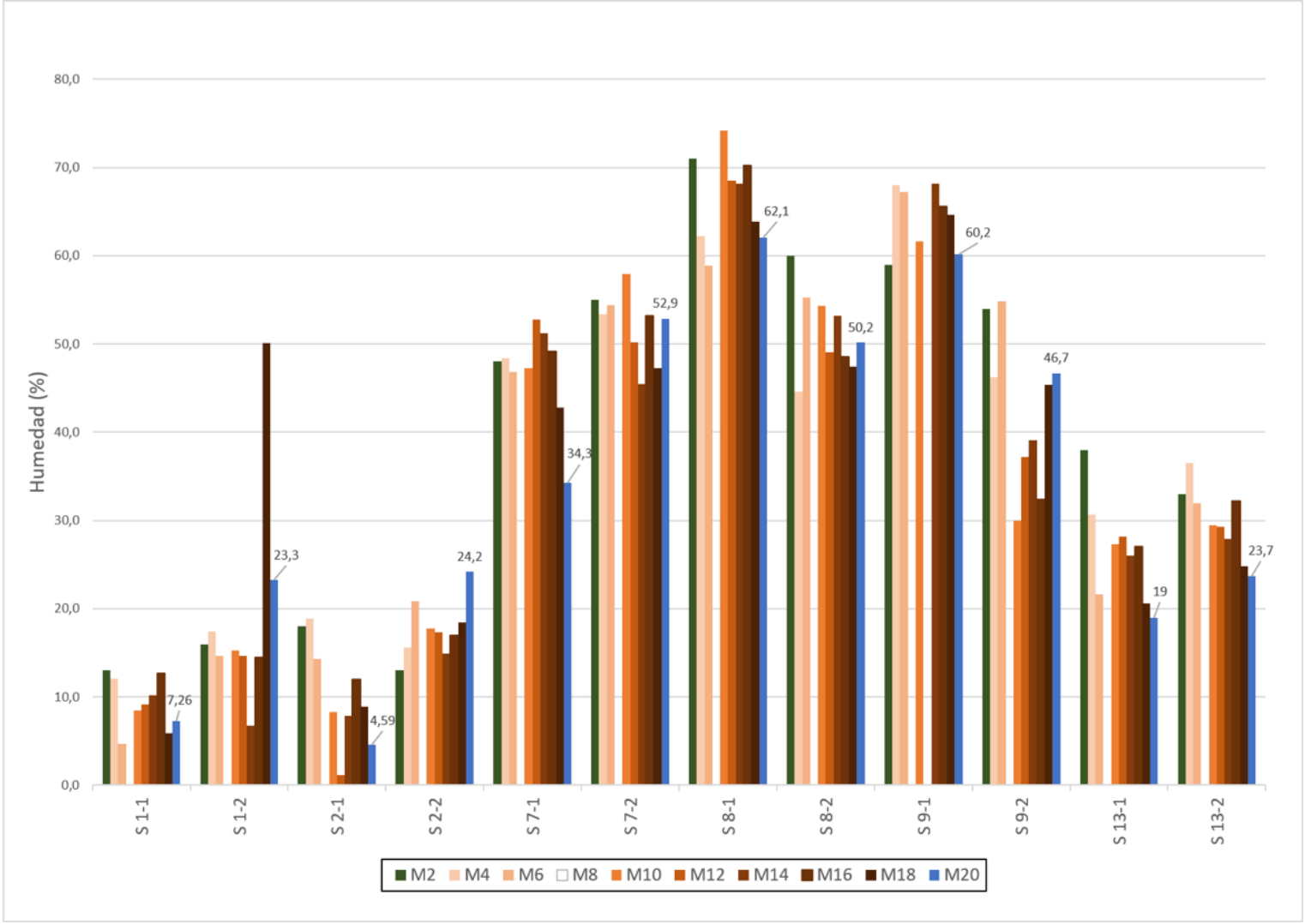
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-94. Humedad Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13-95. Humedad Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia.

Al momento de la toma de muestras de suelo en el sector de **Tilopozo**, se registró el **Nivel Freático,** tanto para el monitoreo de verano e invierno. El registro histórico se muestra en la **Figura N° 13-96** y **Figura N° 13-97** respectivamente.

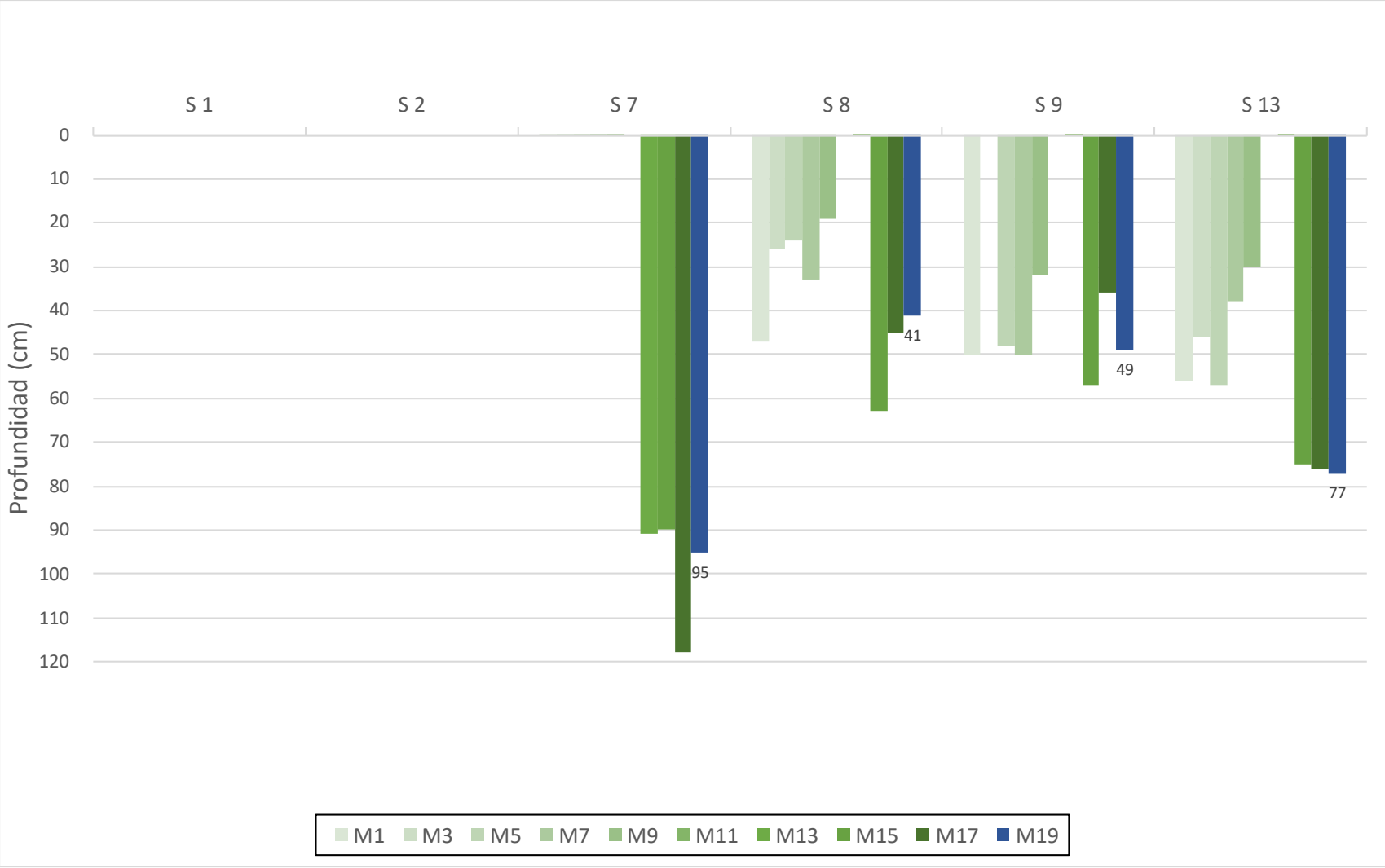
En Tilopozo, durante el monitoreo de invierno (M19), cuatro de los seis puntos registraron nivel freático: S 8 (41 cm, más somero), S 9 (49 cm), S 13 (77 cm) y S 7 (95 cm). Las estaciones S 1 y S 2 se mantuvieron sin napa observable en la profundidad excavada. La totalidad de las mediciones de M19 se presentó dentro de los márgenes de variación histórica invernales, manteniéndose S 7 como el punto más profundo del sector.

Durante la campaña de verano (M20), el nivel freático se registró en cuatro puntos: S 8 (59 cm), S 9 (71 cm), S 7 (99 cm) y S 13 (116 cm), mientras que S 1 y S 2 no mostraron nivel freático en la profundidad de muestreo. Los valores de M20 resultaron consistentes con la tendencia de los monitoreos de verano, observándose un descenso leve de la napa en S 9 (9 cm) y S 13 (6 cm) respecto a sus máximos históricos.

En general, las profundidades del nivel freático se ajustan a lo esperado para zonas adyacentes a cuerpos lagunares salinos. Se aclara que este parámetro no constituye un compromiso directo ante la SMA para el subcomponente suelo, funcionando como antecedente complementario.

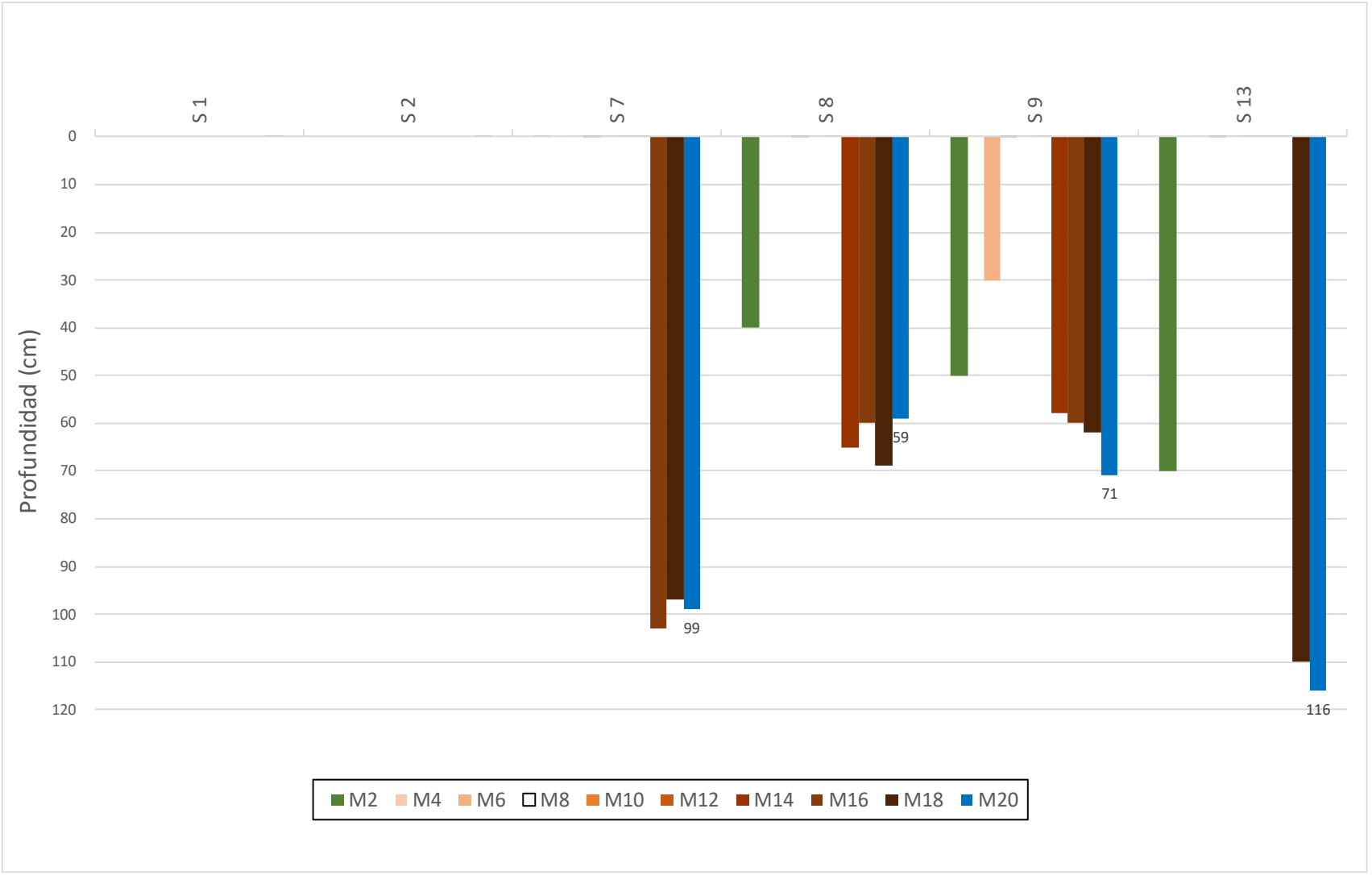
En el **Anexo 2 Suelos o Sustrato,** se presentan tablas con el detalle de resultados y rangos de medición para esta variable.

Figura N° 13-96. Nivel Freático Campañas Invierno, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia. Monitoreos sin datos corresponden a ausencia de nivel freático.

Figura N° 13-97. Nivel Freático Campañas Verano, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración Propia. Monitoreos sin datos corresponden a ausencia de nivel freático

13.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos)

Los resultados señalan que tanto para el monitoreo de invierno 2025 como para el monitoreo de verano 2026, los parámetros físicos y químicos analizados en los sectores de estudio estuvieron en general dentro de los rangos determinados para estos sistemas según el marco de referencia de LB contemplado en el Plan de Manejo Biótico. Aun así, en algunos parámetros se observan valores fuera del rango de variación mínimo-máximo respecto a los registros recopilados en la Línea de Base de dicho PMB, los que se puntualizan en los párrafos siguientes. Cabe mencionar que la calidad natural del agua superficial de la cuenca del Salar de Atacama, está fuertemente influenciada por su litología que es rica en sales y metales, la edafología interviene de manera considerable en las características de salinidad de las aguas y que en la cuenca se encuentran yacimientos de bórax, litio, sodio y potasio, lo que muestra que es muy rica en sales que intervienen en el aumento de la conductividad específica, cloruros y sulfatos (CADE-IDEPE Consultores, 2004).

Cabe destacar que, en el Sector Peine, correspondiente a la laguna Salada (S-9), laguna Saladita (SA-25) y laguna Interna (I-11 e I-17), en la campaña de verano 2026 no fue posible acceder a realizar las labores de monitoreo en ninguna de sus estaciones, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de flamencos, y el sector La Punta-La Brava no fue posible el monitoreo de sus estaciones debido a imposibilidad de acceso por mal estado de los caminos. Ver información de respaldo en **Anexo Cartas y Prohibiciones.**

La **calidad de agua** en el sector La Punta y La Brava cómo es característico, en ambas campañas presentó en sus aguas una alta salinidad y conductividad (asociadas a las altas concentraciones de cloruro y sulfato), junto con un pH moderadamente alcalino. En el caso de laguna La Brava, las estaciones LB-1 y LB-2 fueron las que presentan mayores conductividades comparadas con el resto de las estaciones del sector, con máximos de 68.480 µS/cm en invierno 2025. En la estación LB-3, ubicada en la desembocadura de un afluente de la laguna La Brava, se registran los menores valores de conductividad, salinidad, cloruros y sulfatos, en comparación con las otras estaciones del sector (cercano a 36.480 µS/cm en conductividad). En el caso de LP-23 y LP-24 de laguna La Punta, se obtuvieron conductividades altas también (32.040 a 33.040 µS/cm en invierno), ubicadas dentro del rango de la LB, pero siendo menores a las registradas en las estaciones LB-1 y LB-2 de La Brava.

Las temperaturas en laguna La Brava en general fueron altas, acorde con la baja profundidad del cuerpo de agua, registrándose los mayores valores en LB-3 con un valor de 23,52°C en invierno 2025. Mientras que las temperaturas fueron bajas en laguna La Punta en invierno 2025 (9,31°C en LP-24). Las concentraciones de oxígeno disuelto en el sector fueron bajas en invierno (<3,65 mg/L). Ahora bien, la clorofila “a”, registraron concentraciones bajo el límite de detección (<0,02 µg/L). Según la Evaluación de la condición trófica de la red de control de lagos de la Dirección General de Aguas, desarrollada para sistemas de agua dulce (DGA, 2016), sería un sistema en condición oligotrófica.

Para el sector Tilopozo, los valores obtenidos en el agua en invierno 2025 y verano 2026 muestran como es habitual, un sistema notablemente menos salino que La Punta y La Brava, lo que es esperable al ser una zona de vegas y pozas, registrándose valores menores de

conductividad (entre 3.516 y 4.113 µS/cm) y un pH neutro (6,75 a 7,86). Se observa que los resultados obtenidos en las estaciones TB-1, TB-2 y TB-3 son similares en la mayoría de los parámetros de calidad de agua. En el caso del oxígeno disuelto se obtuvieron concentraciones bajas, siendo mayores en verano 2026 (2,72 a 4,42 mg/L) respecto a invierno 2025 (entre 3,44 y 3,88 mg/L).

Cabe destacar los valores de Clorofila "a" tuvieron una alta oscilación, con mayores valores en invierno 2025 (<0,02 µg/L a un máximo de 12,74 µg/L en TB-3) y menores en verano 2025 (<1 µg/L), la clorofila en Perifiton mostró un rango entre <0,02 y 209,91 mg cl-a/m² para invierno 2025 en TB-3. Tales valores podrían estar indicando algún grado de eutrofización, considerando además lo observado en terreno por la presencia de lamas de microalgas que crecen sobre y entre plantas vasculares sumergidas, condición observada en ambas campañas de monitoreo. Según la Evaluación de la condición trófica de la red de control de lagos de la Dirección General de Aguas (DGA, 2016), sería un sistema de oligotrófico a eutrófico, considerando los valores de fósforo total >0,1 mg/L y de clorofila “a” (9 - 25 µg/L), observándose la condición eutrófico en invierno 2025 en TB-3.

El sistema de lagunas del Sector Peine en invierno de 2025 (no se pudo muestrear en verano 2025), presentó aguas que se encuentran en los rangos propios de sistemas acuáticos salinos, es decir, con alta salinidad y conductividad, con altas concentraciones de cloruros y sulfatos, observándose los valores más altos para estos parámetros en laguna Interna respecto a laguna Saladita. En estos cuerpos de agua se registró un amplio rango de temperaturas, con valores entre 13,13°C y 17,78°C en laguna Saladita y entre 18,07°C y 24,07°C en laguna Interna. Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre 1,73 y 3,62 mg/L, registrándose los valores extremos en laguna Interna. Estos resultados son consistentes con lo descrito para sistemas hipersalinos, donde la elevada salinidad reduce la solubilidad del oxígeno en el agua (Javor, 1989).

Por otra parte, las lagunas de ese sector presentaron un pH moderadamente alcalino, lo cual se relaciona con los valores de alcalinidad total y bicarbonato registrados. A su vez, la clorofila “a”, presentó valores bajo el límite de detección (<0,02 µg/L), al igual que la clorofila en Perifiton, lo que se relaciona con actividades fotosintéticas particulares en cada estación. Según la Evaluación de la condición trófica de la red de control de lagos de la Dirección General de Aguas, desarrollada para sistemas de agua dulce (DGA, 2016), sería un sistema en condición oligotrófica.

Respecto a los resultados de la **calidad de sedimentos** descritos para las estaciones del sector La Punta y La Brava para invierno 2025, en su mayoría se muestran dentro del rango considerado como LB (2015). Cabe mencionar lo acotado del registro de la LB que corresponde tan solo a una campaña realizada en verano de 2015. Tales valores de la LB deben tomarse solo como un registro puntual, considerando que los parámetros de calidad de sedimentos han mostrado durante los monitoreos del Plan de Manejo Biótico, valores habitualmente fuera de ese rango de la LB, evidenciando sedimentos ricos en fósforo, con elevadas concentraciones de carbono orgánico y materia orgánica.

En la campaña de invierno 2024, el porcentaje de materia orgánica en todas las estaciones de La Punta – La Brava fue entre el 6,15% y 21,78%. Tales valores se condicen con los registrados para el carbono orgánico total, que presentó una tendencia en proporciones similares. Referente al potencial óxido-reducción de los sedimentos, en todas las estaciones se registraron valores negativos que indican sedimentos donde se favorecen reacciones de reducción. En general, no se observó un gradiente o una tendencia clara de estos parámetros entre las estaciones del sector.

En relación con los análisis granulométricos en este sector, lo en laguna La Punta el diámetro medio de grano obtenido en LP-23 correspondió a *Limo* (0,056 mm) con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* y para LP-24 correspondió a *Arena fina* (0,204 mm), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado*. En laguna La Brava, para las estaciones LB-1 y LB-2 el diámetro medio de grano correspondió a *Arena media* (0,255 a 0,320 mm), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* y para LB-3 correspondió a *Arena fina* (0,230 mm) con un grado de selección de *Pobremente seleccionado.*

Para el sector Tilopozo, cabe señalar que no hay registros en la LB de calidad de sedimentos. En las estaciones de este sector (TB-1, TB-2 y TB-3) las concentraciones de COT y porcentaje de materia orgánica de sus sedimentos fueron en general mayores a los encontrados en el sector de La Punta y La Brava, a pesar de ser aguas con menor cantidad de sales, donde se esperaría mayor degradación de la materia orgánica. Los valores de Nitrógeno Total Kjeldahl también tendieron a ser elevados (>3,7 g/Kg), al igual que las concentraciones de fósforo total (máximo 58.200 mg/Kg en TB-2 en invierno 2025), los cuales fueron en general mayores a los encontrados en el sistema La Punta y La Brava. Respecto de este registro máximo se sugiere como anómalo lo observado en invierno 2025 y el de verano 2025 según lo observado en el registro histórico por lo que se debe seguir observando el registro en el futuro. Los resultados granulométricos para el sector Tilopozo en ambas campañas, muestran que el diámetro medio de grano obtenido en las estaciones abarcó de *Arena fina, Arena Muy Fina*, *Limo*, con grados de selección de *Muy pobremente seleccionado*.

En el sector Peine en invierno 2025 la concentración de carbono orgánico total varió de 34,34 a 85,61 g/kg y el porcentaje de materia orgánica entre 6,61% a 14,76%, registrándose los valores más altos en laguna Salada. Respecto al fósforo total, los valores registrados estuvieron en un rango de <500 a 4.000 mg/Kg. Referente al potencial óxido-reducción, en todas las estaciones muestreadas se registraron sedimentos con características reductoras con valores negativos. En general, no se observó un gradiente o una tendencia de estos parámetros entre las estaciones del sector.

Bajo una mirada integradora, los valores registrados en los sectores del sistema corresponden a ambientes acuáticos alcalinos, con altas concentraciones de sales (para el caso de las lagunas más cercanas al núcleo del salar) y en general un sedimento con materia orgánica recalcitrante a la degradación microbiana anaeróbica. Los altos contenidos de fósforo pueden deberse a la misma razón, sumado a la capacidad particular de los sedimentos para retener el fósforo, cuyos valores más altos fueron registrados en las pozas de Tilopozo.

Para el caso de las comunidades biológicas, en general, mostraron valores dentro de los registros esperados de acuerdo con los estudios previos.

Las comunidades de microalgas, *fitobentos* y *fitoplancton,* presentaron valores de riqueza de géneros y abundancia similares a los registros históricos de las campañas invierno y verano de la línea de base contemplada en el Plan de Manejo Biótico, con excepción de algunos sectores. Cabe señalar que, la abundancia fitoplanctónica ha presentado en el tiempo en general una disminución de los registros, sin embargo, para fitobentos se observó un incremento en las abundancias, con registros por sobre el valor máximo de la línea de base.

Para los invertebrados, zoobentos y zooplancton, en invierno 2025 y verano 2026, los valores de riqueza y abundancia se encuentran en general dentro de los rangos determinados por la LB. Aun así, en el caso del zooplancton las abundancias fueron bajas en ambos periodos y sectores, siendo representados por unos pocos *taxa*, como el copépodo *Boeckella poopoensis* encontrado principalmente en laguna La Punta, el branquiópodo *Artemia franciscana* junto con copépodos *Tigriopus* sp. encontrados en laguna La Brava y las lagunas de Peine (invierno 2025), mientras que el gasterópodo *Heleobia atacamensis* fue reportado en las Vegas de Tilopozo.

Respecto al zoobentos, sus riquezas de *taxa* fueron bajas y abundancias en algunos casos altas (>10.000 Ind/m²). Los organismos más representativos en el sector La Punta y La Brava (invierno 2025) fueron insectos dípteros *Dasyhelea* sp., los ostrácodos Cyprididae, y los gasterópodos *Heleobia* sp., en Peine (invierno 2025) fueron los ostrácodos Cyprididae y los gasterópodos *Heleobia* sp., mientras que en las pozas de Tilopozo los organismos con las mayores abundancias fueron los gasterópodos *Heleobia atacamensis*, alcanzando altas abundancias en invierno 2025 y verano 2026 (>9.000 Ind/m² en TB-2). La especie *Heleobia atacamensis* (caracol de la Familia Cochliopidae) ha sido registrada históricamente en el sector Tilopozo, además, de confirmarse su registro en las lagunas La Punta, La Brava y lagunas de Peine en el sector sur del salar y en Aguas de Quelana, lagunas Chaxa y Puilar en la parte media del salar (Collado et al. 2023 y Valdovinos y Muñoz 2025) y es de significancia ya que está clasificada En Peligro Crítico (CR) según el DS 52/2014 (MMA).

Las plantas vasculares acuáticas (macrófitas) registradas corresponden a *taxa* detectados en los estudios previos, y que no están clasificados en alguna categoría de conservación. En esta componente, se destaca la diferencia que presentaron las estaciones de la vega de Tilopozo respecto de las estaciones de La Punta y La Brava. En relación con las lagunas fue detectado el género *Ruppia*, hidrófita típica de ambientes salobres y las helófitas también de ambientes salobres *Salicornia neei (ex S.fruticosa)*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*.

En tanto, en las vegas se observaron especies de ambientes dulces a salobres como *Zannichellia palustris*, *Myriophyllum* sp*., Juncus balticus*, *Baccharis linearis*, *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus americanus*. En el contexto del monitoreo, las plantas vasculares acuáticas se mantuvieron más bien estables en el tiempo en cuanto a riqueza y abundancias. Cabe destacar que, las plantas vasculares acuáticas reportadas en los sectores estudiados (La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo), correspondieron a plantas halófilas, tolerantes a altas salinidades, oscilación térmica y radiación horaria y diaria.

Si bien, este estudio no contempló la evaluación de fauna íctica, ésta fue registrada por observación directa solamente en el Sector Tilopozo, en las estaciones TB-1, TB-2 y TB-3 durante invierno y verano con el taxón *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859). Cabe señalar que no se realizó capturas de individuos, ni se efectuó pesca eléctrica, en ninguna de las estaciones de monitoreo.

El taxón *G. holbrooki,* corresponde a un pequeño pez originario del hemisferio norte que ha sido introducido en distintos lugares del planeta con el fin de ayudar en el control de mosquitos o zancudos que son vectores de enfermedades. No tiene algún grado de amenaza a su conservación de acuerdo con la legislación vigente.

13.5.1 Comparación LB y Monitoreos (evolución en el tiempo)

13.5.1.1 Calidad de agua

Para el análisis de la calidad de agua de todos los monitoreos de invierno y verano, se consideró la comparación de los parámetros más preponderantes de los sistemas acuáticos salinos, con los rangos de variación (mínimo y máximo) de la LB contemplados en el Plan de Manejo Biótico para las estaciones de invierno y verano. Para ello se utilizó la data de Línea Base de los periodos de invierno 2008, 2013 y 2014 y verano 2014 y 2015, del sector La Punta y La Brava y el Sector Peine. Estos datos fueron contrastados con lo detectado en las respectivas campañas de monitoreo de invierno 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2023, 2024 y 2025 y los monitoreos de verano 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026 excepto por el verano 2020, que no se realizó producto de la pandemia COVID-19.

Los registros obtenidos en las lagunas de **La Punta y La Brava**, durante todos los monitoreos de invierno y verano, han mostrado un sistema de lagunas caracterizado por aguas de alta salinidad y conductividad específica, asociadas a la alta concentración de sales como cloruros, con un máximo registro de este último parámetro de 144.744 mg/L en La Punta (LP-24) en verano 2019 y un mínimo de 7.291 mg/L en La Brava (LB-1) en verano 2025. En este sector los mayores valores en conductividad y salinidad se han registrado históricamente en las estaciones LB-1 y LB-2 de laguna La Brava, en comparación a las estaciones de laguna La Punta (LP-23 y LP-24) y LB-3 de La Brava, registrándose un mínimo histórico de 25.770 µS/cm en conductividad en LB-3 en verano 2024 y un máximo de 165.100 µS/cm en LB-2 en verano 2019. Respecto a la estación LB-3, ubicada en la desembocadura de un afluente de laguna La Brava, se han registrado menores valores para estos parámetros, sin embargo, se evidencia un incremento en verano 2019 y también en los inviernos de 2019 y 2020, para luego disminuir nuevamente a partir de invierno 2021. En esta estación se han registrado un rango de valores de conductividad entre 26.410 µS/cm (invierno 2022) y 69.960 µS/cm (invierno 2020).

Observando la evolución en el tiempo en este sector de La Punta y La Brava, se distinguen las estaciones LB-1 y LB-2 con comportamiento distinto a los demás puntos del sector, con marcadas fluctuaciones entre inviernos, donde se alcanzaron los mayores valores en conductividad eléctrica y concentraciones de cloruro y sulfato del sector durante los inviernos 2019, 2021 y 2023 (por sobre la LB en el caso de la conductividad), registrándose los valores menores de estos parámetros principalmente en los inviernos 2020, 2022, 2024 y 2025. Por su parte, en la estación LB-3 ubicada en la desembocadura de un afluente de laguna La Brava, se registraron durante los inviernos valores menores para estos parámetros, sin embargo, se evidencia un incremento desde invierno 2018 al 2020, para disminuir nuevamente en invierno 2021, mantenerse con baja variación en invierno 2022 y 2023, para incrementarse levemente en invierno 2024 y 2025. En laguna La Punta (estaciones LP-23 y LP-24), se observaron en invierno 2018 los menores valores para estos parámetros, los máximos en invierno 2019 y 2020, luego disminuir paulatinamente hasta invierno 2022, aumentar nuevamente en invierno 2023 y disminuir en invierno 2024 e invierno 2025, con concentraciones dentro del rango de la LB y bajo este (**Figura N° 13-98 A**). Respecto a los veranos, se obtuvo un incremento de conductividad, cloruro y sulfato en verano 2019 respecto a los veranos 2017 y 2018 (en

algunos casos por sobre la LB), para luego disminuir en verano 2021 y posteriormente mostrar un rango de variación menor en 2022, 2023, 2024 y 2025, observándose en las últimas campañas valores dentro del rango de la LB, exceptuando en LB-2 que en verano 2024 los parámetros de sulfato y cloruro sobrepasaron ese rango (**Figura N° 13-98 B**).

Tales fluctuaciones identificadas, pueden ser atribuibles a la dinámica hidrogeológica de la zona marginal del Salar de Atacama. La disolución de sales en el agua infiltrada que luego aflora en las lagunas salinas es modulada tanto por el proceso de evapotranspiración diario, como por el aporte de agua por las precipitaciones en el Salar. Según los registros de salinidad obtenidos en LB-1 y LB-2, tanto para los inviernos como veranos, esta agua se clasifica como hipersalina (>40 g/L) según el sistema de Venecia de 1959 (Ribera, 2016), lo que está en concordancia con los estudios de Farías *et al.* (2014) y Fernandez *et al.* (2016), quienes especifican que las condiciones ambientales dadas en la laguna La Brava se caracterizan por (1) una alta radiación solar debido a una menor presión barométrica a gran altura, (2) fluctuaciones extremas de la temperatura, típica de los ambientes desérticos, (3) cambios extremos en la salinidad debido a la evaporación neta que produce agua hipersalina y (4) altas concentraciones de litio, boro y arsénico.

En un contexto geoquímico, cabe señalar que el Salar de Atacama comprende dos unidades principales en su territorio: un núcleo y una zona marginal. El núcleo (1.100 Km^2 y 900 m de espesor) consiste en un haluro poroso (90%) impregnado con una salmuera de cloruro de sodio rica en litio, potasio, magnesio y boro, la cual ocupa los intersticios del haluro. La zona marginal del Salar que rodea el núcleo consiste en sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos, especialmente yeso (Alonso y Risacher 1996). En el caso de la laguna La Brava, esta se encuentra ubicada en la zona marginal (Farías *et al.*, 2014), al igual que laguna La Punta y las lagunas Salada, Saladita e Interna del sistema de Peine. Esto concuerda con las altas concentraciones de sulfato encontradas en ambos sistemas. Cabe mencionar que las mayores conductividades, salinidades y concentraciones de sulfato, se registraron en las estaciones más cercanas al núcleo del salar (La Brava e Interna), en concordancia con lo descrito anteriormente.

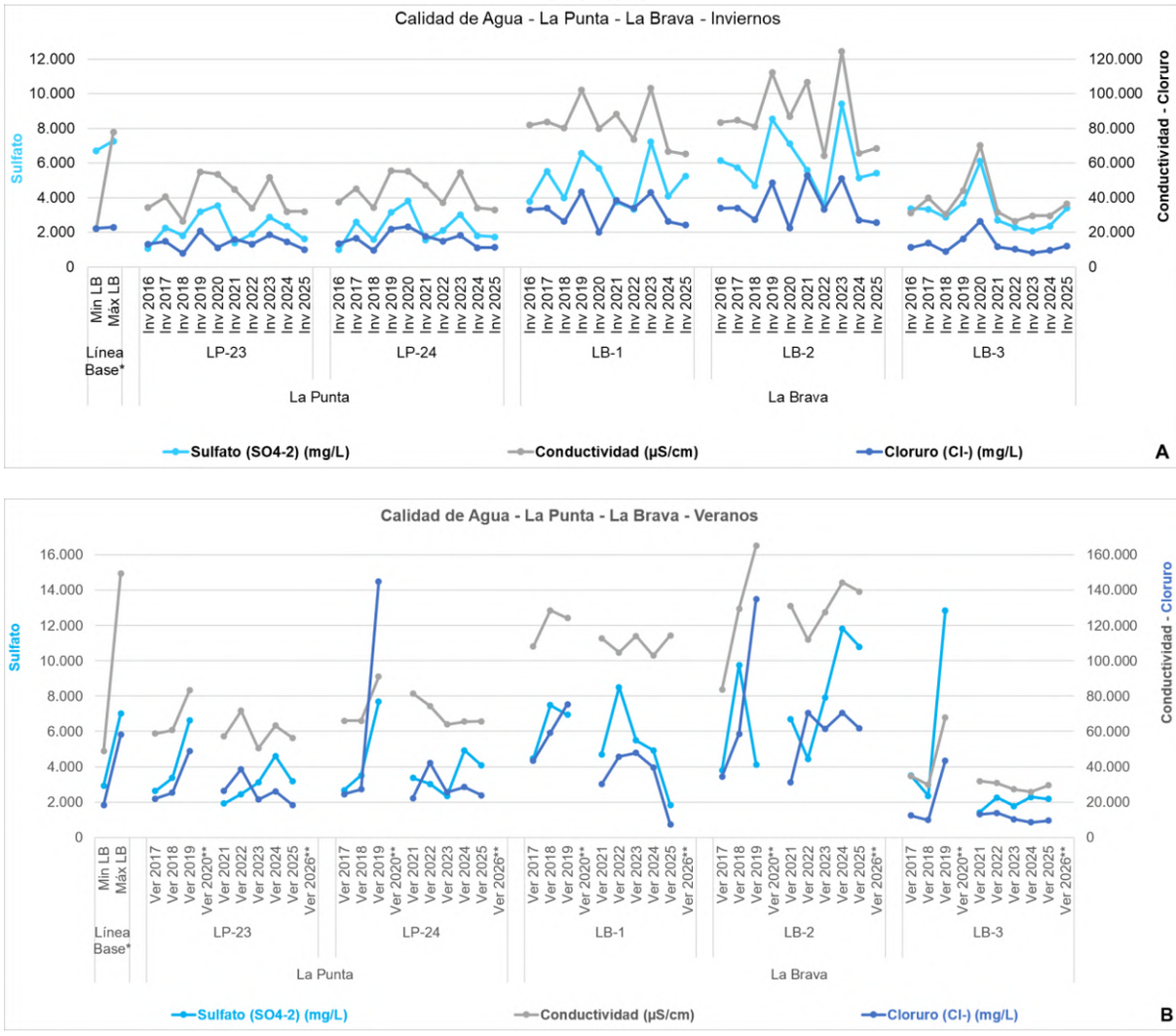
Las lagunas La Punta y La Brava, presentaron valores moderadamente alcalinos de pH para la gran mayoría de los puntos de monitoreo en verano e invierno, mostrando por lo general valores sobre 8, en concordancia con los altos valores de alcalinidad total, parámetro que a su vez varía según los aportes y equilibrio entre el bicarbonato y los carbonatos, registrándose los valores más altos de pH en invierno 2022 y los veranos de 2018, 2022 y 2024, tanto en laguna La Punta como en laguna la Brava. Respecto a los parámetros de bicarbonato y alcalinidad, el PMB solo cuenta con valores de LB de una sola campaña (2015), por lo tanto, las desviaciones respecto a estos registros podrían deberse a variaciones que ocurren de forma natural (**Figura N° 13-99**).

La temperatura del agua en este sector mostró una importante variabilidad, observándose un incremento en todas las estaciones desde el invierno 2016 al 2021, para bajar en invierno 2022 y luego aumentar nuevamente de manera considerable en todas las estaciones en invierno 2023 (máximo de 32,36 °C en LB-2 en invierno 2023), disminuir las temperaturas registradas en invierno 2024 y luego mantenerse con una variación menor en invierno 2025, observándose

también en todos los inviernos mayores temperaturas en laguna La Brava, respecto de La Punta (**Figura N° 13-100 A**). Respecto a los veranos, en laguna La Punta las mayores temperaturas registradas fueron en los veranos 2017, 2019, 2021, 2023 y 2025, mientras que las menores ocurrieron en verano 2018. En laguna La Brava, las mayores temperaturas ocurrieron en los veranos 2017 y 2024 en LB-1 y LB-2 y en verano 2025 en LB-3, observándose una alta variabilidad entre campañas (**Figura N° 13-100 B**).

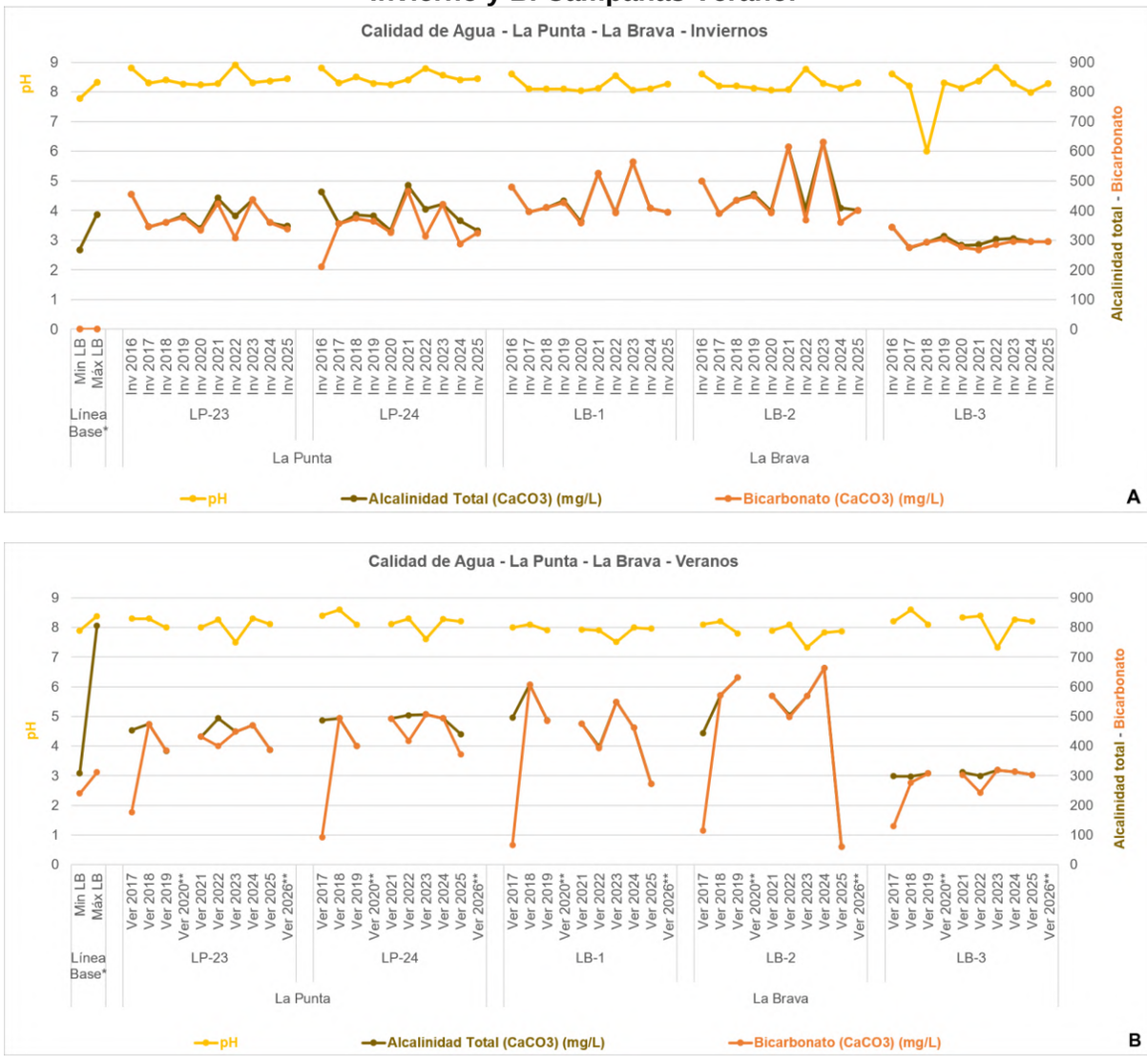
Respecto al oxígeno disuelto en los inviernos, este mostró en el sector concentraciones bajas, principalmente entre 2 y 5 mg/L (bajo el mínimo de la LB), exceptuando en invierno 2022 que se incrementó con valores por sobre los 5 mg/L en la mayoría de las estaciones. En la estación LB-3 en los inviernos de 2016, 2018, 2021, 2022 y 2024, se sobrepasaron los 7,5 mg/L de oxígeno disuelto (**Figura N° 13-100 A**). En las campañas de verano, el oxígeno disuelto presentó concentraciones bajas, exceptuando por LB-3 en los veranos 2021, 2022, 2023 y 2024 (con valores >5 mg/L) y en LP-23 en verano 2017, con un valor muy superior a los otros veranos (incluso mayor que LB). Los valores más bajos de oxígeno disuelto ocurrieron en La Brava (LB-1 y LB-2) en los veranos 2017, 2018, 2023 y 2024, estando incluso bajo el mínimo establecido en la línea base (>2 mg/L) (**Figura N° 13-100 B**). Las concentraciones de clorofila “a” en este sistema fueron en general bajas (principalmente en La Punta), tanto en invierno como en verano, lo que se puede relacionar con una baja actividad fotosintética o productividad primaria microalgal (**Figura N° 13-100)**.

Figura N° 13-98. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



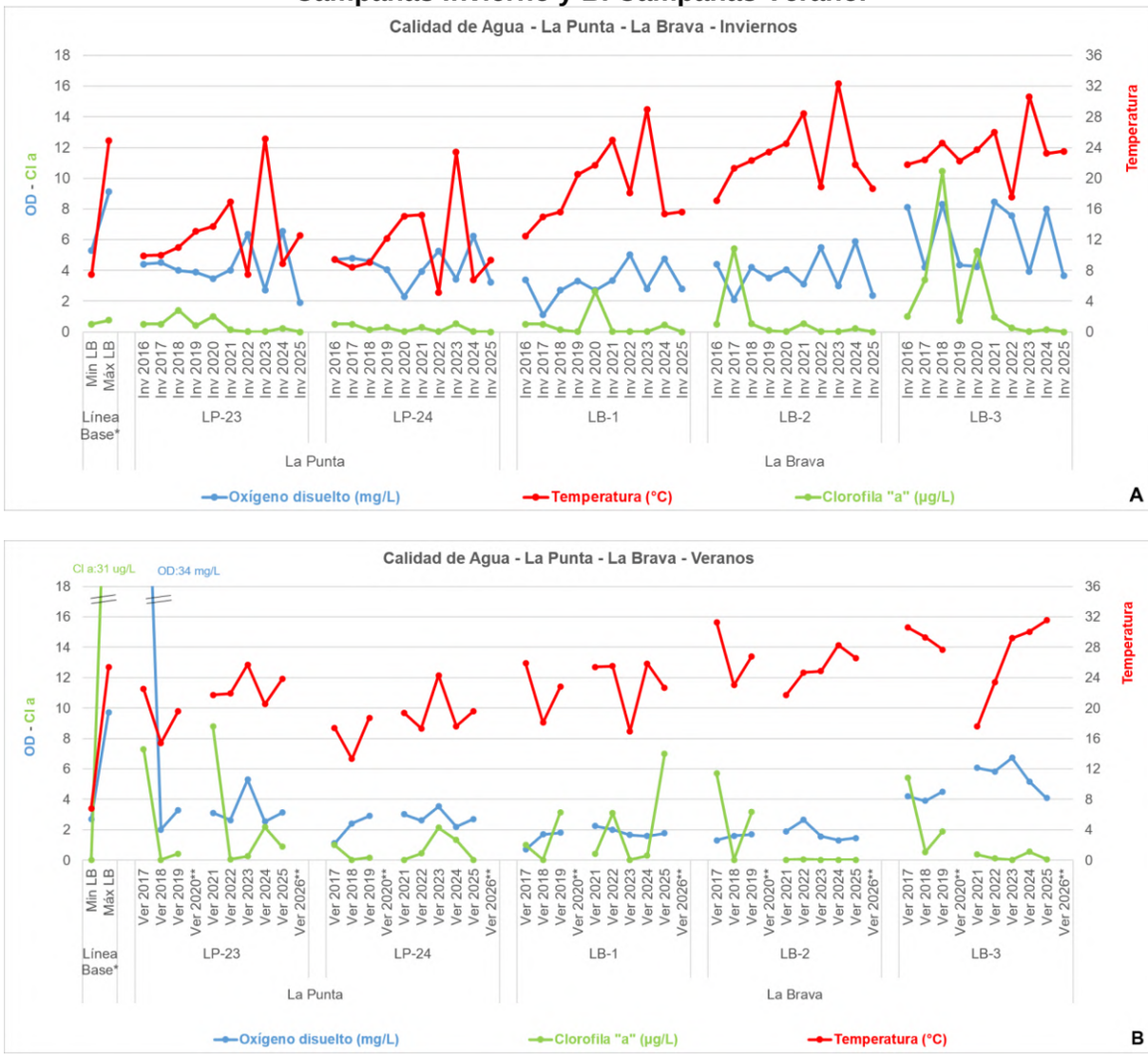
Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante de la Línea Base. Para las campañas de invierno corresponde a los registros de invierno 2008, 2013 y 2014 y para las campañas de verano a los registros de verano 2014 y 2015, respectivamente. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo

Figura N° 13-99. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de pH, Alcalinidad total y Bicarbonato en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante de la Línea Base. Para las campañas de invierno corresponde a los registros de invierno 2008, 2013 y 2014 y para las campañas de verano a los registros de verano 2014 y 2015, respectivamente. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo

Figura N° 13-100. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de temperatura, oxígeno disuelto y Clorofila "a" en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante de la Línea Base. Para las campañas de invierno corresponde a los registros de invierno 2008, 2013 y 2014 y para las campañas de verano a los registros de verano 2014 y 2015, respectivamente. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo.

Los valores obtenidos en el sector de **Tilopozo**, muestran un sistema con menor conductividad (entre 3.336 y 4.733 µS/cm), salinidad (2 a 3 g/Kg), sulfato (139 a 1926 mg/L) en comparación con los otros sectores de estudio, condición esperable dada las características propias de estas estaciones de sistema de vegas y de su lejanía del núcleo del salar. El parámetro de cloruro se ha mantenido con valores <2600 mg/L para este sector, sin embargo, en la estación TB-1 en el verano de 2021 se registró una concentración de 18.292 mg/L, la cual no se condice con los valores bajos de salinidad y conductividad. Tal valor responde a un registro puntual,

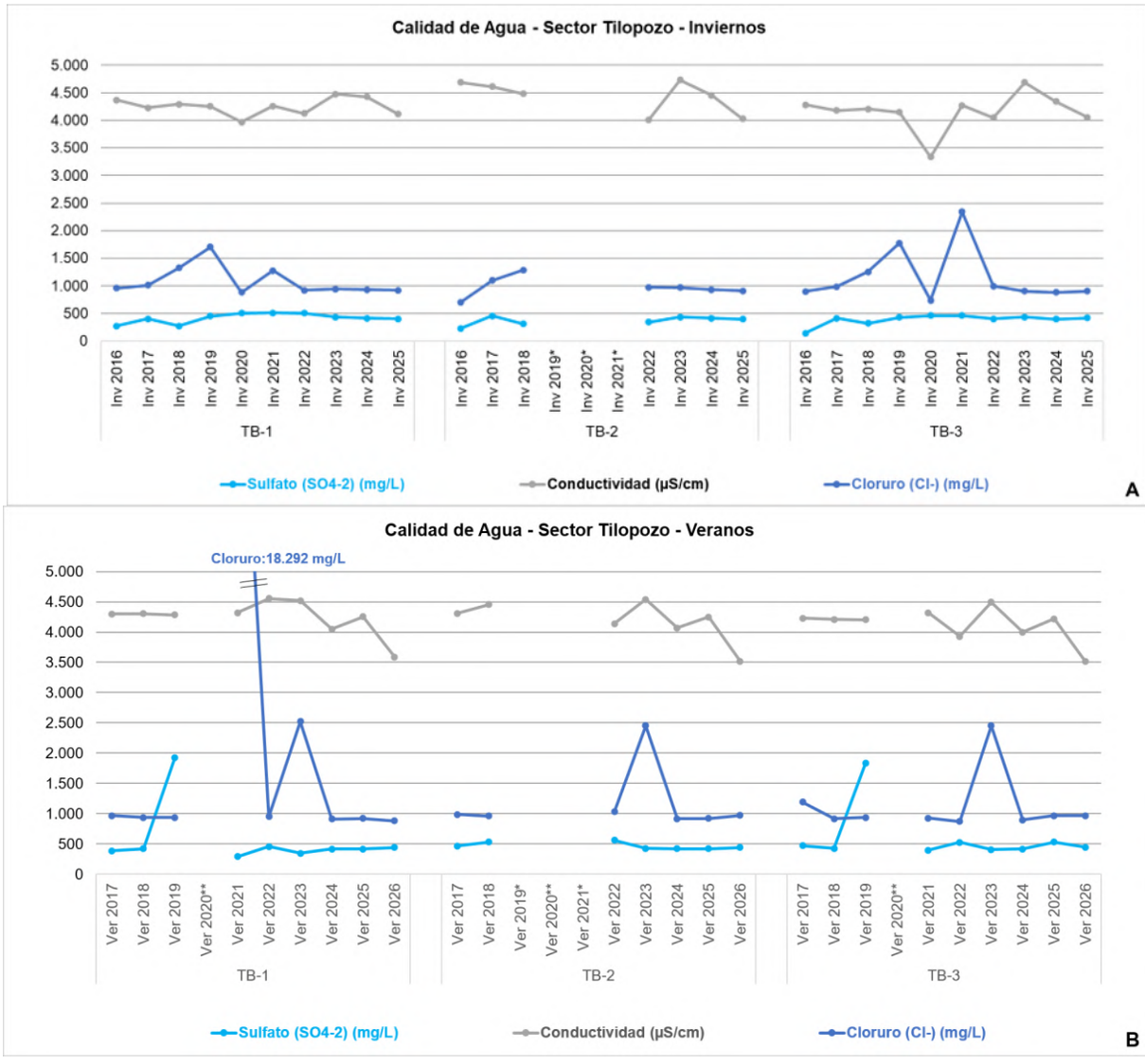
que no representa las condiciones de este sector, considerando los parámetros más conservativos como la conductividad (**Figura N° 13-101**). Se ha registrado un pH de neutro a moderadamente alcalino (6,34 a 9,00), con valores de alcalinidad total y de bicarbonato entre 274 y 413 mg/L. Respecto a los parámetros mencionados para este sector, no se observaron importantes variaciones o diferencias entre las campañas de invierno y verano (**Figura N° 13-102**). Cabe mencionar que en las campañas de verano 2019, invierno 2019, invierno 2020, verano 2021 e invierno 2021, la estación TB-2 se encontró sin agua superficial y que la campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.

Las temperaturas en general fueron altas y cercanas a 25°C para TB-1 y TB-3, tanto en verano como en invierno, pero en el caso de TB-2 tuvo un registro más variable, entre 6,7°C en invierno 2018 y sobre los 25,9°C en invierno 2022 (**Figura N° 13-103**).

Si bien las estaciones del sector Tilopozo se encuentran cercanas entre sí, éstas presentan diferencias, observándose valores similares de los parámetros entre las estaciones TB-1 y TB-3, a diferencia de la estación TB-2, en relación con la temperatura, pH, conductividad específica, oxígeno disuelto, alcalinidad total, bicarbonato, sulfato, nitrato, clorofila “a” y turbiedad. Esto se relaciona con que las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden a pozas de <2 m de profundidad de afloramiento de agua subsuperficial, respectivamente y TB-2 corresponde a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad.

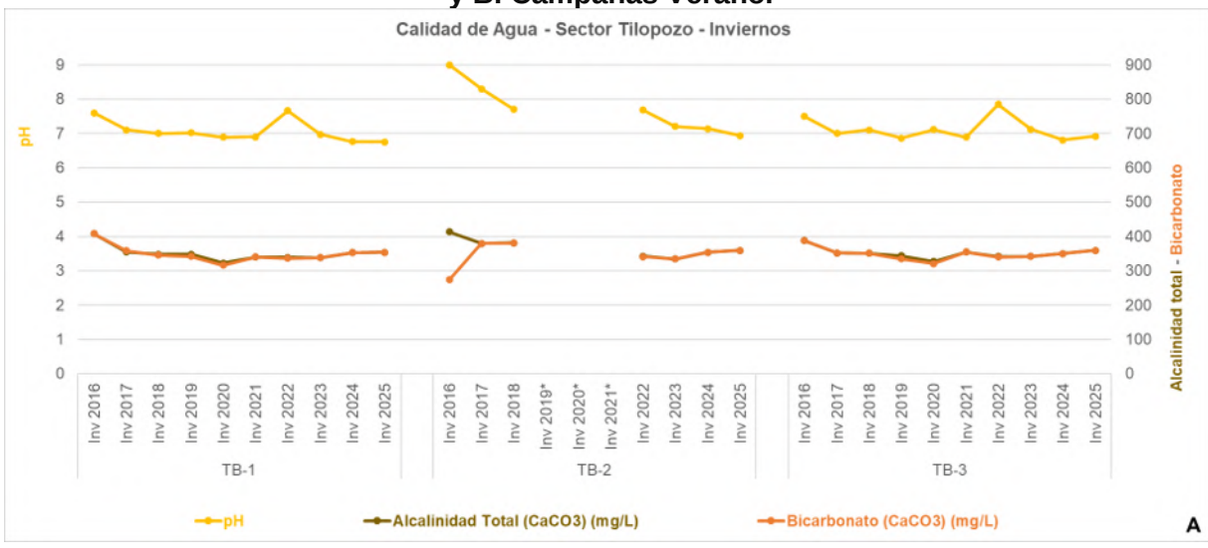
Ahora bien, en verano 2018 la clorofila “a” en fitoplancton alcanzó un valor máximo de 182,84 µg/L, este valor se registró en la estación TB-2 siendo el mayor para el sector (**Figura N° 13-103**), el cual correspondería a una condición de eutrofia (Smith et al. 1999 y Dods et al. 1998). Respecto de todas las estaciones de Tilopozo, los valores registrados para Clorofila-a en Perifiton podrían estar indicando algún grado de eutrofización en estas pozas (Smith et al. 1999 y Dods et al. 1998). Considerando que el sistema presenta una condición de oligotrofia, según los valores de nitrógeno total <700 mg/L y fósforo total <25 mg/L y de meso a eutrofia según los valores de clorofila-a perifiton >70 mg/m^2 detectados para este estudio (Smith et al. 1999; Dods et al. 1998), además de lo observado en las campañas de terreno por la presencia de una abundante biomasa de macrófitas y de lamas microalgales superficiales de color amarillo sobre ellas.

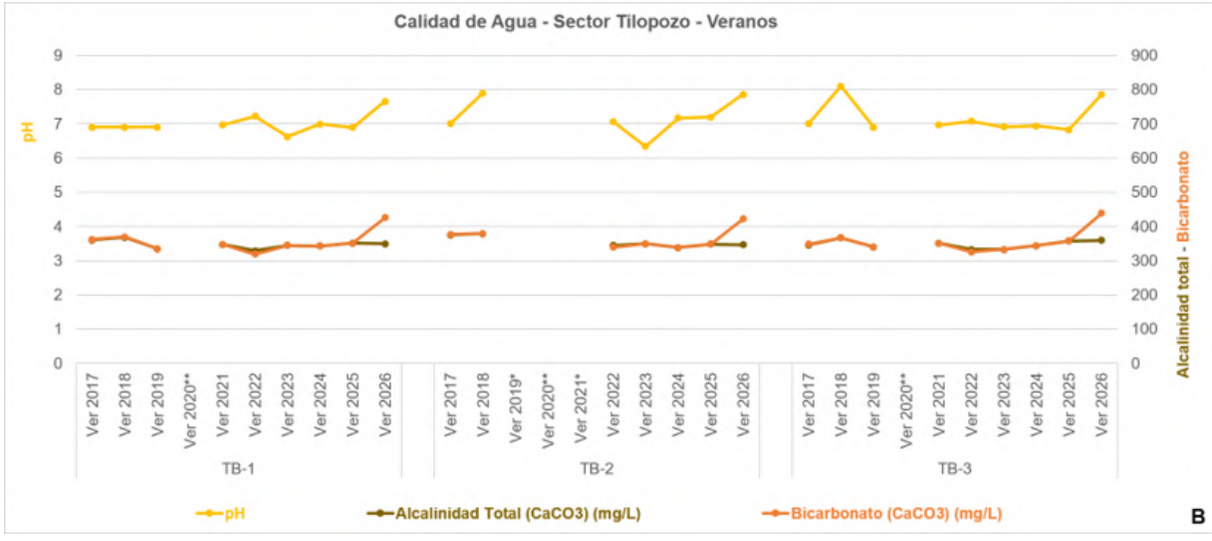
Figura N° 13-101. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector Vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) La estación TB-2 en las campañas de invierno 2019, 2020 y 2021 y las campañas verano 2019 y verano 2021 se encontró sin agua superficial al momento del muestreo (**) La campaña estival 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19

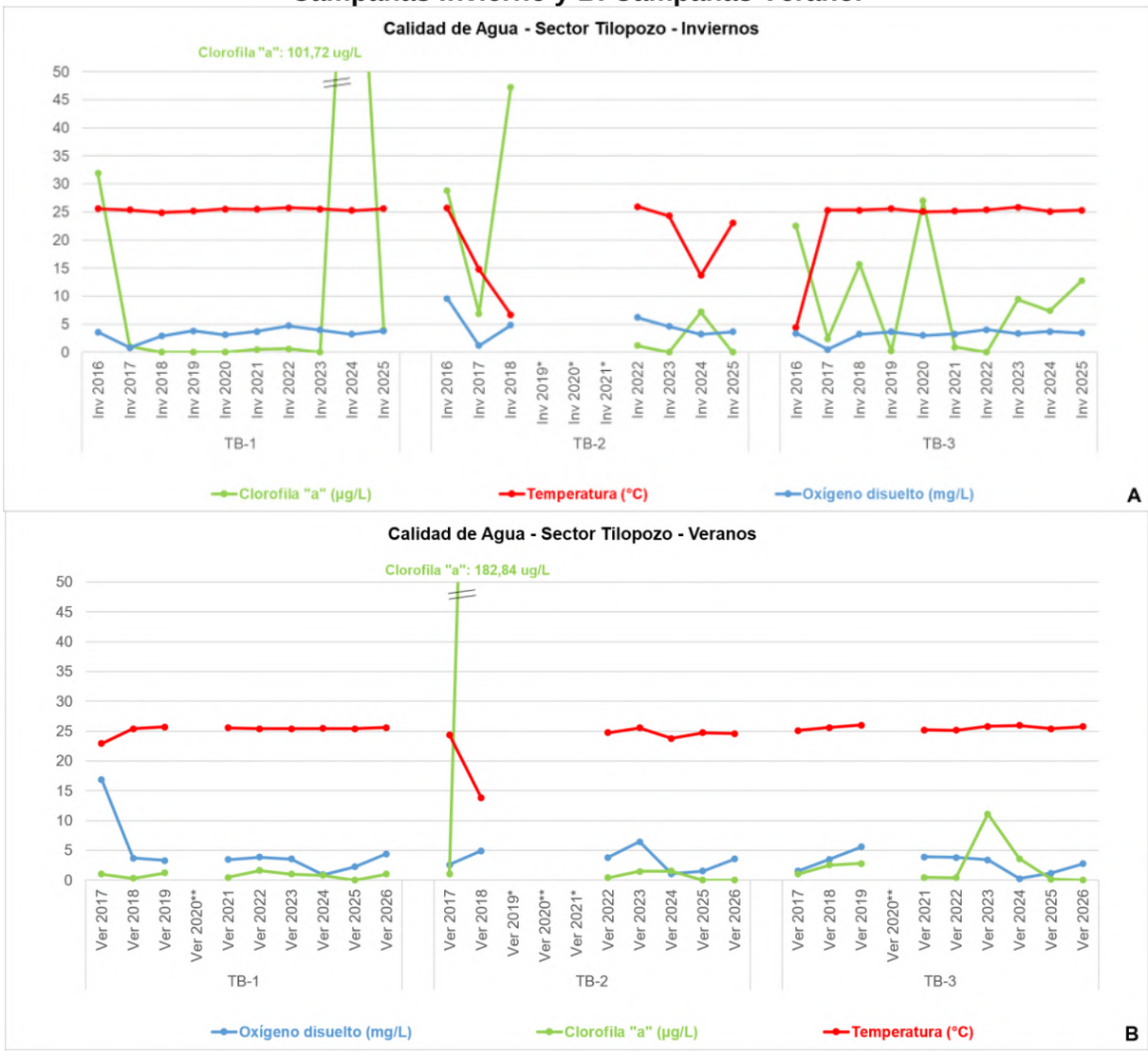
Figura N° 13-102. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de pH, Alcalinidad total y Bicarbonato en el Sector Vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.





Fuente: Elaboración propia. (*) La estación TB-2 en las campañas de invierno 2019, 2020 y 2021 y las campañas verano 2019 y verano 2021 se encontró sin agua superficial al momento del muestreo. (**) La campaña estival 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.

Figura N° 13-103. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de temperatura, oxígeno disuelto y Clorofila “a” en el Sector Vegas de Tilopozo. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) La estación TB-2 en las campañas de invierno 2019, 2020 y 2021 y las campañas verano 2019 y verano 2021 se encontró sin agua superficial al momento del muestreo. (**) La campaña estival 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.

El sistema de lagunas del **Sector de Peine** se caracteriza por presentar en sus aguas una alta salinidad y conductividad, asociadas a la alta concentración de sales como cloruros, observándose una tendencia a aumentar su concentración de sales desde laguna Salada hacia laguna Interna, tanto en invierno como en verano (**Figura N° 13-104 A y B**). Los registros de calidad de agua para los inviernos de 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2024 y 2025 en este sector, muestran que los parámetros de Conductividad, Salinidad y Cloruros aumentan a medida que se avanza hacia laguna Interna (más cercana al núcleo del salar). Temporalmente, las concentraciones se presentaron variables y generalmente en el rango de los valores de la LB, siendo levemente superior a este rango la Conductividad en algunos casos (inviernos 2017 y 2019 en la estación S-5 e inviernos 2017, 2019 y 2021 en las estaciones SA-25, S-10 e I-11). La mayor variación se presenta en el punto I-17 de laguna Interna, registrándose desde el comienzo de los inviernos (año 2017) incrementos en las concentraciones en Conductividad, Salinidad y Cloruro, durante los inviernos del 2017, 2019 y 2021, cuyas máximas se encontraron por sobre los valores de LB de referencia.

En la campaña de invierno 2020 se registró la menor Conductividad para los monitoreos de invierno en este sector (mayoría de las estaciones), y para el Cloruro ocurrieron las menores concentraciones en invierno 2018, en invierno 2024 y en invierno 2025 en la mayoría de las estaciones. Respecto al sulfato, este se ha mantenido dentro del rango de la LB, exceptuando la estación I-17 (laguna interna) en los inviernos 2019 y 2020 donde lo superó (**Figura N° 13-104 A**). Estas variaciones están dadas por la dinámica hidrogeológica de la zona marginal del Salar de Atacama. La disolución de sales en el agua infiltrada que luego aflora en las lagunas salinas es modulada tanto por el proceso de evapotranspiración diario como por el aporte de agua a consecuencia de las precipitaciones en el Salar. Cabe mencionar que los valores reportados son propios de lagunas salinas e hipersalinas (Alonso y Risacher 1996; Ribera, 2016) y la gran mayoría de estos valores son menores a los reportados durante las campañas de verano.

Los registros de parámetros de calidad de agua en el **Sector de Peine** para los veranos de 2017, 2018, 2019 y 2022, estuvieron dentro de los rangos determinados para este sistema según el marco de referencia utilizado (Plan de Manejo Biótico). Sin embargo, en la estación I-17 (Laguna Interna), se registraron durante el verano 2017 y 2019 valores altos de salinidad (superiores a línea base). En esta misma estación, se observaron en verano 2019 los valores más altos de conductividad y de cloruros en los monitoreos de verano realizados. Cabe mencionar que en verano 2022 los valores de estos parámetros volvieron a encontrarse dentro de los límites de la línea base. Los registros de sulfato se mantienen estables para todos los monitoreos y dentro de los rangos de línea base.

Este sistema de lagunas se caracteriza por presentar en sus aguas alta salinidad y conductividad eléctrica, asociadas a la alta concentración de sales como cloruros y sulfatos, que muestran la misma tendencia de incrementarse hacia laguna Interna, acordes con el tipo de sedimentos de esta zona, ricos en sulfatos y yeso, dado por la cercanía de las lagunas al núcleo del salar (**Figura N° 13-104 B**). Según el Sistema de Venecia de 1959 (*The Venice System for the Classification of Marine Waters According to Salinity*) (Ribera, 2016), el agua del sistema de Peine se encuentra entre aguas mesohalinas a hipersalinas para el periodo estudiado.

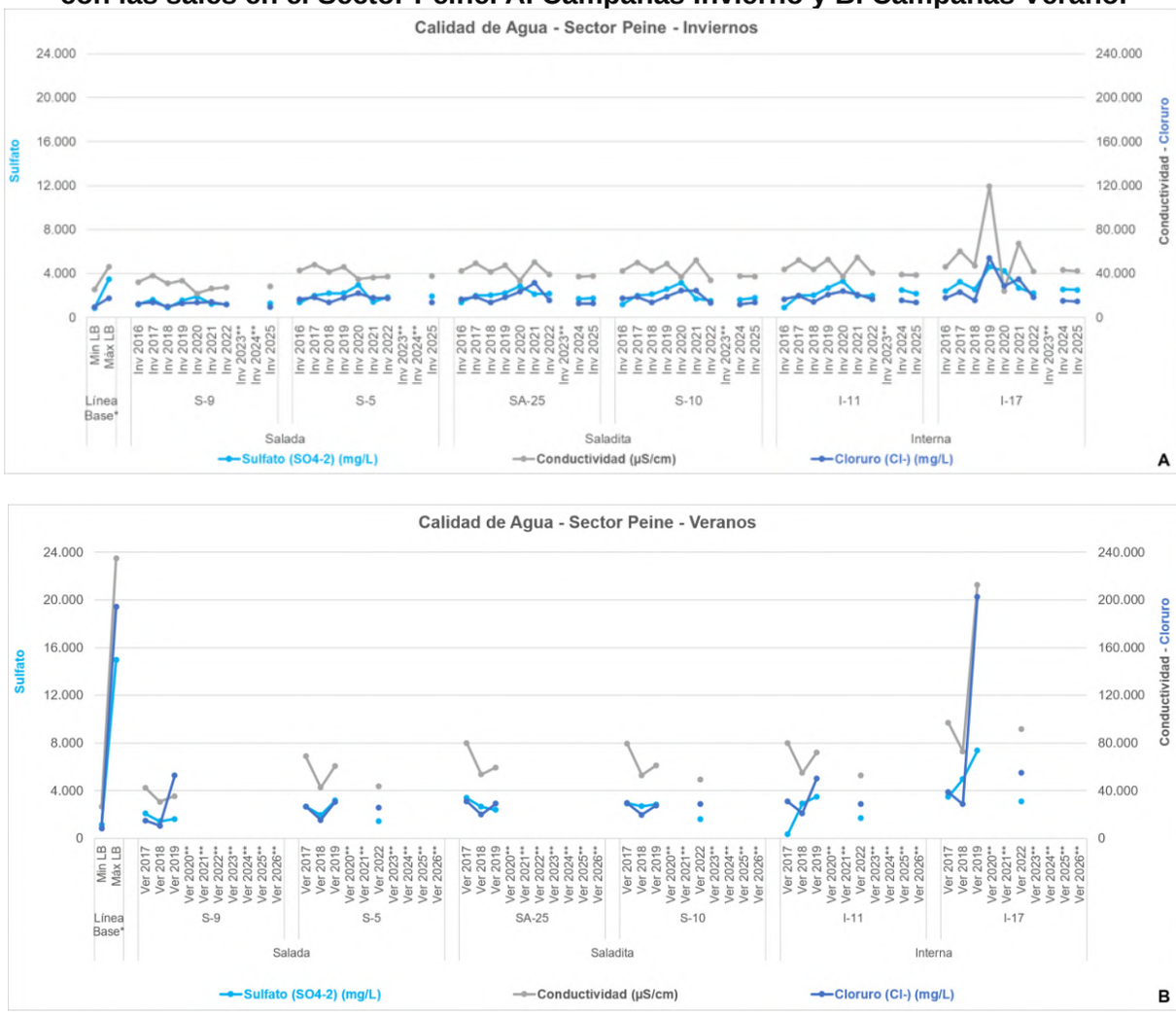
Por otra parte, las lagunas del sector de Peine presentan un pH moderadamente alcalino a alcalino en todas las campañas de verano e invierno, con valores principalmente entre 8 y 9 en todos los registros (con un máximo en verano 2018), esto en concordancia con los altos valores alcalinidad total registrados (menores al límite inferior de la LB), observándose para este parámetro una tendencia espacial a disminuir desde laguna Salada hacia laguna Interna, con sus máximos registros en invierno 2016 y 2021.

Se observa una concordancia entre los registros de alcalinidad total y bicarbonato en todas las estaciones desde el invierno 2017 al 2021, exceptuando en invierno 2016 donde las concentraciones de bicarbonatos son bajas para la alcalinidad total registrada, no obstante, tal alcalinidad estuvo dada por las mayores concentraciones de carbonatos registradas en esa campaña. En las campañas de verano, los valores más altos de alcalinidad total estuvieron dados en verano 2017 por la mayor concentración de carbonatos respecto de los bicarbonatos, mientras que en verano 2018, 2019 y 2022, fueron mayores las concentraciones de bicarbonatos respecto de los carbonatos (**Figura N° 13-105**).

Las altas temperaturas en este sistema están relacionadas con la baja profundidad que presentan sus cuerpos de agua (<20 cm), observándose en el verano 2017 en la estación S-9, la más alta registrada para este sector, sin sobrepasar el máximo de la LB. La temperatura fue variable durante todos los periodos de invierno, pero se mantuvo en general dentro de los límites de la LB y variación histórica, observándose los mayores registros en invierno 2019 (S-9, S-5 y SA-25), en invierno 2021 (S-5, SA-25, S-10 e I-11) en invierno 2024 (I-11) y para I-17 en invierno 2018, 2020 y 2025.

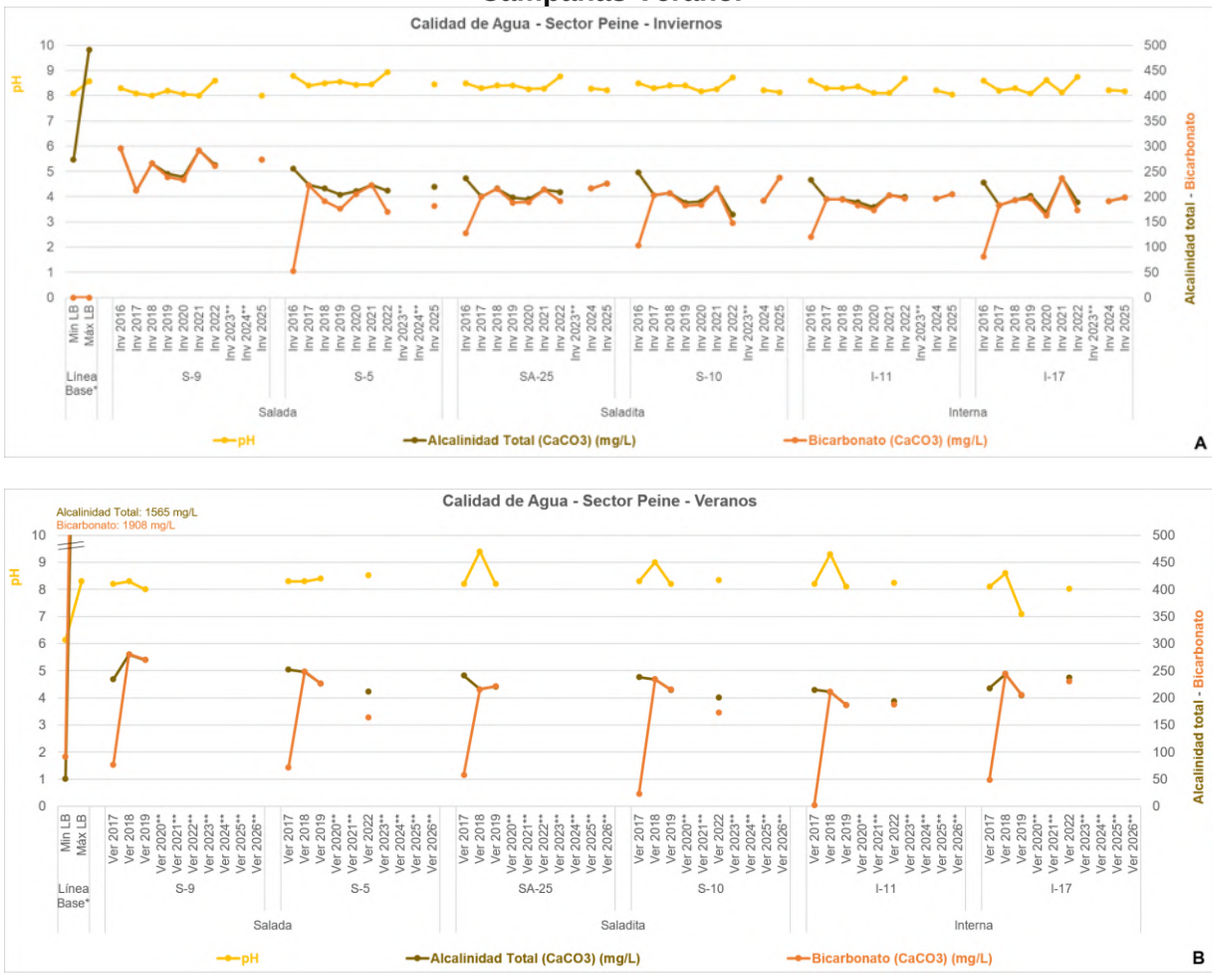
Respecto al oxígeno disuelto, sus concentraciones están en su mayoría dentro de los valores de LB para todos los inviernos y veranos, observándose una tendencia a disminuir desde laguna Salada hacia laguna Interna, lo cual se puede relacionar con las altas salinidades y temperaturas registradas, que generan una menor solubilidad del oxígeno en el agua. Las concentraciones de clorofila “a” en general fueron bajas y variables, las cuales se relacionan con la actividad fotosintética particular de cada laguna, ya que es una medida indirecta de la productividad primaria. De los datos de inviernos en el sector Peine no se observan tendencias claras, ya que los valores han sido variables y volviendo a concentraciones similares a las observadas en años anteriores (dentro del rango histórico) (**Figura N° 13-106**).

Figura N° 13-104. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



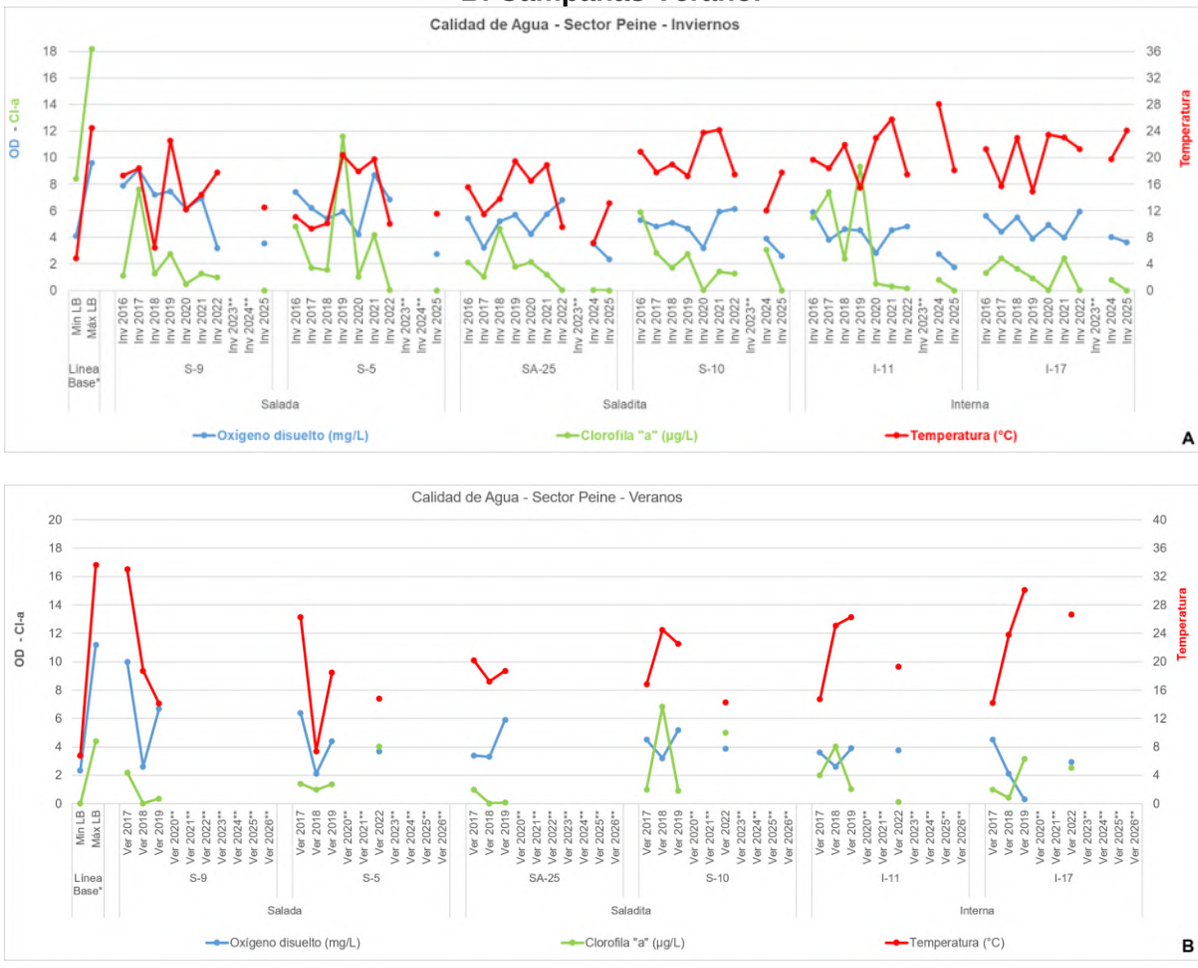
Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante de la Línea Base. Para las campañas de invierno corresponde a los registros de invierno 2008, 2013 y 2014 y para las campañas de verano a los registros de verano 2014 y 2015, respectivamente. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En las campañas de verano 2021, parte de verano 2022, en verano 2023, invierno 2023, verano 2024, parte de invierno 2024, verano 2025 y verano 2026, no se realizó el muestreo en el Sector Peine, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de las poblaciones de flamencos presentes en este sistema lagunar.

Figura N° 13-105. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de pH, Alcalinidad total y Bicarbonato en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante de la Línea Base. Para las campañas de invierno corresponde a los registros de invierno 2008, 2013 y 2014 y para las campañas de verano a los registros de verano 2014 y 2015, respectivamente. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En las campañas de verano 2021, parte de verano 2022, en verano 2023, invierno 2023, verano 2024, parte de invierno 2024, verano 2025 y verano 2026, no se realizó el muestreo en el Sector Peine, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de las poblaciones de flamencos presentes en este sistema lagunar.

Figura N° 13-106. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua de temperatura, oxígeno disuelto y Clorofila “a” en el Sector Peine. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) Los valores Min LB y Max LB, corresponden a los valores mínimos y máximos registrados en este sector durante de la Línea Base. Para las campañas de invierno corresponde a los registros de invierno 2008, 2013 y 2014 y para las campañas de verano a los registros de verano 2014 y 2015, respectivamente. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En las campañas de verano 2021, parte de verano 2022, en verano 2023, invierno 2023, verano 2024, parte de invierno 2024, verano 2025 y verano 2026, no se realizó el muestreo en el Sector Peine, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de las poblaciones de flamencos presentes en este sistema lagunar.

13.5.1.2 Calidad de sedimentos

Es importante destacar que, en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de levantamiento de datos en verano de 2015 para la elaboración de la LB, por lo que los desvíos con respecto a dichos datos pueden deberse a la variación natural de los sistemas.

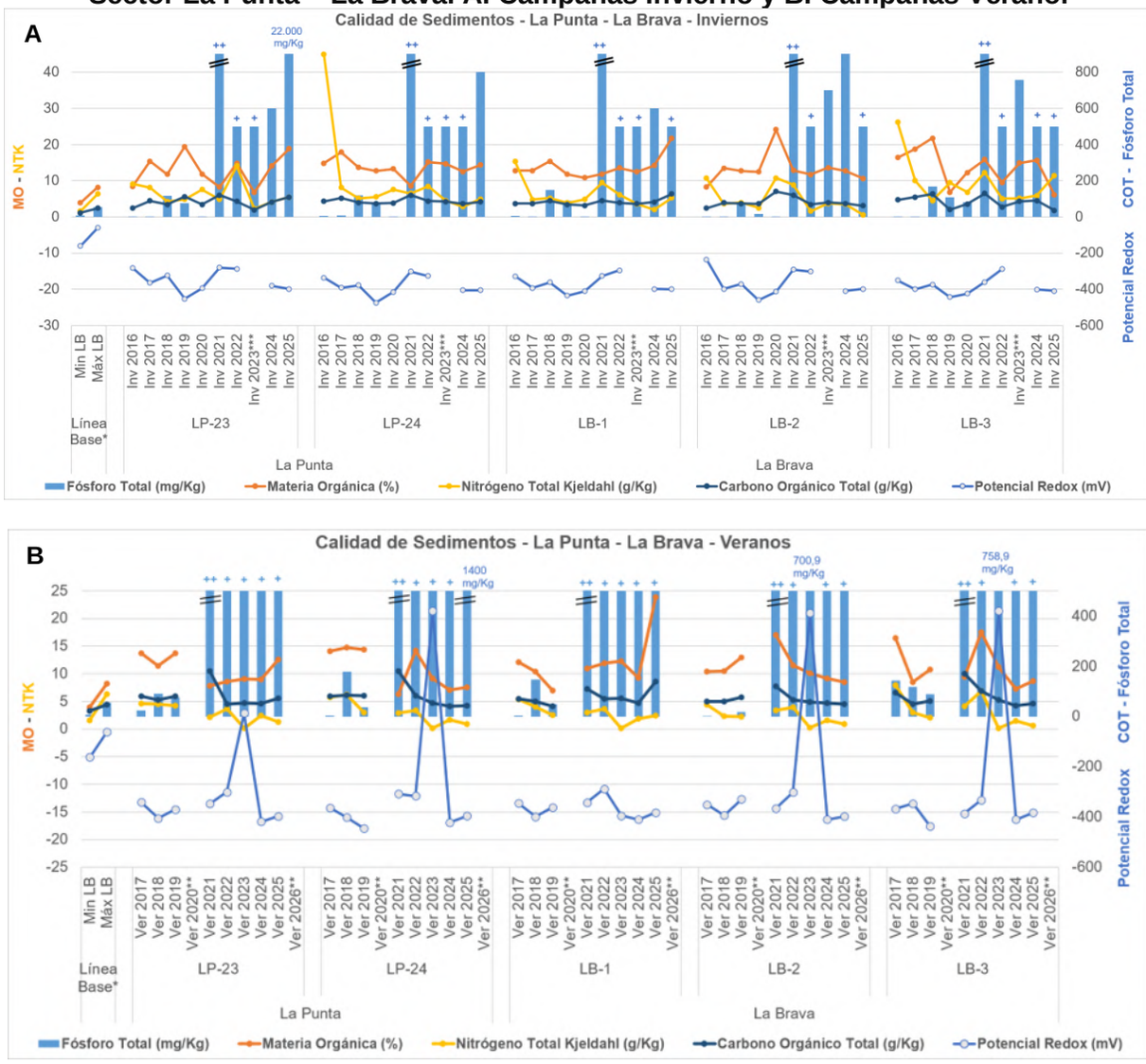
Los resultados descritos para las estaciones de **La Punta y La Brava**, para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica (MO) y fósforo total tanto en invierno como en verano, muestran en general valores sobre el máximo registrado para la línea base (PMB), no observándose una tendencia clara a aumentar o disminuir los valores de estos parámetros, tanto temporal como espacialmente. En el caso del carbono orgánico total (COT) (entre 39,21 y 180 g/kg) y materia orgánica (entre 6,32 y 24,16%) tienen un comportamiento similar y en general presentaron altos valores (por sobre la LB de referencia), siendo variables estos parámetros en las estaciones ambas lagunas (**Figura N° 13-107**). Tales características del sedimento se relacionan con la actividad biológica, dado por los subproductos orgánicos e inorgánicos de microorganismos halofílicos.

Por su parte, los registros de fósforo total en las campañas 2021 fueron <1000 mg/Kg (límite de detección) tanto en verano como en invierno y a partir de la campaña invierno 2022 cambio el límite de detección a <500 mg/Kg. Registrándose para las campañas de invierno los mayores valores durante 2025 en LP-23 (La Punta) y en las estaciones LB-1 y LB-2 (La Brava) en 2024, mientras que en invierno 2023 fue mayor en LB-3. Para las campañas de verano el máximo registro para este parámetro fue en laguna La Punta en verano 2025, con un valor de 1.400 mg/Kg de fosforo total en la estación LP-24.

En el caso del Nitrógeno Total Kjeldahl (g/Kg), este se encontró en las campañas de verano dentro de los límites de la LB de referencia y en las campañas de invierno se registró con mayor variación y generalmente por sobre los límites de la LB (**Figura N° 13-107**).

El potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores negativos en todas las estaciones y monitoreos de invierno (entre -475,1 y -235,7 mV), registrándose valores más negativos durante el monitoreo de invierno 2019, lo cual se relaciona directamente con que los sedimentos de esta zona marginal del Salar corresponden a sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos y yeso. En verano, el potencial redox en la mayoría de las estaciones y monitoreos presentó características reductoras con valores negativos, exceptuando en la campaña de verano 2023 donde se registraron valores positivos que indican sedimentos que favorecen reacciones oxidativas (**Figura N° 13-107**). Cabe mencionar que en general los parámetros de calidad de sedimentos registrados han mostrado mayoritariamente valores fuera del rango de la línea base desde la primera medición del Plan de Manejo Biótico, evidenciando que tales valores se corresponden con ambientes acuáticos alcalinos con ocurrencia de biota, con altas concentraciones de sales y con materia orgánica en su sedimento recalcitrante a su degradación. En atención al comportamiento de los registros se seguirán monitoreando los parámetros de calidad de sedimentos y se analizará las tendencias.

Figura N° 13-107. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. El límite de detección para el Fósforo Total en sedimentos para el invierno 2021 fue de 1000 mg/kg (++) y desde invierno 2022 en adelante de 500 mg/kg (+), siendo que en reportes anteriores de invierno correspondía a 0,5 mg/kg. (*) Registro de Línea Base solo en verano 2015. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo (***) En invierno 2023 no se incluye en la entrega de resultados el parámetro potencial óxido-reducción (explicado en la Carta R06/2024 de la ETFA; Informe Semestral M18).

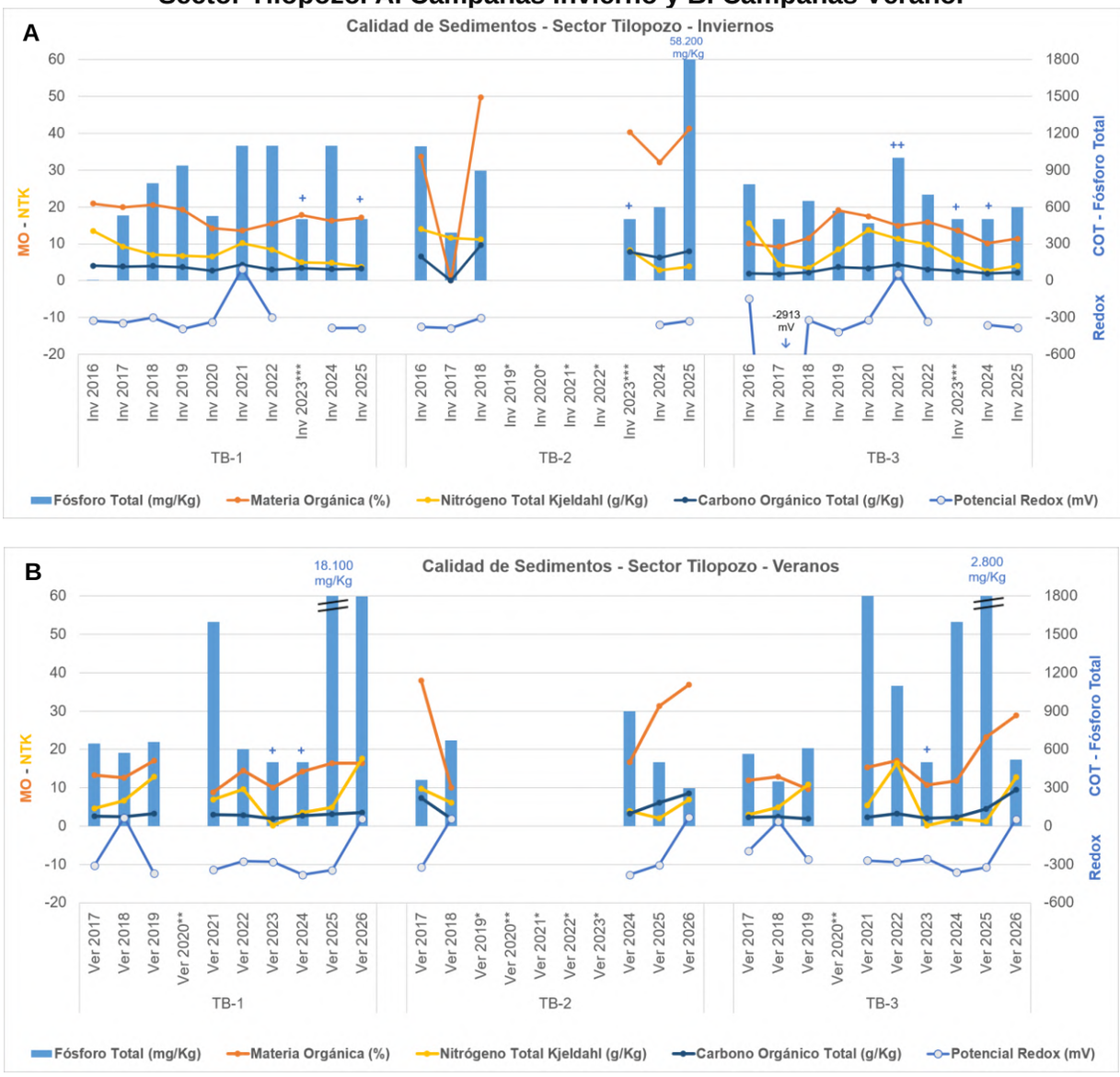
El sector de **Tilopozo** no posee registros en la LB respecto del componente calidad de sedimentos, por lo que se analiza su variación en el tiempo con los registros de los monitoreos de invierno y verano. En las estaciones de este sector, se registraron por lo general elevados valores para los parámetros de carbono orgánico total (de 53,3 hasta 288,5 g/Kg) y materia orgánica (entre 8,76% y 49,74%) y altos valores en fósforo total (sobre los 296 mg/Kg). Por su parte el potencial óxido-reducción presentó valores negativos indicando características reductoras de los sedimentos en la mayoría de los monitoreos de invierno y verano, exceptuando en invierno 2021, veranos 2018 y 2026 donde se registraron valores positivos (indicativo que se favorecen reacciones oxidativas). Esto puede estar relacionado con la ubicación del sector de Tilopozo respecto al núcleo del Salar permitiendo condiciones menos sulfatadas en los sedimentos y eventualmente más oxidativas, aunque la condición generalmente observada es de sedimentos de características reductoras.

Respecto de los registros de carbono orgánico total y materia orgánica, estos tuvieron mayor variabilidad en TB-2, lo cual se relaciona con que esa estación se ubica en una zona inundada (vega) donde se desarrolla un pajonal hídrico de baja profundidad, el cual ha variado su condición hídrica debido a la compactación y entramado de raíces del terreno). Por su parte, las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden a pozas de <2 m de profundidad, condición que favorece la acumulación de compuestos orgánicos en sus sedimentos. En estas pozas, se registraron históricamente (10 registros para TB-1 y TB-3 y 6 para TB-2) valores de fósforo total, superiores a 392 mg/Kg, exceptuando la estación TB-1 en invierno 2016 con un valor bajo el límite de detección, mientras que las concentraciones más altas de fósforo total se registraron durante las campañas de 2025 alcanzando 18.100 mg/Kg en verano en la estación TB-1, 2.800 mg/Kg en verano en la estación TB-3 y un máximo de 58.200 mg/Kg en invierno 2025 en la estación TB-2, lo que se observa como dato anómalo respecto de la serie histórica.

Las concentraciones de Nitrógeno Total Kjeldahl presentaron una alta variabilidad, principalmente durante las campañas de verano, alcanzando un valor máximo de 17,58 g/Kg en la estación TB-1 en verano de 2026 y un mínimo de 0,13 g/Kg en la misma estación durante el verano de 2023. Tanto en TB-1 como en TB-3 se observó un incremento de las concentraciones entre los veranos de 2017 y 2019, seguido de una disminución en 2021 y un nuevo aumento en 2022. Posteriormente, los valores descendieron hasta alcanzar sus mínimos en verano de 2023, para luego aumentar paulatinamente durante 2024 y 2025, culminando con un incremento significativo en verano de 2026, cuando se registró el valor máximo de la serie en la estación TB-1 (**Figura N° 13-108**).

Respecto a la granulometría, para los inviernos 2017, 2018, 2021, 2024 y 2025 se tiene registros, los cuales para este sector se encontraron mayoritariamente diámetros medios de grano desde *Arena Muy Fina* a *Grava Muy Fina*, con un grado de selección de Muy pobremente seleccionado a Bien seleccionado (Ver en Informes Semestrales N°3, N°5 y N°11).

Figura N° 13-108. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. El límite de detección para el Fósforo Total en sedimentos para el invierno 2021 fue de 1000 mg/kg (++) y desde invierno 2022 en adelante de 500 mg/kg (+), siendo que en reportes anteriores de invierno correspondía a 0,5 mg/kg. (*) La estación TB-2 en los inviernos de 2019, 2020 y 2021 y veranos de 2019 y 2021 se encontró sin agua al momento del muestreo y en invierno 2022 y los veranos de 2022 y 2023, no fue posible obtener las muestras de sedimentos en esa estación debido a la compactación y entramado de raíces del terreno. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (***) En invierno 2023 no se incluye en la entrega de resultados el parámetro potencial óxido-reducción (explicado en la Carta R06/2024 de la ETFA).

Los resultados obtenidos para la calidad de sedimentos en los monitoreos de invierno y verano para el sector **Peine** (laguna Salada, Saladita e Interna), muestran que los parámetros de carbono orgánico total (entre 10 y 130 g/Kg), materia orgánica (de 4,57 a 21,61%) y fósforo total (<0,5 a 3747 mg/Kg), presentaron por lo general valores sobre el máximo registrado para la LB (**Figura N° 13-109**). En el caso de la materia orgánica y el COT, en general tienen un comportamiento similar y su variación podría estar relacionada directamente con la actividad

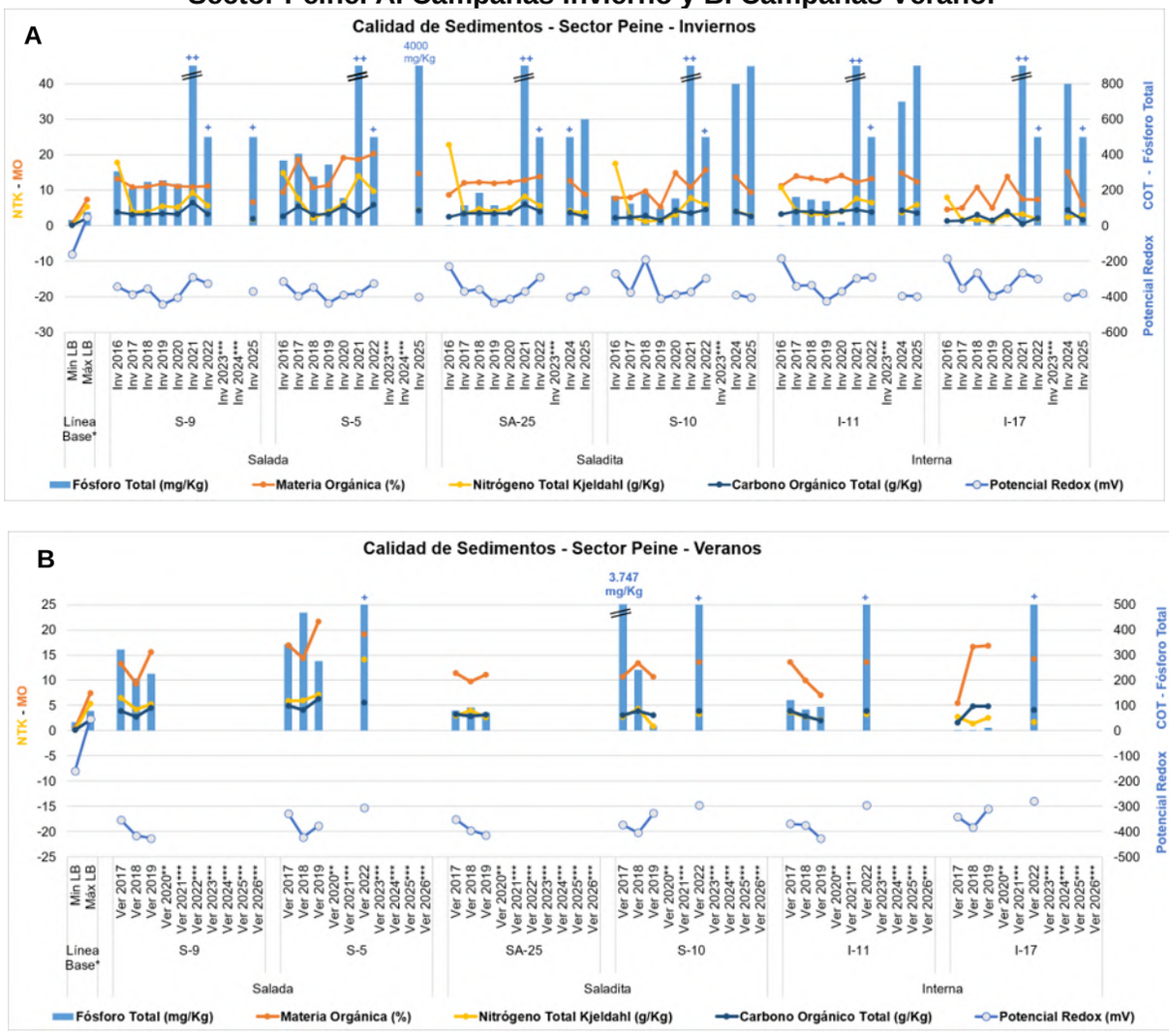
biológica dada por la acumulación de subproductos orgánicos e inorgánicos que generan los microorganismos halofílicos. Aunque los sedimentos son relativamente ricos en materia orgánica, gran parte de esa materia orgánica es aparentemente recalcitrante a la degradación microbiana anaeróbica (Javor, 1989).

El alto contenido de fósforo en la mayoría de las estaciones puede deberse a la misma razón indicada anteriormente. Durante las campañas de invierno se registraron valores principalmente entre 100 y 800 mg/Kg, exceptuando en invierno 2021 que fueron <1000 mg/Kg (rango límite de detección), en la última campaña 2025, las concentraciones de fósforo total en laguna Salada alcanzaron los 4.000 mg/Kg (S-5) y en laguna Interna los 1.000 mg/Kg (I-11). Respecto a las campañas de verano cabe mencionar que el último registro de la campaña 2022, corresponde a <500 mg/Kg (límite de detección actual), no observándose en las campañas anteriores una tendencia clara a aumentar o disminuir el contenido de fosforo, temporal y espacialmente. El mayor registro para este parámetro fue de 3.747 mg/Kg en S-10 en verano 2017.

En el caso del nitrógeno total Kjeldahl, en invierno se observa que en todas las estaciones disminuye su concentración desde 2017, incrementándose paulatinamente en los inviernos posteriores manteniéndose bajo los 7 g/Kg hasta invierno 2021, que tuvo un aumento mayor (máximo 14 g/Kg en S-5). Desde el invierno 2022 al 2025 vuelve a descender, llegando a los valores cercanos a los registrados en invierno 2020. En las campañas de verano se observan mayores concentraciones en laguna Salada, alcanzando un máximo de 14,1 g/Kg en S-5 en verano 2022, mientras que en las estaciones de las lagunas Saladita e Interna no sobrepasan los 4,3 g/Kg de NTK, obteniéndose los valores menores principalmente en verano 2019.

Respecto al potencial redox, este indicó valores de ambientes con características reductoras en todas las estaciones y monitoreos de invierno y verano (entre -442,2 y -182,6 mV), registrándose valores más negativos principalmente durante el monitoreo de invierno 2019. Esto se relaciona directamente con que los sedimentos de esta zona marginal del Salar (que rodea el núcleo), corresponden a sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos, especialmente yeso (Alonso y Risacher 1996).

Figura N° 13-109. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. El límite de detección para el Fósforo Total en sedimentos para el invierno y verano 2021 fue de 1000 mg/kg (++) y desde invierno 2022 en adelante de 500 mg/kg (+), siendo que en reportes anteriores de invierno correspondía a 0,5 mg/kg. (*) El registro de Línea Base solo se realizó en verano 2015. (**) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. (***) En las campañas de verano 2021, parte de verano 2022, en verano 2023, invierno 2023, verano 2024, parte de invierno 2024, verano 2025 y verano 2026, no se realizó el muestreo en el Sector Peine, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de las poblaciones de flamencos presentes en este sistema lagunar.

13.5.1.3 Biota acuática

Para el análisis comparativo entre línea de base y monitoreo de la biota acuática, se consideró la comparación de la riqueza y la abundancia total con los rangos de variación (mínimo y máximo) de la línea de base (en adelante LB) contemplados en el Plan de Manejo Biótico. Para ello se utiliza la data de línea de base de los periodos de septiembre 2008, 2013, y julio 2014 como periodo de invierno y los periodos de abril 2014 y febrero 2015 como periodo de verano. Estos datos de LB serán comparados con lo detectado en las respectivas campañas de monitoreo invierno 2016 (M1), 2017 (M3), 2018 (M5), 2019 (M7), 2020 (M9), 2021 (M11), 2022 (M13), 2023 (M15), 2024 (M17) y 2025 (M19). Por otro lado, se comparan las campañas de monitoreo verano de LB, con las respectivas campañas de monitoreo de verano 2017 (M2), 2018 (M4), 2019 (M6), 2021 (M10), 2022 (M12), 2023 (M14), 2024 (M16), 2025 (M18) y 2026 (M20).

Cabe señalar que, la campaña de verano 2020 (M8) no se pudo realizar producto de la pandemia COVID-19 y para las campañas de verano 2021, parte de la campaña de verano 2022, verano 2023, invierno 2023, verano 2024, invierno 2024, verano 2025 y verano 2026 no se obtuvieron datos de monitoreo para el Sector Peine, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de flamencos. Por su parte, en el Sector La Punta-La Brava no se obtuvieron datos de monitoreo en verano 2026 debido a imposibilidad de acceso por mal estado de caminos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

También se aborda el detalle de los *taxa* dominantes (en abundancia y representatividad) de la Biota Acuática por período estacional de invierno y verano, los que se incluyen en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua.**

13.5.1.3.1 Fitobentos

En el sector **La Punta y La Brava**, para la riqueza de géneros y la abundancia total, en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo invierno 2024 y línea de base (periodos de invierno) y campaña verano 2025 y línea de base (periodos de verano), se observó que los registros fueron variables tanto en periodos de invierno como en verano. Los registros para la abundancia fueron variables, en invierno como en verano y se mantuvieron por sobre el rango de variación de la LB.

En invierno 2025, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado estuvo contenido dentro de lo observado en la LB (rango (Min 8; Max 15) en invierno 2025 versus (Min 5; Max 17) en periodos de invierno LB). Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en invierno 2025, todos los registros estuvieron por sobre lo observado en la LB (rango (Min 298.432; Max 4.490.000) en invierno 2025 versus (Min 16; Max 8.753) en periodos de invierno LB (**Figura N° 13-110 A**).

Entre campañas de monitoreo en periodo de verano, se ha observado un rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros más amplio que lo observado en la LB, con un rango (Min 9; Max 14) para esta última, versus (Min 4; Max 21) en periodos de verano LB. Cabe señalar que, en las estaciones del sector La Punta-La Brava, para la riqueza se observó una

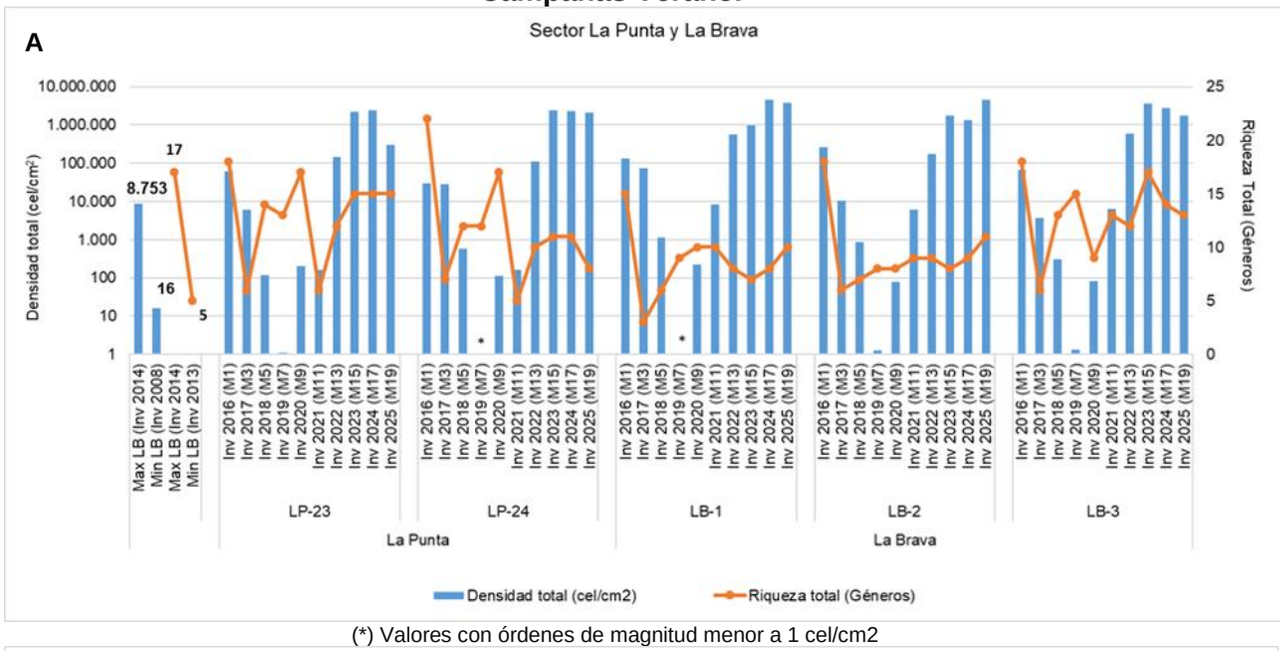
tendencia variable en el tiempo, presentando en verano 2018, las más bajas riquezas específicamente en la estación LB-1 y LB-2, sin embargo, también se observaron valores por sobre el límite máximo de la LB en verano 2017 (LP-23, LP-24 y LB- 3), verano 2019 (LP-24), verano 2021 (LP-23 y LB-1) y verano 2022 (LP-24) (**Figura N° 13-110 B**).

Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada entre monitoreos de verano, se observó que han presentado registros por sobre lo observado en la LB(rango (Min 707; Max 88.793) versus (Min 64 cel/cm^2; Max 5.885.250 cel/cm^2) en periodos de verano LB (**Figura N° 13-110 B**). Desde verano 2021 al 2023, las abundancias aumentaron en todas las estaciones de monitoreo del sector. Sin embargo, durante el verano 2024 y 2025, el incremento se mantuvo únicamente en las estaciones LP-23 (La punta) y LB-2 (La Brava), siendo esta última la que registró la mayor abundancia registrada a la fecha.

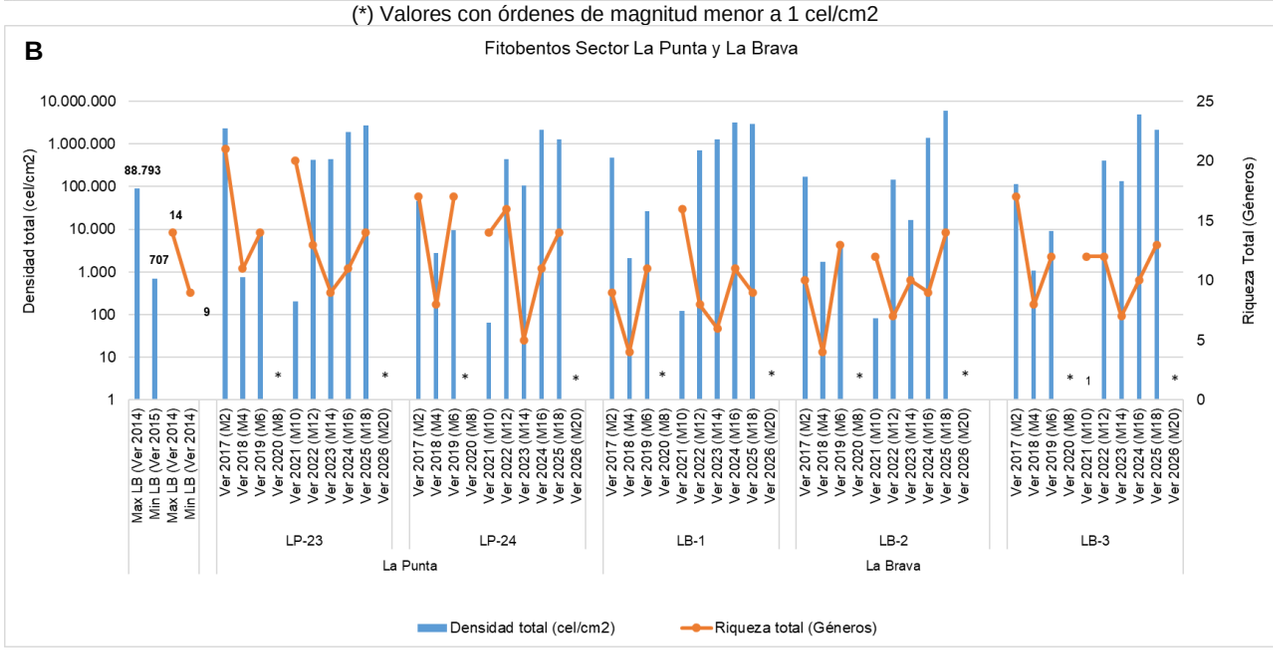
En relación con las mayores representatividades a nivel de géneros fitobentónicos, invierno y verano en el tiempo en el sector **La Punta-La Brava**, se detectó que los registros fueron recurrentes para algunos géneros, entre periodos estacionales de invierno y verano y la LB.

Respecto a los géneros, se observó que las diatomeas *Denticula* y *Halamphora* presentaron las mayores dominancias en la campaña de invierno 2025, mientras que *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula* (todas diatomeas) presentaron las mayores dominancias en la LB para periodos de invierno. Por su parte, en los periodos de verano se observó que *Denticula* y *Amphora* (ambas diatomeas), además de *Chroococcus* y *Oscillatoria* (ambas cianobacterias), presentaron las mayores dominancias en la LB (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

Figura N° 13-110. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector La Punta y La Brava. (Densidad Total mostrada en Escala Logarítmica). A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) Valores con órdenes de magnitud menor a 1 cel/cm2



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo

El Sector **vegas de Tilopozo** no presenta antecedentes de línea de base para fitobentos, por lo tanto, su seguimiento y variación fue evaluada en relación con las campañas de monitoreo anteriores, considerando el mismo periodo estacional. Particularmente, en las campañas de 2019 y 2021 no se detectó agua superficial en la estación TB-2, por lo que no fue posible

obtener registros en dichos periodos. Asimismo, durante la campaña de verano de 2020 no se registró fitobentos en este sector debido a las restricciones asociadas a la pandemia.

En periodos de invierno, los registros de riqueza de géneros entre invierno 2016-2025 presentaron diferencias. La estación TB-1 presentó, en general, altos registros de riqueza de géneros, con valores que oscilaron entre 4 y 20 géneros, con un valor máximo registrado en invierno 2021, siendo así, la mayor riqueza registrada a la fecha. En tanto, la estación TB-2 mostró valores máximo y mínimo de 11 y 3 géneros en invierno 2016 y 2017, respectivamente. Esta última estación, en los inviernos 2019, 2020 y 2021 se encontró sin agua superficial, por lo que solamente cuenta con 7 campañas con registros. Por último, TB-3 presentó valores que oscilaron entre 3 y 11 géneros, registrando los valores mínimos en invierno 2017 y 2018 y máximo invierno 2016.

En este sector, los menores registros se observaron en invierno 2017 con un rango entre (Min 3; Max 6) y los mayores en invierno 2016 entre (Min 11; Max 12). En invierno 2025, el rango de variación registrado estuvo dentro de la oscilación histórica (Min 4; Max 7) (**Figura N° 13-111 A**).

Respecto de los periodos de verano, los registros de la riqueza de géneros observada en los veranos del período 2017-2019 y 2021-2025 fueron variables, observándose los mayores valores en verano 2017 en TB-2, 2019 en TB-3, 2026 en TB-1. Seguidamente, la estación TB-1 presentó altos registros de riqueza de géneros, con valores que oscilaron entre 5 y 13 géneros, con un valor máximo registrado en verano 2026. En tanto, la estación TB-2 registró un máximo de 14 géneros en verano de 2017 y un mínimo de 3 géneros en verano de 2025. Durante los veranos de 2019 y 2021 no presentó agua superficial, lo que coincide con una interrupción en los registros para esos períodos.
Por último, TB-3 presentó valores que oscilaron entre 2 y 12 géneros, habiendo sido registrados los valores extremos en verano 2018 y 2019, respectivamente.

En el sector, los menores registros de riqueza se observaron en verano 2018 con un rango entre (Min 2; Max 6) y los mayores en verano 2019 entre (Min 10; Max 12). Es importante mencionar que el rango de variación registrado en verano 2026 estuvo dentro de la oscilación histórica (Min 8; Max 13) (**Figura N° 13-111 B**).

Asimismo, el rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectado entre invierno 2016-2025 presentó diferencias, con valores mucho menores en invierno 2019 y mayores en invierno 2024. La estación TB-1 presentó los menores registros de abundancia, con valores que oscilaron entre 0,34 cel/cm^2 y 3.297.788 cel/cm^2, con un valor máximo registrado en invierno 2025. En tanto, la estación TB-2 mostró valores intermedios de abundancia, con un mínimo de 543 cel/cm^2 en invierno 2018 y 1.209.063 cel/cm^2 en invierno 2024, además los inviernos 2019, 2020 y 2021 la estación se encontró sin agua superficial. Por último, TB-3 presentó valores que oscilaron entre 0,61 y 5.812.500 cel/cm^2, registrados en invierno 2019 y 2024, respectivamente.

En general, los menores registros de abundancias en el sector se observaron en invierno 2019 (Min 0; Max 0,61) y los mayores en invierno 2024 (Min 1.209.063; Max 5.812.500).(**Figura N° 13-111 A**).

Por otro lado, la abundancia presentó diferencias entre estaciones y campañas de monitoreo de verano, siendo las menores abundancias del sector en verano 2021 y mayores en verano 2025. En tanto, se registró la mayor abundancia en el tiempo en la estación TB-3 en verano 2025 con 2.887.500 cel/cm^2. Cabe resaltar que la estación TB-1 presentó los menores registros promedio de abundancia, con valores que oscilaron entre un mínimo de 1,54 cel/cm^2 (verano 2021) y un máximo de 1.630.377 cel/cm^2 (verano 2024). En tanto, la estación TB-2 mostró valores intermedios de abundancia con un mínimo de 626 cel/cm^2 (verano 2018) y 1.815.000 cel/cm^2 (verano 2026). Los veranos 2019 y 2021 la estación se encontró sin agua superficial. Por último, TB-3 presentó valores que oscilaron entre 0,58 y 2.887.500 cel/cm^2 registradas en verano 2021 y 2025, respectivamente.

En general en el sector, los menores registros de abundancias se observaron en verano 2024 entre (Min: 1.061.218; Max: 2.700.000) y los mayores en verano 2025 entre (Min: 867.706; Max: 2.887.500), en tanto, verano 2026 mostró valores intermedios de abundancias entre (Min: 1.265.000; Max: 1.815.000) (**Figura N° 13-111 B**).

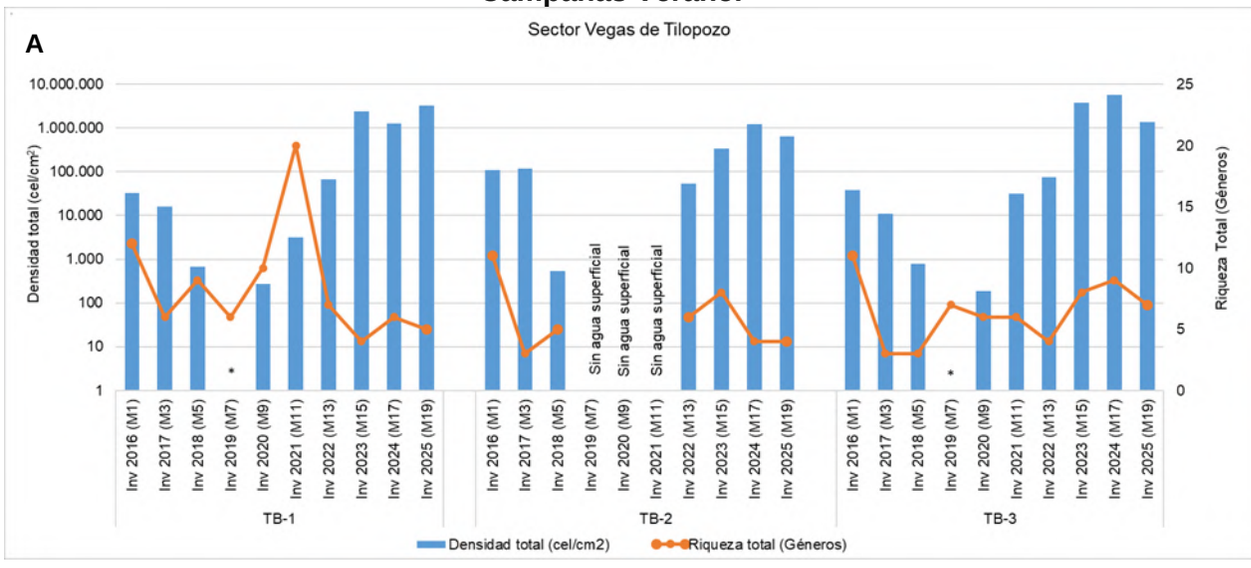
Respecto de dominancias en el fitobentos observadas para el sector **vegas de Tilopozo**, estas fueron variables entre campañas de monitoreo y entre estaciones de muestreo presentando diferencias entre microalgas dominantes, considerando en este caso principalmente diatomeas seguidas de cianófitas

En invierno 2016 y 2017 se observó una alta predominancia de cianófitas (*Gomphosphaeria* y *Oscillatoria*) y zygnematoficea (*Mougeotia*) en las estaciones de las vegas. A partir de invierno 2018 las dominancias estuvieron representadas principalmente por las diatomeas, destacando *Nitzschia* y *Navicula* en 2018, mientras que, en invierno 2019 dominaron las diatomeas *Nitzschia* y *Diploneis*. En invierno 2020 dominaron las diatomeas *Fragilaria* y *Nitzschia* y en invierno 2021, dominaron las diatomeas *Pseudostaurosira* y *Nitzschia*. En invierno 2022 las diatomeas *Cocconeis* y *Nitzschia*, en tanto, en invierno 2023 las diatomeas *Nitzschia* y *Denticula*. En invierno 2024 dominaron las diatomeas *Cocconeis* y *Denticula.* Por último, en invierno 2025 dominaron diatomeas *Cocconeis* y *Denticula.*

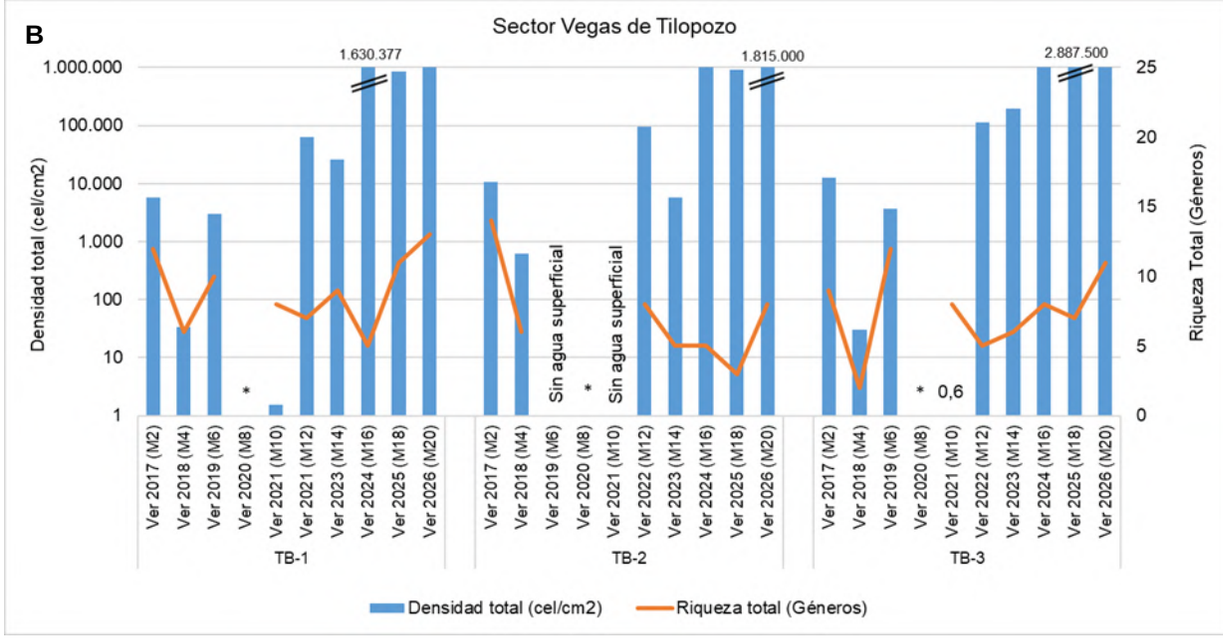
Por otra parte, en el periodo de verano, entre estaciones de muestreo fueron observadas diferencias entre microalgas dominantes, siendo recurrentes en el tiempo algunos géneros como *Denticula*, *Nitzschia* y *Cocconeis*. En verano 2017 se observó una alta predominancia de la diatomea *Denticula*, la cianófita *Oscillatoria* y la clorófita *Mougeotia*, en verano 2018 dominaron las diatomeas *Craticula*, *Nitzschia* y *Cocconeis*. En tanto en verano 2019, las dominancias estuvieron representadas por las diatomeas *Nitzschia*, *Achnanthidium* y *Cocconeis* y en verano 2021 las mayores representatividades fueron para las diatomeas *Denticula* y *Cocconeis*. En tanto, en verano 2022 las dominancias estuvieron dadas por las diatomeas *Cocconeis* y *Nitzschia*, en verano 2023 por *Nitzschia* y *Fragilaria*, en verano 2024 *Denticula*, *Cocconeis* y *Navicula*, en verano 2025 por *Denticula* y *Cocconeis* y en verano 2026 *Cocconeis* y *Denticula* (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

La variabilidad en las dominancias entre monitoreos, en general, se relacionan con las condiciones de hábitat y al periodo estacional en ambientes halófilos.

Figura N° 13-111. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector vegas de Tilopozo (Densidad Total en Escala Logarítmica). A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



* Valores con órdenes de magnitud menor a 1 cel/cm^2.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el fitobentos, en el **sector Peine**, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado estuvo contenido dentro de lo observado en la LB (rango (Min 3; Max 10) en invierno 2025 versus (Min 2; Max 14) en periodos de invierno LB).

Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en invierno 2025, se detectaron registros por sobre lo observado en la LB (rango (Min 557.708; Max 2.280.000) en invierno 2025 versus (Min 47; Max 6.787) en periodos de invierno) (**Figura N° 13-112 A**).

Además, en las estaciones del sector Peine, si bien para la riqueza se observó una tendencia variable en el tiempo, para la abundancia esta tendencia ha ido en aumento desde invierno 2020, observándose valores similares o mayores a los registrados a la fecha para cada estación de monitoreo.

Cabe señalar que, para la campaña invierno 2023 no se realizó muestreo en lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. De igual manera, en la campaña invierno 2024, no fue posible acceder a las estaciones S-9 y S-5 por la misma razón.

Entre campañas de monitoreo en periodo de verano, se ha observado un rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros en un rango más amplio que lo observado en la LB, con un Rango (Min 4; Max 17) entre periodos de verano monitoreos versus (Min 6; Max 14) en periodos de verano LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada entre monitoreos de verano, se observó que han presentado registros por sobre lo observado en la LB, en su límite máximo (rango (Min 346 cel/cm^2; Max 180.313 cel/cm^2) versus (Min 123 cel/cm^2; Max 61.190 cel/cm^2) en periodos de verano LB) (**Figura N° 13-112 B**).

Respecto de las restantes campañas de verano, han presentado una alta variabilidad en los registros de abundancia y riqueza, han conservado sus rangos dentro de los obtenidos para la LB. Se debe considerar, además, que las campañas de verano 2020, no fue monitoreada por ocurrencia de la pandemia COVID-19, y las campañas 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026, porque no se pudo acceder al sector.

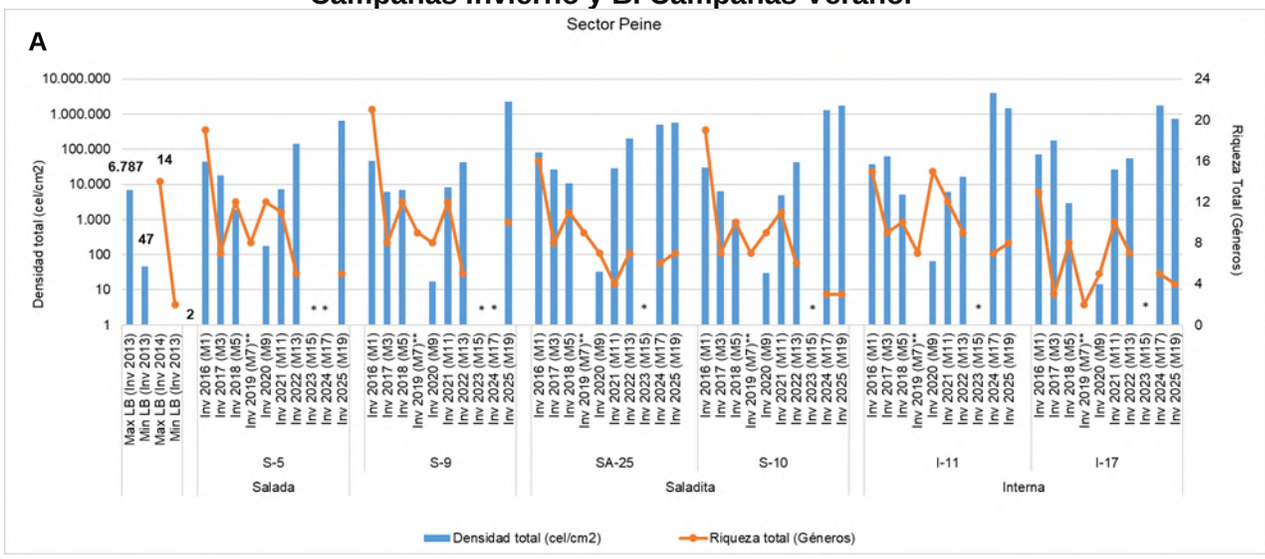
En relación con los géneros que presentaron la mayor representatividad en periodo de invierno se observó que *Halamphora* y *Denticula* (ambas diatomeas) presentaron las mayores dominancias en invierno 2025, diferente a lo mostrado en la LB para periodos de invierno. En la LB se observó la alta dominancia de las diatomeas *Achnanthes*, *Nitzschia* y *Navicula*

En tanto, en periodos de verano se observó que las diatomeas *Halamphora, Denticula, Navicula* y *Nitzschia* (todas diatomeas) y *Oscillatoria* (cianobacteria) presentaron las mayores dominancias, mientras que, *Diatoma*, *Amphora, Navicula* y *Achnanthes,* todas diatomeas, presentaron las mayores dominancias en la LB para periodos de verano (Ver **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos – Calidad de Agua**).

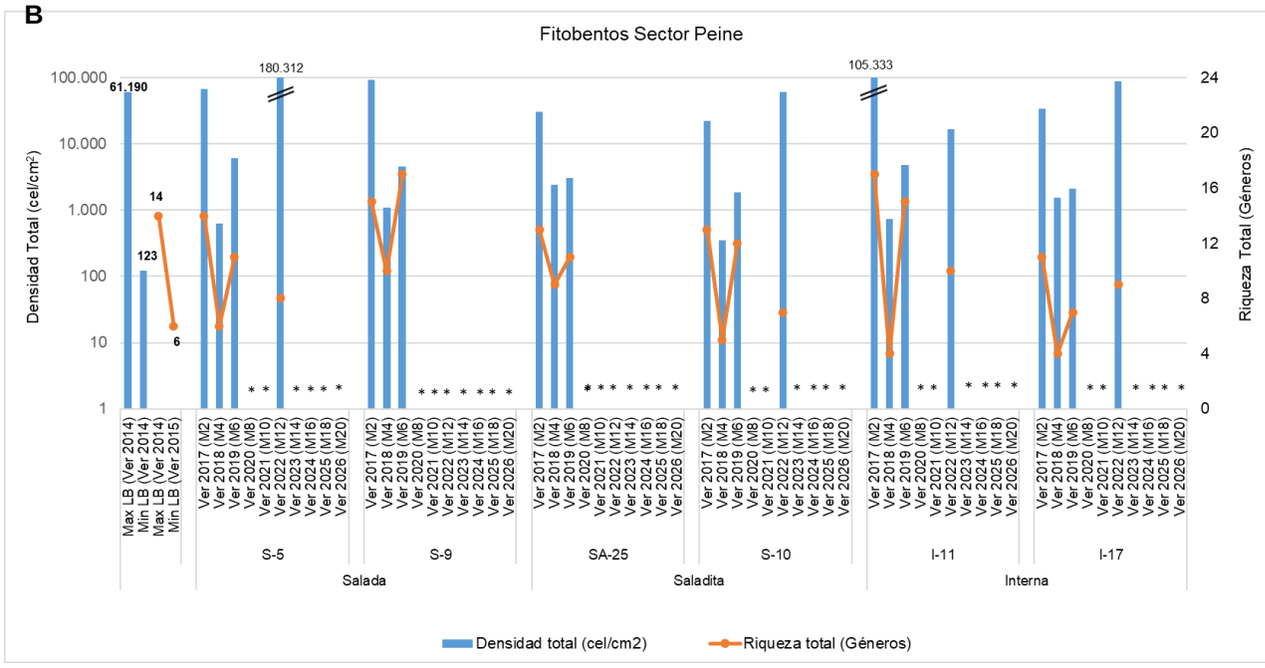
La variabilidad en las dominancias entre monitoreos, en general, se relacionan con las condiciones de hábitat al momento del muestreo. Sin embargo, los géneros consignados son

taxa de ambientes halófilos. Finalmente, hay que destacar que para todos los monitoreos de invierno como de verano, la dominancia en el sector Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo fue mayoritariamente para la Clase Bacillariophyceae, resultado coherente para este tipo de sistemas acuáticos donde las diatomeas (Bacillariophyceae) son altamente predominantes (Stevenson *et al*.1996).

Figura N° 13-112. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) En la campaña invierno 2023 no se realizó muestreo en las lagunas Salada (S-5 y S-9), Saladita (SA-25 y S-10) e Interna (I-11 e I-17) y en invierno 2024 en la laguna Salada (S-5 y S-9), debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. (**) Valores con órdenes de magnitud menor a 1 cel/cm^2.
Fuente: Elaboración propia.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19: Para la campaña estival 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026 no se realizó muestreo en lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. En la campaña verano 2022, no se tuvo acceso a las estaciones de laguna Salada (S-9) y de la laguna Saladita (SA-25). Fuente: Elaboración propia.

13.5.1.3.2 Fitoplancton

Dado que las microalgas fitoplanctónicas están constituidas por géneros y especies similares a las microalgas bentónicas, presentan respuestas biológicas y una estructura y composición variable temporal y espacialmente, moduladas por las mismas forzantes que afectan a los ensambles fitobentónicos i.e. evaporación, salinidad, contenido de oxígeno y temperatura, tal como fue explicado para el fitobentos. Su importancia ecológica también es similar a la explicada para el fitobentos ya que corresponde de la misma manera a productores primarios dentro de los sistemas acuáticos. En general, para los tres sistemas estudiados (La Punta y La Brava, Vegas de Tilopozo y Peine), se reportó la alta frecuencia y en distintos periodos de monitoreo una alta dominancia de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas). Entre los géneros frecuentes de diatomeas dominantes reportados se encuentran i.e. *Denticula*, *Haloroundia*, *Cocconeis*, *Halamphora*, *Nitzschia* y *Navicula* (de estos últimos géneros solo algunas especies), todas correspondieron a taxones halófilos encontrados en ambientes salinos, los cuales, en algunos casos, se caracterizan por su endemismo (que se distribuyen a un ámbito geográfico reducido) por ejemplo *Haloroundia*, *Halamphora*, y algunas especies de *Navicula* que habitan ambientes de salar (Maidana & Seeligmann 2015; Rivera & Cruces 2009).

En el **sector La Punta y La Brava**, en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo invierno 2025 y Línea Base (periodos de invierno), se observó un repunte en los registros de riqueza, y en algunos casos, para la abundancia de algunas estaciones de monitoreo en invierno 2023, al menos respecto de los monitoreos 2021 y 2022, en ambas lagunas. Solo algunas estaciones de monitoreo se mantuvieron dentro del rango de variación de la LB, con algunos registros menores al mínimo de la LB para la abundancia.

Para el periodo de invierno, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en invierno 2025 (Min 3; Max 7), se encuentra el límite mínimo por debajo del rango observado en la Línea Base en periodos de invierno (Min 6; Max 14). Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en invierno 2025, todas las estaciones de La Punta (LP-23 y LP-24) y La Brava (LB-1, LB-2 y LB-3) con (Min 10,5; Max 27,5), presentaron registros por debajo del límite mínimo de la LB (Min 76; Max 4.905) (**Figura N° 13-113 A**).

Cabe señalar que, en las estaciones del sector La Punta-La Brava, si bien para la riqueza se observó una tendencia variable en el tiempo, para la abundancia esta tendencia ha ido disminuyendo entre periodos de invierno, detectándose de modo evidente esta disminución en la estación LB-3 de la laguna La Brava.

En relación con el fitoplancton en periodos de verano, no fue posible acceder al sector en la campaña de 2026, en este contexto se realizará el comparativo entre campañas de monitoreo de verano previas 2017-2025 y LB (periodos de verano). En relación con la riqueza de géneros, se ha observado una tendencia variable en el tiempo con un Rango LB (Min 2; Max 15) versus (Min 6; Max 12) en periodos de verano LB.

Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada entre monitoreos de verano, se observó que han presentado registros bajo lo observado en la LB,

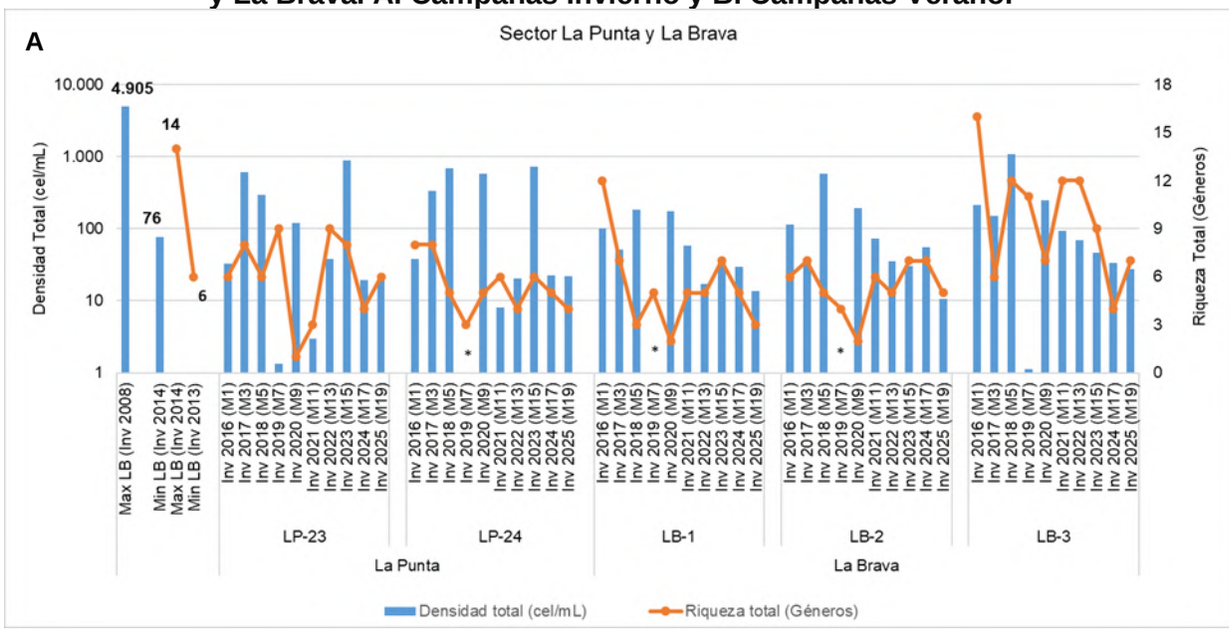
con un minino de 7,9 cel/mL en verano 2018 en LB-2 y un valor máximo de 1.472 cel/mL en verano 2021 en LB-2. Esta tendencia ha ido disminuyendo entre periodos de verano, detectándose de modo evidente esta disminución en las estaciones LP-23 y LB-3, ya que las restantes estaciones de monitoreo presentaron un aumento en sus abundancias en la campaña verano 2025, o una abundancia similar a la de la campaña de verano 2024, como lo observado en la estación LP-24 (**Figura N° 13-113 B**).

En relación con las mayores representatividades a nivel de géneros fitoplanctónicos, invierno y verano en el tiempo en el sector **La Punta-La Brava**, se detectó que los registros fueron diferentes, entre las campañas de monitoreo y la LB.

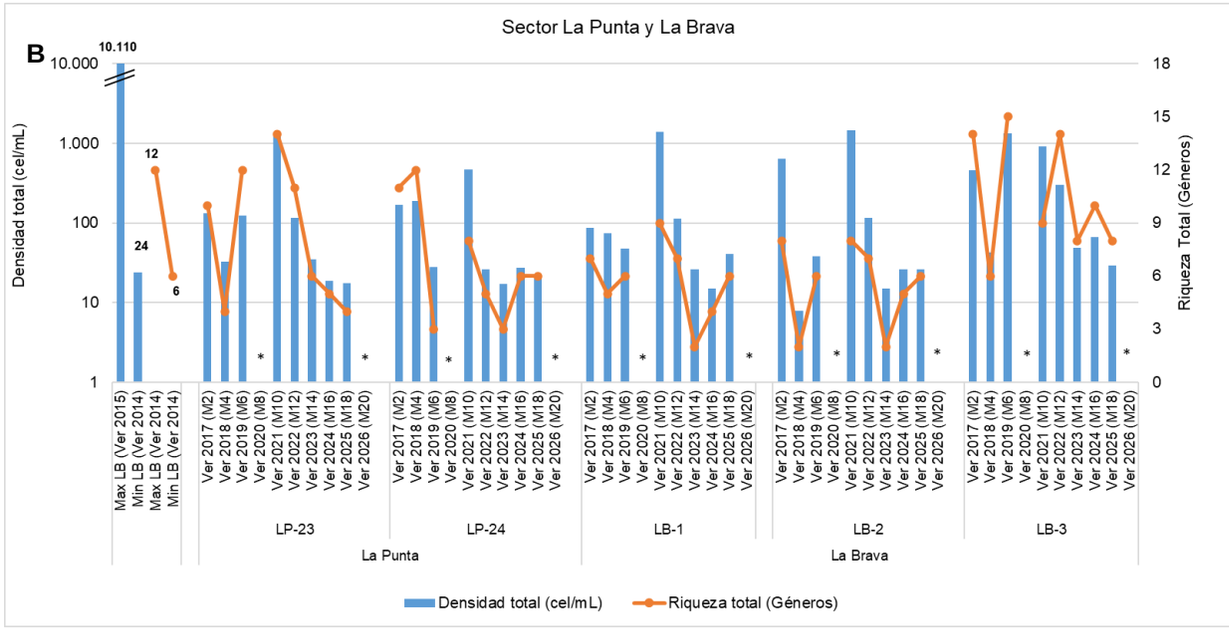
Respecto a los géneros en periodo de invierno, se observó que las diatomeas *Denticula* y *Navicula* presentaron la mayor dominancia en la campaña de invierno 2025, coincidiendo con las mayores dominancias en la LB para periodos de invierno, las cuales corresponden a *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula* (todas diatomeas). En periodo de verano, se observó que las clorofíceas *Chlamydomonas* y *Botryococcus* y las diatomeas *Proschkinia*, *Cymbella* y *Denticula*, presentaron las mayores dominancias en la Línea Base y además en los monitoreos para periodos de verano. Los registros de mayores representatividades de los géneros para invierno y verano son mostrados en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**.

Cabe destacar que, para ambos monitoreos (invierno 2025 y verano 2026), así como para la línea de base del fitoplancton en el sector La Punta y La Brava, la dominancia fue mayoritariamente para la Clase Bacillariophyceae, resultado coherente para este tipo de sistemas acuáticos donde las diatomeas (Bacillariophyceae) son altamente predominantes (Stevenson *et al.*1996).

Figura N° 13-113. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



* Valores con órdenes de magnitud menor a 1 cel/mL.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.

El Sector **vegas de Tilopozo** no presenta antecedentes de línea de base para fitoplancton, por lo tanto, su seguimiento y variación fue evaluada en relación con las campañas de monitoreo anterior considerando el mismo periodo estacional. Cabe señalar que la estación TB-2 no presentó agua superficial en las campañas de invierno 2019, 2020 y 2021.

Al comparar los registros de riqueza de géneros y de abundancia total de invierno con los de verano se observó que para la riqueza fueron similares y para la abundancia los registros fueron distintos para todas las estaciones entre las campañas.

Los registros de riqueza de géneros y la abundancia total en los inviernos entre el período 2016-2025 presentaron diferencias, aun cuando hay vacíos de información, especialmente en la estación TB-2. La riqueza de géneros presentó mayores valores en invierno 2016 (TB-1, TB-2 y TB-3) y los menores en invierno 2020 (TB-1), invierno 2018 y 2020 (TB-3), en tanto, la abundancia presentó mayores registros en invierno 2016 y 2018 (TB-2), y menores en invierno 2019 (TB-1) e invierno 2017 y 2019 (TB-3) (**Figura N° 13-114 A**).

En tanto, para los periodos de verano 2017-2026 presentaron diferencias, aun cuando hay vacíos de información, especialmente en la estación TB-2. La riqueza de géneros presentó mayores valores en verano 2017 (TB-1 y TB-3) y los menores registros en verano 2023, 2024 y 2026 (TB-1), destacando además, que, en verano 2026, en TB-1 se registró la menor riqueza histórica. A su vez, la abundancia presentó variaciones entre los sectores y estaciones evaluadas, en verano 2018 fue observada la máxima abundancia histórica en la estación TB-2 con 37.700 cel/mL y las menores abundancias en TB-1 verano 2018 (5,1 cel/mL) y en verano 2026 (8,5 cel/mL). En este contexto, cabe precisar, que el fitoplancton en el tiempo ha ido presentando una tendencia a la disminución en las abundancias en el sector, siendo evidente en TB-1 y, en menor medida, en TB-3. En TB-2 más bien ha estado estable, excepto por lo registrado en la campaña de 2018 (**Figura N° 13-114 B**).

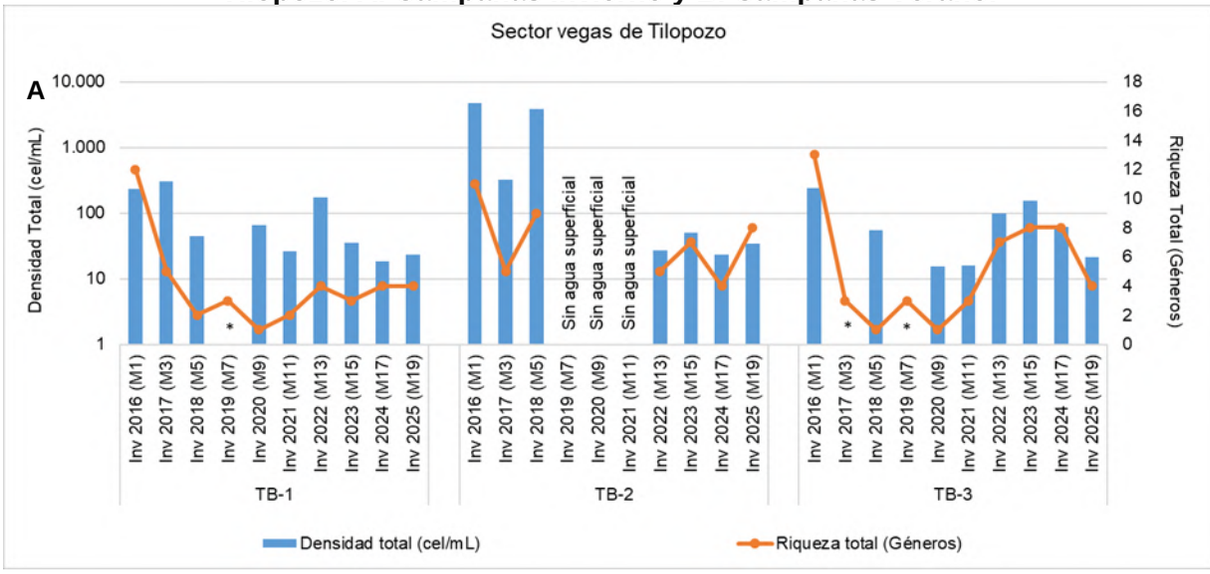
Las dominancias cambiaron respecto de los géneros representativos entre los periodos de invierno y verano, observándose un recambio de géneros en las campañas monitoreadas en el sector vegas de Tilopozo. Por otra parte, entre estaciones de muestreo también fueron observadas diferencias entre microalgas dominantes.

De acuerdo con lo anterior, en invierno 2016, dominaron los géneros *Anabaena* (cianofícea) y *Amphora* (diatomea). Estas representatividades fueron distintas a las detectadas en invierno 2017 donde se observó una alta predominancia de la zygnematoficea *Mougeotia*, las diatomeas *Nitzschia* y *Navicula* y las cianófitas (*Gomphosphaeria* y *Oscillatoria*). En tanto, para invierno 2018, *Nitzschia* (diatomea), presentó la mayor abundancia relativa y en invierno 2019 las mayores representatividades las presentaron los géneros *Mougeotia* y *Spirogyra* ambas de la clase Zygnematophyceae. En la campaña de invierno 2020 la mayor representatividad fue para la diatomea *Diatoma* y en invierno 2021 la mayor representatividad se observó para la diatomea *Ulnaria* y para la zygnematoficea *Mougeotia*. En invierno 2022, se observó una mayor dominancia de los géneros *Halamphora* (diatomea) y *Oscillatoria* (cianófitas). En invierno 2023, correspondió a las diatomeas *Nitzschia* y *Denticula*. En invierno 2024, la mayor representatividad se observó para las diatomeas *Cocconeis* y *Ulnaria.* Por último, en invierno de 2025 la mayor representatividad se observó para *Cocconeis y Navicula.*

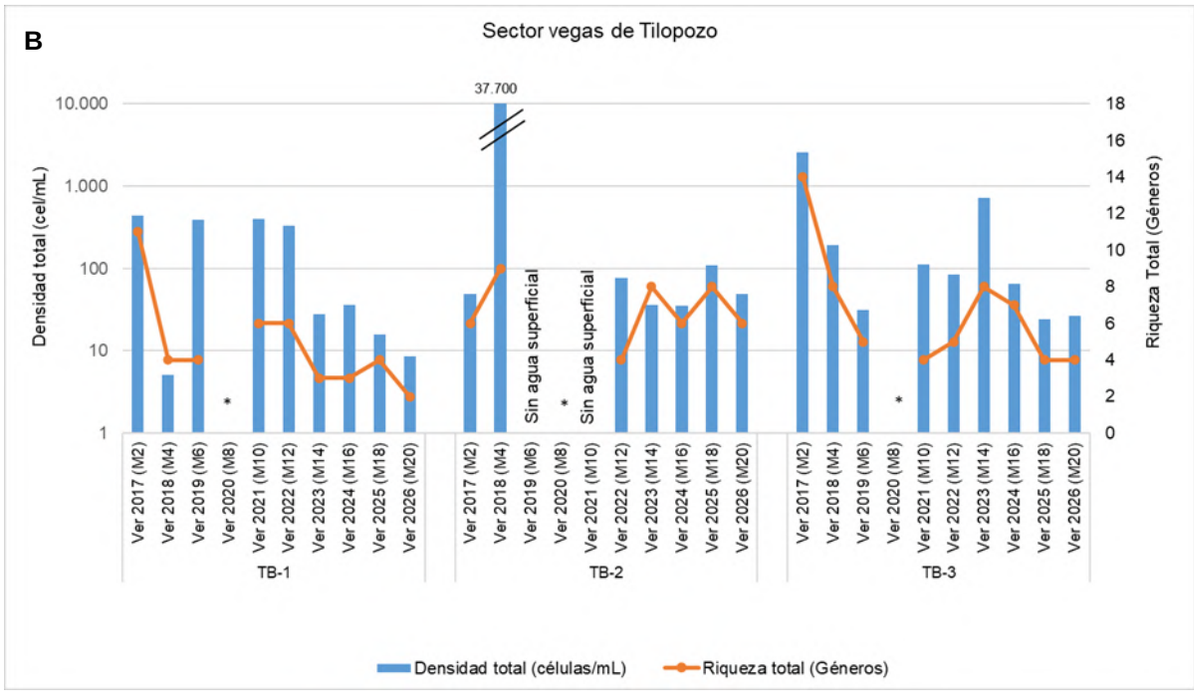
Por el contrario, en verano 2017 se observó una alta predominancia de la diatomea *Amphora* y las cianobacterias *Gomphosphaeria* y *Oscillatoria*. Estas representatividades fueron distintas a las detectadas en verano 2018, donde se observó una alta predominancia de las diatomeas *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula*. Mientras que, para la campaña de verano 2019, predominó

Halamphora (diatomea) y en verano 2021 la diatomea *Nitzschia* y la cianófita *Microcystis*. En verano 2022 se detectó la mayor dominancia de *Halamphora* y *Nitzschia*. En verano 2023 dominaron las cianobacterias *Microcystis* y *Merismopedia*. En verano en verano 2024, lideraron las diatomeas *Cocconeis* y la zygnematoficea *Spirogyra*, en verano 2025, correspondió a la diatomea *Cocconeis* y *Fragilaria* y finalmente en verano 2026 a las diatomeas *Cocconeis y* la zygnematoficea *Spirogyra.* (**Ver Anexo Limnología y Calidad de Agua**).

Figura N° 13-114. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



* Valores con órdenes de magnitud menor a 1 cel/mL.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.
Fuente: Elaboración propia.

En el **Sector Peine** en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo periodos de invierno y LB (periodos de invierno), se observó en su mayoría registros variables y en algunos casos bajo el límite mínimo de la LB para la riqueza, y valores bajos para la abundancia, inclusive en algunos casos bajo el límite inferior respecto de la LB. Cabe destacar que, en

invierno 2023 no se pudo ingresar al sector y en invierno 2024 no hubo acceso a las estaciones de la laguna Salada (S-5 y S-9).

En invierno 2025, se ha observado un rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros (Min 3; Max 9) con un registro por debajo del límite mínimo, en comparación con invierno LB (Min 4; Max 12). Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en invierno 2025, presentaron rangos (Min 18,5; Max 90,5), presentaron registros por debajo del límite mínimo de la LB versus (Min 29 cel/mL; Max 5.280 cel/mL) en periodos de invierno LB. Se debe considerar que en la campaña 2023, no se pudo acceder al sector y en invierno 2024 no se pudo ingresar a las estaciones S-5 y S-9. Asimismo, en la campaña invierno 2024, no fue posible acceder a realizar labores de monitoreo a las estaciones S-9 y S-5, debido al cierre de las lagunas de Peine por el periodo reproductivo de flamencos (**Figura N° 13-115 A**).

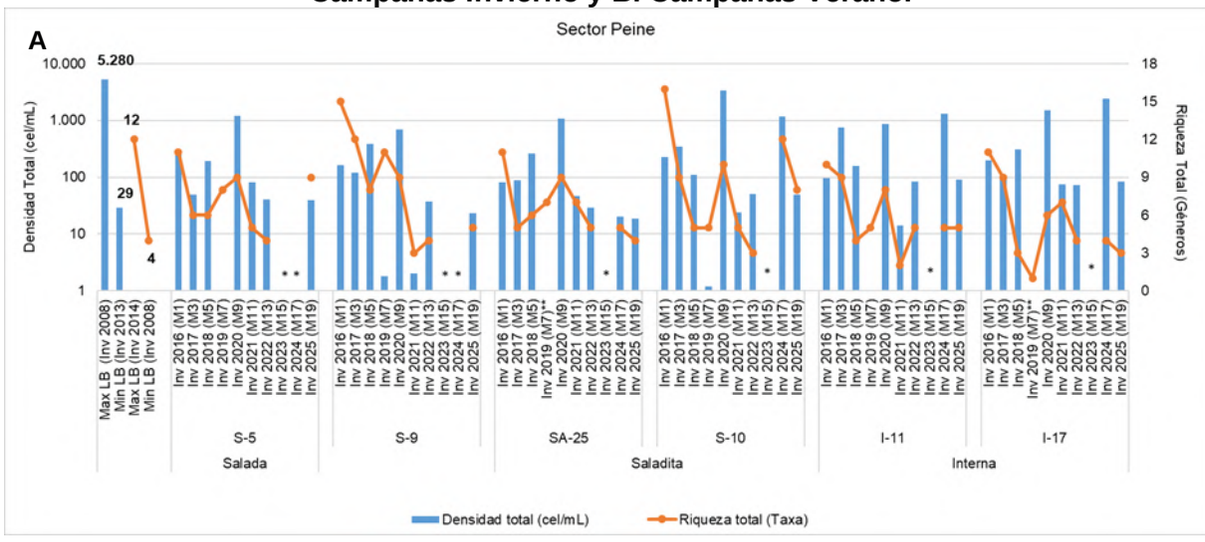
Respecto al fitoplancton en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo periodos de verano y LB (periodos de verano), se observó en su mayoría registros variables y en algunos casos bajo el límite inferior de la LB tanto para la riqueza como para la abundancia. Entre campañas de monitoreo en periodo de verano, se ha observado un rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros en un rango más amplio que lo observado en la LB, con un Rango (Min 3; Max 16) entre periodos de verano monitoreos versus (Min 6; Max 14) en periodos de verano LB (**Figura N° 13-115 B**).

Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada entre monitoreos de verano, se observó que han presentado registros por debajo de lo observado en la LB, en su límite mínimo en periodos de verano LB (rango (Min 5 cel/mL; Max 711 cel/mL) versus (Min 90 cel/mL; Max 8.121 cel/mL)). Se debe considerar, además, que las campañas de verano 2020, no fue monitoreada por ocurrencia de la pandemia COVID-19, y las campañas 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026, porque no se pudo acceder al sector (**Figura N° 13-115 B**).

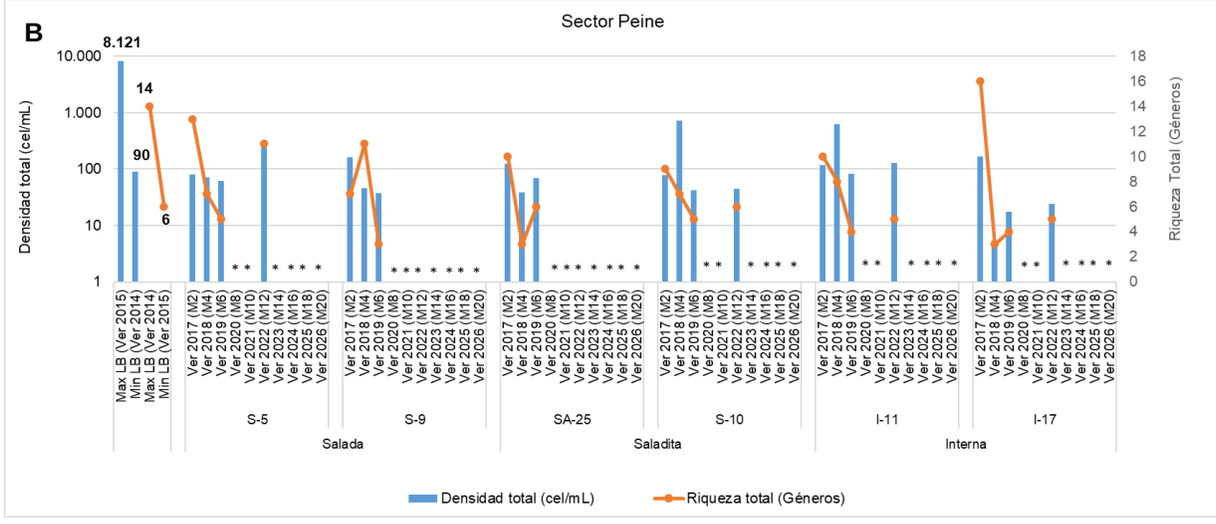
En relación con las mayores representatividades invierno y verano en el tiempo en el sector Peine, se detectó que los registros fueron similares observándose representaciones recurrentes de ciertos de géneros fitoplanctónicos, ya sea entre periodos estacionales y entre la LB y las campañas de monitoreo del correspondiente periodo estacional. Se observó que las diatomeas *Denticula y Halamphora* fueron dominantes en invierno 2025 mientras que, *Amphora, Navicula* y *Achnanthes,* presentaron las mayores dominancias en la LB para monitoreos de invierno. En tanto, se observó que las diatomeas *Amphora, Halamphora, Denticula, Navicula* y *Nitzschia* fueron dominantes entre monitoreos de verano, mientras que, *Cocconeis*, *Amphora, Navicula* y *Achnanthes,* presentaron las mayores dominancias en la LB para periodos de verano. Los registros de mayores representatividades de los géneros para invierno y verano son mostrados en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**.

Cabe destacar que, para ambos monitoreos (verano e invierno), así como para la línea de base del fitoplancton en el sector Peine, la dominancia en el sector fue mayoritariamente para la Clase Bacillariophyceae, resultado coherente para este tipo de sistemas acuáticos donde las diatomeas (Bacillariophyceae) son altamente predominantes (Stevenson et al.1996).

Figura N° 13-115. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) En la campaña invierno 2023 no se realizó muestreo en las lagunas Salada (S-5 y S-9), Saladita (SA-25 y S-10) e Interna (I-11 e I-17) y en invierno 2024 en la laguna Salada (S-5 y S-9), debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. (**) Valores con órdenes de magnitud menor a 1 cel/mL.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19: Para la campaña estival 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026 no se realizó muestreo en lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. En la campaña verano 2022, no se tuvo acceso a las estaciones de laguna Salada (S-9) y de la laguna Saladita (SA-25). Fuente: Elaboración propia.

13.5.1.3.3 Zooplancton

La comunidad de zooplancton en La **Punta y La Brava**, se registraron algunos valores de abundancia total por sobre el rango establecido por la línea base del PMB. Respecto a las campañas de invierno se observaron abundancias totales sobre la línea base en LP-23 (La

Punta) en invierno de 2017 e invierno 2023 y en LB-1 (La Brava) en invierno de 2017. Abundancias altas, pero sin sobrepasar el máximo de la LB fueron registradas en invierno 2017 en las estaciones LP-24 y LB-2 y en invierno 2021 en LP-23. El resto de los monitoreos de invierno se registraron abundancias totales menores a 25 ind/L, siendo por lo general menores a 10 ind/L. En este sentido, la estación con mayor variación en abundancias totales fue LP-23 y la estación con menores abundancias y baja variación fue LB-3.

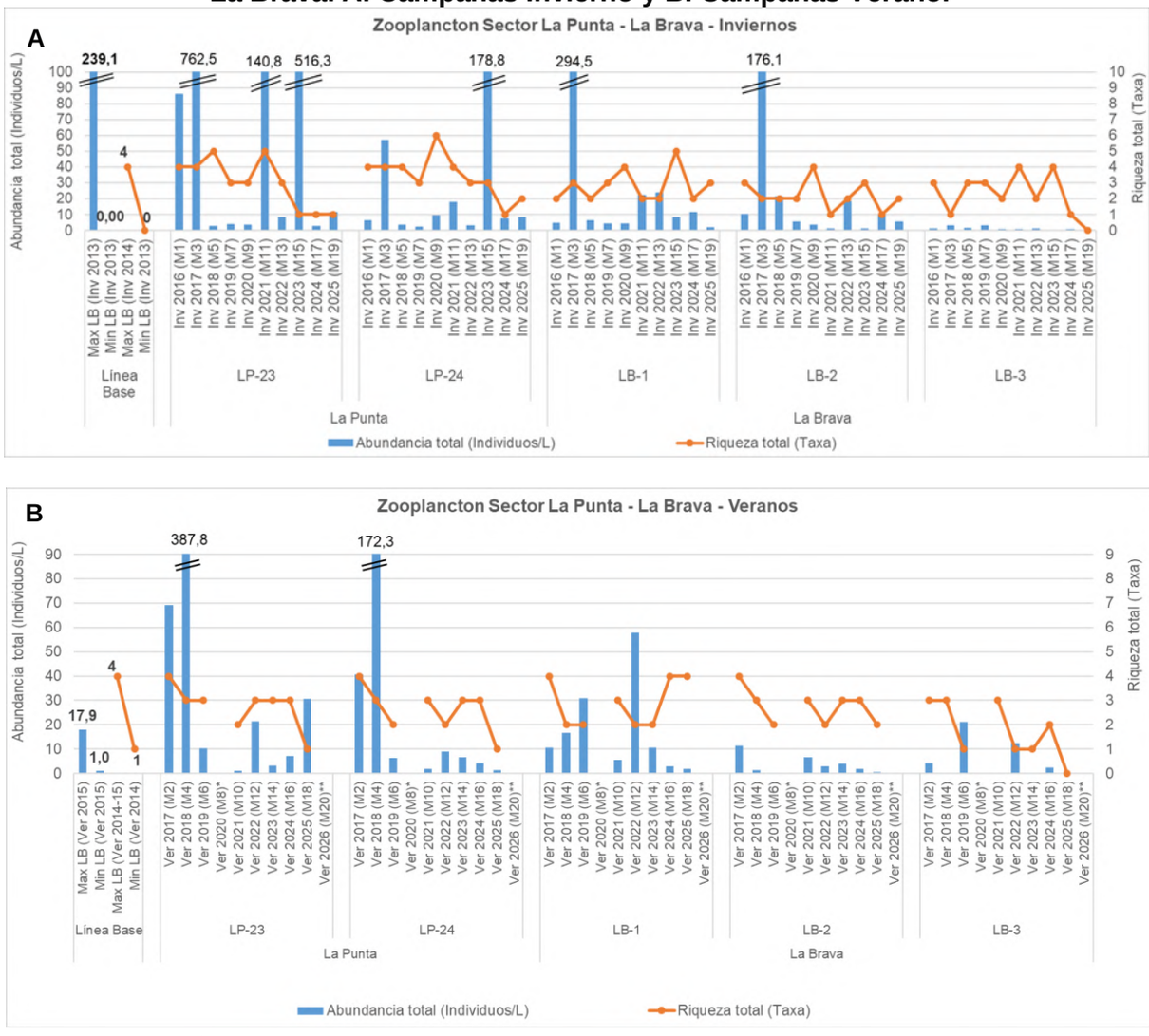
En las campañas de verano se registraron algunos valores de abundancia total por sobre el rango establecido por la línea base del PMB, registrándose las mayores abundancias totales en LP-23 (La Punta) en los veranos de 2017, 2018, 2022 y 2025, mientras que en LP-24 durante los veranos de 2017 y 2018. Por su parte, en laguna La Brava en verano de 2022, fue donde se observó la mayor abundancia total (estación LB-1), representada principalmente por *Artemia franciscana* y el copépodo *Tigriopus* sp. La mayor abundancia total en LB-2 fue en verano 2017 y en LB-3 en verano 2019.

Las riquezas fueron bajas, entre 1 y 4 *taxa* en los periodos de verano y entre 1 y 6 en los inviernos monitoreados (**Figura N° 13-116**).

En este sistema se observó que en invierno 2017 dominaron los copépodos Harpacticoidea (principalmente en La Brava), mientras que en verano 2018 hasta verano 2022 dominaron copépodos del género *Boeckella* y el branquiópodo *Artemia franciscana,* siendo dominantes absolutos desde invierno 2023 hasta invierno 2025 los copépodos *Boeckella poopoensis*. Por su parte, en LB-1 y LB-2, el zooplancton ha sido representado principalmente por *Artemia franciscana* y por el copépodo Harpacticoidea *Tigriopus* sp., aunque en invierno 2024 no se registró en La Brava *A. franciscana.* En las campañas de verano 2021 2023, 2024 y 2025, se registraron las menores abundancias totales dentro del Plan de Manejo Biótico, tanto en la laguna La Punta y como en La Brava.

Cabe mencionar que *Boeckella* se encontró mayoritariamente en laguna La Punta y *Artemia franciscana* en La Brava, lo que se puede relacionar con su nivel de tolerancia a la salinidad o bien, a las interacciones con otros organismos zooplanctónicos. Según la literatura especializada, algunos copépodos son animales omnívoros que filtran fitoplancton y también predan sobre protozoos y estadíos tempranos de desarrollo de otros zooplancteres, como es el caso de *Boeckella poopoensis* que preda sobre las larvas nauplio de *Artemia franciscana*, lo cual podría ser la causa que ambas especies no coexistan a pesar de que sus rangos de tolerancia a la salinidad lo permiten. Ahora bien, una característica importante de los cuerpos de agua en Chile es que se ha observado una mayor riqueza de zooplancteres en salinidades entre 5 g/L y 90 g/L, siendo posible encontrar conviviendo dos especies de copépodos. Sin embargo, sobre 90 g/L en salinidad, solo es posible encontrar presente a el branquiópodo *Artemia franciscana* (De los Ríos-Escalante, 2010).

Figura N° 13-116. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia de COVID-19. (**) En la campaña verano 2026 no se realizó muestreo debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos.

Para el sector **Tilopozo**, las riquezas totales estuvieron en el rango de 0 a 5 *taxa* en las campañas de invierno y entre 0 y 7 en las campañas de verano, mostrando en general bajas abundancias totales (menores a 86 ind/L).

En las campañas de invierno se registraron las mayores abundancias totales (en TB-2 en invierno 2016 y en TB-1 en invierno 2017), mientras que en verano las mayores abundancias totales se registraron en verano 2018 para TB-2 y en verano 2017 para TB-3, alcanzando el máximo en esta última de 38,4 ind/L. En las estaciones TB-1 y TB-3 (pozas), no se encontraron organismos zooplanctónicos en los veranos 2018, 2019 y 2022. Adicionalmente, en la estación TB-1 en inviernos 2018, 2023 y 2024, veranos 2023, 2025 y 2026. En la estación TB-3 no se encontraron organismos zooplanctónicos en las campañas de invierno 2018, 2019 y verano de 2021. Cabe mencionar que la estación TB-2, en los veranos de 2019 y 2021 e inviernos de 2019, 2020 y 2021, se encontró sin agua superficial al momento del muestreo, en verano 2024 y 2025 no se encontraron organismos zooplanctónicos (**Figura N° 13-117**).

En invierno dominaron copépodos ciclopoídeos en TB-1, en verano dominaron dípteros quironómidos en TB-2 (única estación con organismos zooplanctónicos). La ocurrencia de estos insectos en esa estación puede estar relacionada con el bajo nivel de agua encontrado en el sistema en ese periodo, catalogándose como pajonal hídrico. Cabe señalar que el sector de Tilopozo no posee registros de Línea Base dentro del Plan de Monitoreo Biótico, por lo que los resultados no se compararon con registros de este tipo.

En los últimos monitoreos desde verano 2023 en adelante, si bien se registraron bajas abundancias, el zooplancton registrado en el sector de Tilopozo, correspondió a fauna compuesta principalmente por organismos bentónicos y que eventualmente se encuentra en la columna de agua. Si bien, no es una situación extraña, cabe notar que entre los organismos se encontró a *Heleobia atacamensis*, que ha sido registrada históricamente como la única especie de gasterópodo en el sector Tilopozo, la cual es de significancia ya que está clasificada En Peligro Crítico (CR) según el DS 52/2014 (MMA).

Figura N° 13-117. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia de COVID-19.

La comunidad de zooplancton en el **Sector Peine** registró en general valores de abundancia total y riqueza dentro del rango establecido por la LB para los inviernos del PMB, exceptuando por las abundancias registradas en S-9 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna) durante el monitoreo de invierno 2017, las cuales estuvieron por sobre el máximo registrado en la LB. Sin embargo, la mayoría de las abundancias totales en este sector estuvieron bajo los 10 ind/L en las campañas de invierno, tanto en laguna Salada como laguna Saladita. Mientras que, en laguna Interna, se registraron las mayores abundancias totales en todos los monitoreos de invierno. Tales mayores abundancias totales, en especial I-17, fueron dadas principalmente por el branquiópodo *Artemia franciscana* o copépodos harpacticoídeos. En la campaña de invierno 2022 solo la estación S-9 tuvo una abundancia mayor a 50 ind/L, dado por la mayor abundancia del copépodo Harpacticidae *Tigriopus* sp. Las riquezas de *taxa* han sido bajas y estables en la mayoría de los monitoreos de invierno, con valores entre 0 y 4, con los máximos registros en laguna Salada (invierno 2019), en S-10 de laguna Saladita (invierno 2016) e I-11 de laguna Interna (invierno 2016). Las abundancias totales en este sector han sido variables, si bien en la última campaña de invierno 2025 fueron muy bajas (máximo 0,45 ind/L en S-5), no es posible establecer una tendencia clara de incrementarse o disminuir a lo largo del PMB

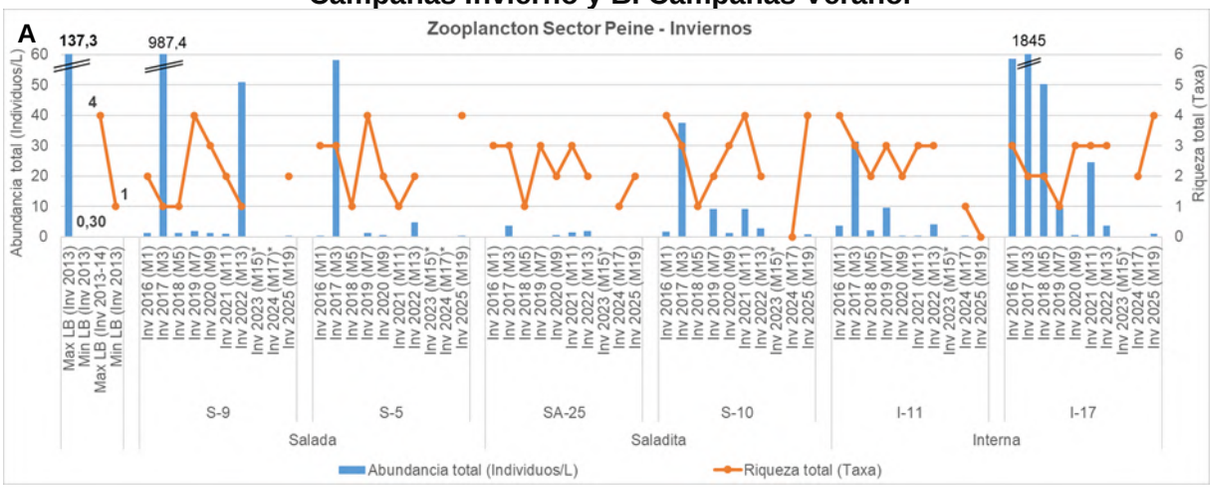
Para las campañas de verano se registró en general valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, exceptuando por las abundancias registradas en S-9 (laguna Salada), I-11 e I-17 (laguna Interna) durante el monitoreo de verano 2018, las cuales estuvieron por sobre el máximo registrado en la LB. Tales mayores abundancias totales, principalmente en I-17, fueron dadas por el branquiópodo *Artemia franciscana*. Las menores abundancias totales se registraron en las campañas de LB de verano 2014, 2015, 2017, 2019 y 2022. Las riquezas en general han sido bajas en todos los monitoreos de verano, con valores entre 1 y 5, con el máximo registro en laguna Salada (S-5) durante el verano 2018.

Cabe mencionar que la campaña de verano 2020 no se realizó producto de la pandemia COVID-19 y que, para el sector de Peine en particular, tampoco se cuenta con las campañas de verano 2021, parte de verano 2022, en verano 2023, invierno 2023, verano 2024, parte de invierno 2024, verano 2025, verano 2026, debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de flamencos (**Figura N° 13-118**).

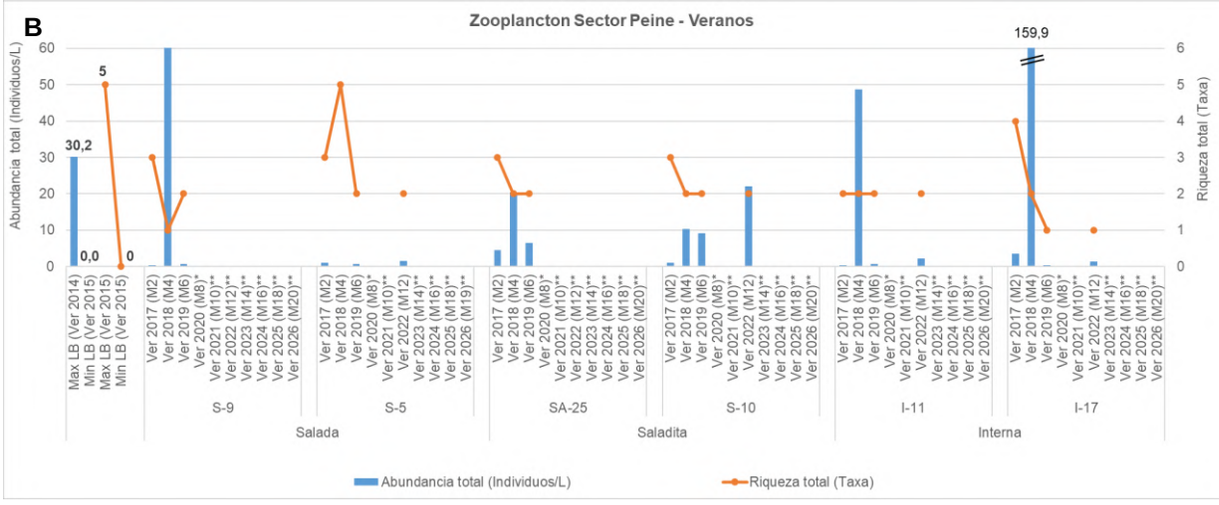
En este sistema los zooplancteres más abundantes fueron los copépodos Harpacticoidea y el branquiópodo *Artemia franciscana*. En el caso de esta última especie, se ha constatado un incremento de su abundancia desde laguna Salada a laguna Interna, lo cual tiene relación con la misma variación en conductividad y salinidad dada en este sistema. Además, esta especie se considera como halofílica, encontrándose en ambientes incluso hipersalinos con salinidades por sobre los 90 g/L (De los Ríos-Escalante, 2010), y es parte esencial de la dieta de los flamencos que utilizan estos sistemas dentro de su ciclo de vida (Tobar et al. 2017; Zuñiga et al. 2012)

Una característica importante de los cuerpos de agua en Chile es que se ha observado una mayor riqueza de zooplancteres en salinidades entre 5 g/L y 90 g/L, siendo posible encontrar conviviendo dos especies de copépodos. Sin embargo, sobre 90 g/L en salinidad, solo es posible encontrar presente a el branquiópodo *Artemia franciscana* (De los Ríos-Escalante, 2010), lo cual ha sido constatado en la estación I-17 de laguna Interna.

Figura N° 13-118. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) En la campaña de invierno 2023 y parte de la campaña de invierno 2024, no se realizó el muestreo en las lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos.



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia de COVID-19. (**) En la campaña estival de 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026 no se realizó el muestreo en las lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. En la campaña verano 2022, no se tuvo acceso a las estaciones de laguna Salada (S-9) y de la laguna Saladita (SA-25).

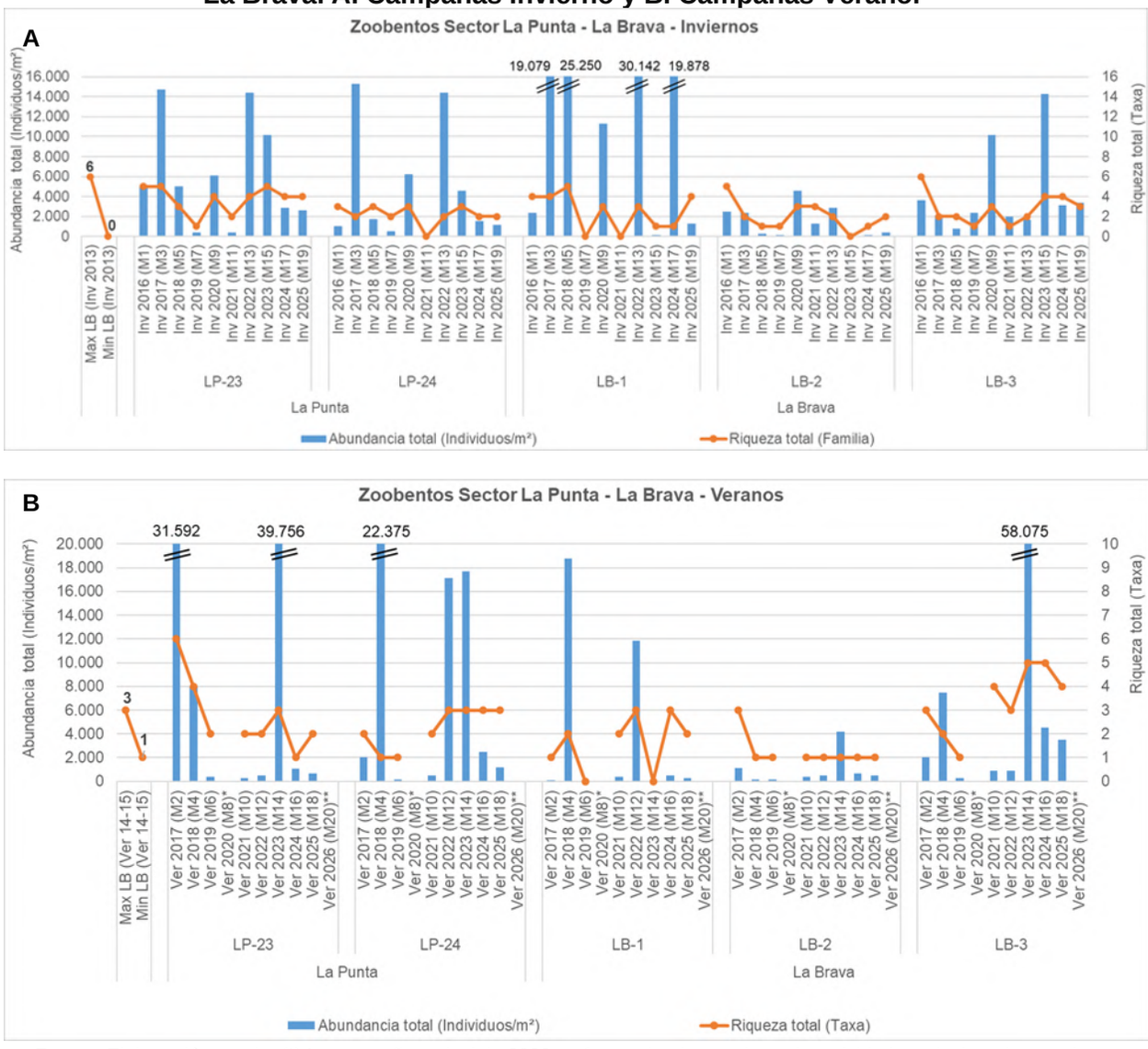
13.5.1.3.4 Zoobentos

La comunidad zoobentónica en el sector **La Punta** y **La Brava** se ha registrado una riqueza con valores entre 0 y 6 *taxa*, con valores máximos en invierno 2016 en la estación LB-3 y verano 2027 en la estación en la estación LP-23 y los mínimos en invierno 2019 (en la estación LB-1 y LP-24) y 2021 en la estación LB-24 y para veranos 2019 y 2023 en la estación LB-1. Las abundancias totales en La Punta y La Brava durante los inviernos y veranos monitoreados mostraron valores en general menores a los 20.000 ind/m², sin embargo, se encontraron abundancias totales mayores a este valor en invierno 2018 e invierno 2022 (LB-1) y en verano 2017 (LP-23), verano 2018 (LP-24) y en verano 2023 (LP-23 y LB-3), alcanzando una máxima abundancia total de 58.075 ind/m² en LB-3 durante el verano 2023 (**Figura N° 13-119**).

En relación con los *taxa* dominantes registrados en La Punta y La Brava, se observó que las mayores representatividades fueron diferentes dependiendo de la laguna y la campaña. Para invierno los *taxa* dominantes en ambas lagunas corresponden principalmente a gasterópodos Cochliopidae (*Heleobia* sp.), ostrácodos Cyprididae y a copépodos Harpacticoidea.

En La Brava, la estación LB-1, dominaron ampliamente en verano 2019 los copépodos bentónicos Canthocamptidae y en las estaciones LB-2 y LB-3, en invierno 2018, dominaron los dípteros Ceratopogonidae, mientras que en verano 2019 fueron dominantes los dípteros Stratiomyidae. En verano 2022 los *taxa* dominantes correspondieron principalmente a copépodos Harpacticoidea seguidos por gasterópodos Cochliopidae (*Heleobia* sp.) Históricamente los *taxa* dominantes correspondieron principalmente a copépodos Harpacticoidea, seguidos por gasterópodos *Heleobia* sp., sin embargo, en las campañas de 2023 en adelante los *taxa* dominantes han sido los ostrácodos Cyprididae y el gasterópodo *Heleobia* sp.

Figura N° 13-119. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia de COVID-19. (**) En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo.

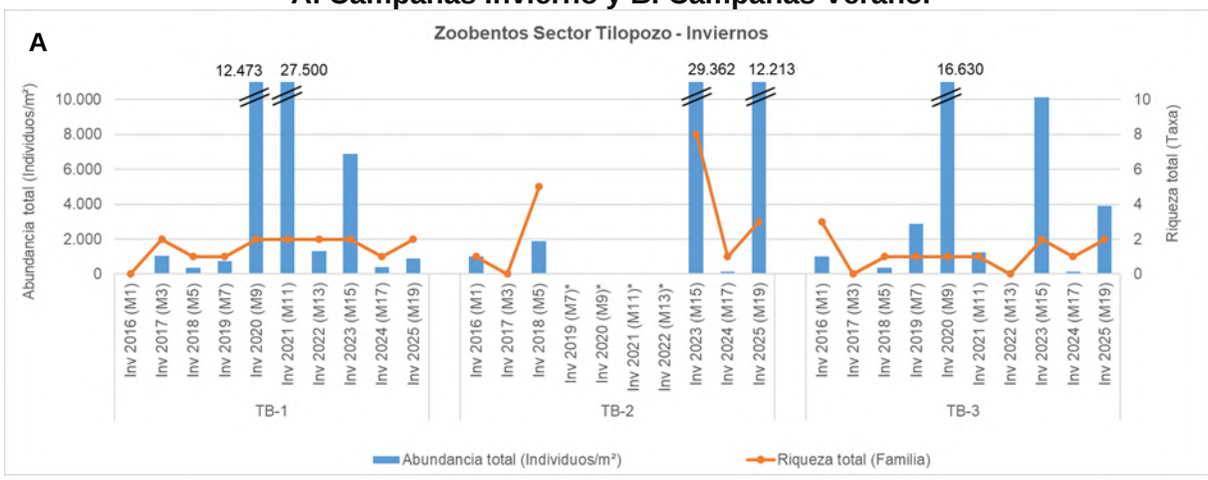
El zoobentos del **Sector de Tilopozo**, en las campañas de invierno y verano se registraron bajas riquezas de *taxa*, 0 a 8 en invierno y de 0 y 6 *taxa* en verano, con el mayor valor de riqueza en las estacionTB-2 para invierno 2023. En verano, los mayores valores de riqueza se observaron en la estación TB-1 (verano 2017) y TB-2 (verano 2017 y 2023).

Las mayores abundancias totales ocurrieron en verano 2021 en las estaciones TB-1 (386.500 ind/m²) y TB-3 (277.875 ind/m²), en verano 2022 en TB-3 (116.875 ind/m²), en verano 2023 tanto en TB-1 (149.281 ind/m²) como en TB-3 (102.899 ind/m²) y en verano 2024 en TB-2 (86.139 ind/m²). Durante las campañas de invierno la máxima abundancia total fue registrada en TB-2 en invierno 2023, alcanzando los 29.362 ind/m². Adicionalmente se registraron las mayores abundancias en la estación TB-1 en invierno 2020 (12.473 ind/m²) e invierno 2021 (27.500 ind/m²), en la estación TB-2 en invierno 2025 (12.213 ind/m²) y para la estación TB-3 en invierno 2020 (16.630 ind/m²) e invierno 2023 (10.134 ind/m²) (**Figura N° 13-120**).

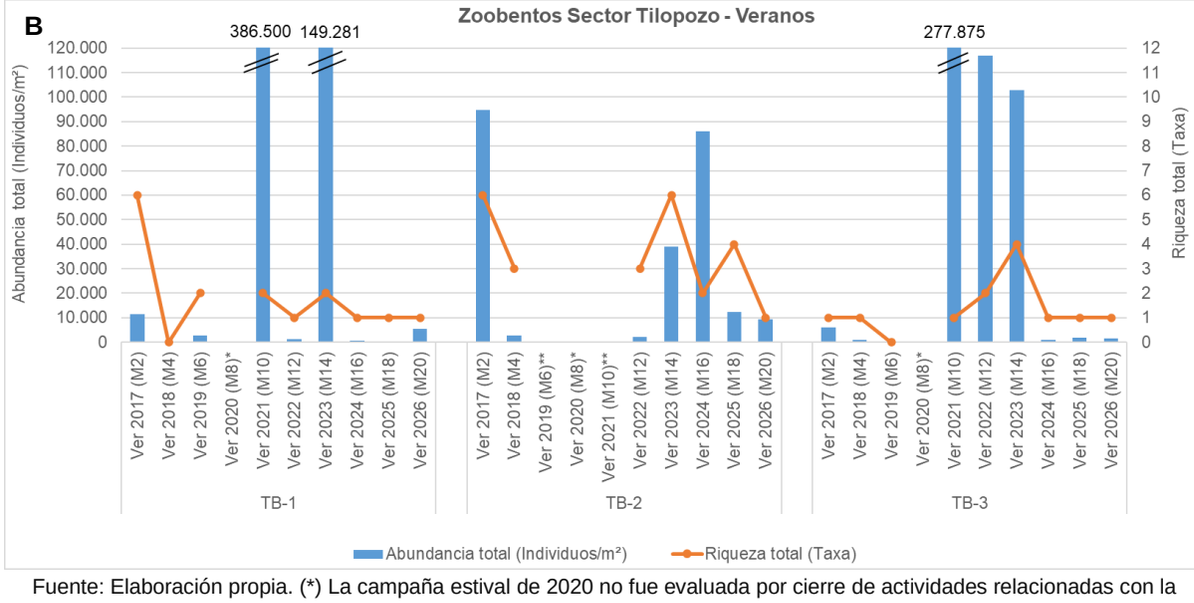
Respecto de los *taxa* dominantes registrados en las estaciones de Tilopozo durante estas campañas, se observó que en TB-1 y TB-3 dominó ampliamente el gasterópodo *Heleobia atacamensis*, tanto en invierno como en verano (ambas estaciones corresponden a pozas con afloramiento de agua subsuperficial). Las altas abundancias registradas en verano 2021, 2022 y 2023 en estas estaciones, corresponden casi exclusivamente a *H. atacamensis*. En la estación TB-2 (que corresponde a un pajonal hídrico de baja profundidad) dominaron los dípteros entre los años 2016 y 2018, sin embargo, en verano 2023 a 2026 se ha registrado la dominancia de *H atacamensis*. Cabe mencionar que esta estación se encontró sin agua superficial en invierno 2019, 2020 y 2021 y verano 2019 y 2021.

La presencia de *Heleobia atacamensis* es de significancia ya que está clasificada En Peligro Crítico (CR) según el DS 52/2014 (MMA) la cual ha sido descrita en la literatura en específico para el sector de Tilopozo. Cabe mencionar que, si bien en inviernos previos al 2019 se observaron menores abundancias (incluso 0 en invierno 2016 y 2017) que puede corresponder a su ciclo natural, se debieran considerar fuentes externas que pueden estar haciendo variar la abundancia de esta especie en el sector, como lo son el pastoreo de animales (camélidos) en el área o bien, la remoción de Macrófitas de las pozas de Tilopozo en periodos clave para su reproducción, ya que las utilizan como sustrato y sujeción. Su ciclo de vida es completamente acuático al respirar por branquias (Philippi, 1860) y es la única especie del género descrita en Chile y por ende, endémica (Collado & Méndez, 2011). No se conocen datos sobre tendencias poblacionales, ni se han registrado antecedentes en otros sistemas hidrológicos del norte de Chile, sin embargo, su presencia ha sido descrita en el sector de Tilopozo (Biese, 1947). Además, de confirmarse su registro en las lagunas La Punta, La Brava y lagunas de Peine en el sector sur del salar y en Aguas de Quelana, lagunas Chaxa y Puilar en la parte media del salar (Collado et al. 2023 y Valdovinos y Muñoz 2025).

Figura N° 13-120. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) La estación TB-2 en los inviernos de 2019, 2020 y 2021 se encontró sin agua superficial al momento de los muestreos y en invierno 2022 no fue posible obtener muestras de sedimentos debido a la compactación y entramado de raíces del terreno.

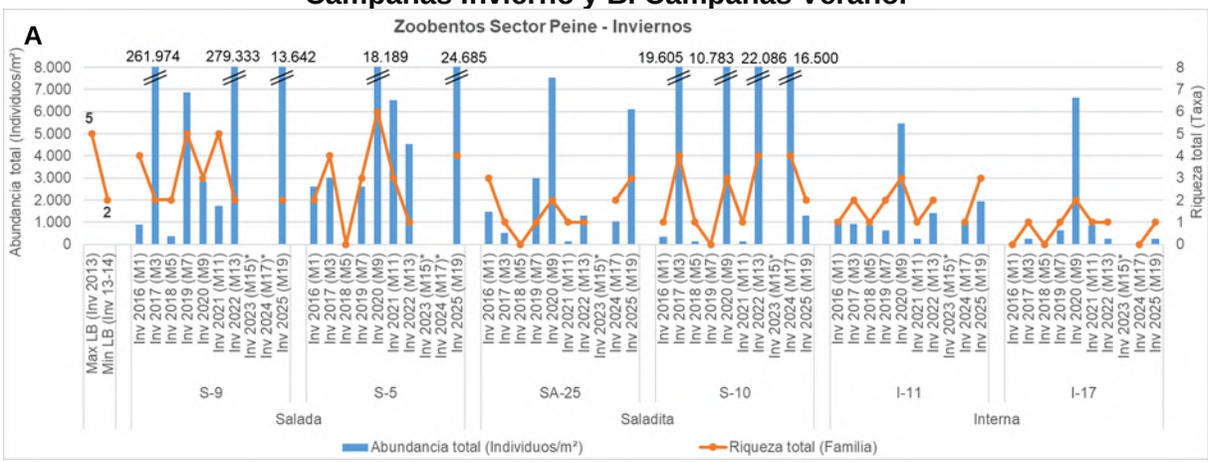


Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia de COVID-19. (**) La estación TB-2, en verano 2019 y 2021, se encontró sin agua superficial al momento del muestreo.

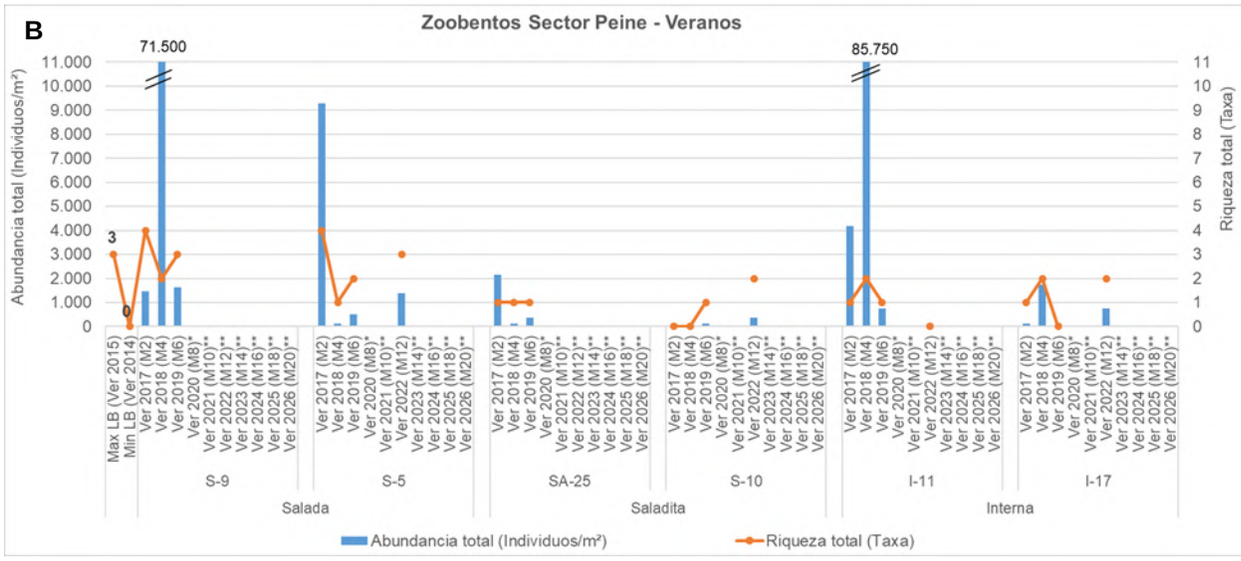
El zoobentos del **Sector Peine** tanto en las campañas de invierno como en verano, mostró en general bajas riquezas de *taxa* (entre 0 y 6 *taxa* por estación), con mayores valores de riqueza en las estaciones de laguna Salada. Las abundancias totales en Peine durante los inviernos y veranos monitoreados mostraron valores en general bajo los 10.000 ind/m², excepto en invierno 2017 para las estaciones S-9 y S-10, en verano 2018 en las estaciones S-9 e I-11, en invierno 2020 en las estaciones S-5 y S-10, en invierno 2022 en las estaciones S-9 y S-10, registrándose un máximo de abundancia total de 279.333 ind/m² en S-9 en 2022, en invierno 2024 en la estación S-10 y en invierno 2025 en la estación S-5. Cabe mencionar que, en la mayoría de las estaciones del sector, se incrementaron las abundancias notoriamente en invierno 2020, lo cual se puede relacionar con su ciclo reproductivo anual, considerando que las campañas de muestreo se realizaron al finalizar el invierno (casi comienzos de primavera), donde se encuentran las condiciones favorables para su reproducción y desarrollo larvario (**Figura N° 13-121**).

En relación con los *taxa* dominantes registrados en las estaciones de Peine durante estas campañas, se observó que dominaron los insectos dípteros en todas las estaciones donde hubo registros, exceptuando por S-9 en verano 2019, donde dominaron los gasterópodos del género *Heleobia atacamensis* De los dípteros, cabe mencionar a las familias Stratiomyidae, Empididae y Ceratopogonidae para laguna Salada, las familias Empididae, Ceratopogonidae y Dolichopodidae para laguna Saladita y Ceratopogonidae y Ephydridae para laguna Interna.

Figura N° 13-121. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) En la campaña de Invierno 2023 y parte de la campaña de invierno 2024, no se realizó el muestreo en las lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos.



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia de COVID-19. (**) En la campaña estival de 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026 no se realizó el muestreo en las lagunas de Peine, debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. En la campaña verano 2022, no se tuvo acceso a las estaciones de laguna Salada (S-9) y de la laguna Saladita (SA-25).

13.5.1.3.5 Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)

En relación con el registro histórico de plantas vasculares acuáticas en los sectores La Punta y La Brava, vegas de Tilopozo y Peine, obtenidas en las campañas realizadas en la LB invierno (2008, 2013 y 2014) y los monitoreos invierno (2016 a 2025), se ha detectado un total de 12 especies. Mientras que, el registro histórico de plantas vasculares acuáticas en los sectores Peine, La Punta y La Brava y vegas de Tilopozo, entre las campañas realizadas en la línea de base verano (2014 y 2015) y los monitoreos verano (2017 a 2026), se ha detectado un total de 9 especies (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

Las especies reportadas para ambos periodos estacionales son similares y corresponden a las especies hidrófitas *Ruppia filifolia, Zannichellia palustris* y *Myriophyllum* y a las helófitas *Schoenoplectus americanus*, *Juncus balticus, Distichlis spicata, Puccinellia frigida, Triglochin concinna, Baccharis linearis* y *Salicornia neei (ex S. fruticosa),* salvo excepciones como *Potamogeton pectinatus* (hidrófita) y la helófita *Patosia clandestina* ambas reportadas solamente en campañas de línea de base de invierno. En relación con el origen, casi todas son especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación de acuerdo con la clasificación vigente (**Tabla N° 13-34**).

Tabla N° 13-34. Resumen de especies detectadas en los sectores La Punta, La Brava, vegas de Tilopozo y Peine, en campañas de línea de base y monitoreo.

Clase	Familia	Especie	Nombre Común	Hábito	Origen
Liliopsida	Potamogetonaceae	*Potamogeton pectinatus**	Espiga de agua	Hidrófita	Introducida
	Juncaceae	*Patosia clandestina**	Cojín de vega	Helófita	Nativa
	Ruppiaceae	*Ruppia filifolia*	Pelo de Agua	Hidrófita	Nativa
	Zannichelliaceae	*Zannichellia palustris*	Cachagüita	Hidrófita	Nativa
	Cyperaceae	*Schoenoplectus americanus*	Totora	Helófita	Nativa
	Juncaceae	*Juncus balticus*	Junco	Helófita	Nativa
	Juncaginaceae	*Triglochin concinna*	Sin nombre	Helófita	Nativa
	Poaceae	*Puccinellia frigida*	Sin nombre	Helófita	Nativa
	Poaceae	*Distichlis spicata*	Grama salada	Helófita	Nativa
Magnoliopsida	Asteraceae	*Baccharis linearis*	Romerillo	Helófita	Nativa
	Haloragaceae	*Myriophyllum sp.*	Pino de agua	Hidrófita	Cosmopolita
	Amaranthaceae	*Salicornia neei*	Hierba sosa	Helófita	Nativa

*Especies detectadas solo en Línea de Base en periodo de invierno.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con la riqueza histórica total detectada en el sector **La Punta - La Brava** y periodo estacional, se observó en periodo de invierno y verano un registro total de plantas vasculares acuáticas de 6 especies las que correspondieron a *Ruppia filifolia*, *Patosia clandestina*, *Potamogeton pectinatus*, *Salicornia neei (ex S.fruticosa)*, *Triglochin concinna*, *Puccinellia frigida*. Respecto de las coberturas totales estas fueron registradas desde invierno 2016 y verano 2017 en adelante (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

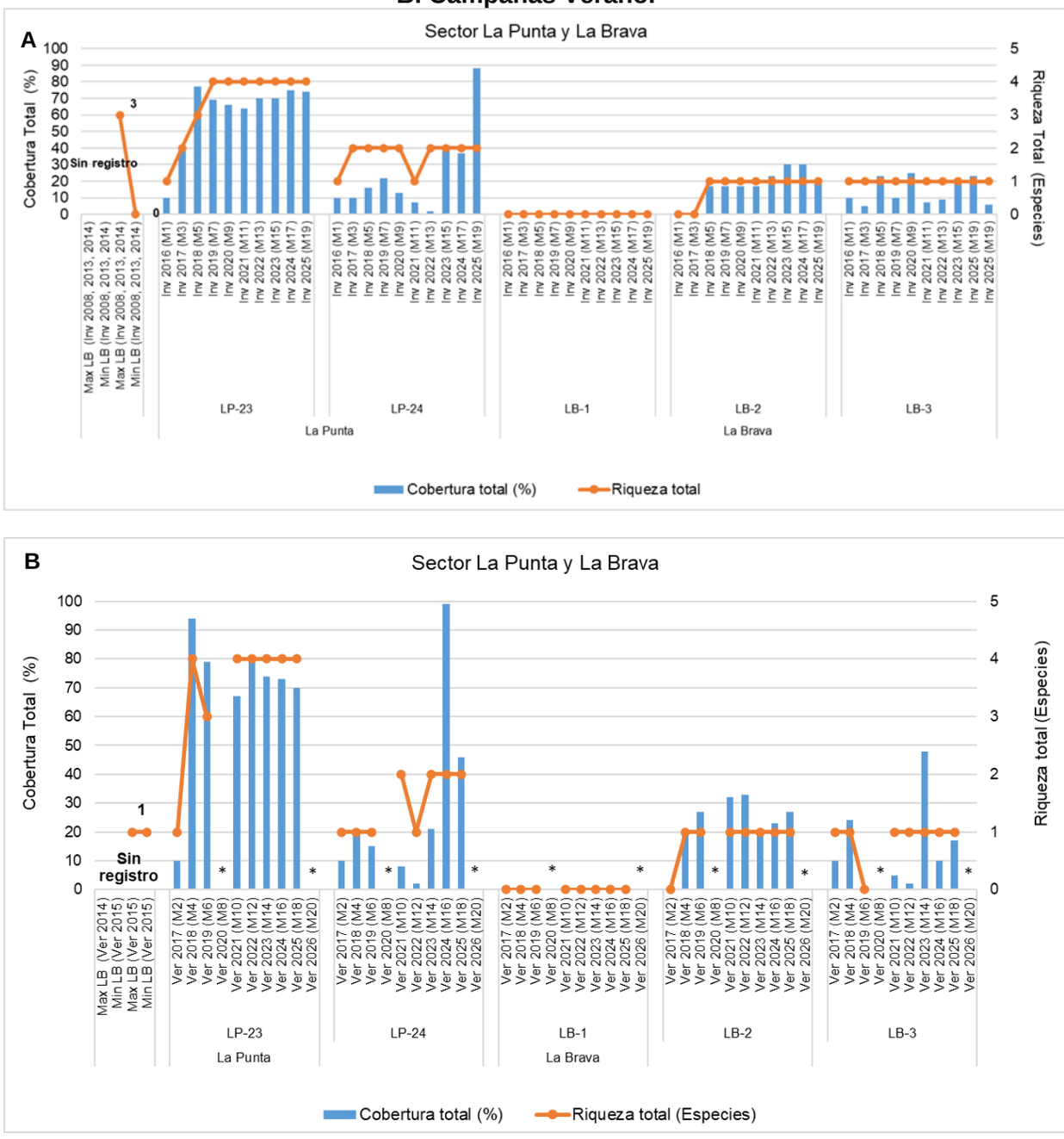
Cabe destacar que en las campañas de invierno y verano realizadas entre 2016 y 2025 se observó que la hidrófita *Ruppia filifolia*, siempre estuvo sumergida y distribuida en el centro o en las orillas de las lagunas. Por otra parte, solo en las orillas de laguna La Punta se reportó la presencia de la helófita emergente *S. neei*, además de *P. frigida*, mientras que, *T. concinna* fue reportada en invierno 2018 a 2025 y en las campañas de verano desde 2018 en adelante en las lagunas La Punta y La Brava.

En las campañas de LB, invierno 2008 no se registraron plantas vasculares acuáticas. En invierno 2013 se registró la presencia de *R. filifolia* en las estaciones LB-1, LB-2 y LB-3 (ubicadas en la Laguna La Brava). En tanto en la laguna La Punta no se observó la presencia de plantas. Posteriormente en invierno 2014 se detectó la presencia de *P. pectinatus y P. clandestina* en las estaciones LB-1, LB-2 y LB-3 (ubicadas en la Laguna La Brava) y en las estaciones LP-23 y LP-24 (ubicadas en la Laguna La Punta). Cabe destacar que en estas campañas no se registraron coberturas totales asociadas a estas especies (**Figura N° 13-122 A**). En las campañas de LB, verano 2014 y 2015 se registró la presencia de una especie de planta vascular acuática, *R. filifolia* en las estaciones LB-1, LB-2 y LB-3 (ubicadas en la Laguna La Brava) y en LP-23 y LP-24 (ubicadas en la laguna La Punta) (**Figura N° 13-122 B**).

La riqueza de especies por estación de muestreo ha oscilado en términos temporales (LB 3 especies y monitoreos 4 especies) en periodo invierno y verano, presentando máximos de 4 especies en invierno 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025 y verano 2018, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025 en la estación LP-23 (**Figura N° 13-122 A**). Se aprecia un comportamiento intermitente respecto de la presencia de las especies en periodo de invierno y verano, lo que podría estar asociado a las condiciones del hábitat en el periodo, la salinidad, la disponibilidad de nutrientes y la temperatura en las lagunas.

Respecto de las coberturas totales, si bien no existen registros de LB, se observa que la estación LP-24 ha presentado valores máximos en invierno 2025 con un 88%, en verano se ha registrado en 2018 un 94% en LP-23 y un 99% en verano 2024 en LP-24, manteniéndose normalmente con coberturas superiores a 60% (con excepción de las campañas de invierno 2016, 2017 y verano de 2017). Mientras que, para las restantes estaciones de monitoreo las coberturas presentaron valores diferentes entre campañas de invierno, con registros entre 2 y <40% y en campañas de verano con registros entre 2 y 46% (**Figura N° 13-122 B**).

Figura N° 13-122. Rango de variación temporal por estación de monitoreo y LB, de las plantas vasculares acuáticas en el Sector La Punta-La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19. En la campaña verano 2026, no se tuvo acceso al Sector La Punta y La Brava, por lo que no fue posible realizar labores de monitoreo.

En relación con la riqueza histórica detectada en el sector **vegas de Tilopozo** se observó un registro de plantas vasculares acuáticas de 6 especies en invierno y 4 especies en verano. Las que correspondieron a la hidrófita libre flotante *Zannichellia palustris,* además en invierno 2025 en TB-3 se registró por primera vez en el monitoreo la presencia de la hidrófita sumergida *Myriophyllum* sp, las helófitas *Schoenoplectus americanus, Juncus balticus* (solo invierno)*, Baccharis linearis* y *Distichlis spicata.* El sector de vegas de Tilopozo no presenta registro de línea de base, por lo que se analizan los registros de invierno 2016 y de verano 2017 en adelante (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

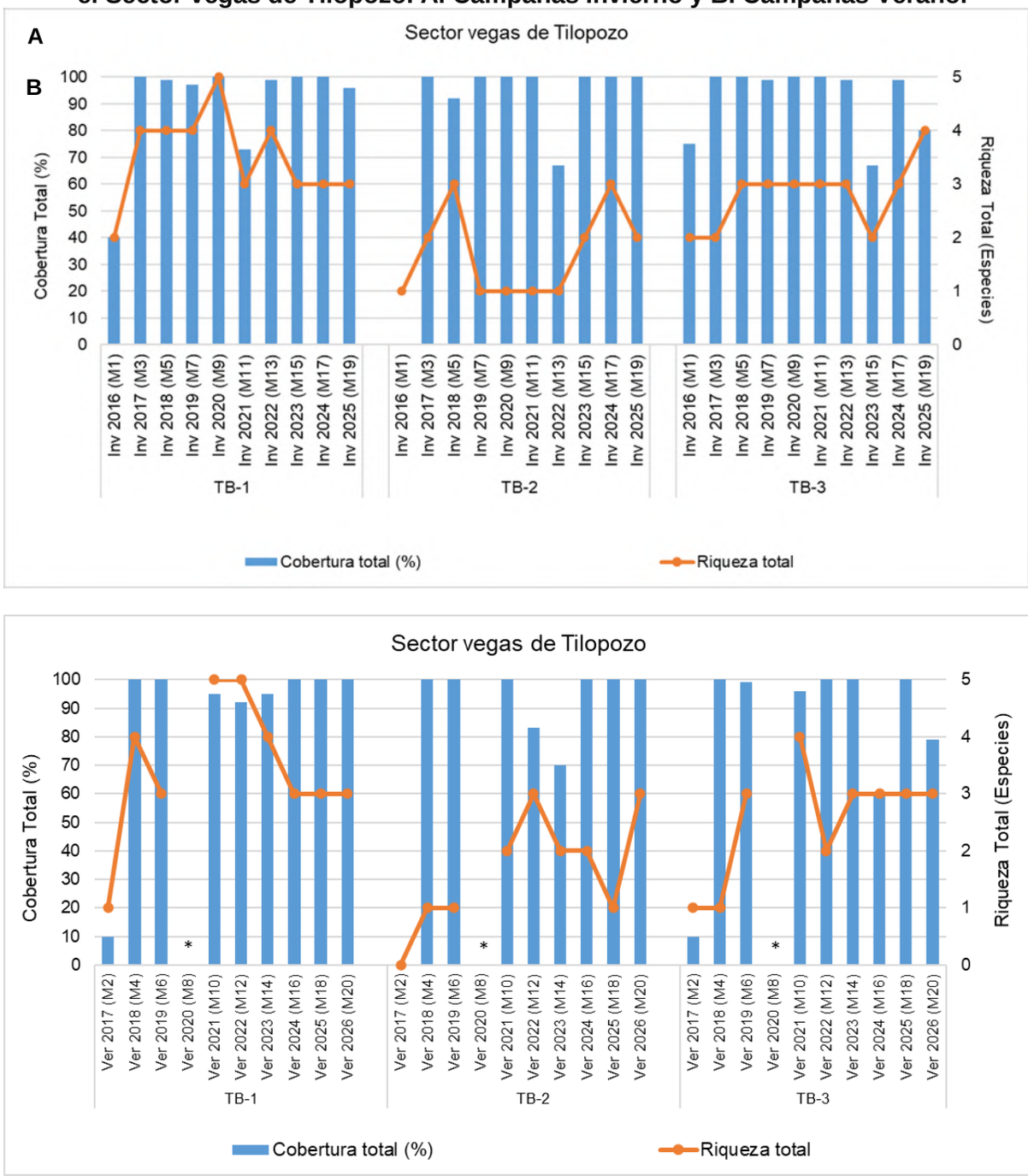
La riqueza de especies por estación de muestreo ha oscilado en términos temporales (monitoreos) entre 1 y 5 especies en invierno y verano, encontrándose diferencias entre estaciones de muestreo. Cabe consignar que, las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden a afloramientos tipo pozas y la estación TB-2 corresponde a un pajonal hídrico (**Figura N° 13-123 A** y **B**).

En relación las coberturas totales de las plantas acuáticas, en periodos de invierno y verano, el sector vegas de Tilopozo, se han mantenido más bien estables y con valores altos. En invierno las coberturas entre las estaciones de monitoreo oscilaron entre 75 y 100%, excepto para la campaña de invierno 2016 que presentó una cobertura total de 40%. Mientras que, en periodos de verano, los valores también fueron altos oscilando entre 60 y 100%, excepto para la campaña de verano 2017 donde se observó una cobertura total del 10% (**Figura N° 13-123 A** y **B**).

Respecto de las coberturas se observa que en los monitoreos (dado que no existen registros de LB) las estaciones de muestreo presentan altas coberturas de la hidrófita *Zannichellia palustris* como de las helófitas reportadas. *Z. palustris* entre periodos cubrió buena parte de la superficie del espejo de agua de las pozas. Al respecto, cabe destacar que sus hojas constituyen una buena base para el asentamiento de algunas lamas de microalgas y del caracol *Heleobia*, aumentando la cobertura vegetal en TB-1 y TB-3, además de servir de ambientes refugiales y de desove para invertebrados y peces. Por otra parte, la estación TB-2, sigue presentando una alta cobertura de *S. americanus*, debido a que la estación sigue manteniendo agua subsuperficialmente manteniendo la disponibilidad para las plantas vasculares acuáticas.

Finalmente, en términos comparativos vegas de Tilopozo, registró un número mayor de especies respecto del sector Peine y La Punta y La Brava. Respecto de las plantas vasculares acuáticas reportadas en los tres sectores estudiados correspondieron a plantas halófilas, tolerantes a altas salinidades, oscilación térmica y radiación horaria y diaria (Ramírez y San Martín 2006).

Figura N° 13-123. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



(*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19.
Fuente: Elaboración propia.

En relación con la riqueza histórica detectada en el **sector Peine** se observó para la línea de base un bajo registro de plantas vasculares acuáticas en periodos de invierno, con 2 especies *Ruppia filifolia* y *Potamogeton pectinatus*, ambas detectadas de modo intermitente en periodo

de invierno. Este comportamiento, estaría asociado a las condiciones del hábitat, la salinidad, la disponibilidad de nutrientes y la temperatura en las lagunas.

En las campañas de invierno de LB respecto a la composición y riqueza de géneros, en invierno 2008 se observó *R. filifolia* únicamente en la estación S-5 (Laguna Salada), en invierno 2013 la misma especie fue registrada en las estaciones I-11 e I-17 de la laguna Interna y en la estación SA-25 (laguna Saladita). Posteriormente, en invierno 2014 se detectó la presencia de *P. pectinatus* en las estaciones S-5 y S-9 ambas de la laguna Salada, en las estaciones S-10 y SA-25 ambas de la laguna Saladita y en las estaciones I-11 e I-17 de la laguna Interna (**Figura N° 13-124 A**). Por otra parte, en relación con la riqueza de géneros detectada en la campaña invierno 2022 y en las campañas históricas del PMB (2016-2021), solo se ha detectado la especie *R. filifolia* en algunas estaciones de monitoreo las que correspondieron a S-5 y S-9 (Laguna Salada), SA-25 y S-10 (Laguna Saladita) (**Figura N° 13-124 A**).

Con relación a la riqueza de géneros detectada en las campañas históricas de verano LB (2014 y 2015) y PMB (2017-2022), se observó un bajo registro de plantas vasculares acuáticas, en la cual se han detectado solo 3 especies, las que correspondieron a *Ruppia filifolia, Distichlis spicata* y *Salicornia neei* (**Figura N° 13-124 B**). En las campañas de línea de base verano 2014 y 2015 en la mayoría de las estaciones de las lagunas Salada, Saladita e Interna, fue reportada la presencia de *R. filifolia, D. spicata y Salicornia neei* (verano 2014) y de *R. filifolia* (verano 2014 y 2015). En las campañas de monitoreo de verano (2017-2022), y coincidiendo con el periodo de invierno, solo fue detectada *R. filifolia*, en algunas estaciones de monitoreo las que correspondieron a S-5 (Laguna Salada), SA-25 y S-10 (Laguna Saladita). En tanto, en la laguna Interna durante la LB para la riqueza, si bien se observó la presencia de un máximo de 3 especies en periodos de verano, posteriormente en las campañas de monitoreos de invierno y verano (2016 a 2025), no se ha reportado la presencia de plantas vasculares acuáticas (**Figura N° 13-124 B**).

En relación con las coberturas totales en periodo de invierno, comenzaron a ser registradas desde la campaña de invierno 2016 en adelante, en tanto, las campañas de invierno 2008 y 2014 no fueron consideradas. Por otro lado, para el periodo de verano se empezaron a registrar desde verano 2017 en adelante (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

Como se indicó el periodo de monitoreo de invierno, en Peine, solo ha sido detectada *Ruppia filifolia*, para la cual se han registrado coberturas totales en invierno 2016, en la estación S-5 (laguna Salada) y en las estaciones SA-25 y S-10 (ambas ubicadas en laguna Saladita) con porcentajes <10%. Así mismo, invierno 2017, se registró en la estación S-5 y en las estaciones SA-25 y S-10, coberturas entre 30 y 25% respectivamente. En invierno 2018, en las estaciones S-5 y SA-25 las coberturas para esta especie correspondieron a 73 y 25% y en invierno 2019 oscilaron entre 47 y 57% en las estaciones S-5 y SA-25 respectivamente. En tanto, en invierno 2020, se reportó *R. filifolia* en las estaciones S-5, SA-25 y S-10, con coberturas de 10 y 47% en S-5 y SA-25 respectivamente. Mientras que, en invierno 2021 fue detectada en S-5 (13%), S-9 (23%) y SA-25 (55%). En invierno 2022, se detectó *R. filifolia* en las estaciones de Salada, Saladita e Interna, excepto en la estación I-17 que no presentó plantas acuáticas. Las coberturas presentaron registros variables los que oscilaron entre 4 y 77%. Además, se reportó

la presencia de *Salicornia neei* en la estación S-9 en invierno 2022. En invierno 2024 solo se detectó *R. filifolia* en las estaciones SA-25 y S-10 con una cobertura de 62% y 47%, respectivamente. En invierno 2025 se observó *R. filifolia* en todas las estaciones del sector con coberturas entre 12% y 63% (**Figura N° 13-124 A**).

Cabe señalar que, en invierno 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2024 y 2025 en la estación S-10 solo ha sido reportada la presencia de *R. filifolia*, dado que esta especie presentó parches en el centro de la laguna y en la estación S-9, en la campaña de invierno 2021 y 2022 fue detectada la presencia de plantas vasculares acuáticas (**Figura N° 13-124 A**).

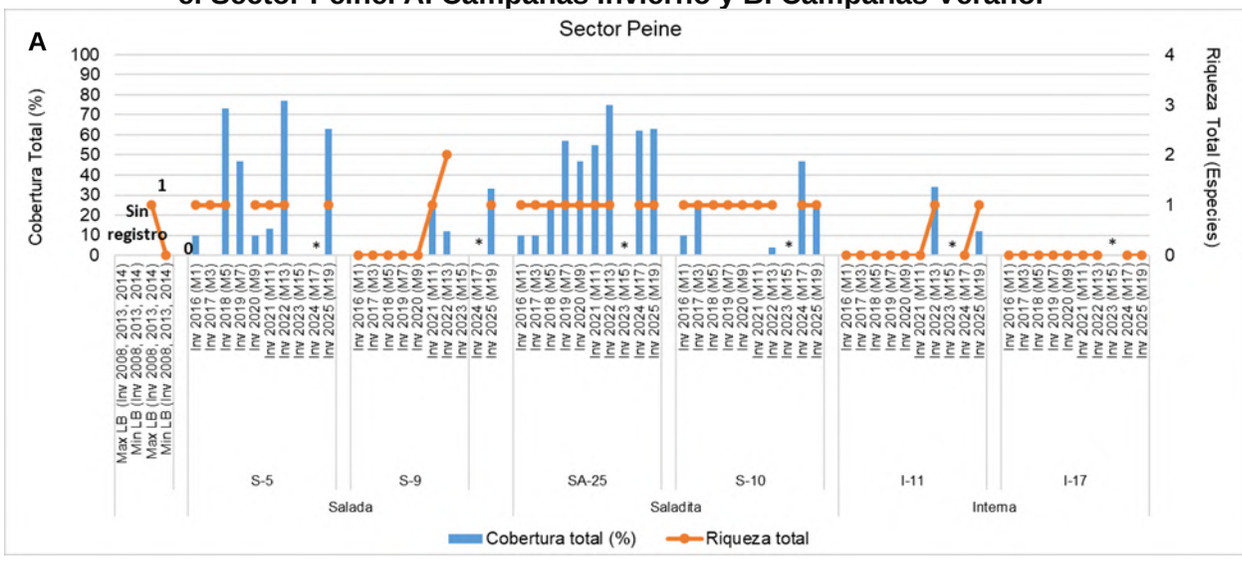
Respecto de las coberturas totales, han sido registradas desde verano 2017 en adelante, no existiendo registros de línea de base (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**).

En periodo de verano desde 2017 a 2022, en la estación S-5, se registraron coberturas de *R. filifolia* entre 10 y 80%, en tanto, en la estación S-9 se tiene coberturas solo para verano 2019 del orden del 80%. Por otro lado, en la laguna Saladita, estación SA-25, se observaron coberturas entre 10 y 70%, en tanto, en S-10 en verano 2019 se reportó una cobertura del 10%, y en los restantes periodos de verano solo ha sido registrada la presencia en la parte del centro de la laguna (**Figura N° 13-124 B**). Cabe destacar, que en las campañas de línea de base de verano 2014 y 2015 no se registraron coberturas totales asociadas a estas especies.

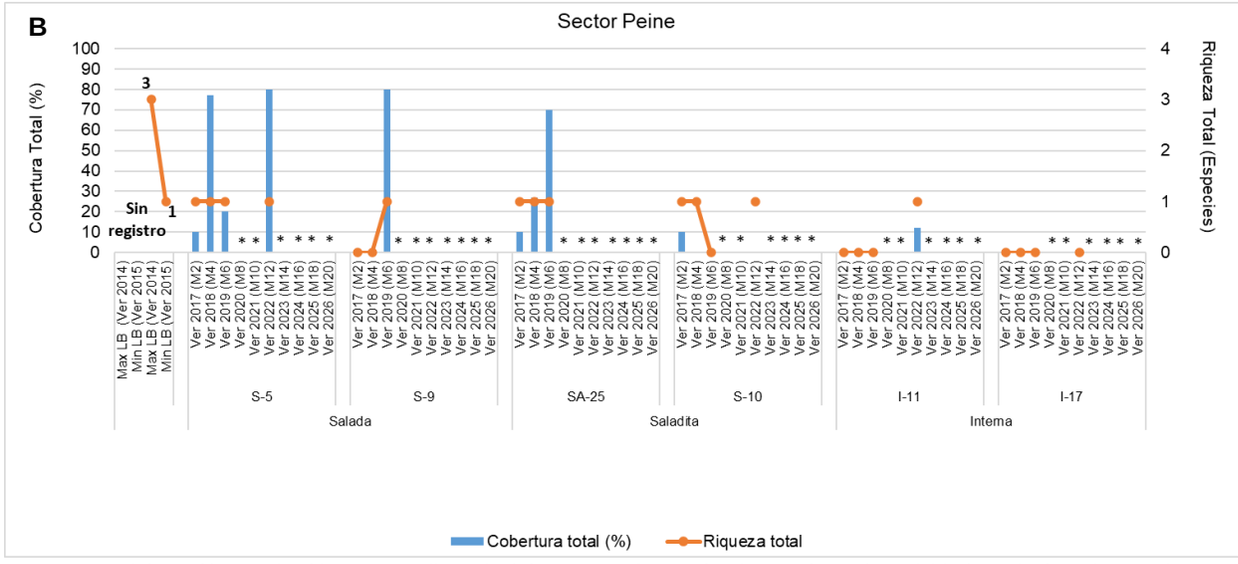
Para las coberturas, en monitoreos de verano en la estación S-5 (laguna Salada) y SA-25 (laguna Saladita), se ha observado un aumento en términos temporales, hasta sus registros de 2019 (**Figura N° 13-124 B**).

Por último, hay que señalar que excepcionalmente, no se registraron monitoreos en la campaña verano 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026, debido al cierre por el periodo reproductivo de flamencos. debido a restricciones determinadas por la comunidad de Peine, y en la campaña verano 2020 debido a la pandemia COVID-19.

Figura N° 13-124. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.



Fuente: Elaboración propia. (*) Para la campaña de invierno 2023 no se realizó monitoreos en lagunas de Peine, ya que no se tuvo acceso por restricciones de acceso por parte de la comunidad de Peine y para invierno 2024 no fueron muestreadas S-5 y S-9 por no tener acceso por periodo reproductivo de los flamencos.



Fuente: Elaboración propia. (*) La campaña estival de 2020 no fue evaluada por cierre de actividades relacionadas con la pandemia por COVID-19: Para la campaña estival 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026 no se realizó monitoreos en lagunas de Peine debido a su cierre temporal por el periodo reproductivo de flamencos. En la campaña verano 2022, no se tuvo acceso a las estaciones de laguna Salada (S-9) y de la laguna Saladita (SA-25).

13.6 En relación con Área de Lagunas

13.6.1 Comparación de monitoreos con registros históricos

El análisis comparativo de las superficies de cuerpos de agua determinadas para el décimo año de monitoreo 2025 con respecto a los registros históricos se presenta en la Tabla N°13-35.

Tabla N°13-35. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales y datos obtenidos en el monitoreo 2025 (invierno y verano), respecto de los registros históricos (Adenda 5 RWL, 2015).

Sistema Lagunar	**Superficies Lagunares (ha) - Mínima Histórica - Adenda 5		*Superficies Lagunares (ha) - Monitoreo Fase Operación*			
			Invierno 2025		Verano 2025/2026	
	ha	m^2	ha	m^2	ha	m^2
Imágenes alta resolución						
La Punta y La Brava	31,6 feb-14	316.000	42,4	423.504,3	26,2	262.268,5
Peine	48,9 mar-06	489.000	48,1	481.012,0	37,6	375.643,0
Imágenes media resolución						
La Punta y La Brava	19,2 mar-73	192.000	54,4	544.327,3	32,8	327.741,0
Peine	25,4 nov-75	254.000	63,5	635.234,1	39,4	393.659,3

Dónde: *Superficies a partir de modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre y agosto 2025. (**): Las fechas en que se obtuvieron los registros históricos, corresponden a las que se presentaron en el "*Apéndice B. Determinación Espacio Temporal de la Vegetación Azonal y Cuerpos de agua*" del "*Anexo 2 Plan de Manejo Biótico*" y que se enmarcan en las áreas definidas por los polígonos indicados en la RCA N°21/2016 (Considerando N°7), "*Polígonos en Tabla de 3-4 del Anexo 3"* del PSAH del proyecto.
Fuente: Elaboración Propia

De los resultados de las campañas para el año 2025, se puede concluir que las estimaciones de superficies lagunares mediante imágenes de alta resolución, para la condición de invierno 2025 se encuentran por sobre el mínimo histórico en los sectores La Punta – La Brava y bajo el mínimo histórico en los sectores Peine; y para la estación de verano (diciembre 2025) los sistemas presentaron superficies bajo el mínimo histórico. Dentro de esta comparativa, es importante destacar que las superficies de referencia en AR son determinadas en meses distintos (entre enero y abril) a los reportados semestralmente en el PMB (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la variabilidad intranual mostrada en los sistemas lagunares. Al respecto, cabe destacar que por este motivo, los valores de referencia no necesariamente fueron registrados en el período de registros mínimos anuales, lo que puede influir en la comparación que se hace entre estos y el seguimiento. En el caso de las imágenes

satelitales de media resolución, los resultados muestran que en ambos sectores y para las temporadas de invierno y verano, las superficies se encuentran sobre el mínimo histórico.

Con el objetivo de fortalecer el análisis de la serie temporal que abarca las superficies de las lagunas, y teniendo en cuenta que durante la evaluación del proyecto se recopilaron datos que ahora forman parte de los registros históricos, en este décimo año del PMB, se incorporan al análisis comparativo las superficies de las lagunas obtenidas a partir de imágenes Landsat desde 1972 hasta 2014, las cuales fueron presentadas durante la evaluación ambiental del proyecto.

Este enfoque tiene como objetivo principal explorar la evolución de las superficies lagunares a lo largo de los últimos 10 años de seguimiento semestral. Se busca determinar si estas variaciones forman parte de una variabilidad histórica tanto interanual como intranual. Este análisis se realiza considerando todos los factores que influyen en el funcionamiento de las lagunas en cada uno de los sistemas que conforman el área de estudio.

Es importante destacar que, además de las imágenes de alta resolución ya disponibles, se han incorporado imágenes de media resolución, provenientes de Landsat, para ampliar la perspectiva y enriquecer la comprensión de las dinámicas lagunares. El análisis de estas imágenes se integra en la presente discusión, contribuyendo así a una evaluación más completa y robusta de la evolución temporal de las superficies lagunares en el contexto del PMB.

De esta forma, y desde el punto de vista de las imágenes Landsat, se cuenta con los siguientes conjuntos de información, cuyo alcance metodológico particular para el análisis de la superficie lagunar se describe brevemente a continuación:

1. Superficie mediante imágenes Landsat, 1972-2014, Adenda 5 RWL (2015).

La comparativa de los datos históricos desde 1972 a 2014, realizados durante la evaluación del proyecto (por el proveedor Argongra), estudió la evolución de las superficies lagunares en fechas representativas de la máxima y mínima extensión de las lagunas (invierno, verano; julio y diciembre, respectivamente). La metodología empleada establece un proceso de clasificación en función de un índice de agua (NDWI) y un proceso de depuración de las zonas obtenidas, mediante fotointerpretación. El resultado, son las superficies de los cuerpos de agua en metros cuadrados (m^2) de los sistemas lagunares La Punta - La Brava y Peine permitiendo con ello la visualización de la evolución temporal interanual de los sistemas estudiados (Apéndice L. *Monitoreo de dinámica espaciotemporal de lagunas de la Zona Marginal del Salar de Atacama a través de imágenes satelitales LANDSAT***,** del Anexo 1: *Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico Sector Sur del Salar de Atacama*, de la Adenda 5).

2. Superficie mediante imágenes Landsat, 2016-2025, PMB N°10 (serie complementaria al seguimiento de Albemarle).

Como complemento al análisis mencionado previamente, se incluye en este informe de PMB la serie temporal interanual correspondiente a los años 2016 a 2025. En este contexto, la metodología empleada se asemeja a la aplicada en la Adenda 5 RWL (2015). Se mantiene la

referencia a meses característicos de los períodos de invierno y verano, que corresponden a las condiciones de máxima y mínima extensión lagunar, así como la estimación de la superficie lagunar a través del índice NDWI. No obstante, en esta ocasión, la estimación de la superficie lagunar se realiza mediante la creación de "máscaras de agua", es decir, una clasificación binaria que distingue entre valores de agua y no agua. El resultado final implica el análisis de la frecuencia de píxeles con valores positivos para agua (NDWI > 0, con un umbral establecido en 0) y su conversión a metros cuadrados (m^2). El valor de umbral se determinó a través de la observación de histogramas, el muestreo aleatorio de píxeles y la verificación de los umbrales utilizados en los monitoreos realizados entre 2016 y 2025. Este ejercicio permitió identificar que los píxeles con valores positivos reflejan la variación del índice NDWI en áreas ocupadas por la laguna, mientras que los valores negativos están mayormente asociados a otros tipos de cobertura.

Para todas las imágenes, la automatización del proceso de adquisición de los registros de NDWI se lleva a cabo mediante la plataforma Google Earth Engine (GEE). Dentro de las etapas metodológicas y durante el preprocesamiento de cada imagen Landsat, se aplica la corrección atmosférica de la reflectancia superficial. Este proceso elimina los efectos de la atmósfera en las mediciones de la luz reflejada por la superficie terrestre. Utilizando algoritmos especializados dentro de la plataforma GEE, se estimaron y ajustaron los efectos atmosféricos en las bandas espectrales, lo que permite obtener valores de reflectancia más precisos y comparables entre diferentes imágenes y momentos de captura, de acuerdo con la escala de las áreas evaluadas y dentro del sistema de referencia espacial ya determinado.

3. Superficie mediante imágenes Landsat, 2016-2025, PMB N°1 a N°10 (frecuencia semestral y parte del seguimiento RCA 21/2016).

En tercer lugar, se dispone de los resultados obtenidos de superficie lagunar mediante imágenes Landsat, los cuales han sido reportados en el marco de la RCA 21/2016 en los informes PMB N°1 a N°10, y cuya metodología se explica en detalle en la sección 11.1.5 de este informe. Como puede desprenderse de dicha sección, la metodología considera un modelo de clasificación supervisada basado en una serie de parámetros espectrales, así como la validación en terreno/fotointerpretativa.

De esta forma, las superficies resultantes del PMB entregan en mayor detalle las superficies de los cuerpos de agua, ya que cuentan con la combinación de cuatro índices espectrales y el trabajo en terreno y/o fotointerpretativo como base para la definición de áreas del recubrimiento agua. No obstante, estas pueden ser contrastadas referencialmente con la serie de tiempo de NDWI histórica (1972 – 2014) y su complemento (2016 – 2025), ya que estas establecen los rangos ocupados por cuerpos de agua en un contexto de larga data. A pesar de que las áreas determinadas a partir de las imágenes Landsat involucran diversas metodologías utilizadas por distintos proveedores en su análisis para Albemarle en el pasado, estas diferencias no constituyen obstáculos para ampliar la perspectiva global sobre el comportamiento histórico de los sistemas lagunares, en el sentido de las tendencias y cambios presentados. Las principales diferencias radican en la automatización del proceso y la validación fotointerpretativa como parte del cálculo de superficies. En resumen, la información recopilada a partir de las imágenes Landsat ofrece una visión comprensiva y de más larga data acerca del comportamiento histórico, y, por ende, se analiza de manera conjunta, tanto a largo plazo

(tendencia) como a corto plazo (respuesta frente a eventos de precipitación) Este enfoque busca ampliar el espectro de variabilidad en las superficies lagunares en comparación con el análisis basado en imágenes de alta resolución (AR). Respecto de esto último, es importante señalar que las imágenes de alta resolución corresponden únicamente a 4 o 5 entre los años 2006 y 2015. Además, es pertinente destacar que estas imágenes se tomaron específicamente en marzo-abril para el sistema Peine, y entre enero y abril para La Punta La Brava, no coincidiendo con el período del seguimiento y no correspondiendo necesariamente a registros mínimos anuales.

En síntesis, de manera complementaria al análisis interanual realizado con imágenes Landsat, en la presente sección se realiza un análisis por sector de la variación intranual que toma como referencia la máxima cantidad de imágenes Landsat disponibles por año (Ver **Anexo Área de Lagunas**) tomando en consideración aquellas que no presenten errores de origen o alta cobertura de nubes. La serie intranual permite visualizar los cambios entre periodos secos – lluviosos y su posible relación con variables ambientales (precipitación).

Finalmente, se presenta para cada sector un análisis de los resultados de superficie lagunar obtenidos en el marco de PMB, utilizando imágenes de alta resolución, los cuales son contrastados referencialmente con datos de superficie lagunar determinados mediante imágenes de alta resolución en el Anexo 2 de la Adenda 5.

Considerando lo anterior, a continuación, se describe brevemente para cada sistema lagunar, su funcionamiento y dinámica; y su análisis considerando los registros históricos tanto interanuales como intranuales. La caracterización del funcionamiento lagunar, toma como base la información del Apéndice I: *Funcionamiento Lagunar*, del Anexo 1: *Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico*, de la Adenda 5.

13.6.1.1 La Punta - La Brava

- Funcionamiento del Sistema Lagunar

De acuerdo con la información histórica, el origen de la alimentación de las lagunas del Sistema La Punta - La Brava se sitúa en las zonas distales en el extremo sur de la cuenca a mayor altura, caracterizadas por aguas cloruradas sódicas, dulces a salobres y de composición isotópica ligera representativa de las aguas de recarga de la región, provenientes de los acuíferos de Monturaqui y Negrillar. Después de atravesar los acuíferos de Monturaqui y Negrillar, las aguas alcanzan la Zona Marginal, de manera subterránea y subsuperficialmente, procedente desde flujos del Callejón de Tilopozo, no existiendo evidencias de un cauce activo que pudiese producir escorrentía superficial. En menor medida, también se producen entradas procedentes del Cordón de Lila en la zona de Tucúcaro.

Una vez que las aguas subterráneas llegan a la Zona Marginal, en las proximidades de las Vegas de Tilopozo, comienza a producirse evaporación directamente desde el terreno, comenzando la dinámica de disolución y precipitación de sales. La evolución de la composición química del agua de sur a norte indica que el enriquecimiento en sales se produce principalmente por fenómenos de disolución hasta llegar a las lagunas.

En la mayor parte de la Zona Marginal la evaporación es suficiente para mantener los niveles por debajo de la superficie. Sin embargo, en el área de las lagunas de este sistema, debido a la magnitud del flujo subterráneo procedente del sur y al encuentro con la salmuera, se genera una interfase salina (zona de mezcla entre el agua dulce y salmuera) que se dispone perpendicular al flujo por lo que el agua dulce-salobre se ve forzada a ascender, aflorando en superficie y dando origen a las lagunas. Ocasionalmente se produce un mayor caudal de entrada a las lagunas, después de períodos húmedos y coincidiendo con la época invernal, lo que produce flujos subsuperficiales hacia el Núcleo que alcanzan el límite con la costra de cloruros formando los “open pools”, donde se evapora y disuelve la costra, enriqueciéndose en sales disueltas que avanzan en el tiempo hacia el interior del Núcleo, convirtiéndose en salmuera.

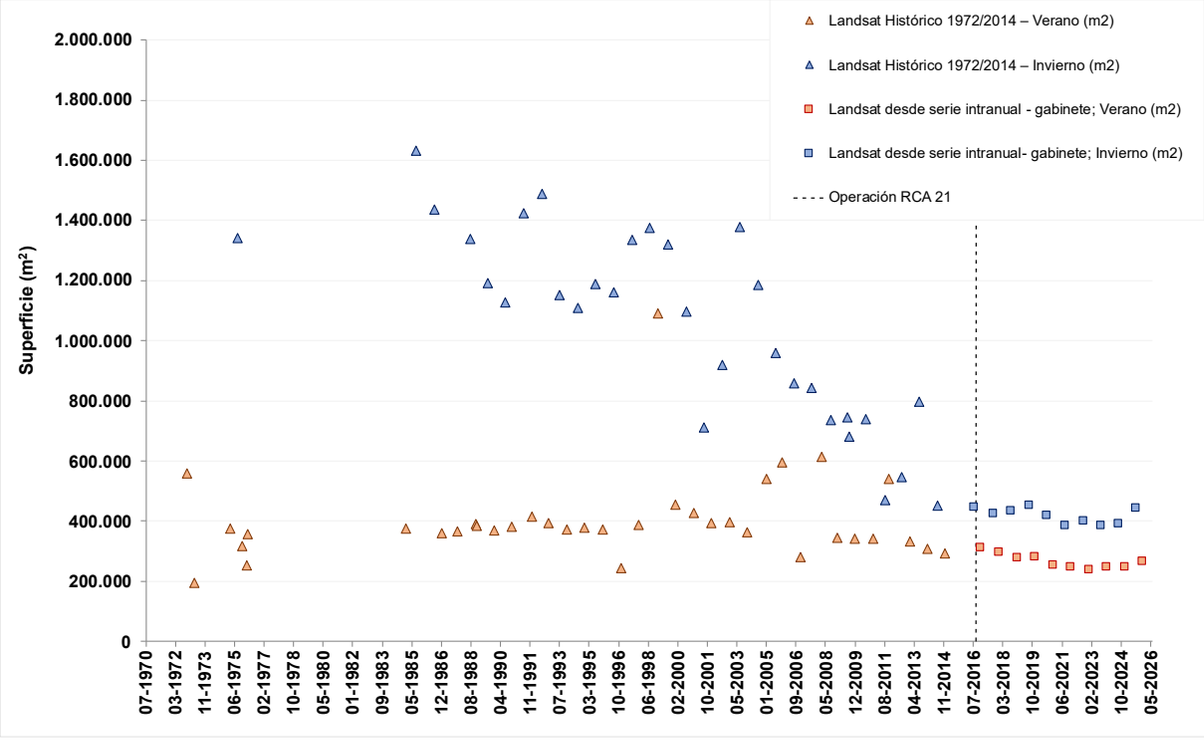
Finalmente, se indica que la superficie de las lagunas está condicionada principalmente por la variación estacional de la evaporación, y en menor medida por la ocurrencia de episodios de lluvia, provocando un aumento general de los máximos y mínimos anuales en función de si se está en un período húmedo o uno seco.

- Evolución histórica de superficie mediante imágenes Landsat (serie Adenda 5 RWL (2015) y seguimiento PMB)

En la Figura N°13-125 se presenta la serie histórica entre los años 1972 - 2025 de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes satelitales Landsat, asociadas al índice NDWI. Esta serie permite analizar tendencias o evolución. En ella se puede observar que la máxima extensión de las lagunas se produce durante los meses de invierno (indicados en colores celestes); y con los registros más bajos (o mínimos) en verano (indicados en color anaranjado).

Se observa una tendencia histórica al descenso de las superficies asociadas a los inviernos (julio–agosto), mientras que las superficies registradas en verano (enero–febrero, noviembre–diciembre) presentan variabilidad en sus valores, sin registrarse inundaciones extremas desde 1999. En general, la diferencia entre las superficies de invierno y verano se ha ido acortando desde el año 2008. Si bien los registros invernales muestran una disminución respecto de los valores históricos, entre 2020 y 2025 se observa una condición relativamente estable, registrándose incluso un aumento en invierno de 2025 respecto del año anterior. Por su parte, los registros de verano se mantienen en general en el límite inferior del rango histórico y presentan una disminución de menor magnitud en comparación con la observada en las superficies máximas de invierno.

Figura N°13-125. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector La Punta - La Brava.

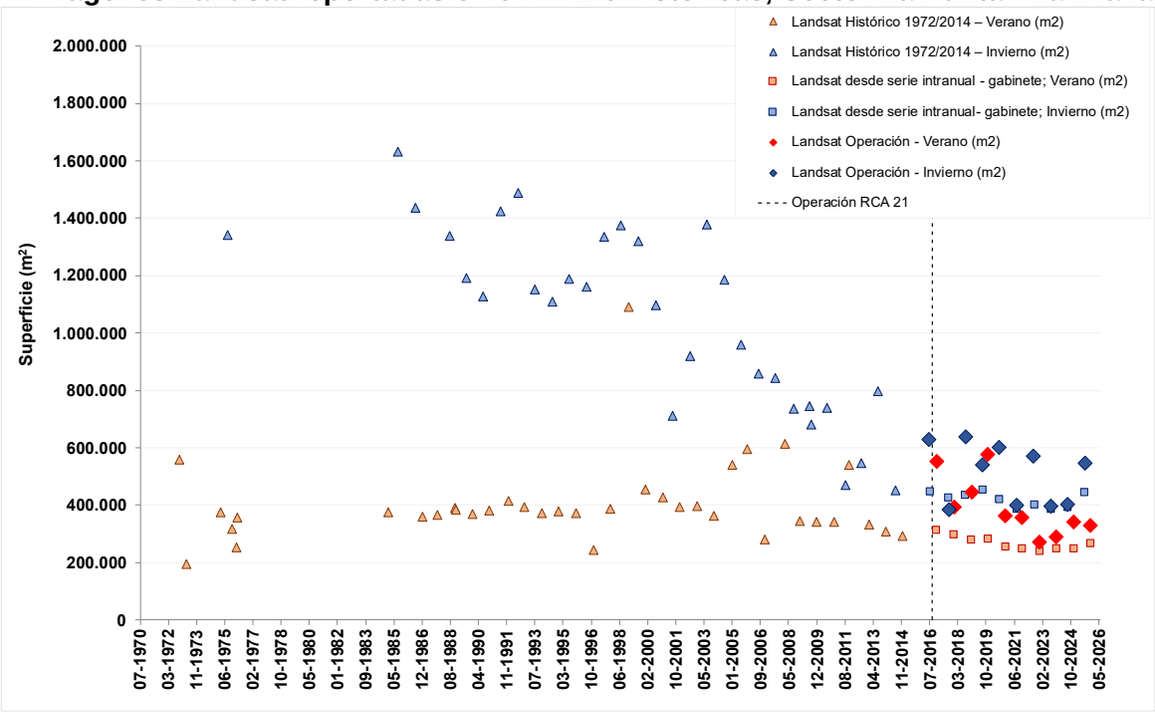


Fuente: Elaboración Propia en base a los datos del Anexo 1: *Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico Sector Sur del Salar de Atacama*, de la Adenda 5 RWL (2015); y serie complementaria de las superficies mediante imágenes Landsat, 2016-2025.

- Evolución de superficie de seguimiento mediante imágenes Landsat (serie PMB) en relación con las superficies históricas (serie Adenda 5 RWL (2015) y serie complementaria)

Los registros de superficies calculadas con Landsat durante el monitoreo 2016 a 2025, como parte del PMB, se encuentran dentro del rango de los registros históricos para el sector La Punta–La Brava, tanto en invierno como en verano. No obstante, la serie PMB presenta, en general, magnitudes superiores y una mayor variabilidad respecto de la serie histórica. A pesar de estas diferencias, ambas series muestran una tendencia general comparable en la evolución de las superficies lagunares. Las diferencias observadas en magnitud y variabilidad podrían estar asociadas en parte, a las distintas metodologías empleadas para la estimación de las superficies lagunares, por lo que la comparación entre ambas series debe considerar dichas diferencias metodológicas Figura N°13-126.

Figura N°13-126. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PMB e históricas, Sector La Punta - La Brava.



Fuente: Elaboración Propia en base a los datos del Anexo 1: Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico Sector Sur del Salar de Atacama, de la Adenda 5 RWL (2015); y serie complementaria de las superficies mediante imágenes Landsat, 2016-2025.

- Variación intranual de la superficie lagunar mediante imágenes Landsat y registros de precipitación

En relación con las variaciones intranuales, la Figura N°13-127 muestra la fluctuación de las superficies lagunares, considerando el índice NDWI a partir de imágenes Landsat, tal como se presentó en el proceso de evaluación del proyecto, para los años 2013-2014. Para el presente análisis, se ha llevado a cabo un ejercicio similar para el periodo enero 2016 - diciembre 2025, presentando además las precipitaciones registradas en la estación meteorológica de la Planta Salar Albemarle y otros datos pluviométricos del sector cercano.

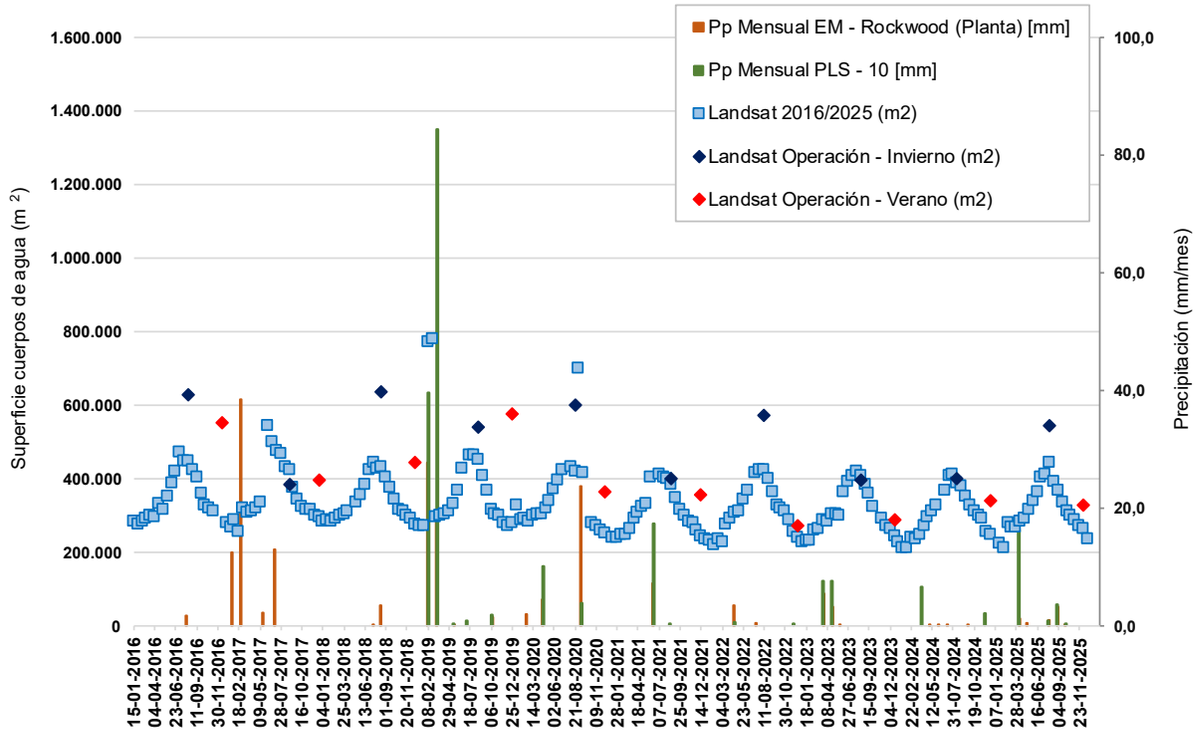
Desde este análisis intranual, se observa que durante los años 2016-2025 (Figura N°13-127), si bien se observa aumentos de superficie lagunar en invierno y descensos en período de verano, correspondientes a la dinámica estacional del sistema, la amplitud de la variación es pequeña en comparación con las diferencias registradas en períodos previos y no se observa una correspondencia directa entre las superficies observadas con los datos pluviométricos, sino más bien se da una respuesta puntual e inmediata, dependiendo a su vez de la magnitud y duración de las precipitaciones, como se verifica, por ejemplo en el abrupto aumento de la superficie producto de la precipitación caída en invierno en agosto 2020 (23,8 mm estación planta; 3,68 mm pluviómetro sector La Punta – La Brava (PLS-10)). Posterior a ello, la superficie lagunar retoma la tendencia previa al evento de lluvia.

Los datos resultantes de los pluviómetros por sector muestran respuesta inmediata a los eventos de precipitaciones de enero - febrero 2019 y agosto 2020, con aumentos en las superficies lagunares, pero con la consiguiente baja abrupta posterior a estos eventos.

De la serie correspondiente a los registros “Landsat Operación” se observa que las superficies más altas se tienen en los meses de invierno, entre julio hasta mediados de septiembre y los valores más bajos en primavera – verano, entre noviembre – marzo. De lo anterior, se puede señalar que la variación intranual de las superficies lagunares de La Punta-La Brava, tendría una relación directa con la evapotranspiración y por ende con los niveles de aguas subsuperficiales, dejando la precipitación como un factor secundario dado que esta produce variaciones significativas de la superficie sólo para eventos de “alta precipitación” y de muy corto plazo; incluso no llegando a variar las superficies si se presentan en una cantidad menor a 10 mm.

Este comportamiento es coherente con el observado en los niveles de pozos y barrenos del sector. De los registros de superficies calculadas semestrales del PMB durante los monitoreos 2016 – 2025, Figura N°13-127, se observa que coinciden temporalmente con las variaciones en la serie de tiempo de NDWI intranual y el mayor aporte de precipitaciones (agosto 2020).

Figura N°13-127. Variación intranual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector La Punta - La Brava.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, y a modo de complemento, la Figura N°13-128 siguiente presenta la serie Landsat histórica período 1984-2026, elaborada para el Informe[48] de Investigación de Causas Nº6, por Activación PAT Sector Alerta Acuífero de Albemarle (junio 2026), con el objetivo de poder estudiar la tendencia de largo plazo de los cuerpos lagunares a través del tiempo de mayor data. Los registros obtenidos fueron utilizando la misma técnica de clasificación del índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), incorporando de manera adicional una modificación metodológica respecto a lo reportado en años previos, incluyendo condiciones para la reflectancia de las bandas G y NIR. Esto, de modo de coincidir con lo reportado en la Cuarta Actualización del Modelo Hidrogeológico Numérico (Albemarle – Gestionare, 2025).

Al igual que para la serie 2016-2025 (Figura N°13-127), se utilizaron imágenes satelitales de libre disponibilidad LANDSAT y dado el período, se recopilaron imágenes de los satélites LANDSAT-5, 7, 8 y 9. Estas escenas contienen datos de reflectancia superficial (Surface Reflectance, Level-2), una resolución espacial de 30m de píxel, y se filtraron de acuerdo con su nubosidad (condición despejada) y su calidad radiométrica (no saturada).

Si bien esta serie incorpora un período en que los registros se traslapan con los de la serie de tiempo de NDWI histórica (1972 – 2014), los registros no son necesariamente coincidentes, dadas sus diferencias metodológicas. Por otra parte, también presenta un período coincidente con la serie de registros intranuales obtenidos a partir de imágenes Landsat 8 (2016-2025, ver Figura N°13-127). En dicho caso, hay mayor similitud en las metodologías empleadas, lo que

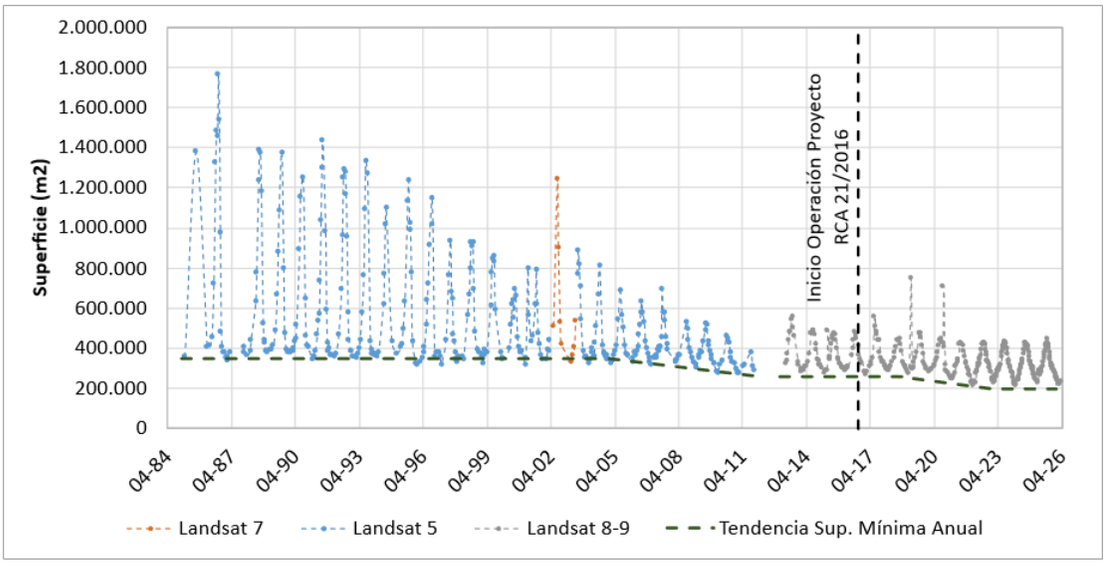
[48] Informe Técnico de Investigación de Causas Nº6, por Activación Plan Alerta Temprana- Sector Alerta Acuífero (junio 2026)- Entregado a la SMA a través de Comprobante Cód. 1094528 del 05-06-2026, Entrega Informe de Investigación.

se manifiesta en que las series de tiempo tienen, en términos generales, muy pocas diferencias.

De la variación histórica, en la Figura N°13-128, se observa la existencia de una dinámica estacional, en la que ha habido un notorio descenso histórico de las superficies máximas anuales (de invierno), lo que también se evidencia, aunque en una menor tasa, para las superficies mínimas o basales (de verano). En particular, se destaca que las superficies máximas (invierno) se mantuvieron relativamente estables para el período previo a 1996, encontrándose en su mayoría en valores del orden o superiores a los 1.200.000 m^2; posteriormente, en el período entre 1997 a 2003 se verificó una tendencia a la disminución de las superficies, que registraron valores máximos en torno a 700.000 - 900.000 m^2, a excepción del año 2002 donde esta se incrementó a valores similares a los del período previo a 1997, lo cual estuvo asociado probablemente a un evento de precipitación. Luego, entre 2004 y 2011 hubo un descenso de la superficie lagunar máxima, mientras que de 2013 a 2020 se observa estabilidad en los registros de superficies mínimas, mientras que las máximas presentaron una leve variabilidad, aunque sin evidenciar una clara tendencia. Por último, desde 2021 se ha observado una relativa estabilización de la superficie lagunar máxima, en tanto la superficie mínima presenta esta condición desde 2022

En resumen, considerando el periodo de 1984 a 2026 para el Sistema Lagunar La Punta y La Brava, se puede observar una tendencia a la baja histórica y una cierta estabilización en el último período. En efecto, durante los últimos años no se observan cambios significativos en los registros máximos y mínimos anuales.

Figura N°13-128. Variación histórica Sistema Lagunar La Punta-La Brava, Landsat NDWI (1984-2026).

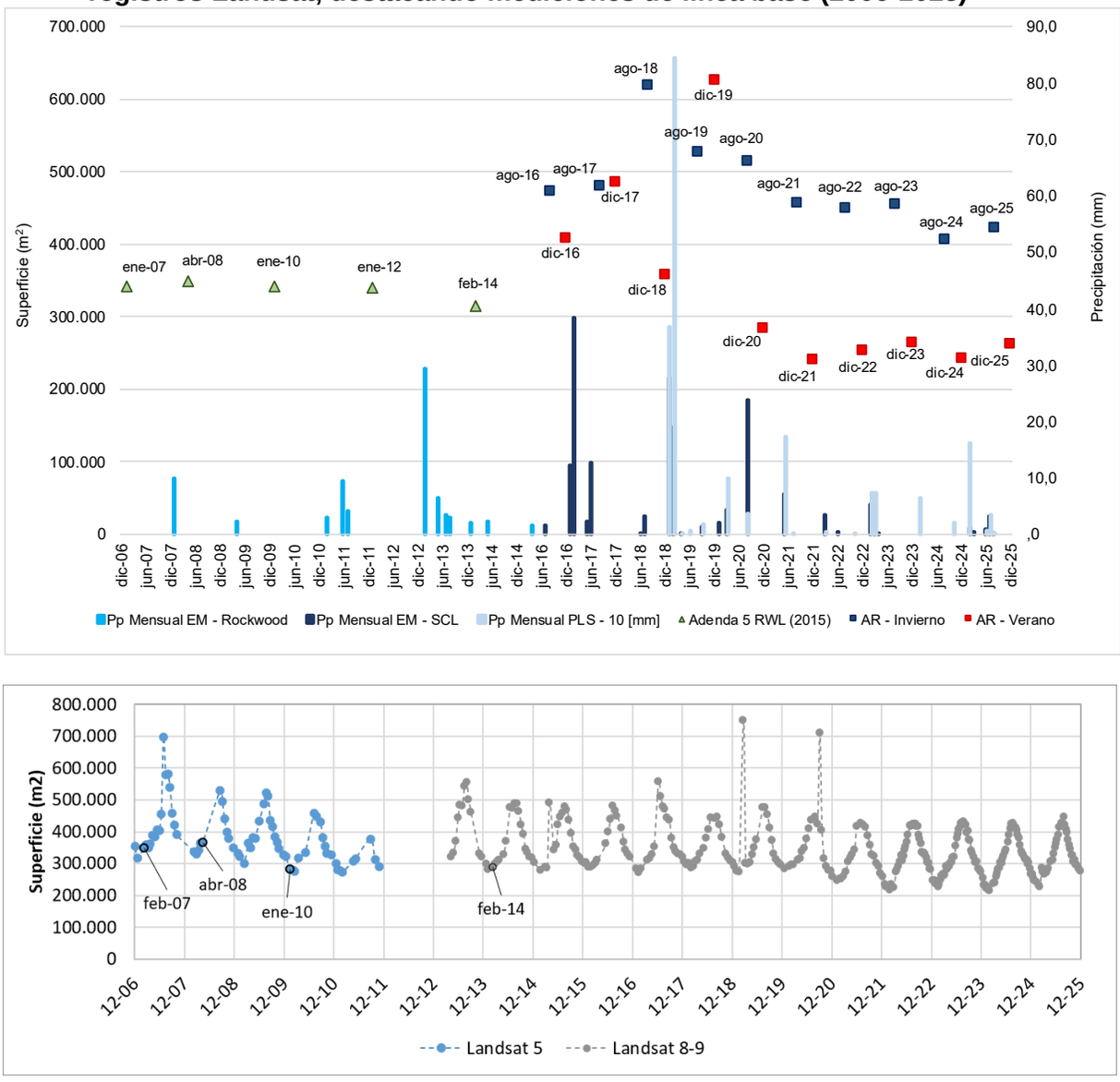


Fuente: Albemarle-HIDROMAS, 2026. Informe de Investigación N°6.

- Variación de la superficie lagunar mediante imágenes de alta resolución

Con respecto a la variación de las superficies lagunares semestrales del PMB, en la Figura N°13-129 se presentan las imágenes de alta resolución para el sector La Punta - La Brava, junto a las superficies históricas AR presentadas en la Adenda 5 RWL (2015). Las superficies semestrales derivadas de imágenes de alta resolución del PMB muestra variaciones con respecto a las superficies lagunares de los registros históricos, especialmente durante los meses de verano. Hasta el verano de diciembre de 2019, estas superficies se encontraban por encima de los valores históricos. No obstante, a partir del verano de 2020, se ha observado que se sitúan por debajo de dichos valores. Para los meses de invierno no hay variaciones, con valores sobre los registros de la Adenda 5 RWL (2015). Es importante destacar que las superficies históricas en alta resolución han sido determinadas en meses distintos a los reportados semestralmente en el PMB (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la variabilidad intranual mostrada anteriormente. Para evidenciar el efecto que tienen estas diferencias en el período de medición de los registros históricos referenciales, en la Figura N°13-129 inferior se muestra la serie Landsat reportada en Albemarle - HIDROMAS (2026) con registros quincenales, en la que se destacan cuatro (4) de los valores asociados a las mediciones históricas. Es notable, por ejemplo, como las mediciones de abril de 2007 y 2008 están alejadas de los registros mínimos de sus respectivos años, sobrestimando dicha condición.

Figura N°13-129. Precipitaciones mensuales y superficie lagunar desde imágenes de alta resolución, sistema Lagunar La Punta - La Brava (superior). Serie histórica de registros Landsat, destacando mediciones de línea base (2006-2025)

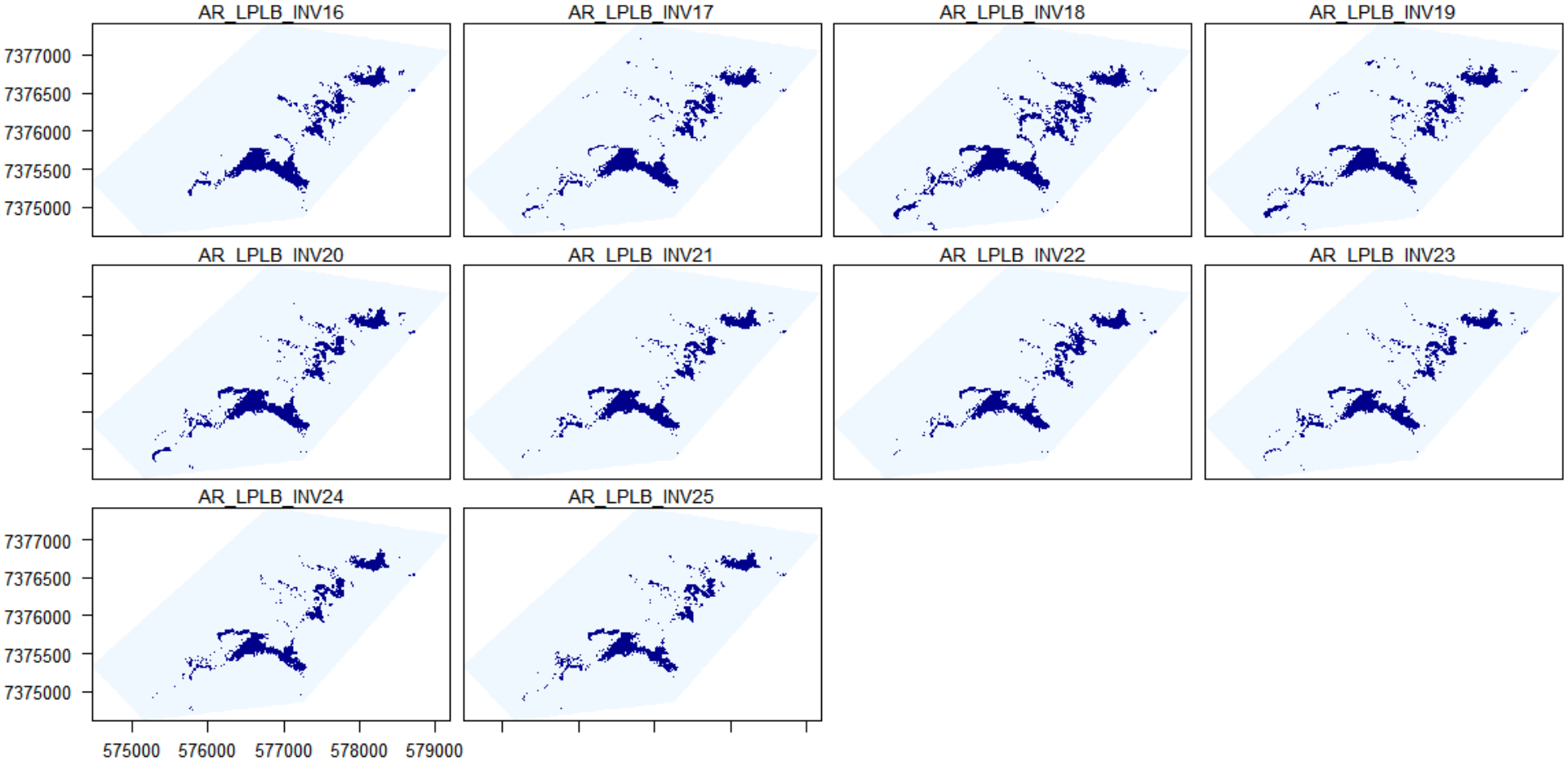


Fuente: Superior: Elaboración Propia. Inferior: Modificado de *Albemarle-HIDROMAS, 2026. Informe de Investigación N°6.*

- Comparación de imágenes de la representación espacial de las superficies lagunares entre monitoreos 2016 al 2025

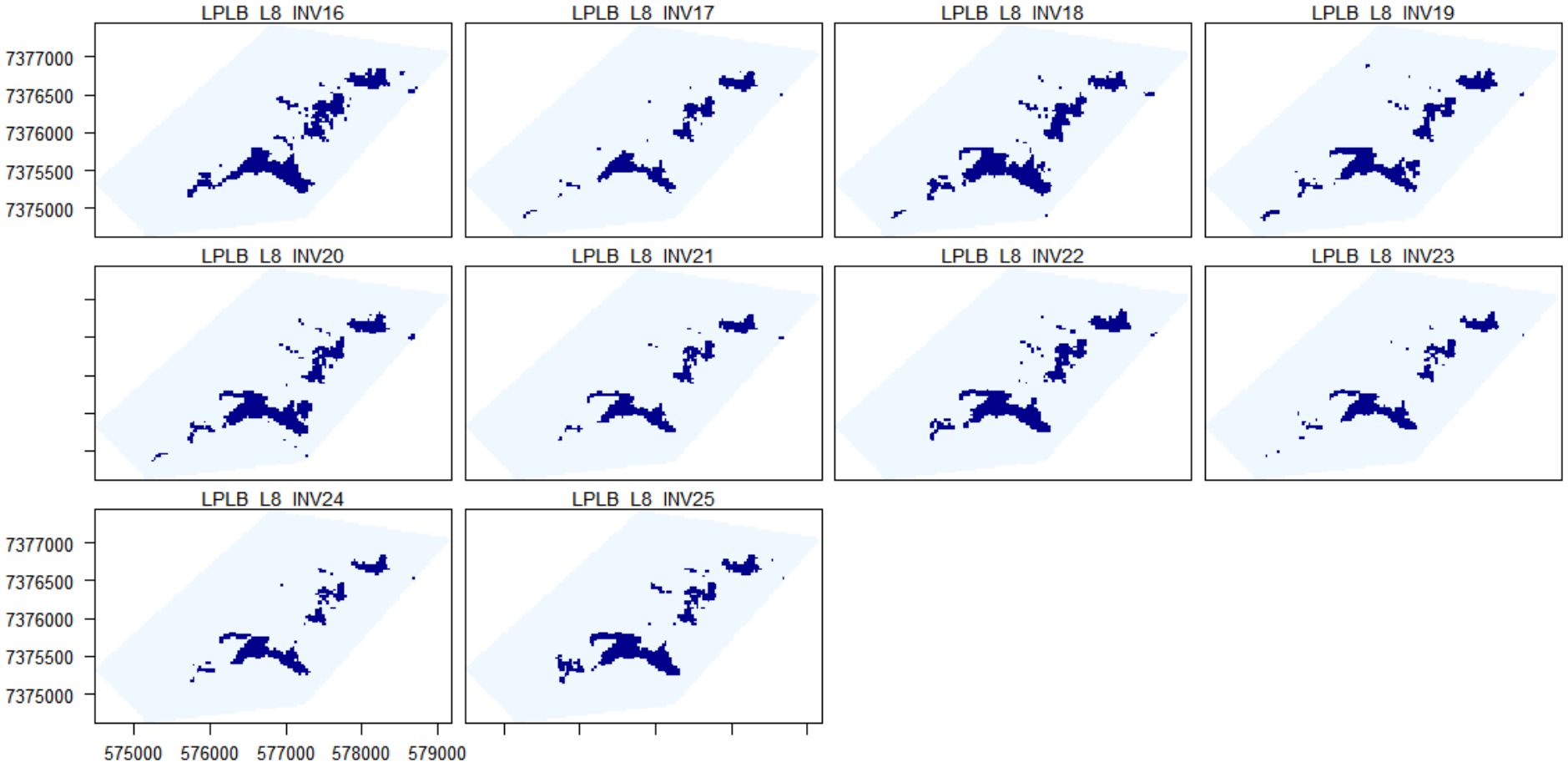
Las Figura N°13-130 a la Figura N°13-133, muestran las superficies de los cuerpos de agua según tipo de imagen por año de monitoreo y su representación espacial. Para el sector de La Punta - La Brava, se observan variaciones cíclicas interanuales (estacional), con un aumento de las superficies observables de los cuerpos de agua en el registro de invierno 2018, tanto en las imágenes de alta como de mediana resolución. De estas imágenes se puede ver que el aumento de los cuerpos de agua se produce en las superficies de ocupación no permanentes y zonas ribereñas por inundación; en estos casos las precipitaciones dan como resultado un aumento de las superficies observadas, las cuales tienen una condición no persistente, concentrándose en los bordes del cuerpo de la laguna La Brava e inundaciones menores cercanas a la cuña salina.

Figura N°13-130. Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



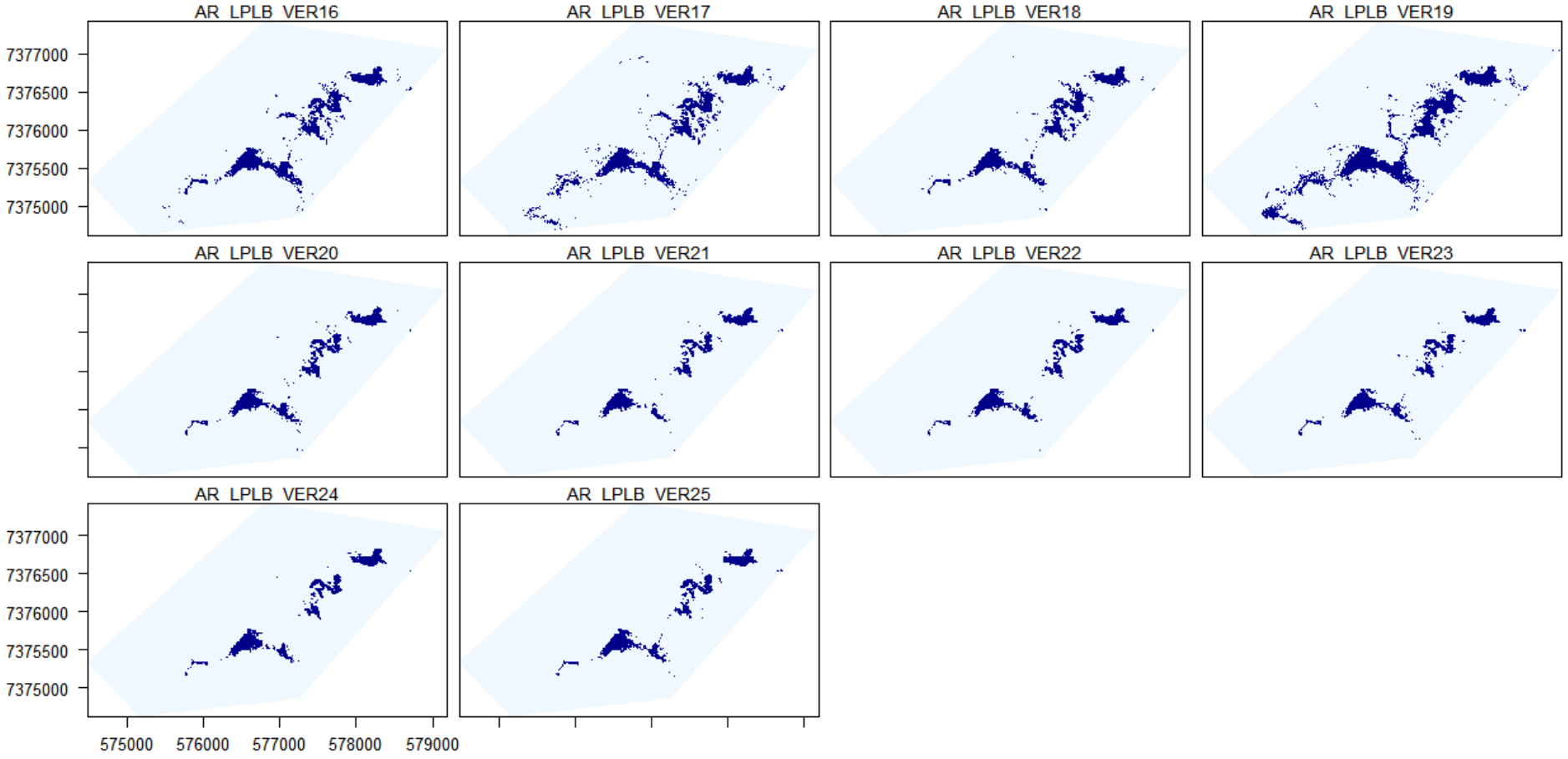
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2025

Figura N°13-131. Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8.



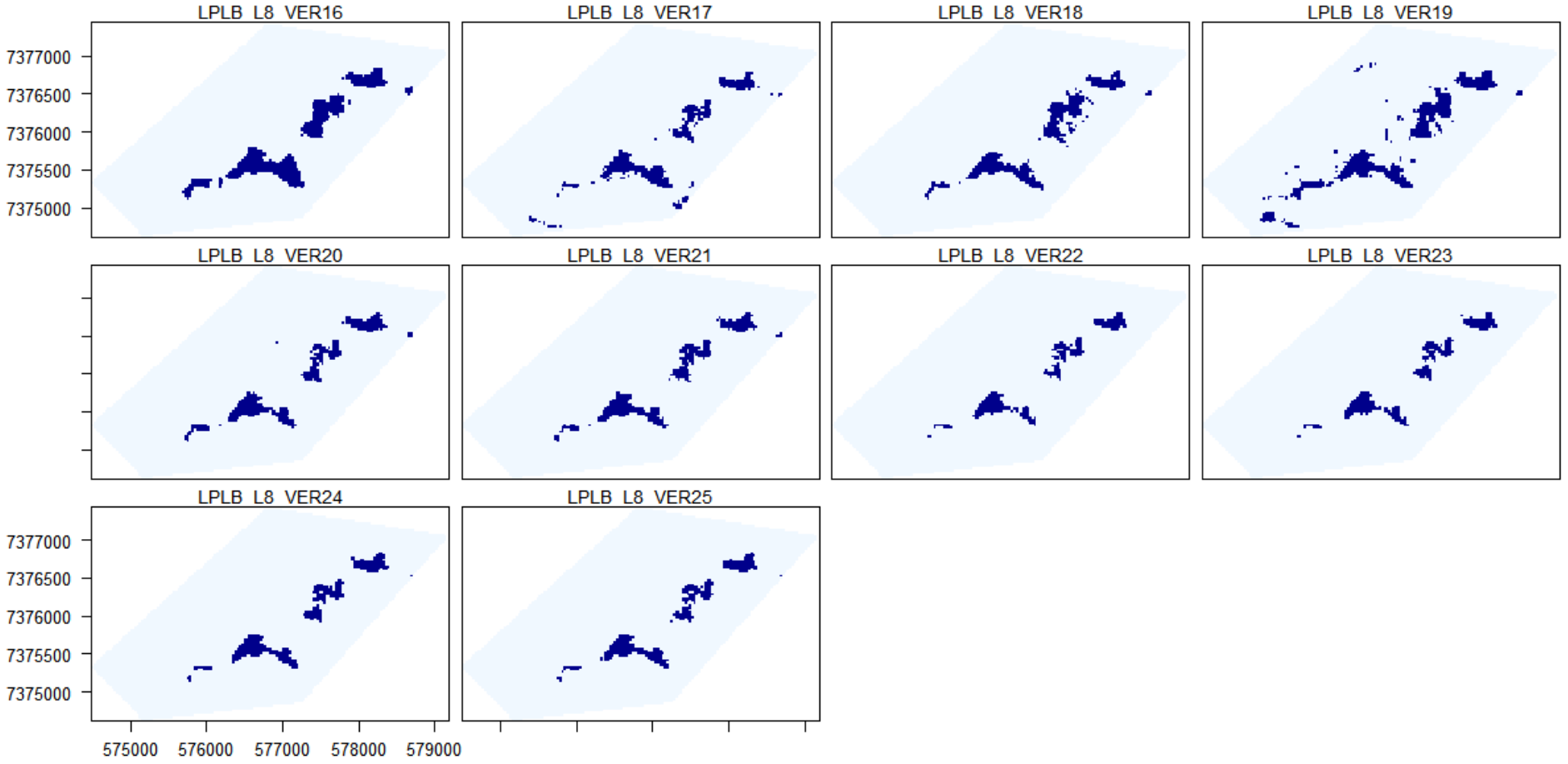
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2025

Figura N°13-132. Registros de superficies lagunares de seguimiento (veranos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2025

Figura N°13-133. Registros de superficies lagunares de seguimiento (veranos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8.



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2025

13.6.1.2 Peine

- Funcionamiento del Sistema Lagunar

El Modelo conceptual del funcionamiento del Sistema Peine indica que las aguas de las lagunas son alimentadas por agua subterránea procedente del sureste. En la zona donde el nivel freático del acuífero de agua salobre intercepta la superficie del terreno, se sitúan los puntos de surgencia que se disponen a lo largo de un canal situado a unos 2 km al sur de la Laguna Salada. Una vez en superficie, el agua comienza a sufrir proceso de evaporación con más intensidad, fluyendo a través de la Laguna Salada luego por la Laguna Saladita y finalmente hacia la Laguna Interna, a través de una serie de canales de ancho variable y muy poco espesor de lámina de agua. Por último, el agua de la Laguna Interna acaba adentrándose en el Núcleo de salmuera de manera superficial, en el sector denominado “Avance Interna”, disolviendo la costra de cloruros y enriqueciéndose paulatinamente en sales disueltas, hasta que finalmente, ya convertida en salmuera, se incorpora al Núcleo.

Junto con lo anterior, además se observa que en los meses estivales se produce precipitación de sales por sobresaturación debido a evaporación, mientras que en los meses de invierno y primavera es cuando mayor es el caudal hacia la Laguna Interna, produciéndose disolución.

Las columnas litológicas obtenidas en las perforaciones realizadas en la zona (Adenda 5 RWL (2015)), han mostrado la existencia de sedimentos finos laminados; principalmente limos carbonatados y materia orgánica, cuyo origen es la deposición en el fondo de antiguas lagunas. Este tipo de sedimentos presenta valores bajos de conductividad hidráulica vertical por lo que la conexión entre el acuífero y el fondo de las lagunas no es buena. El aporte principal es por tanto superficial, ya sea a través de los canales existentes, o bien a través de las orillas de las lagunas.

Para las lagunas de Peine, del modelo conceptual del funcionamiento del Sistema Peine (Adenda 5 RWL, 2015) se tiene que existiría una cierta correlación entre el área ocupada por las lagunas, y la precipitación registrada. Si bien la evaporación influye en la dinámica estacional de la superficie lagunar, no corresponde al factor dominante. En períodos de altas precipitaciones, la variación de la superficie se encuentra principalmente controlada por estos eventos, especialmente por el aumento de la zona de desborde de Laguna Interna; mientras que en períodos de menor precipitación se mantiene una variación estacional, cuya magnitud es inferior a la observada durante los períodos lluviosos.

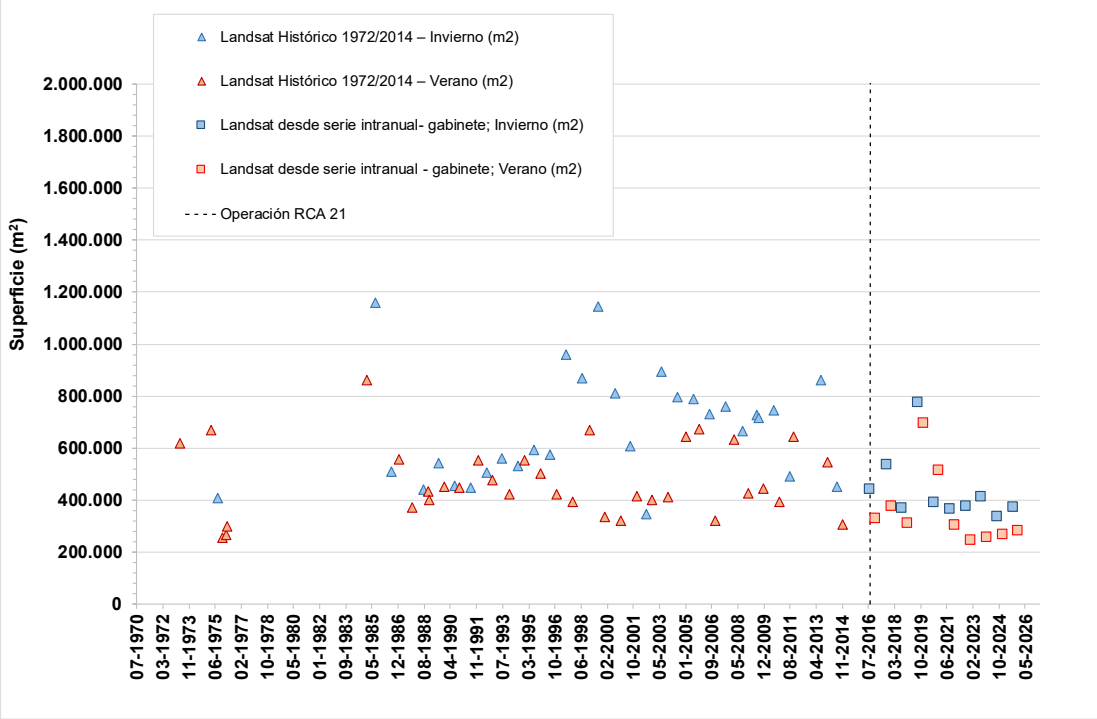
De la línea base y funcionamiento de las lagunas presentado en la Adenda 5 RWL (2015), se tiene de los datos y análisis químicos e isotópicos que, “*las lagunas Saladita e Interna presentan una estrecha relación con el régimen de precipitaciones de la zona, enriqueciéndose isotópicamente en verano y empobreciéndose en invierno. Mientras que el contenido isotópico y químico de la Laguna Salada tiende a ser menos evidente a los cambios de temperatura y de evaporación*”. La explicación para esto se encontraría dada su cercanía a la fuente que da origen a estas lagunas.

- Evolución histórica de superficie mediante imágenes Landsat (serie Adenda 5 RWL (2015) y serie complementaria)

En la Figura N°13-134, se presenta la serie histórica (1972 – 2025) de imágenes de mediana resolución. Durante los inviernos hasta 2014, se observa una variabilidad marcada, con cifras máximas alcanzadas en 1985, registrando una extensión de 1.158.818 m², y cifras mínimas en 1975, con tan solo 405.419 m².

En contraste, los veranos hasta 2014 revelan una dinámica estacional diferente, con patrones de crecimiento y decrecimiento en las extensiones lagunares. Sin embargo, la serie temporal a partir de 2015 hasta 2025 muestra una tendencia a la baja en ambas estaciones, con una cifra máxima importante en el invierno de 2019, alcanzando 774.900 m²; y en los veranos desde el 2021, rangos de superficies similares a los estimados durante los años 1976/1977.

Figura N°13-134. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector Peine.

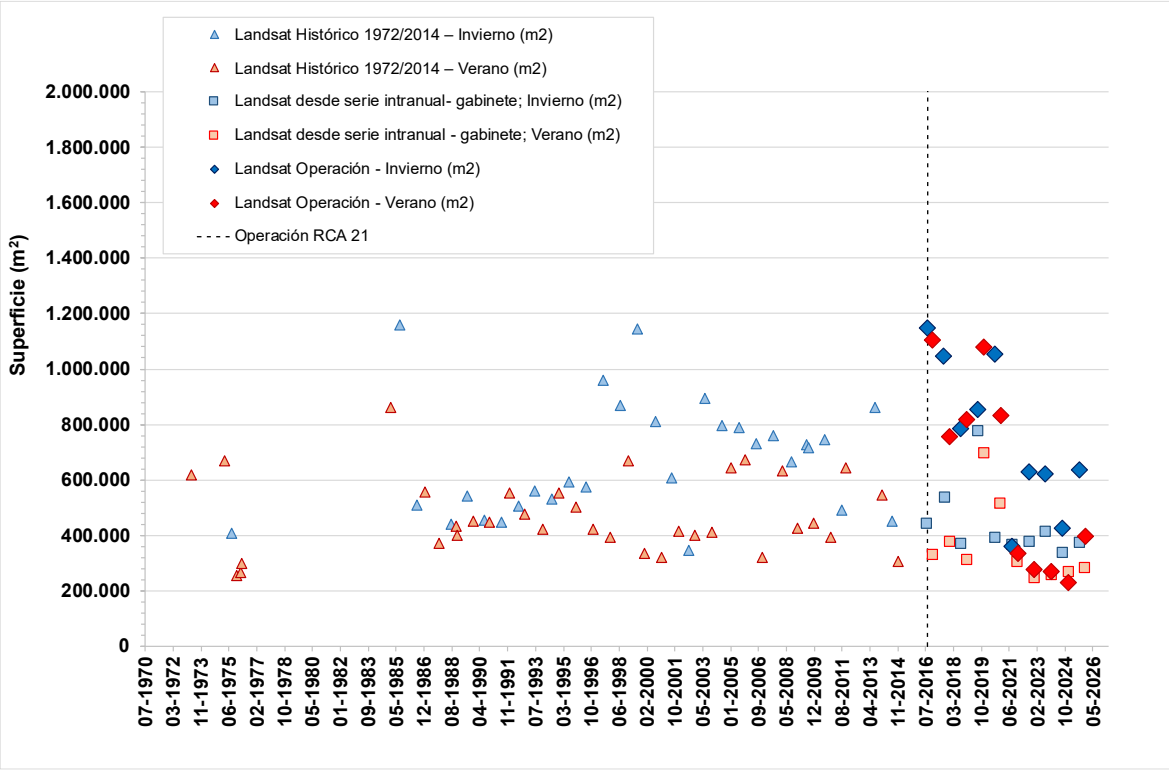


Fuente: Elaboración Propia en base a los datos del Anexo 1: Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico Sector Sur del Salar de Atacama, de la Adenda 5

- Evolución de superficie de seguimiento mediante imágenes Landsat (serie PMB) en relación con las superficies históricas (serie Adenda 5 RWL (2015) y serie complementaria)

En la Figura N°13-135 se presentan las superficies lagunares observadas en el PMB entre los años 2016-2025, con relación a las superficies históricas determinadas mediante NDWI – Landsat (1972-2014). Los registros de superficies calculadas con Landsat, reportadas durante el monitoreo de 2016 a 2025 como parte del PMB, se encuentran dentro de los registros máximos y mínimos según la variación del índice NDWI, tanto en invierno como en verano, y para las series 1972 – 2014 y 2016 - 2025. Para los años 2016, 2017 y 2020 las superficies de invierno reportadas se encuentran en el rango de las superficies máximas, así como los registros de verano de 2016 y 2019; mientras que las mínimas se presentan en los registros de invierno y verano de 2021 y veranos de 2022 a 2024, siendo los veranos los que presentan un mayor descenso.

Figura N°13-135. Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PMB e históricas, Sector Peine.



Fuente: Elaboración Propia en base a los datos del Anexo 1: Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico Sector Sur del Salar de Atacama, de la Adenda 5

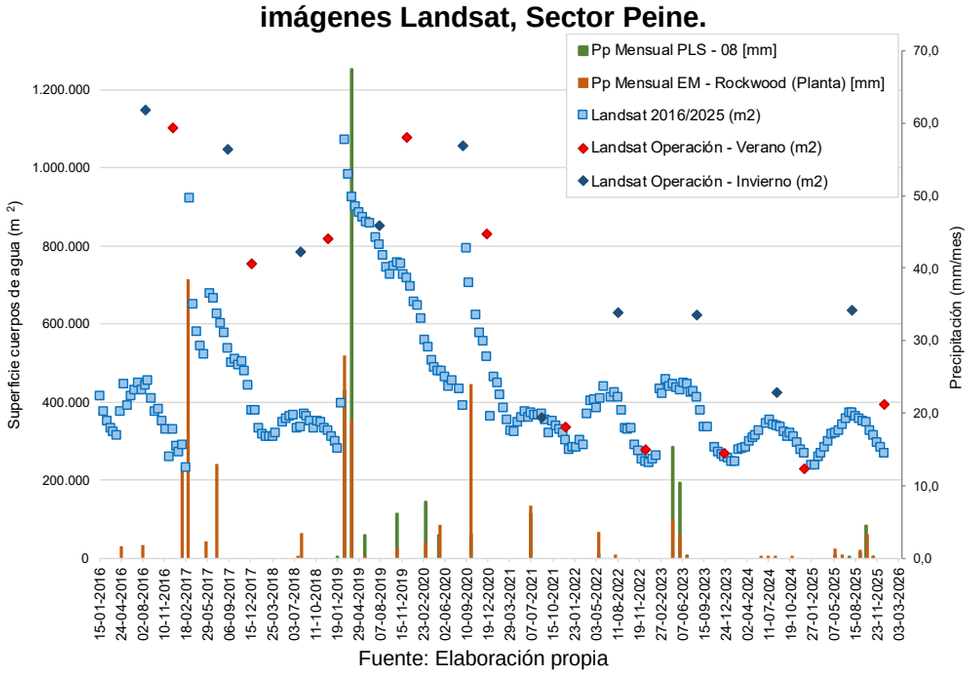
- Variación intranual de la superficie lagunar mediante imágenes Landsat y registros de precipitación

Respecto a las variaciones intranuales para el sector Peine, en la Figura N°13-136 se observa la variación de las superficies lagunares mediante el índice NDWI - Landsat para los años 2016 – 2025 y junto con ello las precipitaciones registradas en las estaciones Rockwood (ubicada en Planta Salar Albemarle) y PLS08 (sector Peine, con registros disponibles desde 2019). De este análisis intranual se puede apreciar que, para el período analizado, la variación intranual está principalmente dominada por los efectos producidos por los eventos de precipitación en la superficie lagunar, presentándose el mayor rango de variación en los años en que se verificaron los eventos de mayor magnitud (por ej., 2017, 2019 y 2020). Si bien la superficie presenta una dinámica estacional asociada a la evaporación, esta es de menor magnitud.

Para el periodo de 2016-2025, la serie Landsat/NDWI muestra un aumento significativo entre febrero 2019 y septiembre 2020, seguido por una disminución en los valores desde diciembre de 2020 a la fecha, valores que se mantienen por debajo de los 500.000 m^2. Estas variaciones al alza se relacionan con eventos de precipitación, como se refleja con los datos pluviométricos de enero- febrero 2019, agosto 2020 y febrero 2023 (Figura N°13-136).

En relación con las fluctuaciones en las superficies de lagunas según el índice Landsat/NDWI entre 2016 y 2025, así como los registros calculados como parte del PMB, se destaca que estos últimos se sitúan dentro de los valores máximos y mínimos registrados hasta diciembre de 2025. No obstante, es relevante señalar que los registros de invierno y verano de 2021 – 2022 – 2023 y 2024, se encuentran en el rango mínimo de las superficies calculadas según el índice NDWI, con 2025 nuevamente en los valores mínimos (Figura N°13-136).

Figura N°13-136. Variación intranual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

Complementario a lo anterior, y tal como se han estudiado las lagunas La Punta y La Brava, con el objetivo de analizar la evolución histórica que ha tenido el sistema Peine, es que durante el año 2022 Albemarle actualizó el estudio de las superficies lagunares de este sistema desde una ventana temporal más amplia, con el objetivo de obtener la tendencia de largo plazo de los cuerpos lagunares en un análisis de larga data. La Figura N°13-137 presenta esta serie Landsat histórica del período 1984-2026, estimada para el Informe[49] de Investigación de causas Nº6 Activación PAT Sector Alerta Acuífero de Albemarle (junio 2026). Los registros se obtuvieron utilizando la misma técnica de clasificación del índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), y considerando todo el sistema Peine en su conjunto, es decir, lagunas Salada, Saladita, e Interna (incluyendo su zona de desborde, denominada Avance Interna en dicho estudio). Tal como fue indicado en la sección asociada al sistema lagunar La Punta – La Brava, de manera complementaria al índice NDWI, en el estudio citado se consideración condiciones para las bandas G y NIR para la determinación de las superficies lagunares.

Para la actualización, se utilizaron imágenes satelitales de libre disponibilidad LANDSAT y dado el período, se recopilaron imágenes de los satélites LANDSAT-5, 7, 8 y 9 entre los años 1984 y 2026. Estas escenas contienen datos de reflectancia superficial (*Surface Reflectance, Level-2*), una resolución espacial de 30m de píxel, y se filtraron de acuerdo con su nubosidad (condición despejada) y su calidad radiométrica (no saturada).

Si bien esta serie incorpora un período en que los registros se traslapan con los de la serie de tiempo de NDWI histórica (1972 – 2014), los registros no son necesariamente coincidentes, dadas sus diferencias metodológicas. Por otra parte, también presenta un período coincidente con la serie de registros intranuales obtenidos a partir de imágenes Landsat 8 (2016-2025, ver Figura N°13-136). En dicho caso, hay mayor similitud en las metodologías empleadas, lo que se manifiesta en que las series de tiempo tienen, en términos generales, pocas diferencias.

Analizando la variación histórica de las superficies lagunares, a través de las imágenes Landsat NDWI (1984-2026), Figura N°13-137, se observa que la variación temporal de la superficie del sistema de lagunar de Peine presenta un ciclo estacional con mayores valores en invierno y menores en verano, la que se presenta con mayor claridad entre 1988 y 2011. En períodos con mayor precipitación (por ejemplo, 2013-2020), si bien la dinámica general de la superficie total del sistema está dominada por la precipitación, principalmente por el efecto de esta en la superficie de la zona de desborde de laguna Interna, los registros muestran que se mantiene un cierto grado de estacionalidad en la superficie.

En relación a la variación de la superficie en distintos períodos de tiempo, entre 1988 y 1998, se observa que fue estable tanto en sus valores máximos de invierno como mínimos de verano, mientras que, posteriormente, entre los años 1999 y 2009, se registró un aumento de las superficies lagunares mínimas mientras que las superficies máximas se mantuvieron estables,

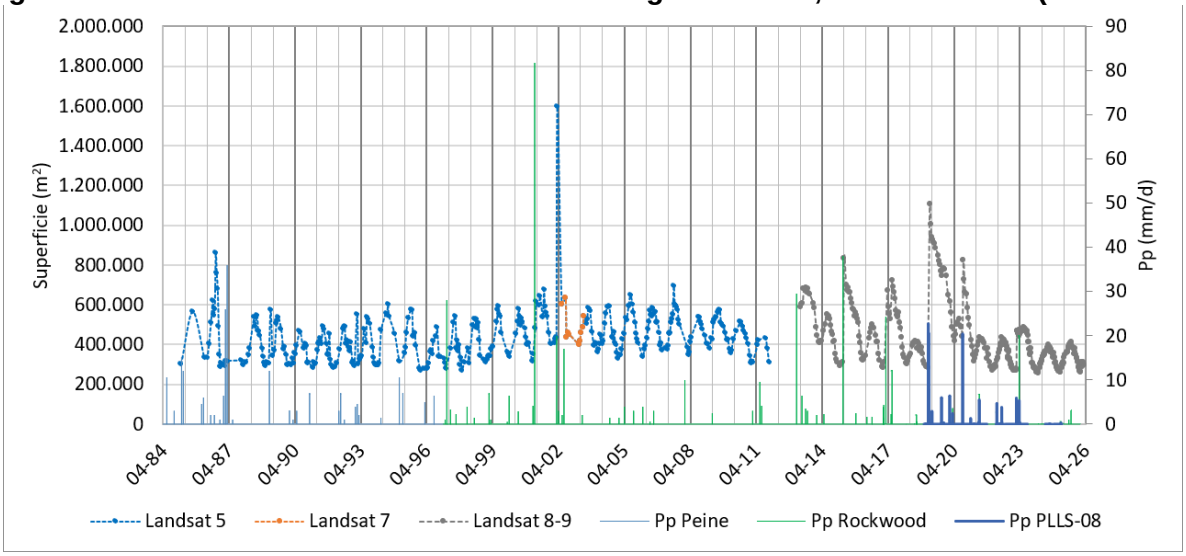
[49] Informe Técnico de Investigación de Causas Nº6, por Activación Plan Alerta Temprana- Sector Alerta Acuífero (junio 2026)- Entregado a la SMA a través de Comprobante Cód. 1094528 del 05-06-2025, Entrega Informe de Investigación.

cercanas a los 600.000 m^2 a excepción del peak de superficie lagunar registrado en 2002, consecuencia del evento de altas precipitaciones de dicho año.

Posteriormente, entre los años 2010 y 2011, se observa un descenso tanto de la superficie de invierno como de la de verano. Entre los años 2013 y 2019 se desarrolla un cambio en la dinámica de la superficie lagunar, asociada con las altas precipitaciones de verano ocurridas los años 2013, 2015, 2017 y 2019, e invierno de 2020. Estas provocaron una respuesta del sistema, en donde las superficies ascienden en el corto plazo, y luego descienden para retomar nuevamente las superficies previas a la precipitación. Como fue indicado previamente, en este periodo se mantiene la estacionalidad de la superficie lagunar, pero la magnitud de los cambios estacionales es muy inferior a la de los cambios asociados a los eventos de precipitación.

Finalmente, luego de las precipitaciones de agosto de 2020, disminuyeron los eventos de precipitación, lo que se tradujo en una reducción de la superficie lagunar, con superficies máximas que no superan los 500.000 m^2, debido a la reducción de las zonas de inundación asociadas a eventos de lluvia, principalmente en el sector de desborde de laguna Interna.

Figura N°13-137. Variación histórica Sistema Lagunar Peine, Landsat NDWI (1984-2026)



Fuente: Albemarle-HIDROMAS, 2026. Informe de Investigación N°6.

- Variación de la superficie lagunar mediante imágenes de alta resolución

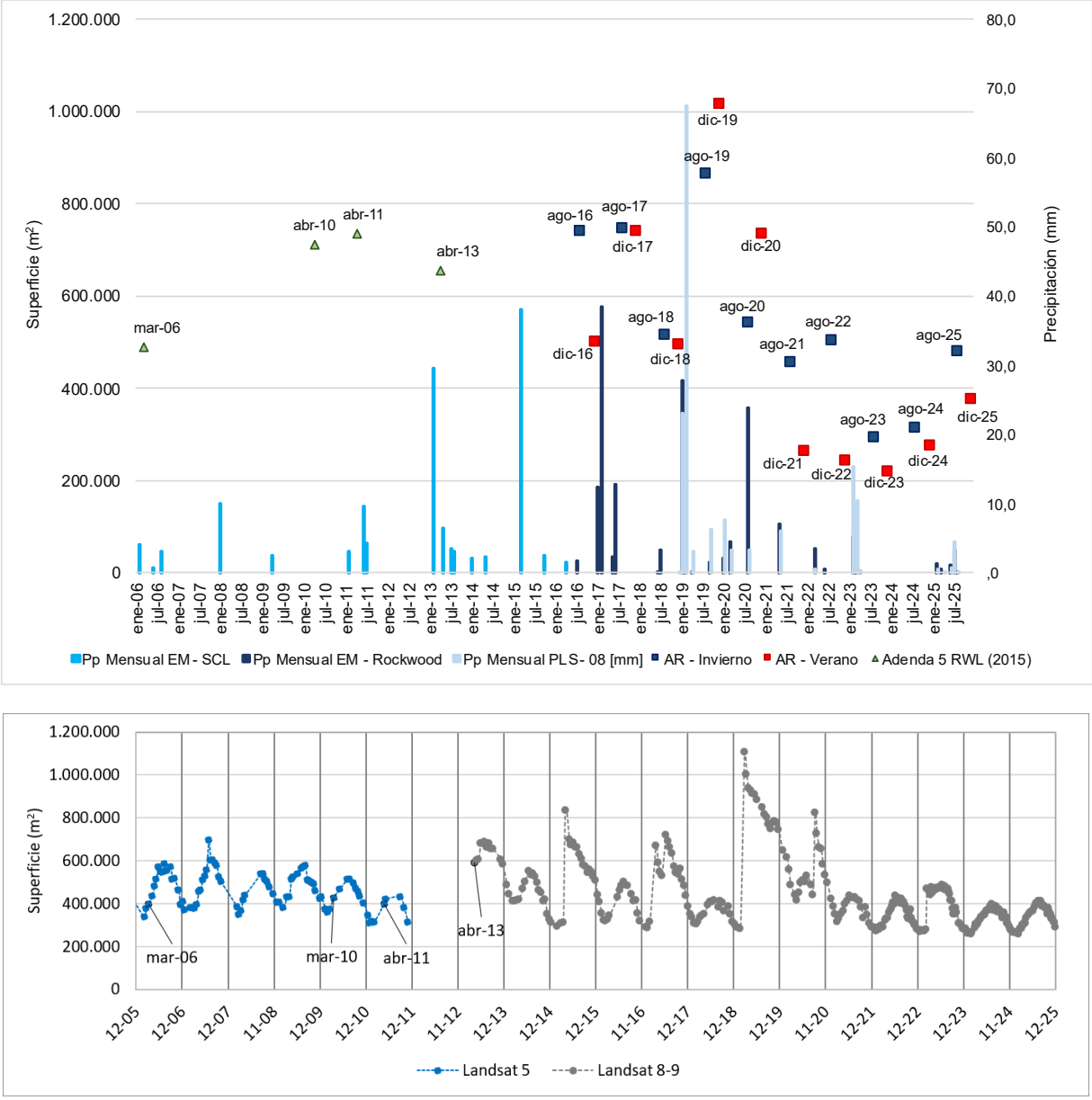
En relación con las variaciones de las superficies semestrales del PMB a través de imágenes de alta resolución para el sector Peine (ver Figura N°13-138), se evidencia una cierta variabilidad estacional manifestada por la diferencia entre las áreas de invierno y verano. Esta variación es apreciable en la mayoría de los años; sin embargo, se evidencia una disminución en esta diferencia con registros más cercanos entre inviernos y veranos. Estos hallazgos, respaldados por los resultados obtenidos a partir de imágenes Landsat, revalidan el modelo conceptual para el sector Peine formulado durante la evaluación del proyecto (Adenda 5 RWL, 2015). Según dicho modelo, en general, no se observa una variación estacional significativa en la superficie lagunar de Peine debido a la influencia de la evaporación, estando asociadas las variaciones principales a eventos de precipitación.

En relación con las magnitudes de las superficies históricas en AR (Adenda 5 RWL, 2015), se observa que las superficies semestrales del PMB, desde el invierno de 2021 hasta la fecha, se sitúan por debajo del mínimo histórico en AR, de 489,000 m^2. Es importante resaltar en esta comparativa que las superficies históricas en AR han sido determinadas en meses diferentes a los informados semestralmente en el PMB, específicamente en agosto y diciembre. Este aspecto es significativo considerando la variabilidad intranual previamente demostrada, ya que las condiciones pueden diferir notablemente entre los meses mencionados. Para evidenciar el efecto que tienen estas diferencias en el período de medición de los registros históricos referenciales, en la Figura N°13-138 inferior se muestra la serie Landsat con registros quincenales, en la que se destacan los cuatro (4) valores asociados a las mediciones históricas. Es muy notorio como en ninguno de los casos se representa una condición mínima anual, lo que es más evidente en el caso de la superficie de abril de 2011.

Con respecto a las precipitaciones para el sector[50], y considerando las precipitaciones registradas por estación Peine y en los últimos años la estación de Albemarle LS-08, observando la Figura N°13-138 y los análisis descritos previamente se desprende que, principalmente desde 2013 en adelante, las precipitaciones de mayor aporte generan aumentos en la extensión lagunar, en particular por el incremento de la zona de desborde, cuyos efectos pueden mantenerse por un período de tiempo de varios meses, por lo que en algunos casos se evidencian en los registros semestrales.

[50] La recopilación de información de precipitaciones anuales de la estación meteorológica DGA – Peine, actualizada en línea hasta mayo de 2020, posterior a esta fecha no existen datos en DGA, encontrándose en estado de suspensión (diciembre 2025); por lo tanto, se agregan datos de las estaciones meteorológicas Planta Albemarle para contextualización.

Figura N°13-138. Precipitaciones mensuales y superficie lagunar desde imágenes de alta resolución, sistema Lagunar Peine.

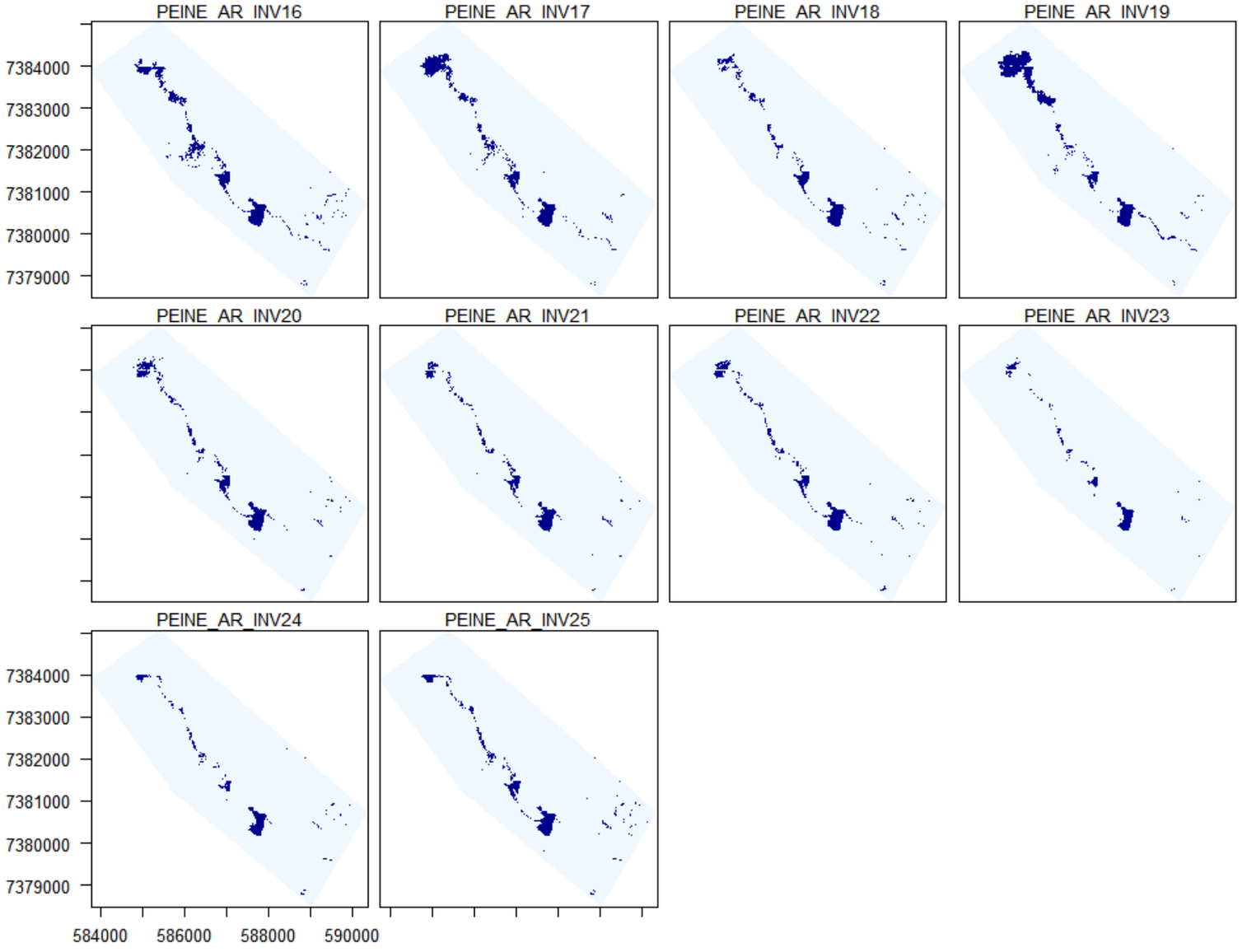


Fuente: Superior: Elaboración Propia. Inferior: Modificado de *Albemarle-HIDROMAS, 2026. Informe de Investigación N°6.*

- Comparación de imágenes de la representación espacial de las superficies lagunares entre monitoreos 2016 al 2025

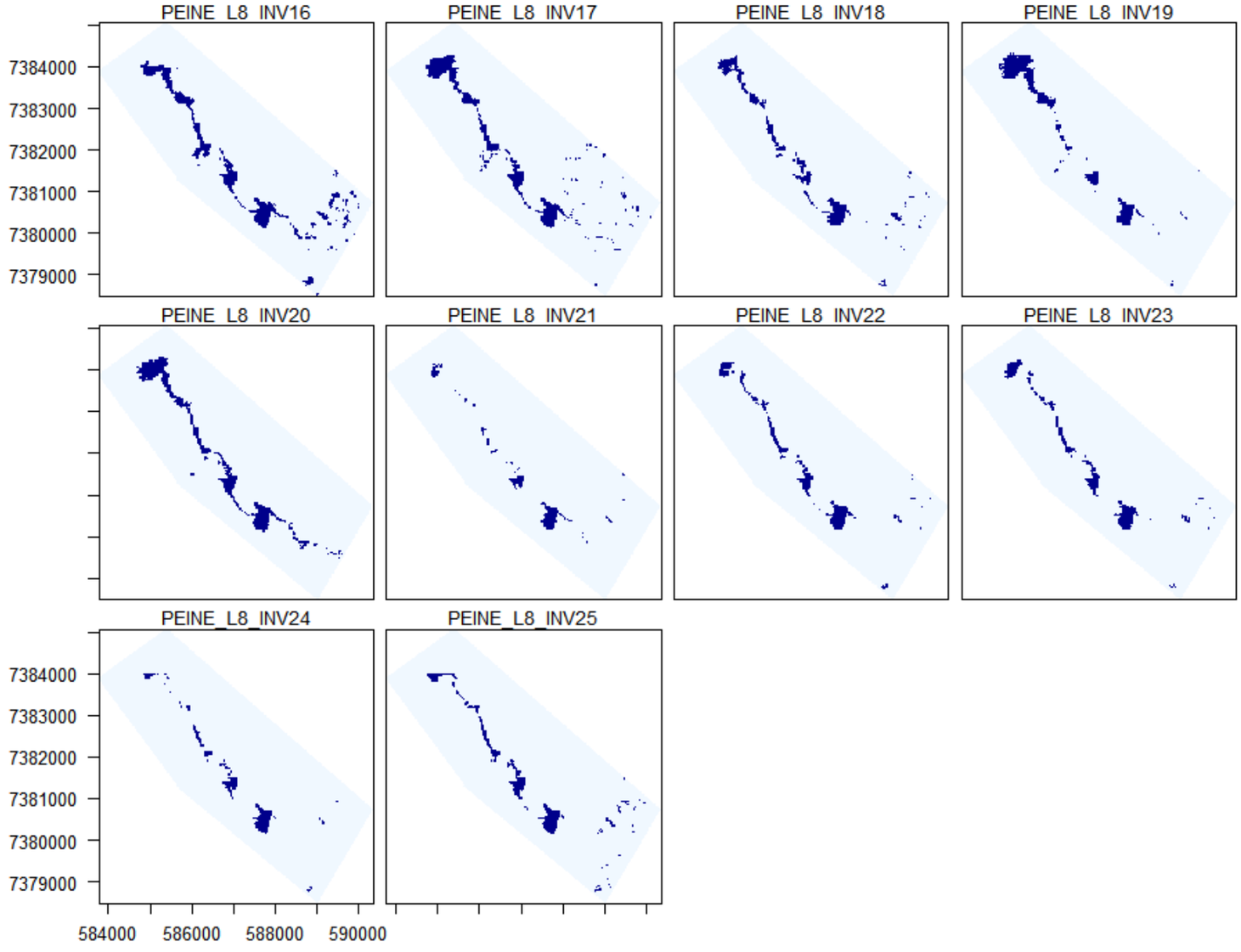
La Figura N°13-139 a la Figura N°13-142, muestran el análisis de las superficies de lagunas en el sector Peine, evidenciando variaciones significativas en su extensión a lo largo de los años. Se observa un menor crecimiento en los inviernos de 2016 y 2017, seguido por una disminución en 2018. En el invierno de 2019, se registra un aumento considerable debido a las precipitaciones de febrero de dicho año. Estas fluctuaciones indican la influencia de condiciones climáticas y otros factores en la dinámica de las lagunas. La Laguna Interna destaca como una parte significativa de los cambios, mostrando variaciones notables en su zona de inundación. En el verano de 2025, persiste la disminución en las zonas de interconexión entre la Laguna Interna y la Laguna Salada. Además, del análisis de imágenes de alta resolución revela desde el verano de 2021 leve reducción y una cierta mantención en estos años hasta el 2025, especialmente en las áreas de Laguna Interna y Saladita, debido a variaciones en la inundación.

Figura N°13-139. Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



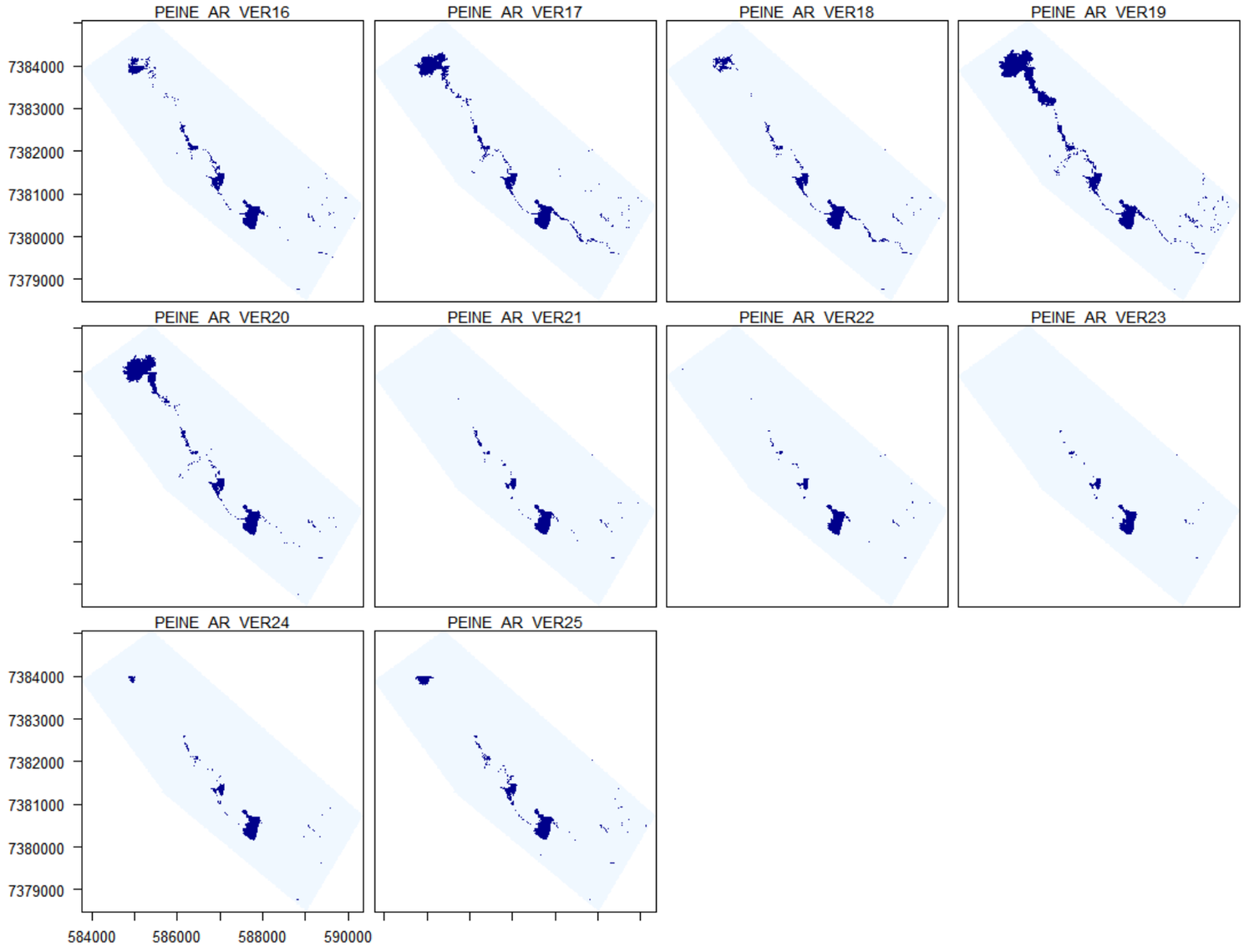
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2025.

Figura N°13-140. Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8.



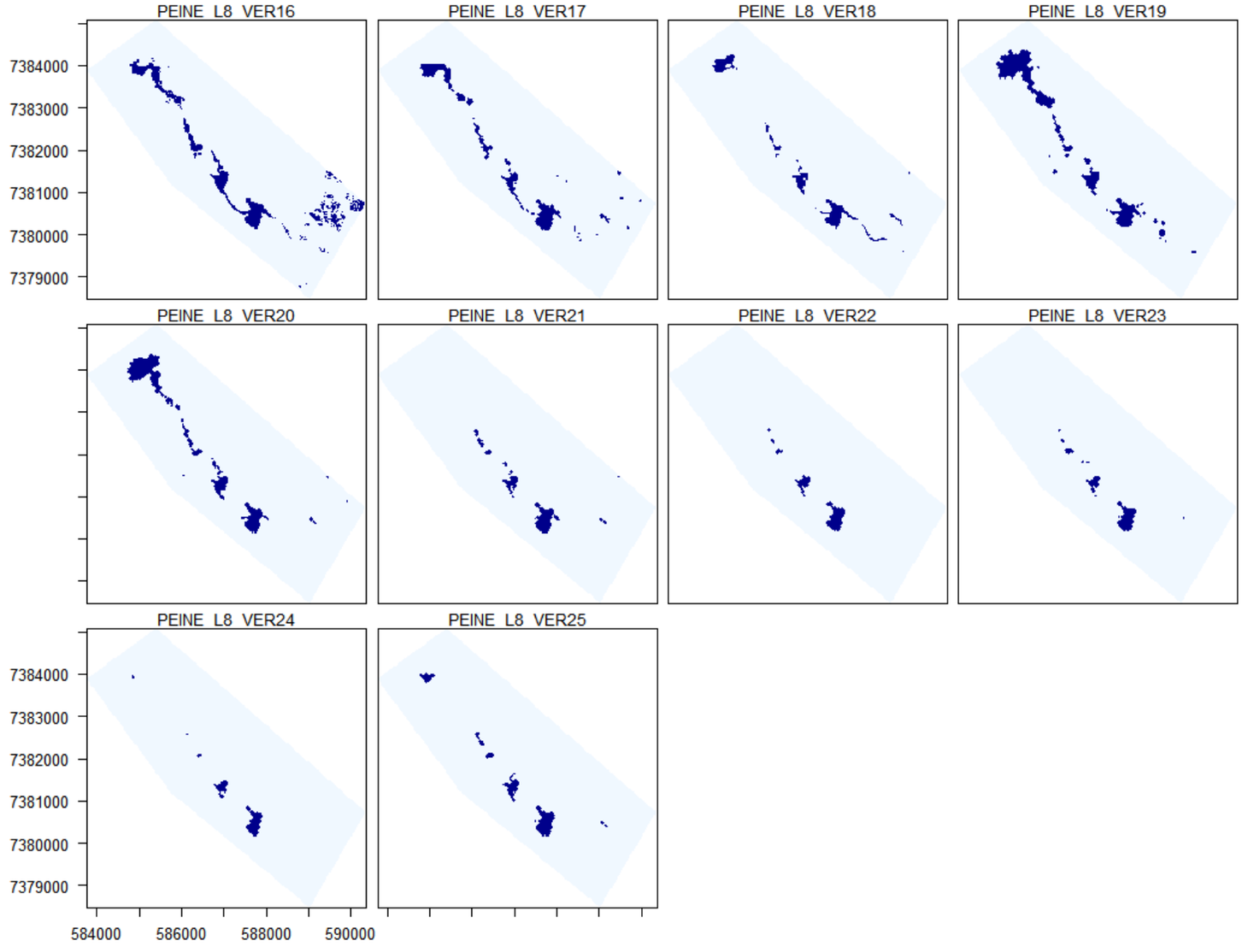
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2025.

Figura N°13-141. Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2025.

Figura N°13-142. Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8.



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2025.

13.6.2 Análisis de la validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

En general, el modelo de clasificación presenta ajustes que van de *moderado a considerable*[51] para los sistemas lagunares, con valores promedio del índice *Kappa* para el periodo 2016 – 2025 que van entre 0,81 (Peine) y 0,61 (La Punta - La Brava) desde imágenes de alta resolución; con un valor mínimo *aceptable* de 0,40 en La Punta - La Brava para agosto de 2025, y un valor máximo *casi perfecto* de 0,97 para Peine en diciembre 2025. Respecto de Landsat 8, los valores promedio del índice *Kappa* observados en el periodo 2016 – 2025 van entre 0,77 (Peine) y 0,55 (La Punta - La Brava), presentando un valor mínimo de 0,41 en La Punta - La Brava para agosto de 2023 y agosto 2024 y un valor máximo de 0,93 para Peine en agosto de 2021 (Tabla N°13-36).

De lo anterior, se señala que los mayores ajustes corresponden a los sectores que muestran una mayor definición de los cuerpos de agua, por sus características de topografía y tipo de sustrato, ya que se encuentran total o parcialmente delimitados por una diferencia de nivel de costra salina; por lo tanto, las respuestas espectrales son más claras, facilitando la determinación de umbrales de los parámetros del modelo y la clasificación final es mayormente coincidente con los determinado en terreno o por fotointerpretación visual. Así mismo, los valores más bajos en el ajuste del modelo se reportan principalmente en sectores que muestran un gradiente de vegetación en los bordes lagunares, conformando un ecotono de vegetación, el cual conduce a una estimación menos precisa de los límites de la superficie de agua proveniente principalmente de los parámetros NDVI y NIR, esto ocurre especialmente en invierno o en aumentos de las superficies inundadas, periodos en que la humedad del suelo alcanza mayores superficies combinados con otros recubrimientos (vegetación).Sin embargo, otro factor sería el retroceso de zonas inundadas con la exposición del sustrato que muchas veces está asociado a otros componentes como microorganismos, o que en las que se acentúa la discontinuidad de las inundaciones generando parches que no son captados como unidades independientes, disminuyendo la precisión en sitios de transición seca - húmeda.

[51] Los rangos de valores para *Kappa* son: Pobre: 0,00; Leve: 0,01 – 0,20; Aceptable: 0,21 – 0,40; Moderada: 0,41 – 0,60; Considerable: 0,61 – 0,80; Casi perfecta: 0,81 – 1,00 (Landis y Koch, 1977).

Tabla N°13-36. Consolidado de índices *Kappa* de validación del modelo de clasificación para imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8.

Tipo de imagen	Fecha monitoreo	Indicadores de monitoreo	Sistema Lagunar	
			La Punta - La Brava	Peine
PLEIADES 1A -AR	ago-16	Superficie (ha)	47,4	74,1
		Índice Kappa	*0,45*	*0,89*
	dic-16	Superficie (ha)	40,9	50,2
		Índice Kappa	*0,82*	*0,91*
	ago-17	Superficie (ha)	48,1	74,6
		Índice Kappa	*0,50*	*0,86*
	dic-17	Superficie (ha)	48,6	74,1
		Índice Kappa	*0,73*	*0,83*
	ago-18	Superficie (ha)	61,9	51,5
		Índice Kappa	*0,78*	*0,88*
	dic-18	Superficie (ha)	35,9	49,4
		Índice Kappa	*0,83*	*0,80*
	ago-19	Superficie (ha)	52,8	86,7
		Índice Kappa	*0,66*	*0,83*
	dic-19	Superficie (ha)	62,7	101,7
		Índice Kappa	*0,79*	*0,91*
	ago-20	Superficie (ha)	51,4	54,2
		Índice Kappa	*0,64*	*0,96*
	dic-20	Superficie (ha)	28,4	73,5
		Índice Kappa	*0,62*	*0,73*
	ago-21	Superficie (ha)	45,8	45,7
		Índice Kappa	*0,80*	*0,92*
	dic-21	Superficie (ha)	24,1	26,4
		Índice Kappa	*0,61*	*0,78*
	ago-22	Superficie (ha)	45,1	50,5
		Índice Kappa	*0,67*	*0,90*
	dic-22	Superficie (ha)	25,3	24,2

Tipo de imagen	Fecha monitoreo	Indicadores de monitoreo	Sistema Lagunar	
			La Punta - La Brava	Peine
		Índice Kappa	*0,41*	*0,71*
	ago-23	Superficie (ha)	45,5	29,4
		Índice Kappa	*0,56*	*0,52*
	dic-23	Superficie (ha)	26,6	22,0
		Índice Kappa	*0,46*	*0,62*
	ago-24	Superficie (ha)	40,7	31,4
		Índice Kappa	*0,46*	*0,53*
	dic-24	Superficie (ha)	24,4	27,5
		Índice Kappa	*0,41*	*0,79*
	ago-25	Superficie (ha)	42,4	48,1
		Índice Kappa	*0,40*	*0,90*
	dic-25	Superficie (ha)	26,2	37,6
		Índice Kappa	*0,50*	*0,97*
		Promedio Kappa	***0,61***	***0,81***
LANDSAT 8 - MR	**ago-16**	Superficie (ha)	62,6	114,7
		Índice Kappa	*0,47*	*0,83*
	dic-16	Superficie (ha)	55,0	110,3
		Índice Kappa	*0,62*	*0,83*
	ago-17	Superficie (ha)	38,2	104,6
		Índice Kappa	*0,50*	*0,74*
	dic-17	Superficie (ha)	39,3	75,3
		Índice Kappa	*0,54*	*0,59*
	ago-18	Superficie (ha)	63,7	78,4
		Índice Kappa	*0,55*	*0,73*
	dic-18	Superficie (ha)	44,4	81,7
		Índice Kappa	*0,84*	*0,83*
	ago-19	Superficie (ha)	53,8	85,1
		Índice Kappa	*0,54*	*0,79*

Tipo de imagen	Fecha monitoreo	Indicadores de monitoreo	Sistema Lagunar	
			La Punta - La Brava	Peine
	dic-19	Superficie (ha)	57,7	107,8
		Índice Kappa	*0,59*	*0,76*
	ago-20	Superficie (ha)	60,0	105,4
		Índice Kappa	*0,56*	*0,77*
	dic-20	Superficie (ha)	36,1	83,0
		Índice Kappa	*0,44*	*0,73*
	ago-21	Superficie (ha)	40,0	36,0
		Índice Kappa	*0,92*	*0,93*
	dic-21	Superficie (ha)	35,5	33,4
		Índice Kappa	*0,50*	*0,87*
	ago-22	Superficie (ha)	56,9	62,8
		Índice Kappa	*0,59*	*0,83*
	dic-22	Superficie (ha)	26,9	27,7
		Índice Kappa	*0,46*	*0,75*
	ago-23	Superficie (ha)	39,4	62,2
		Índice Kappa	*0,41*	*0,75*
	dic-23	Superficie (ha)	28,8	26,9
		Índice Kappa	*0,57*	*0,72*
	ago-24	Superficie (ha)	40,0	42,4
		Índice Kappa	*0,41*	*0,75*
	dic-24	Superficie (ha)	34,0	22,8
		Índice Kappa	*0,56*	*0,62*
	ago-25	Superficie (ha)	54,4	63,5
		Índice Kappa	*0,47*	*0,75*
	dic-25	Superficie (ha)	32,8	39,4
		Índice Kappa	*0,47*	*0,78*
		Promedio Kappa	***0,55***	***0,77***

Fuente: Cedrem Consultores.

13.7 En relación con Nivel Freático en Lagunas

En la Figura N° 12-3. y Figura N° 12-4. , se observa gráficamente la variación temporal del nivel freático desde el año 2013 a la fecha (marzo 2026). Es importante tener presente que, si bien se cuenta con alrededor de 13 años de registros, la línea base presentada en el Anexo 3 de la Adenda 5 se extendió por 2 años y 4 meses (entre mayo de 2013 y agosto de 2015). Considerando que la construcción del Proyecto comenzó en abril de 2016, esto implica un total de 3 años de mediciones históricas (mayo 2013 a abril de 2016), entendiendo por período "Histórico" al previo al inicio del Proyecto.

13.7.1 Análisis comparativo invierno 2025 y verano 2026

Los registros de los pozos se presentan en la Figura N° 12-3. y Figura N° 12-4. . En estas se observa para el presente período de monitoreo (abril 2025 a marzo 2026) que el nivel freático mantuvo una variabilidad natural cíclica (estacional), con valores de cota de nivel generalmente más altos (agua más somera) en invierno (junio a agosto). En general los valores de cota de nivel son generalmente más bajos y profundos en verano (diciembre a marzo), dando cuenta del efecto de la evapotranspiración del nivel freático. Sin embargo, no es posible generar un análisis en torno a las mediciones de verano puesto que ninguno de los pozos, tanto del Sector La Punta – La Brava, como del Sector de Peine cuenta con registros durante aquellos meses. La variabilidad antes mencionada es muy marcada para los pozos del sector La Punta – La Brava, con ciclos anuales bien definidos. En el caso del Sector Peine, se observa esta estacionalidad en BA-22, mientras que en BA-21 se aprecia una mayor influencia de las precipitaciones, en tanto que el efecto de la evapotranspiración es de menor magnitud, presentando una muy baja variabilidad estacional. Esto puede observarse en los cambios en el nivel freático, luego de eventos de precipitación tales como marzo 2015, marzo 2017, enero-febrero 2019 y agosto 2020.

Para los pozos del Sector La Punta – La Brava y del Sector Peine, para el periodo abril 2025 a marzo 2026, no es posible determinar una amplitud representativa de la variabilidad estacional, dado que no se cuenta con registros del período de mayor profundidad del nivel freático (diciembre – marzo), por la imposibilidad de acceso entre los meses octubre de 2025 y marzo de 2026 (a excepción de dos monitoreos en los pozos BA-07 y BA-16 en los meses de octubre y noviembre 2025), debido a las restricciones descritas previamente.

13.7.2 Análisis comparativo con valores históricos

En esta sección se realiza un análisis de la variación del nivel freático por piezómetro y por sector, respecto de los valores previos al inicio de la operación del proyecto.

13.7.2.1 Nivel freático en Sector La Punta - La Brava.

Para el **Sistema La Punta - La Brava**, en la **Tabla N° 13-37** se presentan los valores de línea base e "histórico" (correspondiendo este último al período previo al inicio de la construcción del Proyecto), incluyendo los mínimos registrados y el valor mínimo y promedio en el período del último año de monitoreo. Para el valor promedio del periodo abril 2025 a marzo 2026 sólo se consideró la información disponible.

Tabla N° 13-37. Valores Mínimos y Promedio de la Serie Sector LP-LB

Punto	Sector Sistema Lagunar	Período LB (m s.n.m) (Abril 2013 - Agosto 2015) Período Histórico (Abril 2013 - Marzo 2016)		Abril 2025 - Marzo 2026 (m s.n.m)
		Mínimo LB	Mín. Histórico	Promedio
BA-05	LP-LB	2.300,148	2.300,131	2.300,189
BA-07	LP-LB	2.299,990	2.299,990	2.299,964
BA-16	LP-LB	2.300,845	2.300,836	2.300,875

Fuente: Elaboración propia.

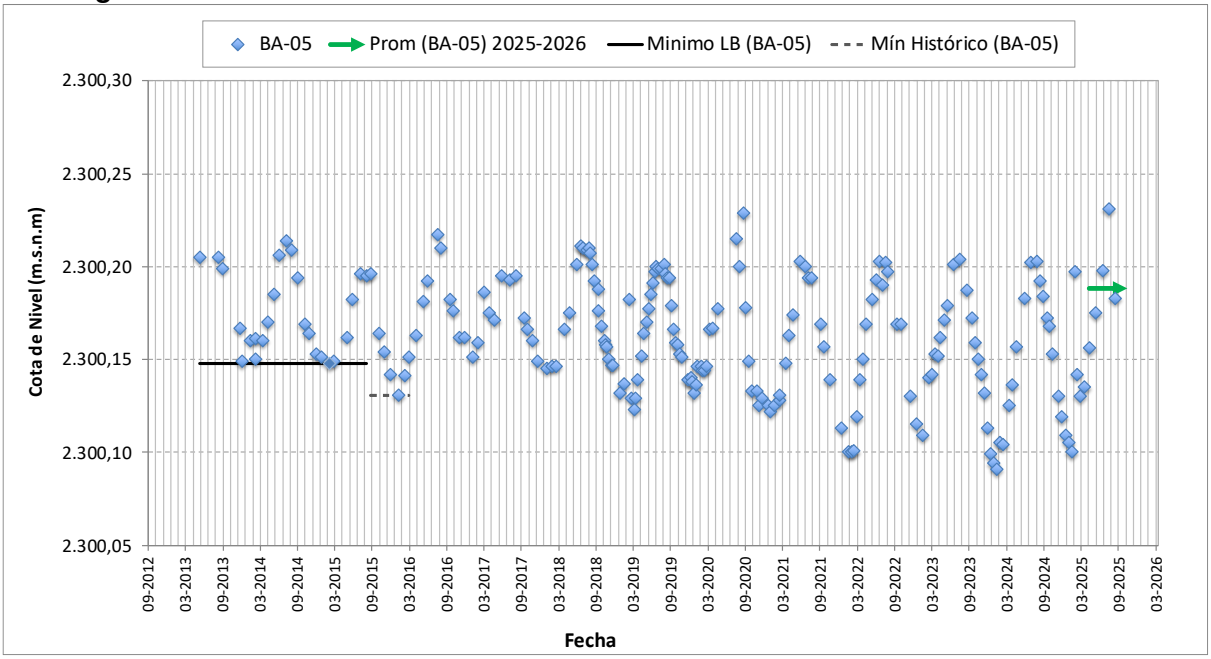
Respecto a los registros de la **Tabla N° 13-37,** se debe señalar que los valores de línea base corresponden al periodo desde abril 2013 hasta agosto 2015, de acuerdo a lo señalado en el Anexo 2 "Plan de Manejo Biótico" de la Adenda 5 del proyecto (Numeral 4.2.7.1 Anexo 2). Asimismo, el período "Histórico" corresponde a todo el período con registros previo al inicio de la fase de construcción del Proyecto (abril 2016). La mantención del monitoreo posterior a la línea base definida en la Adenda 5, fue para entregar continuidad a los registros de niveles mensuales, y también para poder mostrar la variabilidad y cambios que se pudieran producir previo al inicio de la fase de construcción (abril 2016) y operación del Proyecto (28 de septiembre de 2016). Tal como se observa de la **Tabla N° 13-37**, los registros mínimos de los pozos BA-05 y BA-16 del período septiembre 2015 – marzo 2016 (posteriores a la línea base en la Adenda 5 y previos al inicio de la fase de construcción del Proyecto), fueron inferiores a los de la Línea Base.

En las Figuras siguientes se presentan gráficamente todos los registros medidos a la fecha para los pozos del Sector La Punta - La Brava, junto con los estadígrafos antes indicados. Se muestran las gráficas por sector y además por pozo, de manera de lograr una mejor visualización a escala vertical.

Para el **pozo BA-05** (**Figura N° 13-143**) los registros muestran una leve tendencia general al descenso y un mínimo del período "histórico" en enero del año 2016 (2.300,131 m s.n.m.), inferior al valor mínimo de la línea base (2.300,148 m s.n.m), indicado con línea discontinua (este registro corresponde al valor mínimo previo a la etapa de construcción y operación del Proyecto). Desde el año 2019 se han registrado durante el período de verano diferentes mediciones inferiores al mínimo del período previo al inicio del Proyecto, con un valor mínimo igual a 2.300,091 m s.n.m, en enero de 2024. En relación al verano de 2026, no se cuenta con registros durante el periodo octubre de 2025 a marzo de 2026, por lo que no es posible realizar

un análisis de la tendencia de los meses de verano (meses en los que se presentan los valores mínimos anuales). Por otra parte, se destaca que los valores máximos del período de invierno han sido relativamente estables desde el año 2021, con un valor máximo de 2.300,231 en el mes de agosto, siendo éste el mayor valor registrado a la fecha. Sin embargo, cabe señalar que el registro del 01 de agosto está influenciado por un evento de precipitación ocurrido el día anterior, 31 de julio (en torno a 3 – 6 mm, de acuerdo a registros de pluviómetros LS-10 y LZA10-1 de Albemarle y SQM, respectivamente, ambos ubicados en el sector). El valor promedio anual del nivel freático durante el último año (abril 2025 – marzo 2026) fue superior a los valores mínimos de línea base y del periodo histórico, sin embargo, se debe tener en consideración que no existen registros de verano 2026.

Figura N° 13-143. Variación del nivel freático en el Pozo BA-05 – Sector LP-LB



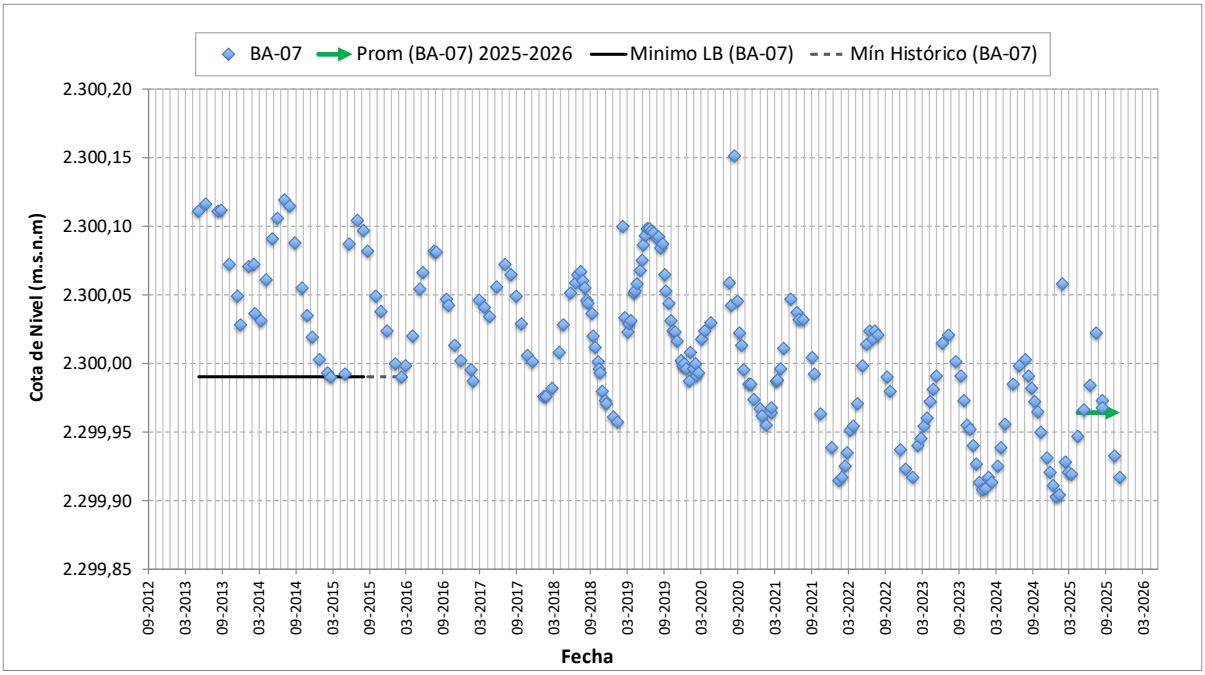
Fuente: Elaboración propia

Para el **pozo BA-07** (**Figura N° 13-144**), los registros de la serie presentaron una tendencia al descenso desde mayo 2013 hasta enero 2019, lo que produjo que fueran registrados valores mínimos inferiores a los del período "Histórico". Luego del peak de febrero de 2019, asociado a las lluvias del mismo año, el pozo presentó una recuperación en su nivel freático. Sin embargo, desde el año 2020 volvió a mostrar tendencia a la profundización, aunque entre los años 2022 y 2023 se verificó una estabilización del nivel en el pozo, reduciéndose la tendencia al descenso, la que fue retomada durante los años 2024 y 2025. El nivel mínimo más bajo medido desde mayo de 2013 corresponde a 2.299,903 m s.n.m, registrado en enero de 2025, mientras que en verano de 2025-2026 sólo se realizaron mediciones durante los meses de octubre y noviembre de 2025, siendo el valor mínimo del periodo el registrado en noviembre, el cuál fue inferior a los valores registrados en la misma fecha años anteriores. Es importante

mencionar que, al no contar con registros durante el periodo diciembre de 2025 a marzo de 2026, no es posible realizar un análisis de la tendencia de los meses de verano (meses en los que se presentan los valores mínimos anuales).

En relación a los registros de máximos de invierno, también se verificó una disminución respecto a los valores medidos en años previos, a excepción del dato registrado en agosto (2.300,02 m), sin embargo, este valor se encuentra influenciado por el evento de precipitación ocurrido el día anterior indicado previamente. El promedio anual del período abril 2025 - marzo 2026 es inferior al nivel mínimo del período “Histórico” y al de línea base, siendo éste calculado solamente con los registros disponibles de abril 2025 a noviembre 2025, debido a la ausencia de información posterior.

Figura N° 13-144. Variación del nivel freático en el Pozo BA-07 – Sector LP-LB



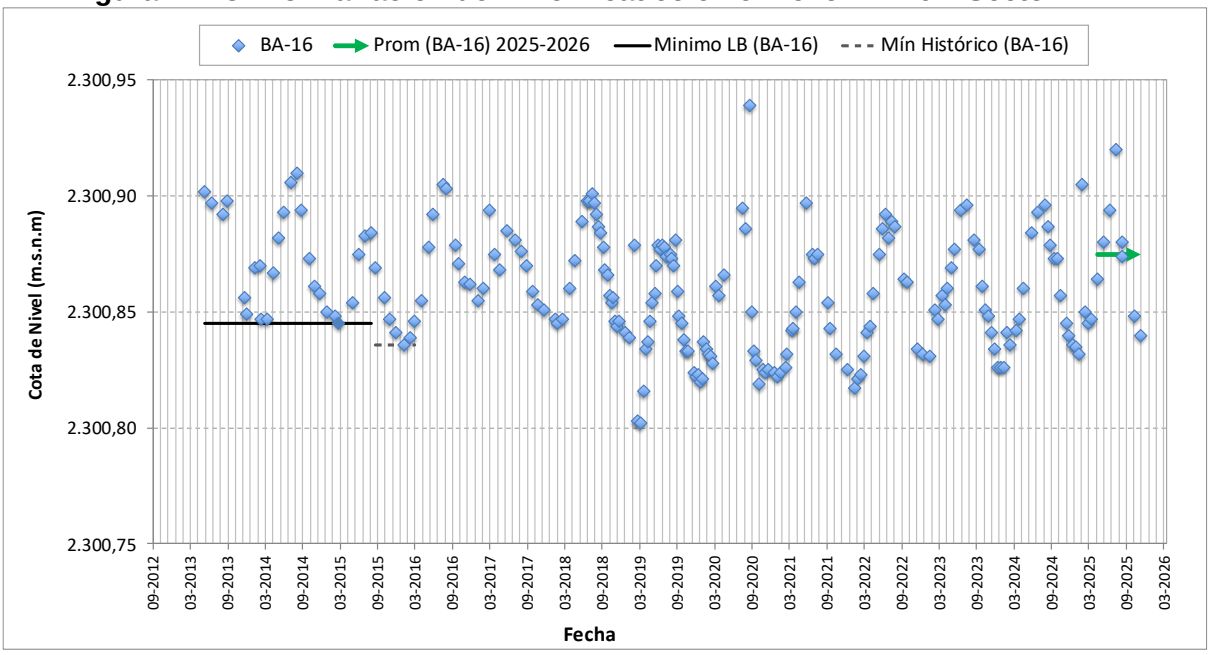
Fuente: Elaboración propia

El **pozo BA-16** (**Figura N° 13-145**) presenta variabilidad estacional y también cambios en su tendencia en el tiempo. De modo similar al pozo BA-05, su valor mínimo del período previo al inicio del Proyecto es posterior al período de línea base presentado en la Adenda 5 (enero del 2016). Para el período de análisis, abril 2025 a marzo 2026, los niveles fueron superiores a los del año previo, sin embargo, es importante mencionar que durante el periodo diciembre 2025 a marzo 2026 no se cuenta con medición de niveles, correspondiente a meses de verano. El registro durante el invierno de 2025 fue superior al del año 2024, con un alza importante en el nivel registrado en el mes de agosto, siendo, tal como se describió para los pozos BA-05 y BA-

07, un valor influenciado por las precipitaciones del día previo. En el caso de la época de verano 2026, el mínimo registrado (noviembre 2025) fue superior al registrado el año anterior (enero 2025). Es importante mencionar que al no contar con registros durante el periodo diciembre de 2025 a marzo de 2026, no es posible realizar un análisis de la tendencia de los meses de verano (meses en los que se presentan los valores mínimos anuales).

En general se observa un aumento del nivel en el pozo desde el año 2019, con un aumento de los valores mínimos, existiendo una tendencia al alza desde 2022 para los registros de verano. De acuerdo a los registros manuales disponibles, los valores mínimos medidos en este período (noviembre 2025) fueron inferiores al mínimo de línea base, pero superiores al mínimo del periodo histórico (previo al inicio de la construcción del Proyecto). Sin perjuicio de lo anterior, el promedio anual para BA-16 fue superior al registro mínimo de la línea base, recordando que éste fue calculado con los valores registrados en el periodo abril a noviembre 2025.

Figura N° 13-145. Variación del nivel freático en el Pozo BA-16 – Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia

Para el período de análisis, abril 2025 a marzo 2026, no se cuenta con información del periodo de verano para el pozo BA-05 (último registro es del mes de septiembre), lo que limita poder realizar una comparación certera de valores mínimos registrados en años anteriores, o de evaluación de la tendencia de los valores.

En el caso del pozo BA-16, éste presentó mediciones durante el periodo de verano en los meses de octubre y noviembre de 2025, mostrando un descenso en comparación a los valores registrados el año anterior en aquellos meses, sin embargo, al no contar con la información

completa del periodo de verano, se limita la evaluación de la tendencia de los valores de nivel freático.

El pozo BA-07 presentó una leve profundización en relación a los valores registrados el año anterior, de acuerdo a la comparación de los valores de los meses de octubre y noviembre de 2025 con los valores registrados en años anteriores durante los mismos meses.

Respecto a los valores del período de invierno, el pozo BA-05 muestra valores máximos similares a los de periodos previos, a excepción del valor medido en agosto de 2025, el cuál es el mayor medido en el pozo, similar al de septiembre de 2020. El pozo BA-16 también muestra valores máximos similares a los del período previo, a excepción del valor registrado en agosto de 2025, el cuál es superior, en general, a todos los datos registrados desde 2013. En el caso del pozo BA-07, el registro máximo de invierno fue superior al del año previo (agosto de 2025), sin embargo, el resto de valores de invierno 2025 muestra una tendencia inferior al año anterior. Cabe destacar que el valor registrado durante el mes de agosto de 2025 para los pozos del Sector La Punta – La Brava (con mediciones el día 1 de agosto) se encuentra influenciado por las precipitaciones ocurridas el día anterior (31 de julio).

Los valores promedio de los registros del período anual abril 2025 - marzo de 2026 fueron superiores a los valores mínimo de línea base y del período “histórico” en los pozos BA-05 y BA-16, mientras que en el caso del pozo BA-07 dicho valor medio fue inferior a los registros de línea base y del período “histórico”. Los promedios mencionados sólo fueron calculados con los registros disponibles, posiblemente representando valores sobreestimados al no incluir datos del periodo de verano dadas las restricciones de acceso descritas, por lo que no es posible considerar estos valores para establecer una tendencia del nivel freático.

13.7.2.2 Nivel freático en Sector Peine

Los registros del período 2025-2026 de los pozos BA-21 y BA-22, ubicados en el **Sistema Lagunar Peine**, no dan cuenta de toda la variabilidad del nivel freático del sistema, debido que no fue posible realizar mediciones en el periodo estival en este sector, período en el que se presentan los registros mínimos del nivel freático (principalmente en el pozo BA-22, con dinámica marcadamente estacional), debido a la que la Comunidad de Peine no permitió el ingreso al sector donde se ubican los pozos, por corresponder a la época de reproducción de los flamencos durante los meses de abril de 2025, y el periodo de octubre de 2025 a marzo de 2026. También hubo falta de información durante el mes de mayo de 2025 debido a restricción de acceso por el camino en mal estado, y durante el mes de septiembre de 2025 por restricción por parte de esta Comunidad (ver **Anexo Cartas y Prohibiciones**).

Los registros del período en el que se tuvo acceso (junio 2025 – agosto 2025), muestran que en el pozo BA-22 el valor máximo (2.300,305 m s.n.m, medido en julio) fue superior al del año anterior (2.300,298 m s.n.m), mientras que en BA-21 el valor máximo (2.300,076 m s.n.m, en el mes de agosto) también fue superior al del año previo (2.300,068 m s.n.m). Tal como se

indicó previamente, ambos pozos presentan una dinámica diferente, correspondiendo la evapotranspiración a la forzante principal del nivel en el pozo BA-22, que muestra una dinámica estacional, mientras que en el caso del pozo BA-21 su principal forzante es la precipitación, presentando una baja estacionalidad.

En la **Tabla N° 13-38** se presentan los valores mínimos, para línea base y para el periodo denominado "Histórico", correspondiente al período previo al inicio de la construcción del Proyecto (abril de 2016), así como también el promedio en el período de los registros del último año de monitoreo, que solamente consideran el período junio 2025 – agosto 2025, por lo que no son característicos del promedio anual del nivel freático.

Tabla N° 13-38. Valores Mínimos y Promedio de la Serie – Sector Peine

Punto	Sector Sistema Lagunar	Período LB (m s.n.m) (Abr 2013 – Agosto/Sept 2015)		Abr 2025 – Mar 202[6] (m s.n.m)
		Mínimo LB	Mín. Histórico	Promedio
BA-21	Peine	2.300,072	2.300,072	2.300,074
BA-22	Peine	2.300,274	2.300,268	2.300,304

Fuente: Elaboración propia.

Como fue señalado de manera previa, se desarrolló una continuidad del monitoreo posterior a la línea base presentada en la Adenda 5, que permitió contar con información previa a la entrada de fase construcción (abril 2016) y operación del Proyecto (septiembre 2016), pero posterior a la línea base. Esto permitió verificar la existencia de registros de mayor profundidad que los reportados en la línea base presentada en la Adenda 5, pero previos al inicio del Proyecto. En particular, esto se observó para el pozo BA-22 (ver **Tabla N° 13-38**).

En las Figuras siguientes se presentan gráficamente los registros históricos a la fecha para los pozos del Sector Peine, junto con los estadígrafos antes indicados.

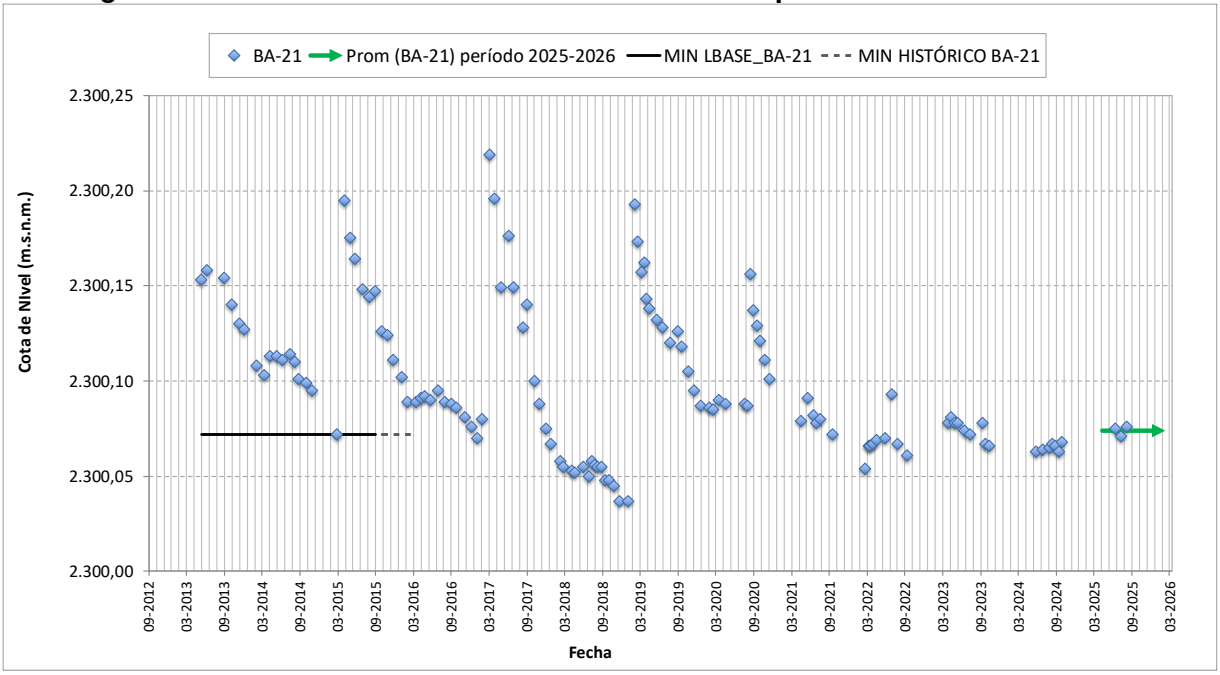
Para el **pozo BA-21** (**Figura N° 13-146**), se observa una dinámica diferente a la de los pozos ubicados en el Sector La Punta – La Brava, mostrando el nivel freático una baja estacionalidad y una alta influencia de los eventos de precipitación de alta intensidad, como se aprecia en el incremento abrupto del nivel luego de las lluvias de los años 2015, 2017, 2019 y 2020. Con posterioridad al incremento del nivel luego de dichos eventos, en todos los casos indicados se produjo una profundización del nivel freático. Esta dinámica se asemeja a la de los pozos ubicados en el Núcleo del Salar de Atacama.

Los registros de nivel freático del pozo BA-21 muestran que hasta el año 2019 se produjo una disminución del valor mínimo anual, observándose una recuperación en el año 2020. Desde el año 2021 no se han llevado a cabo mediciones en el período estival, por lo que no es posible verificar la tendencia actual de los registros mínimos anuales. Respecto al período de invierno, luego de las precipitaciones de agosto del año 2020 hubo una disminución del nivel freático,

debido a la ausencia de nuevos eventos de precipitaciones de alta intensidad. Esto se manifiesta en la consistente disminución (profundización) de los valores medidos en los años posteriores al evento del año 2020, aunque esta se ha dado con una tendencia leve en los últimos períodos, siendo en promedio los registros de abril 2025 - marzo 2026 superiores a los del año previo. La ausencia de precipitaciones significativas durante los últimos años, y en particular en el año 2024, han producido una disminución de los niveles de invierno. Durante 2025 se verificaron eventos menores de precipitación durante algunos meses (febrero, junio, por ejemplo), en general inferiores a 1-2 mm (registros de estaciones LS-08 de Albemarle e Interna de SQM). Adicionalmente, el 31 de julio hubo un evento de precipitación con registros en el rango 4 – 6 mm de acuerdo con los registros de las mismas estaciones. No es claro si esto pudo haber tenido alguna influencia en el aumento del nivel en relación a los registros de 2024.

Por otra parte, se debe señalar que, por lo descrito previamente, el promedio de los registros del último año (con datos solamente entre junio y agosto de 2025), levemente superior al valor mínimo de línea base e histórico. no es característico del promedio anual.

Figura N° 13-146. Variación del nivel freático en el pozo BA-21 – Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

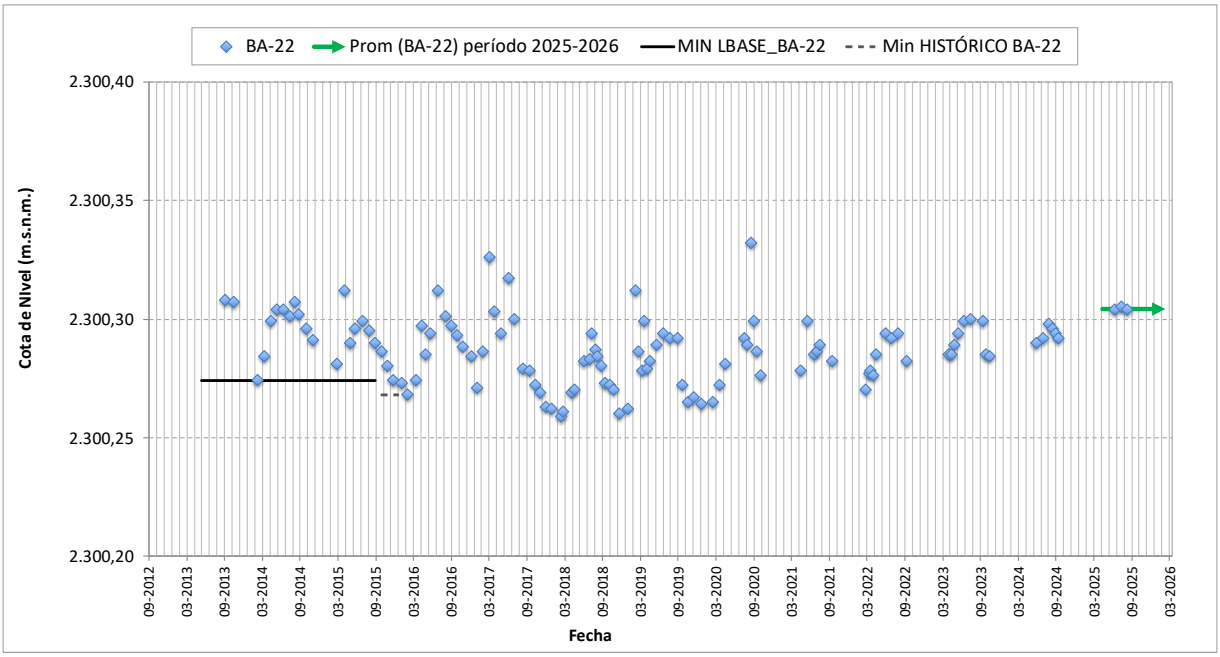
Para el **pozo BA-22** (ver **Figura N° 13-147**), la serie presenta oscilaciones estacionales dentro de un rango de variación estable del nivel freático, aumentando el nivel en los meses de invierno (máximos entre junio y agosto) y disminuyendo en la temporada de verano (mínimos regularmente en enero-febrero).

Tal como fue señalado para el pozo BA-21, no se cuenta con registros del período estival desde el año 2021, debido a las restricciones de acceso ya detalladas, lo que no permite desarrollar una conclusión certera respecto a la dinámica del nivel freático en esta época con la información disponible. Los registros mínimos de los años previos fueron levemente inferiores al valor mínimo del período previo al Proyecto, como se constató en los años 2018, 2019 y 2020. Al respecto, se debe destacar que entre 2018 y 2020 hubo un incremento en los niveles mínimos anuales, correspondiendo el valor de este último año a 2.300,264 m s.n.m. Desde 2021 en adelante, solamente se cuenta con información para el período de otoño – invierno y la primera etapa de la primavera, que normalmente dan cuenta de los mayores valores del nivel freático dentro de su ciclo estacional anual.

Considerando solo los valores que se disponen, se observa un aumento en los registros de los últimos años, siendo similares a los registrados desde 2013 a 2017, con algunos datos puntuales fuera de rango, como la medición de septiembre de 2020, posterior a las lluvias de agosto del mismo año, que corresponden al nivel máximo medido en el pozo. Entre junio de 2025 y agosto de 2025 (data disponible para el último año), los registros son superiores a los del año previo, y tal como fue descrito para el pozo BA-21, la ausencia de continuidad en los registros no posibilita evaluar si esta condición pudiera estar relacionada con la precipitación ocurrida en el Sector Peine durante 2025.

El valor promedio de los registros de nivel freático con los datos existentes se encuentra por sobre el valor mínimo de la línea base e histórico, aunque solamente da cuenta de información de tres meses, por lo que es representativo de la variabilidad anual del nivel en el pozo.

Figura N° 13-147. Variación del nivel freático en el Pozo BA-22 – Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

14 CONCLUSIONES.

14.1 En relación con Flora y Vegetación

A continuación, se presentan las principales conclusiones del décimo año de monitoreo del Plan de Seguimiento Biótico, PMB, de Albemarle, correspondiente a los monitoreos de invierno 2025 (M19) y verano 2026 (M20), además de un análisis sobre la evolución del componente con los valores históricos del monitoreo base (MB0-2016) y los monitoreos de los diez años de seguimiento (M1 a M20; 2016 a 2026). Las conclusiones se presentan de manera ordenada por subcomponente, siguiendo la línea de presentación de este informe. No obstante, hay que mencionar que, para este año de seguimiento, en invierno M19 no se muestrearon las transectas del sector Aguas de Quelana (T15, T16 y T17) y en verano M20 tampoco se muestrearon las transectas del sector de lagunas T10, T11 y T12 de La Punta y La Brava.

En cuanto a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), al décimo año de monitoreo anual se observa una estabilidad general en las formaciones vegetales caracterizadas en términos de su estructura y composición, además de la distribución de éstas en el área de estudio. En este año de monitoreo se describen 35 formaciones vegetales en invierno 2025 y 38 formaciones en verano 2026. La cantidad de formaciones descritas por la COT inicial (línea base 2015 con 33 formaciones) se ha mantenido similar, ya que los principales cambios se observan en el tipo de formación, en que la mayor variación aparece con la descripción de matorrales azonales mixtos y vegas por los cambios en la dominancia o presencia de especies asociada a la misma formación. Las principales variaciones se observan en la cobertura y composición de especies dentro de las formaciones, donde el primer cambio ocurre cuando se actualiza la COT el verano 2017 (M2) y se describe la formación de matorrales mixtos azonales y, posteriormente, las variaciones siguen la misma línea, pero con diferencias menores entre monitoreos.

Particularmente, el aumento de 32 formaciones en verano 2021 (M10) a 37 formaciones en el verano 2022 (M12) fue a causa de algunos cambios en la denominación o composición de algunas formaciones debido al levantamiento de nuevos puntos COT para el Monitoreo Voluntario de Transectas Complementarias (MTC), en polígonos no visitados anteriormente, generando una actualización general en la cartografía de vegetación como parte del robustecimiento del método COT en el área de estudio, manteniendo una cantidad similar de formaciones al presente año con 35 en M19 y 38 en M20.

En relación con las formaciones vegetales caracterizadas a través de transectas, para el Año N°10 (M19 y M20) corresponden a las mismas observadas en el Monitoreo Base 0, y conservan las características fisonómicas y de composición de especies determinadas como condición inicial de la vegetación en la etapa pre-operacional del proyecto. Estas son: herbazal

de *Schoenoplectus californicus,* herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Distichlis spicata*, herbazal de *Triglochin concinna*, matorral de *Salicornia neei* (ex *Sarcocornia fruticosa*) y matorral de *Tessaria absinthioides*.

Las conclusiones en cuanto a las condiciones generales de la vegetación del área de estudio (transectas), indican en términos generales que las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo son las que continúan presentando mayor cobertura vegetal, correspondiendo a las formaciones de *Schoenoplectus californicus* y algunas transectas con formaciones de herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Salicornia neei*, además de algunas transectas localizadas en cercanías a cuerpos de agua, en los sectores La Punta y Aguas de Quelana.

En relación con la composición comunitaria, la **riqueza florística** de las formaciones vegetales se mantiene similar en los diez años de monitoreo a nivel de sectores y formaciones vegetales, con algunas diferencias puntuales entre transectas, aunque sin demostrar una variación estacional. En el quinto año de monitoreo se registró una especie adicional en Tilopozo (T29; *Eleocharis* sp.) en verano 2021 (M10), manteniéndose este registro en el monitoreo de verano 2022 (M12) e invierno 2022 (M13), pero sin registro desde el verano 2023 (M14 a M18). Por otro lado, destaca que *Puccinellia frigida* que se observaba como acompañante en las transectas del sector La Punta y La Brava (<2% de cobertura) no se ha registrado desde el monitoreo de invierno 2019 (M7 a M18) y aparece en el verano 2022 (M12) en dos transectas de Peine (T01 y T02), manteniéndose en los inviernos 2022 y 2023 (M13 y M15) en la transecta T01 y en el noveno año, solo se registra en la transecta T15 del sector Aguas de Quelana en invierno 2024 (M17), mientras que en el décimo año aparece en el sector de Peine en la transecta T02. Además, para el décimo año se puede mencionar para M19 que los herbazales de *S. californicus* de Tilopozo y Peine se observa un cambio en la dominancia de las especies, con menor cobertura de *S. californicus y* principalmente la nula o baja presencia de *Baccharis juncea* en algunas transectas*,* además de la ausencia de especies como *Eleocharis* sp. en Tilopozo en M19, mientras que en el verano M20, la especie *S. californicus* retoma mayor cobertura sobre todo en Peine y las mayores variaciones ocurren con especies acompañantes que presentan una baja cobertura, menor al 5% de cobertura absoluta entre monitoreos, destacando la aparición de una nueva especie para el sector Peine, *Eleocharis quinqueflora* en T03 en el verano M20 y en el invierno M19 la presencia de *Juncus* sp en T02.

Respecto a la evolución general de las **coberturas vegetales** en el periodo de seguimiento (2016-2026), se observa una tendencia al descenso de las coberturas en el tiempo. No obstante, destaca para el décimo año un aumento general de las coberturas, principalmente por los registros del verano M20 para la mayoría de las transectas, en comparación con registros previos. Si bien el incremento del décimo año no permite una conclusión definitiva, constituye un registro relevante para justificar la continuidad del monitoreo para discernir si responde a un evento puntual o a la dinámica natural dentro de un decenio de información. Por su parte, en invierno M19 se mantiene una estabilidad de menores coberturas para casi todas las transectas respecto al monitoreo inicial-MB0, pero con un aumento respecto al

invierno anterior (M17), con algunas excepciones (T07 en Peine, T31, T21, T27, T25 en Tilopozo y T13 y T12 en La Punta y La Brava), mientras que al analizar el verano M20, destaca un aumento general de la cobertura vegetal para casi todas las transectas, respecto al invierno M19, al verano anterior (M18) e inclusive para algunas transectas se muestra un cobertura mayor o similar a las registradas inicialmente (M2), con la excepción de las transectas T18 en un herbazal de *J. balticus* en Tilopozo, y T07 en un matorral de *T. absinthioides* del sector Peine que muestran un mayor descenso de cobertura respecto al verano anterior y la transecta T16 en Aguas de Quelana, que en M20 registra una de las coberturas más bajas de todo el seguimiento.

También mencionar las transectas T20, T21 y T27 en Tilopozo, en herbazales de *D. spicata*, que registran mayor estabilidad de la cobertura en el tiempo, manteniendo una cobertura similar o mayor en M20, respecto a monitoreos anteriores. En relación con los herbazales de *S. californicus,* tanto en Peine y Tilopozo, el décimo año de seguimiento registra una recuperación parcial a total de la cobertura vegetal de acuerdo a los descensos y alteraciones registradas entre el Año 7 y 9 en el caso de Tilopozo y el Año 9 principalmente en Peine. Y para una transecta en matorrales de *T. absinthioides*, T24, destaca una recuperación importante de la cobertura en M20, con valores cercanos a los registrados en el primer monitoreo (MB0-M1) después de descensos mayores durante el seguimiento.

Al analizar la **cobertura promedio por sector**, también se registra una disminución de la cobertura vegetal desde MB0 (invierno 2016), sin considerar al sector La Punta y La Brava que tiene un muestreo incompleto en el verano 2026 del décimo año, por lo que el valor de este año no es comparable con monitoreos previos. El **sector Peine** presenta variaciones dinámicas entre monitoreos, con una cobertura vegetal promedio estable en su evolución en los primeros 7 años, observándose una disminución de la cobertura en los últimos 3 años en la época de invierno (M15, M17 y M19), asociada principalmente a la alteración de la cobertura observada en el herbazal de *Schoenoplectus californicus* (en todas las transectas de la formación T01, T02, T03 y T04, principalmente en M17), pero que en M19 todas aumentaron parcialmente su cobertura y en el caso de T02 presentó casi una recuperación total en M19, destacando igualmente que la cobertura en los veranos tiende a recuperarse, alcanzando en M20 coberturas similares a años anteriores, junto a una disminución del rastrojo en todas las transectas de la formación.

En el **sector La Punta y La Brava**, es importante señalar que el registro promedio del sector en M20 es referencial, ya que contiene información de solo una transecta (T13). En relación con su seguimiento, se observa una disminución paulatina de la cobertura vegetal al sexto año de seguimiento (verano 2022-M12), recuperándose levemente en el séptimo año (M13 y M14. En el octavo año, en invierno 2023, el descenso observado también es referencial ya que el muestreo fue incompleto (dos de cuatro transectas). Por otra parte, en verano 2024, se observa una menor cobertura promedio respecto al año anterior y en el noveno año sugiere una tendencia a la disminución de la cobertura vegetal, aunque con algunas fluctuaciones entre monitoreos, donde las transectas T13 y T12 presentan las menores coberturas vegetales

en M17 de todo el seguimiento, aumentando levemente la cobertura para la T12 en M19 (Año 10), mientras que T13 registra una menor cobertura en el último invierno M19, repuntando a una cobertura del 50% en el verano M20 (un registro similar al de MB0-M1). Sin embargo, en la transecta T11 destaca un aumento de la cobertura en M17 y en M18 y se mantiene similar en el invierno M19 con un leve descenso al invierno anterior y sin registro en el verano. Por último, la transecta T10 del sector, que presentaba una de las coberturas más bajas al Año 9, en el invierno M19 registra un leve aumento registrando una cobertura similar al invierno 2019 (M7) pero no se obtuvo el dato para el último verano.

Por su parte, el **sector Aguas de Quelana** presenta igualmente una disminución de la cobertura vegetal en el tiempo, desde MB0, aunque cabe destacar que entre el año 3 y 7 (Años 3, 4, 6 y 7) se tiene sólo una campaña de muestreo por año, y en este año 10 tampoco se tiene el muestreo estacional completo, quedando sin muestreo el invierno M19, lo que influye en la interpretación sobre su evolución en estos 10 años de seguimiento. En el año 8 se observa un descenso, donde el invierno 2023 (M15) registra la menor cobertura promedio del seguimiento, pero en M17 la cobertura aumenta levemente, mientras que en el último monitoreo de verano 2026 (M20) destaca un aumento de la cobertura promedio para el sector. El rastrojo también disminuye a nivel de sector en este verano M20.

Por último, el **sector Tilopozo**, presentaba hasta el quinto año de seguimiento (verano 2021-M10) una estabilidad en su cobertura vegetal, pero desde el invierno 2019 (M9) se registra un descenso paulatino hasta el año 9, principalmente a causa de la alteración de la cobertura vegetal observada en los herbazales de *Schoenoplectus californicus* (T19 y T29), con los menores registros de cobertura en los inviernos M13 a M17, observándose desde el invierno M19 una recuperación de la cobertura en estas transectas, mostrando un aumento mayor para el verano M20. Esta zona presenta cambios en la saturación del suelo y evidentes signos de perturbación antrópica, ramoneo y pisoteo por presencia de ganado, que se ha observado desde el año 2022, aunque cabe destacar que en este verano la vegetación presentaba mayor actividad biológica, la que se observa principalmente activa en zonas con mayor humedad (suelo sobresaturado). Asimismo, cabe recordar que en esta formación también se evidenciaron quemas en el año 2018, que realiza la comunidad para activar la revegetación del lugar, aunque al monitoreo siguiente a la quema (Año 3: M5-M6) la cobertura vegetal se recuperó en ambas transectas disminuyendo igualmente la cobertura del rastrojo.

Con respecto a **variaciones estacionales**, en general los matorrales registran mayor fluctuación, con una mayor cobertura en invierno que en los veranos. Sin embargo, solo una transecta presenta variaciones significativas: la transecta T23 correspondiente a matorrales de *T. absinthioides* en Tilopozo, según registros de transectas hasta el 2025-2026 (M19 y M20). Para los herbazales, no se registran variaciones significativas, indicando que no habría diferencias estacionales en las coberturas vegetales entre invierno y verano.

Cabe destacar, que la variabilidad estacional, en términos del clima, no estaría influenciando mayormente las fluctuaciones de cobertura en las formaciones vegetales azonales,

presentando desde el 2016 a 2026 variaciones enmarcadas a la evolución del monitoreo. En el caso de que los matorrales sí respondan a una mayor cobertura vegetal en los inviernos, puede deberse a factores climáticos, en el caso de los matorrales de *T. absinthioides,* factores como las precipitaciones y temperaturas que son forzantes para una mejor respuesta de vigor sobre la cobertura vegetal en formas de vida de carácter más zonal, mientras que los matorrales de *Salicornia neei* podrían estar más influenciados por la presencia de agua directamente, ya que estas formaciones se desarrollan generalmente en cercanías a los cuerpos de agua. No obstante, en los dos últimos años se observa un mayor contraste estacional en los herbazales de *S. californicus* del sector Peine, donde se registra una baja actividad biológica en invierno 2024 y 2025 (M19), junto a una mayor cobertura de rastrojo que cobertura vegetal; a diferencia de los últimos veranos que dan respuesta a una mayor actividad biológica reflejada en una mayor cobertura vegetal, sobre todo en este verano M20.

En relación con la **cobertura vegetal absoluta**, se observa que las transectas con baja cobertura vegetal, así como las de mayor cobertura vegetal como los herbazales de *S. californicus*, presentan las mayores fluctuaciones de cobertura en el tiempo. Por una parte, se puede inferir que la baja cobertura que presentan algunas formaciones son indicador de una vegetación que probablemente ya se encuentra estresada, dadas las condiciones extremófilas del salar, o bien el hábitat ya no permite un mejor desarrollo de ésta. Por otro lado, los herbazales de *S. californicus* han demostrado presentar una dinámica de alta variación estacional e interanual, con registros de alta cobertura de rastrojo en algunos monitoreos, cambiando drásticamente al año siguiente, así como episodios de alteración antrópica (quemas controladas y pastoreo) que han generado efectos en la vigorosidad de la vegetación a corto plazo.

En este sentido, la caracterización inicial de la vegetación es importante para reconocer que tipo de ambientes podrían estar con mayor predisposición a fluctuaciones en el corto plazo, ya sea por alteraciones antrópicas o naturales del sistema. Asimismo, la antropización que afecta al sistema de vegas del salar constituye un factor relevante de estudio, ya que, si bien se han registrado efectos en el corto plazo, estos también podrían manifestarse a mediano y largo plazo. En este contexto, resulta oportuno evaluar dichos efectos en conjunto con otros factores ambientales, como las variaciones en el nivel del agua, a fin de robustecer el conocimiento integral de la dinámica y respuesta del ecosistema.

Considerando el método de análisis de distribución y cobertura de la vegetación azonal con el NDVI de imágenes de alta resolución, en las áreas de los 4 sectores (LP-LB, Peine, Tilopozo, Soncor y Quelana), se estima que, durante el verano de 2026, la vegetación activa estimada a partir del índice NDVI alcanzó una superficie de 1.707,0 hectáreas, equivalente al 5,2% de la superficie total de la COT (33.070,1 ha). En comparación con el verano anterior (2025), se registra una leve disminución en la vegetación activa (1,6%), sin variaciones relevantes entre sectores. Mientras que Peine presentan un aumento en la cobertura activa,

otros sectores como La Punta-La Brava, Aguas de Quelana y Soncor, registraron disminuciones correspondientes al 5,2%, 14,4% y 55,5%, respectivamente.

Las diferencias entre sectores reflejan la heterogeneidad en la respuesta fisiológica de las formaciones vegetales frente a las condiciones ambientales locales. En algunos sectores se observan unidades que mantienen niveles de vigor relativamente estables, mientras que otras presentan cambios más marcados en su expresión fotosintética. En Soncor, aunque la superficie de vegetación activa sigue siendo reducida en comparación con otros sectores, se mantiene una expresión fisiológica persistente y estable entre campañas, lo que sugiere cierto grado de resiliencia en estas comunidades.

En el caso particular de las formaciones azonales con dominancia de *Schoenoplectus californicus*, en el sector Peine todos los valores registrados se encuentran bajo el mínimo histórico, con superficies que fluctúan entre 20,3 y 1,0 ha. Asimismo, en los sectores Tilopozo y La Punta–La Brava se registran valores inferiores al mínimo histórico, alcanzándose en 2026 la menor superficie de vegetación activa observada durante toda la serie de seguimiento, con 12,0 ha.

Cabe destacar que las superficies totales de vegetación activa observadas durante el verano de 2026 se encuentran dentro de los rangos históricos reportados para el período de seguimiento del PMB. En particular, las superficies obtenidas mediante NDVI a partir de imágenes satelitales de alta resolución superan los valores mínimos históricos definidos para los sectores de Tilopozo, La Punta–La Brava, Peine y Aguas de Quelana. En algunos casos, incluso se alcanzan valores que superan los máximos históricos previos. Para el sector Soncor, en cambio, la superficie de vegetación activa continúa siendo inferior al mínimo histórico definido para el sector.

14.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres

El área de estudio se divide en tres sectores: a) La Punta y La Brava; b) Peine (lagunas Salada, Saladita e Interna, además de dos puntos de ambientes terrestres), ambos sectores ambientes de humedales; y c) Tilopozo (en su mayoría ambientes terrestres, con excepción de un ambiente de humedal, el humedal pajonal). A su vez, en estos sectores se delimitaron seis ambientes de fauna: área desprovista de vegetación (costra salina), herbazal, humedal salar, humedal pajonal, matorral y quebrada.

Cabe mencionar que de las 20 campañas semestrales programadas y realizadas, han existido una serie de campañas en las que se ha visto limitado el acceso, **lo que tiene implicancias relevantes al momento de poder evaluar la evolución de esta componente, lo que conlleva a un análisis parcial y no completo**. En verano 2020 no se efectuó muestreo por la pandemia, en verano 2021, 2023, 2024 y 2025 se efectuaron 20 de los 25 puntos de

muestreo (no se muestrearon las lagunas de Peine), en verano 2022 e invierno 2023 se efectuaron 22 de los 25 puntos de muestreo, en verano 2025 se efectuaron 19 puntos, en invierno 2025 se efectuaron 23 puntos y en verano 2026 se efectuaron sólo 14 puntos (no se completaron los muestreos de las lagunas de Peine, debido a la prohibición de acceso por activación del ciclo reproductivo de flamencos), por lo que las comparaciones deben considerarse con dichas restricciones, sobre todo, para aves acuáticas en general, y flamencos en particular.

Considerando el total acumulado para las 20 campañas (de invierno 2016 a verano 2026), la riqueza es de 74 especies de vertebrados, con una especie de anfibio, dos especies de reptiles, 55 especies de aves y 16 especies de mamíferos. La riqueza total acumulada en este noveno año sobrepasa la riqueza histórica anterior al monitoreo, con 62 especies registradas en la línea base y varios años entre 2006 y 2015. Además, se han observado 27 especies nuevas, no registradas en dicho periodo.

Los tres sectores presentan una riqueza acumulada que varía entre 59 especies en el sector de Tilopozo, a 27 especies en el sector de La Punta y La Brava, y con 35 especies en Peine, aunque la composición es muy diferente: en los sectores que contienen ambientes de humedal salar dominan las aves acuáticas, y en aquellos que contienen ambientes terrestres, los mamíferos.

A la escala de similitud de los ambientes (con mayor sentido biológico que la división de sectores) se forman dos grandes agrupaciones: los dos sistemas acuáticos de humedal salar, y los restantes ambientes terrestres junto con el humedal pajonal. La única agrupación no esperada es el de ADV costra salar, la que a pesar de ser el ambiente con muy baja riqueza (sólo dos especies), se agrupa al herbazal, por un sesgo del programa de agrupamiento (en rigor, debiera ser el ambiente más diferente a todo el resto).

En cuanto a la caracterización de la fauna detectada en todo el monitoreo PMB (posterior al histórico) se puede concluir que:

De acuerdo con su origen geográfico, dos de las especies registradas son endémicas de Chile (los dos reptiles), en tanto que otras 69 especies son nativas, y finalmente, tres especies son catalogadas como introducidas y/o domesticadas.

De las 74 especies de fauna detectadas, 30 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 27 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las tres especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Rottmann & López-Callejas (1992) o Cofré & Marquet (1999).

Del total de 30 especies en categoría de conservación, 14 se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable y Casi amenazada. Por su parte, 16 especies se catalogan sin amenaza (precautorias). El desglose de las categorías de conservación de las especies amenazadas es el siguiente:

- Reptiles (una especie): en categoría En peligro, *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián).
- Aves (ocho especies): en categoría Vulnerable: *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), *Phoenicoarrus jamesi* (parina chica), *Agriornis albicauda* (mero de la puna) y *Recurvirostra andina* (caití) y en categoría Casi Amenazada: *Fulica cornuta* (tagua cornuda), *Oreopholus ruficollis* (chorlo de campo), *Plegadis ridgwagi* (cuervo del pantano de la puna) y *Phoenicopterus chilensis* (Flamenco chileno).
- Mamíferos (cinco especies): en categoría En Peligro crítico: *Chinchilla chinchilla* (chinchilla cordillerana); Vulnerable: *Lama guanicoe* (guanaco) y *Vicugna vicugna* (vicuña) y en categoría Casi amenazada, *Puma concolor* (puma) y *Myotis atacamensis* (murciélago de Atacama).

Una de las especies registradas se considera Monumento Natural: la chinchilla cordillerana.

Del total de especies, cuatro corresponden a especies de baja movilidad, cinco a especies de movilidad media, y 65 a especies con alta movilidad. En relación con las especies especialistas de hábitat, 24 especies se consideran especialistas, como por ejemplo el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*; en ambientes de humedal), la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani,* en borde de salar), 21 aves (asociadas a ambientes de humedal) y un mamífero (la chinchilla cordillerana, habitante de roqueríos).

Finalmente, en cuanto al Índice de Riesgo, destaca la presencia de una especie clasificada con un índice de riesgo máximo (*Liolaemus fabiani*, Lagartija de Fabián), en tanto que otras cinco se encuentran clasificadas con un riesgo alto, 14 se encuentran clasificadas con un riesgo medio, y por último 51 se encuentran clasificadas con un riesgo bajo. A las especies introducidas y/o domesticadas, no les aplica un índice de riesgo.

Además de la caracterización de fauna, y en relación con las abundancias y frecuencias, las dos especies de reptiles registradas presentan abundancias y frecuencias notoriamente diferentes, siendo mayor en las campañas de verano 2024 (49 ejemplares) y menor en invierno 2024 (sólo un individuo). En todas las campañas, la especie más abundante fue la lagartija de Fabián, dominando sobre la lagartija de Constanza, a excepción de verano 2022 e inviernos 2023 y 2024, en el cual no se pudieron completar los muestreos de salares, ambiente específico de esta especie.

En relación con las aves, la abundancia fue mayor en invierno 2021 (806 individuos) y menor en verano 2023 (105 ejemplares, sin censo en las lagunas de Peine), destacando la parina grande y el flamenco chileno como las especies más abundantes en las campañas (salvo en

veranos de 2021 a 2026, además de inviernos 2023 a 2025, en que no se pudo ejecutar Peine, o se ejecutó parcialmente). Cabe recordar que en verano 2026 tampoco se accedió a las lagunas de La Punta y La Brava, por lo que es el periodo con menor muestreo (sólo 14 de los 25 puntos, siendo justamente los 11 puntos no muestreados los más relevantes para avifauna acuática).

Considerando las abundancias totales por ambiente (y estandarizadas por transecto), en el caso de los reptiles, la mayor abundancia relativa se registró en el ambiente de humedal pajonal, seguido por el humedal salar, la quebrada, el herbazal y el matorral.

En el caso de las aves, y para todas las campañas[52], claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, seguido por el matorral, el humedal pajonal y la quebrada. Los ambientes con menor abundancia, en tanto, fueron el herbazal y el área desprovista de vegetación costra salar.

Finalmente, en el caso de los micromamíferos trampeados, y para el total de campañas, de las cuatro especies registradas, el ratón orejudo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en los seis ambientes, y con un IDR que varió, entre 0,8% a 13,3%. En cambio, el ratón andino fue registrado en cuatro ambientes, variando entre un IDR de 0,8% a un 21,7%.

En particular, para las aves, los parámetros son mayores en el Monitoreo PMB que en la Línea de Base (ej. mayor riqueza de especies, mayores valores de abundancia absoluta, mayor número de flamencos)[53], con amplias variaciones estacionales naturales, las cuales pueden explicarse fundamentalmente por el comportamiento móvil, en algunas especies esporádico y sobre todo, migratorio de las especies de aves (como la de los flamencos y pollito de mar). Las campañas de verano 2021 a 2026, junto con inviernos 2023 a 2025 serían la excepción en abundancia absoluta de aves, asociado a que no se pudo completar el número total de puntos de muestreo en sistemas que sustentan una importante cantidad de aves.

En general, la composición de las especies y el patrón de dominancia numérica de los flamencos en los sistemas acuáticos se mantiene en los monitoreos efectuados. Sin embargo, para el sistema Peine no podrían compararse los veranos de 2021 a 2026, junto con inviernos 2023 a 2025, dado que no se efectúo monitoreo de aves en el sector.

El patrón de dominancia de flamencos y la comparación de Monitoreo PMB versus Línea de Base se cumple tanto para los sistemas lagunares considerados en conjunto, como para el Sistema lagunar Peine (el que aporta la mayor abundancia absoluta de aves, con centenares de ejemplares, al menos en la primera etapa del monitoreo completo, hasta 2019). Analizando el sistema lagunar de La Punta y La Brava (con menor abundancia absoluta de aves, con

[52] Excluyendo el monitoreo de los veranos 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026, junto con inviernos 2023, 2024 y 2025, sin muestreo o incompleto de las lagunas de Peine por restricción de acceso (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones de Acceso**).
[53] Ídem nota 6.

algunas decenas de ejemplares, por lo que esto no afecta el análisis global dentro del rango histórico), si bien la riqueza de aves es mayor en el monitoreo que en la Línea de Base, las abundancias de aves acuáticas muestran resultados disímiles: son relativamente similares (o incluso mayores) entre el monitoreo y la Línea de Base (aunque con una sola campaña a comparar, lo que implica cautela), pero no ocurre lo mismo en el caso particular de los flamencos en La Punta y La Brava, con menores valores en el monitoreo que en la Línea de Base (lo que está dado particularmente por la parina chica), exceptuando el monitoreo de invierno 2016, 2019, 2021 a 2025 donde en el monitoreo se presentó una mayor cantidad de flamencos que en la línea base.

Comparando con los valores y criterios especificados en el Plan de Manejo Biótico (PMB), en general, a las distintas escalas de análisis (cualitativo y cuantitativo) y comparaciones con la línea de base (campañas previas), y por sobre todo pese a la falta de información por no acceder a las zonas en las campañas de los últimos años, las variaciones observadas en las campañas de monitoreo, en la riqueza, composición y sobre todo, abundancia de fauna, se concluye que se encuentran dentro de los registros históricos (comparadas con Línea de Base).

14.3 En relación con Tapetes Microbianos

A continuación, se presentan las principales conclusiones del décimo año de monitoreo del Plan de Seguimiento Biótico, PMB, de Albemarle. Las conclusiones se presentan de manera ordenada por subcomponente, siguiendo la línea de presentación de este informe.

- *En relación con Tapetes Microbianos, microbialitos y evaporitas*

La campaña de invierno 2025, evidenció la presencia de tapetes microbianos en los sistemas lagunares del sector La Punta-La Brava y Peine, principalmente de Tipología 1. Por otro lado, el sector vegas de Tilopozo, nuevamente, y por décimo año consecutivo, no registró presencia de tapetes microbianos. Cabe resaltar, que sólo se hallaron tapetes microbianos en la campaña Invierno 2016. Durante la campaña de verano 2026, no se obtuvo acceso a los sectores de La Punta-La Brava ni Peine, por lo que no se pueden obtener conclusiones respecto a este muestreo. El sector vegas de Tilopozo, nuevamente tampoco mostró tapetes microbianos, por décimo año consecutivo.

Por otro lado, a través de la identificación visual, se sugiere, solo para la campaña invierno 2025, la presencia de evaporitas en La Punta (LP-24) y de microbialitos en laguna Interna (I-11), La Brava (LB-1) y en La Punta (LP-23). No se observan este tipo de estructuras en el sector Tilopozo, al igual que en todas las campañas anteriores.

- *En relación con los cambios observados, considerando todas las campañas de monitoreo*

En relación con la estructura de pigmentación en tapetes microbianos se observa la presencia de tapetes Tipología 1, 2 y 3 en las diecinueve campañas realizadas a la fecha, exceptuando la número veinte de verano 2026.

En el **sector La Punta-La Brava**, la Tipología 1 predominó desde invierno 2016 ininterrumpidamente hasta verano 2019, mientras que la Tipología 2 predominó desde invierno 2019 hasta invierno 2021, como consecuencia de la disminución de tapetes de Tipología 1. Posteriormente desde verano 2022 hasta la última campaña (invierno 2025), ha predominado nuevamente la Tipología 1.

En general, los tapetes de Tipología 1, durante las 19 campañas de monitoreo, se caracterizaron por presentar en la macrozona Subsuperficial capas de tonalidad verde y naranja, en la macrozona Intermedia, capas de tonalidad rosada y/o púrpura. Respecto a la macrozona Profunda se observó variación en las capas pigmentadas según sector (i.e. Peine, La Punta-La Brava) y entre puntos de monitoreo de un mismo sector, las capas más comunes corresponden a tonalidades marrón y en menor medida, negro o verde claro.

Respecto a la estructura de pigmentación de los tapetes que presentaron dos macrozonas (Tipología 2), en las dieciséis campañas, se caracterizaron por presentar generalmente capas Subsuperficiales de tonalidad verde y naranja y capas Intermedias de tonalidad púrpura y/o rosada. En casos donde se evidenció la macrozona Profunda (y no la Intermedia), predominó la tonalidad marrón.

En el **sector La Punta-La Brava**, se observó un número de capas similar en invierno 2025, comparado a invierno 2023 (con entre 5 a 6 capas), mientras que en invierno 2024, se había observado una disminución en el número de capas promedio en Laguna La Brava respecto al invierno anterior (2023), con casi 1 capa menos, alcanzando niveles similares a los inviernos 2019, 2020 y 2021. Por otro lado, Laguna La Punta, también mostró una disminución de casi 1,8 capas promedio, en invierno 2024 respecto al invierno anterior (2023), similar a su nivel más bajo, en invierno 2019. En verano 2025, se observa una leve variación, donde tanto Laguna La Brava como Laguna La Punta, muestran valores similares a verano 2024 y superiores a las campañas entre 2021 y 2023. No se pueden obtener conclusiones para la campaña verano 2026.

En el **sector Peine,** considerando que solo se tienen resultados, de manera parcial de anteriores campañas de invierno, para la campaña de invierno 2025, no es posible ni adecuado obtener conclusiones, ni tampoco de la evolución respecto de años previos, donde también es

escasa la información (especialmente para campañas de verano), debido a la dificultad que existe para acceder a los puntos de monitoreo debido al cierre temporal del sistema lagunar durante el periodo reproductivo de flamencos. Sólo se puede resaltar que los tapetes del sector presentaron capas comunes subsuperficiales, frecuentemente de color verde y en menor medida naranjo; capas intermedias generalmente de color rosado y/o púrpura; y capas siguientes de localización profunda que presentaron tonalidad marrón, similar a años anteriores. En este punto es importante señalar que se **considera muy importante poder contar con el acceso a todas las zonas, por un lado, para poder realizar todos los puntos establecidos por RCA y por otro, para poder hacer seguimiento de manera adecuada a la evolución de las componentes en el tiempo**.

A partir de la totalidad de campañas de monitoreo (19) y exceptuando la campaña número 20 (verano 2026), se distinguen principalmente dos tipos de morfología de tapetes microbianos: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente estructurados y pigmentados, característicos de laguna Salada; 2) Tapetes convexos, con apariencia, consistencia y textura de tipo coriácea (rígida), los cuales predominan en Laguna La Brava (LB-1).

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, se sugiere la presencia de microbialitos, en invierno 2025, tanto en el sector Peine (I-11) como en el sector La Punta-La Brava (LB-1, LP-23). Respecto a las evaporitas, se sugiere la presencia de estas estructuras en las campañas de invierno para el sector La Punta - La Brava en Laguna La Punta (LP-24). No se pudo tener información de microbialitos ni evaporitas en verano 2026. Respecto de las variables que podrían estar modulando la presencia mayoritaria de Tipología 1 en los tapetes microbianos, se podrían atribuir a las fluctuaciones naturales de las variables conductividad, la salinidad, oxígeno disuelto y la turbiedad en las lagunas. Otras variables de importancia que podrían estar modulando la presencia de tipologías corresponden a la alcalinidad, el potencial redox, el nivel y la disponibilidad de agua en las lagunas (Cabestrero et al., 2018; Prieto-Barajas et al., 2018). Sin embargo, no se ha establecido una correlación directa entre dichos parámetros y las conformaciones tipológicas de los tapetes microbianos.

Cabe mencionar que, si bien se estudia la tipología, el número de capas y espesor de los tapetes, no necesariamente la tipología se asocia o correlaciona directamente con el número de capas, sino más bien, con la coloración que exhiben los tapetes, los cuales representan la funcionalidad de las comunidades, las cuales, a su vez, se asocian con las macrozonas de estas estructuras. En ese contexto, si se observan capas verdes y/o naranja (macrozona Subsuperficial), seguido de capas rosada y/o púrpura (macrozona Intermedia) y luego negro y/o café (macrozona Profunda), entonces se habla de Tipología 1. Si el tapete exhibe sólo dos macrozonas, entonces correspondería a Tipología 2, y si sólo exhibe una, entonces sería Tipología 3. Si bien, las capas pueden variar, mientras exista la presencia de, al menos, una capa representante de alguna macrozona, entonces se establece la presencia de ésta. Por ejemplo, un tapete puede tener 3 capas, cada una correspondiente a una macrozona, y ser

considerado Tipología 1, mientras que otro tapete, puede tener 6 capas, pero pertenecientes a dos macrozonas, pues entonces, sería considerado Tipología 2.

14.4 En relación con Suelo o Sustrato

En los monitoreos de invierno 2025 (M19) y verano 2026 (M20) se evaluaron los parámetros comprometidos en la RCA 21/2016; no obstante, en M19 no fue posible muestrear la estación S 6 (La Brava) por mal estado del camino de acceso, mientras que en M20 no se logró ingresar al sector La Punta - La Brava (puntos S 3 a S 6) por restricciones de acceso comunitario.

En conductividad eléctrica, en invierno (M19) se registraron incrementos sobre los máximos históricos en muestras puntuales de los tres sectores, mientras que en verano (M20) la mayoría de los valores en Peine y Tilopozo se mantuvieron dentro de la variación histórica de verano, con solo cuatro muestras sobre los máximos estivales. En salinidad, en M19 los valores se mantuvieron dentro de los rangos históricos invernales (excepto S 8-1 en Tilopozo), y en M20 se ubicaron en general dentro de los rangos estivales, observándose cuatro muestras bajo los mínimos históricos y una muestra sobre el máximo previo. Los resultados son coherentes con las condiciones de humedales salinos y responden a la variabilidad natural del salar y cambios de laboratorios.

En el parámetro de pH, durante invierno (M19) los valores se mantuvieron dentro del rango histórico en La Punta - La Brava, registrándose alzas puntuales sobre los máximos invernales en Peine (cinco muestras) y Tilopozo (siete muestras). En verano (M20), las muestras de Peine y Tilopozo se ubicaron en su casi totalidad dentro de los rangos de variación histórica estival (salvo S 9-1 en Tilopozo). Los resultados confirman la estabilidad del pH en el área de estudio y responden a la variabilidad natural del salar.

El contenido de materia orgánica se mantuvo en general dentro de los rangos de variación histórica en ambas campañas, conservándose la tendencia espacial de mayores acumulaciones en la porción superficial y en puntos asociados a formaciones de vegas (sectores S 7, S 8 y S 11). En invierno (M19), los valores en Peine se ajustaron totalmente al rango histórico, registrándose incrementos puntuales sobre los máximos invernales en La Punta - La Brava (dos muestras) y Tilopozo (dos muestras). En verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se mantuvieron en su mayoría dentro de la envolvente estival, con solo tres muestras por sobre los máximos de verano (S 14-1 en Peine; S 8-1 y S 13-1 en Tilopozo). Las fluctuaciones reportadas responden a la variabilidad natural en la acumulación de biomasa vegetal y a los cambios metodológicos por alternancia de laboratorios analíticos.

Los contenidos de nitrógeno disponible se ubicaron en general en la categoría media, manteniéndose mayoritariamente dentro del rango de variación histórica en ambos monitoreos. En invierno (M19), la totalidad de los sectores registró valores dentro del rango histórico invernal, confirmando el retorno a magnitudes modales tras los picos observados en campañas anteriores. En verano (M20), los sectores de Peine y Tilopozo se mantuvieron en

su casi totalidad dentro de los márgenes estivales históricos, con la única excepción de la muestra S 8-1 en Tilopozo que superó su máximo estival anterior. Las fluctuaciones responden a procesos biogeoquímicos naturales y variaciones en la vegetación de los humedales.

Por otro lado, las concentraciones de fósforo disponible mantuvieron su alta variabilidad habitual en el área de estudio, fluctuando mayoritariamente entre los rangos medio y muy alto. En el monitoreo invernal (M19), los valores en Peine se mantuvieron en su casi totalidad dentro de los márgenes históricos, mientras que en La Punta - La Brava (una muestra) y Tilopozo (cuatro muestras) se detectaron incrementos puntuales sobre los máximos previos de invierno. En el monitoreo de verano (M20), Peine y Tilopozo se ubicaron casi en su totalidad dentro de su variación estival conocida (salvo S 11-2 en Peine), observándose una clara atenuación de los valores con respecto a los niveles atípicos reportados en campañas recientes. Las variaciones se explican por la naturaleza heterogénea del material original y su interacción con las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Las concentraciones de potasio disponible se mantuvieron de forma predominante en la categoría muy alta en todos los sectores, situándose en su gran mayoría dentro de los límites de variación histórica. En el monitoreo de invierno (M19), la totalidad de los puntos de los tres sectores se ubicaron dentro de su envolvente invernal previa, confirmando la normalización de los valores tras la dispersión atípica registrada en M15. En el monitoreo de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se presentaron en general dentro del margen estival histórico, observándose incrementos puntuales sobre los máximos previos de verano solo en tres muestras de Tilopozo (S 7-1, S 7-2 y S 8-2). Los elevados niveles se relacionan con la composición mineralógica del material parental y las condiciones fisicoquímicas del medio.

La conductividad hidráulica se mantuvo predominantemente en las categorías alta y muy alta en todos los sectores, caracterizándose por una elevada variabilidad temporal. En el monitoreo de invierno (M19), los valores se ubicaron dentro de su envolvente invernal histórica, presentándose en el tramo bajo de dicho margen en La Punta - La Brava. En el monitoreo de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se mantuvieron casi en su totalidad dentro de los límites estivales conocidos, registrándose únicamente dos muestras por sobre los máximos históricos de verano (S 14-2 en Peine y S 1-1 en Tilopozo). Dada esta alta variabilidad natural, es fundamental continuar evaluando la serie histórica de datos para identificar tendencias y robustecer el análisis para entender mejor la variabilidad inherente del sistema.

En el monitoreo de invierno (M19), La Punta - La Brava y Peine mostraron una mayor presencia de texturas medias a finas, en tanto Tilopozo presentó predominantemente texturas gruesas a moderadamente gruesas. En el monitoreo de verano (M20), los sectores Peine y Tilopozo se clasificaron en su totalidad en la categoría de textura gruesa (clase arenosa), confirmando una transición hacia materiales más gruesos respecto a campañas estivales anteriores. Estas oscilaciones responden a la heterogeneidad natural del material de origen y al transporte de sedimentos.

Los niveles de humedad del suelo se mantuvieron dentro de los rangos históricos de variación en los tres sectores, condicionados por la profundidad del nivel freático y las clases texturales del sustrato. En el monitoreo de invierno (M19), los resultados mostraron alta consistencia respecto a los registros invernales anteriores. En el monitoreo de verano (M20), Peine y Tilopozo se mantuvieron en su casi totalidad dentro de los márgenes de variación estival, registrándose solo dos muestras puntuales por sobre los antecedentes estivales previa (S 11-1 en Peine y S 2-2 en Tilopozo). Los valores reportados confirman la estabilidad hídrica del componente edáfico en el entorno de los humedales salinos.

Las profundidades del nivel freático se mantuvieron dentro del rango de variación histórica en los tres sectores, registrándose variaciones acotadas acordes con la dinámica hidrogeológica del salar. En invierno (M19) y verano (M20), los puntos ubicados en zonas de vega registraron las napas más someras (destacando S 5 en La Punta, S 14 en Peine y S 8 en Tilopozo), mientras que los puntos de piedemonte o bordes de cuenca permanecieron con niveles más profundos o sin registro observable en la calicata. Se reitera que la medición del nivel freático constituye un antecedente complementario que no forma parte de los compromisos del componente suelo ante la SMA.

En síntesis, las evaluaciones ambientales en Peine, Tilopozo y La Punta - La Brava confirman que los parámetros fisicoquímicos del suelo se mantienen mayoritariamente dentro de los límites de variación histórica. Las variaciones puntuales observadas entre monitoreos responden a la variabilidad natural intrínseca del sustrato, el re-transporte de sedimentos por escorrentías y los ciclos hidroclimáticos estacionales del salar. Se recomienda mantener el programa de seguimiento ambiental para consolidar la caracterización del componente edáfico y discriminar fluctuaciones extremas atípicas de dinámicas tendenciales.

14.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos)

A continuación, se presentan las principales conclusiones del monitoreo del Plan de Seguimiento Biótico de Albemarle para el componente. Las conclusiones se presentan de manera ordenada por subcomponente, siguiendo la línea de presentación de este informe.

Respecto al sector de Peine, durante la campaña de verano 2026 no fue posible el acceso debido al cierre de las lagunas por el periodo reproductivo de flamencos y en el sector La Punta-La Brava no fue posible realizar labores de monitoreo por el cierre de los caminos (**Ver Anexo Cartas y Prohibiciones**).

El estudio considera el seguimiento de la biota acuática (flora y fauna acuática, calidad de aguas y sedimentos) en los sectores de Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo.

Respecto al análisis de los componentes limnológicos y su evolución en el tiempo, se contrastó para el sector La Punta, La Brava, Tilopozo y Peine, con las campañas de monitoreo de todos los inviernos, desde 2016 hasta campaña invierno 2025.

Para el análisis y conclusiones de la evolución en el tiempo, se cuenta con las campañas de monitoreo estivales, de verano 2017 a 2026, exceptuando la de verano 2020, la cual no se ejecutó producto de la pandemia COVID-19 y la campaña 2026 para La Punta y La Brava y Peine, la cual no se realizó producto de falta de acceso por mal estado de caminos. Es importante señalar que el no contar con la información hace dificulta el análisis de la evolución de la componente, a saber: para el Sector Peine, solo con verano 2017, 2018, 2019 y 2022, ya que no se cuenta con información de verano para los años 2020, 2021 y 2023, por otra parte, por el COVID-19 en 2020 y de acceso ya mencionados al sector en los años 2021, 2023, 2024, 2025 y 2026.

Referente a la **calidad de agua**, los resultados tanto para el invierno 2025 y verano 2026, como las anteriores campañas del PMB, indican que, si bien hubo diferencias en algunos parámetros respecto a los registros de LB considerados como referencia, tales diferencias podrían deberse a cambios propios de la variación natural de estos sistemas acuáticos salinos, caracterizados por una alta salinidad y conductividad eléctrica, asociadas a la alta concentración de sales como cloruros y sulfatos.

En el caso de los sectores de La Punta - La Brava y Peine, para invierno 2025 y como en todos los monitoreos de inviernos, se caracterizaron por presentar una alta conductividad y elevadas salinidades, asociados principalmente al alto contenido de sales como cloruro y sulfato. Se observa un patrón de incremento y disminución de las concentraciones de sales y conductividad, de manera sucesiva e interanual durante los inviernos. Para verano 2026 no se pudo realizar monitoreo.

Para el sector La Punta - La Brava, las estaciones LB-1 y LB-2 de laguna La Brava fueron las que presentaron el mayor contenido de sales comparado con el resto de las estaciones del sector. En la estación LB-3, ubicada en la desembocadura de un afluente de la laguna La Brava, se registraron los menores valores de conductividad, salinidad, cloruros y sulfatos del sector. En el caso de laguna La Punta, se obtuvieron conductividades y salinidades menores que en LB-1 y LB-2 de La Brava, sin embargo, en general, también fueron elevados respecto de los valores de LB.

En el caso del sector Tilopozo, los registros de invierno y verano en general no mostraron una variación respecto a anteriores monitoreos en los parámetros de calidad de agua, observándose un sistema más estable y con una menor conductividad y concentración de sales que los otros sectores de estudio, condición esperable dada las características de sistema de vegas y de su lejanía del núcleo del salar. En el sector de Peine, los parámetros de conductividad, salinidad y cloruros, espacialmente se incrementan a medida que se avanza

hacia laguna Interna (más cercana al núcleo del salar) y temporalmente las concentraciones se presentaron variables y generalmente dentro del rango de los valores de la LB.

En el caso del sector de Peine los registros inviernos y veranos se presentaron en su mayoría dentro del rango de variación de la LB, con excepciones en algunos periodos de verano en las estaciones I-11 e I-17 de laguna Interna. Por otra parte, resaltar que los parámetros de conductividad, salinidad y cloruros, espacialmente se incrementan a medida que se avanza hacia laguna Interna (más cercana al núcleo del salar) y temporalmente las concentraciones se presentaron variables y generalmente dentro del rango de los valores de la LB.

El análisis de **calidad de sedimentos**, el monitoreo de inviernos y veranos, muestran sedimentos relativamente ricos en carbono orgánico total y materia orgánica, siendo esta última aparentemente recalcitrante a la degradación microbiana anaeróbica. Las concentraciones de fósforo y nitrógeno han sido variables, sin una tendencia clara de aumentar o disminuir los valores de estos parámetros, tanto temporal como espacialmente. Las diferencias entre el actual registro y la LB estarían sujetos a la variación natural de los sistemas acuáticos que contienen sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos y yeso.

En cuanto a las **comunidades biológicas** y en términos históricos y campañas de monitoreo, se detectaron valores de riquezas y abundancias que, según el sector evaluado, se situaron dentro de los rangos establecidos previamente en la línea de base, con excepción de algunos sectores.

En cuanto a las comunidades de **fitobentos y fitoplancton** en el sector La Punta y La Brava, durante las campañas de invierno 2025 y verano 2026 se detectaron en general riquezas dentro del rango de variación de la LB para fitobentos. Por su parte, el fitoplancton presentó valores de riquezas por debajo del límite de LB, excepto en la mayoría de los monitoreos en la estación LB-2 (La Brava). Respecto de la abundancia, para fitobentos, en ambas campañas, se detectaron altas abundancias en todas las estaciones de monitoreo, con registros en general por sobre el límite máximo de la LB, sin embargo, para fitoplancton fueron menores en todas las estaciones, con abundancias inferiores al valor mínimo de la LB, en este sector, la abundancia presenta una tendencia decreciente desde el invierno 2020 y el verano 2021.

El sector de Tilopozo en invierno 2025 y verano 2026, mostró tanto para fitobentos como para fitoplancton, riquezas dentro del rango de variación en relación con los monitoreos de invierno y verano anteriores. En tanto, la abundancia de fitobentos ha presentado una disminución en el tiempo hasta la campaña de invierno 2020, posterior a esta se ha ido observando un aumento de la abundancia en todas las estaciones de monitoreo, obteniendo en invierno 2024 los mayores registros a la fecha, con excepción de la estación TB-1. En tanto, en periodos de verano, se detectaron altas abundancias en todas las estaciones de monitoreo, registrándose en verano 2025 en TB-3, la mayor abundancia a la fecha. Por último, para fitoplancton, la abundancia se ha mantenido dentro del rango de variación en relación con los monitoreos de

invierno y verano anteriores, excepto en TB-2 cuyo registro en verano 2026 es donde se observó el máximo medido a la fecha

En el sector de Peine, entre inviernos y veranos para las microalgas fitobentónicas y fitoplanctónicas, en todas las estaciones se observaron riquezas de géneros dentro del rango consignado previamente en la LB, excepto para S-10 (Saladita), I-11 e I-17 (Interna) todas registradas en verano 2018 y para I-17 (Interna) en inviernos 2018, 2019, 2025 que presentaron un valor por debajo de límite mínimo de la LB, en tanto, en las estaciones S-9 e I-11 en verano 2017 y 2019, la riqueza fue superior a la de la LB. Con respecto a las abundancias, para fitobentos se registraron abundancias por sobre el valor máximo de la LB, obteniéndose la mayor abundancia registrada a la fecha en invierno 2024 en la laguna Interna (I-11), por el contrario, para fitoplancton todas las estaciones presentaron registros dentro del rango mínimo y máximo de la LB, excepto en las estaciones SA-25 (Saladita) y S-5 y S-9 (ambas de Salada) que presentaron registros por debajo LB en verano 2018 y 2019, en S-10 (Salada) por debajo límite LB en verano 2017, 2019 y 2022 e I-17 (Interna) por debajo límite LB en verano 2018, 2019 y 2022.

En invierno 2025 y verano 2026 como en los anteriores monitoreos, se reportó la alta frecuencia y dominancia de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas), en vegas de Tilopozo para ambos componentes, fitobentos y fitoplancton. En relación con los géneros frecuentes y dominantes, estos correspondieron a los históricamente reportados, todos relacionados a taxones halófilos encontrados en ambientes salinos y en algunos casos endémicos.

Por último, en relación con las variaciones obtenidas en el presente monitoreo anual para los componentes fitobentos y fitoplancton, y en relación con la riqueza de géneros y abundancia total en los 3 sistemas, se sugiere que las variaciones estacionales dadas entre invierno y verano (muestreo post época de lluvias), serían propias de la dinámica natural de las comunidades microalgales, las que aumentan o disminuyen en función de las precipitaciones, evaporación y condiciones del hábitat entre periodos estacionales (Cepeda-Pizarro 2013; Díaz-Quiroz & Rivera-Rondon, 2004). A una escala menor, la salinidad, alcalinidad, oxígeno disuelto, conductividad, entre otras, afectan la diversidad microalgal y bacteriana y las tasas de fotosíntesis. La conjunción de todos estos factores, y dependiendo del sector y estación de monitoreo, estarían surtiendo un efecto sobre las riquezas y abundancias de las comunidades microalgales (Farias *et al.* 2017).

En el caso de las comunidades de **zooplancton** en invierno 2025, las riquezas se mantuvieron bajas en el área, al igual que en monitoreos anteriores, tanto en La Punta y La Brava, en Peine como en Tilopozo considerando el monitoreo de verano 2026 en este último sector. Las abundancias totales también fueron en general bajas, incluso bajo la LB de referencia para Peine, no así en La Punta y La Brava donde la mayor abundancia fue de *Tigriopus* sp. hasta invierno 2025. En el sector de Tilopozo hubo bajas abundancias y el zooplancton registrado correspondió a fauna compuesta por organismos bentónicos que eventualmente se

encuentran en la columna de agua, entre ellos *Heleobia atacamensis*. En verano de 2026, se registraron organismos solo en la estación TB-3, con una riqueza total de 2 *taxa*.

La fauna zooplanctónica estuvo compuesta por el gasterópodo *Heleobia atacamensis* y por anélidos Lumbriculidae. Las fluctuaciones de la conductividad y la salinidad en estos sistemas, atribuibles a las variaciones de precipitación y alta evaporación propias del salar, podrían estar repercutiendo en la abundancia microalgal y zooplanctónica, además del pastoreo de animales en el área (camélidos) o bien, la remoción de macrófitas de las pozas de Tilopozo en periodos clave para su reproducción.

Respecto de la **comunidad de zoobentos**, las riquezas invierno 2025 estuvieron dentro de los límites de referencia de la LB. Las abundancias se han mantenido bajas respecto a monitoreos de invierno anteriores en La Punta-La Brava, sin embargo, tanto en Peine como en Tilopozo, se ha visto un incremento en abundancia en algunas estaciones, como es el caso de las ubicadas en laguna Salada y en la estación TB-2 de Tilopozo. En el sector de Tilopozo en verano 2026, se registró la riqueza de solo un taxón en las 3 estaciones (TB-1, TB-2 y TB-3), que correspondió al gasterópodo *Heleobia atacamensis*.

La especie de gasterópodo *H. atacamensis* encontrado en Tilopozo en campañas anteriores en altas abundancias, está descrita en la literatura para ese sector. Tal especie se encuentra en categoría “En peligro Crítico” según el DS 52/2014 (MMA). En el último monitoreo de invierno 2025, esta especie se encontró en las tres estaciones del Sector Tilopozo. Hallazgos recientes (Collado et al. 2023; Valdovinos y Muñoz 2025) permitirían confirmar que los registros también en La Punta-La Brava y también en Peine corresponderían a *H. atacamensis*. Además de registros en la parte media del salar en el sector Soncor y Aguas de Quelana ampliando la distribución del caracol *H. atacamensis*.

De la evolución en los periodos de inviernos y verano en las comunidades biológicas, se observa que los sectores de Peine y La Punta-La Brava tienen una mayor variabilidad en comparación a Tilopozo, registrándose en general altas abundancias de fitobentos y zoobentos y bajas abundancias de fitoplancton y zooplancton.

En relación a las plantas vasculares acuáticas, los resultados del monitoreo verano 2026, solo se encuentran acotados al sector de Tilopozo, dada la imposibilidad de acceso a los sectores Peine y La Punta-La Brava. Considerando lo anterior, en general, para las zonas con información se puede señalar que se han mantenido estables en invierno 2025 y verano 2026 en el tiempo en cuanto a riqueza y abundancias, no ha disminuido ni ha aumentado el número de especies detectado entre los sectores. En invierno 2025 se detectó por primera vez en el monitoreo en el sector Vegas de Tilopozo (TB-3) la hidrófita sumergida *Myriophyllum* sp., la cual corresponde a un taxón cosmopolita. Cabe destacar que, las plantas vasculares acuáticas reportadas en los sectores estudiados (Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo),

correspondieron a plantas halófilas, tolerantes a altas salinidades, oscilación térmica y radiación horaria y diaria.

Estos sistemas continúan monitoreándose a través del seguimiento ambiental, tanto estivales como invernales, lo que permitirá evidenciar patrones de las dinámicas naturales y detectar eventuales cambios en los sistemas en estudio.

14.6 En relación con Área de Lagunas

De los resultados de las campañas para el año 2025, se puede concluir que las estimaciones de superficies lagunares mediante imágenes de alta resolución, para la condición de invierno 2025 se encuentran por sobre el mínimo de los registros de referencia (registros de AR previos a 2016) en el sector La Punta – La Brava y bajo el mínimo histórico en el sector Peine; y para la estación de verano (diciembre 2025) los sistemas presentaron superficies bajo el mínimo histórico. Dentro de esta comparativa, es importante destacar que las superficies de referencia en AR son las determinadas en meses distintos (por ejemplo, marzo – abril en el caso de Peine) a los reportados semestralmente en el PMB (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la variabilidad intranual mostrada en los sistemas lagunares.

De la validación de las coberturas determinadas para el año 2025, con relación a los datos recabados en terreno, mediante el índice *Kappa,* se concluye de los valores obtenidos una alta precisión del modelo de clasificación supervisada aplicado, que según el índice *Kappa* muestra un nivel de concordancia *aceptable a casi perfecta*[54].

Los resultados de la correlación entre las superficies calculadas desde de alta resolución (Pleiades 1-A) y desde media resolución (Landsat), y según el coeficiente de correlación de Pearson, muestran relaciones positivas entre las variables en todos los sectores con coeficientes entre 0,728 y 0,780. Estos resultados subrayan la consistencia estadística de las asociaciones entre las variables Pleiades y Landsat en los sectores analizados.

La magnitud de las diferencias entre ambos sensores puede variar entre campañas. Además de la resolución espacial, estas diferencias dependen de la configuración que presentan los cuerpos de agua en cada fecha. Cuando las superficies son más continuas y presentan bordes definidos, los resultados obtenidos mediante ambos sensores pueden converger en resultados semejantes, en cambio, cuando existen superficies más fragmentadas, sectores someros o zonas de transición con otros recubrimientos, aumenta la proporción de píxeles mixtos en Landsat, pudiendo generar mayores diferencias respecto de Pleiades 1-A.

[54] Valores cercanos a 1,00 indican una mayor concordancia inter-observador. Los rangos de valores son: Pobre: 0,00; Leve: 0,01 – 0,20; Aceptable: 0,21 – 0,40; Moderada: 0,41 – 0,60; Considerable: 0,61 – 0,80; Casi perfecta: 0,81 – 1,00 (Landis y Koch, 1977).

Asimismo, diferencias entre las fechas de adquisición de las imágenes pueden contribuir a la variación observada entre ambos resultados.

- Sector La Punta-La Brava

Se observa para el sector La Punta – La Brava, que la máxima extensión de las lagunas se produce durante los meses de invierno y los registros más bajos (o mínimos) en verano; Asimismo, se observa una tendencia histórica al descenso de las superficies, más acentuada en los registros de invierno que en los de verano. En general, la diferencia entre las superficies de invierno y verano se ha ido acortando desde el año 2008. Los registros de invierno presentan una disminución hasta 2020, manteniéndose relativamente estables desde 2021.

En general, los registros de superficies calculadas con Landsat observadas durante el monitoreo 2016 a 2025, se encuentran dentro de los registros máximos y mínimos según el análisis de variación del índice NDWI para el sector La Punta - La Brava y similares a los datos históricos, tanto en invierno y verano, considerando las superficies históricas de los años 2016 – 2025.

De lo anterior, se puede señalar que la variación intranual de las superficies lagunares de La Punta-La Brava, tendría una relación directa con la evapotranspiración y por ende con los niveles de aguas subsuperficiales, dejando la precipitación como un factor secundario dado que esta produce variaciones significativas de la superficie sólo para eventos de “alta precipitación” y de muy corto plazo, extendiéndose su efecto por no más de 1-2 meses, de acuerdo a los registros; incluso no llegando a variar las superficies si se presentan en una cantidad menor a 10 mm.

- Sector Peine

La serie de registros obtenidos del análisis de imágenes Landsat, muestra que previo al año 2013, en general los registros fueron relativamente estables, con una dinámica estacional en que los registros fueron superiores durante invierno e inferiores en verano (Figura N°13-137), con excepción de algunos años particulares, principalmente asociados a eventos de precipitación. Posteriormente, tanto inviernos como veranos muestran una tendencia a la baja desde 2013-2015 hasta 2025. El PMB entre 2016-2025 presenta registros de superficies calculadas con Landsat que se encuentran dentro de los registros máximos y mínimos según la variación del índice NDWI históricos, tanto en invierno como en verano. Cabe señalar que de acuerdo a la serie de variación de la superficie lagunar del período 1984 – 2026 obtenida de Albemarle – HIDROMAS, 2026, a partir de 2013 la dinámica del sistema lagunar ha presentado un cambio en su dinámica, estando influenciada en mayor medida por eventos significativos de precipitación y en menor medida por la evaporación (lo que se evidencia en

la reducida variación estacional en comparación con los cambios relacionados con las lluvias), a diferencia del periodo previo a 2013. Al respecto, se debe destacar que el PMB ha sido monitoreado en un período posterior a dicho cambio (2016-2025).

En relación con las fluctuaciones en las superficies de lagunas según el índice Landsat/NDWI entre 2016 y 2025, así como los registros calculados como parte del PMB, se destaca que estos últimos se sitúan dentro de los valores máximos y mínimos registrados hasta diciembre de 2025. No obstante, es relevante señalar que los registros de invierno y verano de 2021 – 2022 a 2025, se encuentran en el rango mínimo de las superficies calculadas según el índice NDWI.

Las imágenes de alta resolución del PMB para el sector Peine muestran una variabilidad estacional entre invierno y verano, aunque con una tendencia a reducirse en los últimos años. Este comportamiento, consistente con los datos Landsat, respalda el modelo conceptual que indica una menor influencia de la variación estacional asociada a la evaporación respecto de la influencia de las precipitaciones, principalmente a partir del cambio en la dinámica de los desbordes observado desde 2013. Desde el invierno de 2021, las superficies semestrales se mantienen por debajo del mínimo histórico registrado en alta resolución (datos previos a 2016), aunque los registros comparados no consideran los mismos meses de captura, lo que influye en la comparación, como se observa en las series de tiempo reportadas. Como se ha mostrado, los registros históricos de línea base con los que se cuenta para el Sistema Peine fueron evaluados en un período que no corresponde al mínimo anual.

14.7 En relación con Nivel Freático en Lagunas

El PMB considera el monitoreo del nivel freático en cinco (5) puntos ubicados en el entorno de los Sistemas Lagunares La Punta – La Brava y Peine. Para el análisis realizado para los registros del período abril 2025 – marzo 2026, es importante tener en consideración que el período con registros previo al inicio del Proyecto se extiende por solamente 3 años (mayo 2013 – marzo 2016), en dos de los cuales se presentaron eventos de alta intensidad de precipitación (2013 y 2015), siendo el nivel freático de dicho período representativo de estas condiciones particulares.

Para el Sector La Punta – La Brava, no es posible hacer una evaluación de la condición media anual, ni del período de verano, debido a la ausencia de registros en diferentes meses del período de verano, por diferentes restricciones de acceso. Durante el periodo anual analizado, no se contó con información de verano entre los meses de octubre 2025 a marzo de 2026 en el caso del pozo BA-05, y entre los meses de diciembre de 2025 a marzo de 2026 en el caso de los pozos BA-07 y BA-16, debido a restricciones de acceso por parte de la Comunidad de Peine.

En dicho Sector, con la información disponible, se sigue observando una tendencia al descenso en el pozo BA-07, el que presentó sus registros inferiores en todo el período con mediciones. En el caso del pozo BA-05, se observa un comportamiento relativamente estable desde el año 2022 en el caso de los registros de invierno, mientras que respecto del pozo BA-16, éste muestra una condición relativamente estable en los últimos años, de manera posterior a las precipitaciones de 2019, tanto en los registros de verano, como los de invierno. La ausencia de información durante el período de verano de 2026, limita la evaluación de los cambios que se han producido durante dicho período, que corresponde al de mayor profundidad del nivel (verano). Por otro lado, en los tres pozos se evidencia un aumento en los valores de nivel en el mes de agosto de 2025, el cual se encuentra influenciado por precipitaciones ocurridas el día anterior a la medición.

Para el Sector Peine, no es posible hacer una evaluación de la condición media anual, ni del período de verano, debido a la imposibilidad de desarrollar mediciones en dicha época, por corresponder a la época de reproducción de flamencos.

Respecto al período con registros (junio 2025 – agosto 2025), los pozos BA-21 y BA-22 presentaron valores superiores a los del año previo.

15 REFERENCIAS

15.1 En relación con Flora y Vegetación

ANEXO 2, ADENDA 5 EIA, APÉNDICE B. DEL PROYECTO RWL 2015. "*Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua*". Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama". Rockwood Lithium Limitada - CEA, Centro de Ecología Aplicada. Región de Antofagasta, 10-2015.

AHUMADA, M. y L. Faúndez. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión Altiplánica (SVAHT). Santiago, Chile: Unidad de Asuntos Públicos Corporativos, Servicio Agrícola y Ganadero, 2009.

BLACKMAN, G. E. *A study by statistical methods of the distribution of species in grassland associations*. Annals of Botany, 49(196), 749-777. 1935.

BRIGNONE, N. F., Jocou, A. I. & Denham, S. D. *Toward an updated taxonomy of the South American Amaranthaceae II: subfamily Salicornioideae, tribes Salicornieae and Suaedeae*. Ann. Missouri Bot. Gard. 106: 292-324. 2021.

CEDREM Consultores & RWL. Informe ejecutivo. Monitoreo de flora y vegetación: Seguimiento de transectas de vegetación azonal en el salar de Atacama para el Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta", Rockwood Lithium. Santiago, Chile, 2016a.

CEDREM Consultores & RWL. Informe ejecutivo. Determinación espacio temporal de cuerpos de agua en Salar de Atacama para el Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta", Rockwood Lithium. Santiago, Chile, 2016b.

CHANDER G., B. Markham, D. Helder. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sensing of Environment, Volume 113, Issue 5, 893-903 pp. 2009.

CHUVIECO E. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. España: Ariel Ciencia. 594 pp. 2002.

CONAF, Corporación Nacional Forestal, Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), Universidad Austral de

Chile (UACh), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y Universidad Católica de Temuco (UCT). Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Santiago, Chile. 1999.

CONAF, Corporación Nacional Forestal. Guía de Evaluación Ambiental. Criterios para la participación de CONAF en el SEIA. Santiago, Chile. 2014.

DEGANO, C. Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* (Hook. et Arn.) DC. a la salinidad. Rev. Brasil. Bot. Sao Paulo, 22, 357-363. 1999.

ETIENNE, M. & Prado, C. Descripción de la vegetación mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras (COT). Conceptos y Manual de uso práctico. [Publicaciones Misceláneas N° 10]. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Escuela de Agronomía. 1982.

FONT QUER, P. Diccionario de Botánica. Barcelona-Buenos Aires, España-Argentina. 1965.

GAJARDO, R. Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria, 1994.

GODRON, M., P. Daget & L. Emberger. Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Paris, France : Centre National de la recherche scientifique.1968.

GONZAGA, C. Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador. Universidad Nacional de La Plata, Ecuador. 2014.

GOODALL, D. W. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. Australian Journal of Biological Sciences, 5(1), 1-41. 1952.

GREIG-SMITH, P. *Quantitative plant ecology* (Vol. 9). Univ. of California Press. 1983.

JULIÁ, C., Montecinos, S. y Maldonado, A. Características climáticas de la región de Atacama, Capítulo 3 en Libro Rojo de flora nativa y de los sitios prioritarios para la conservación: Región de Atacama. Eds. F.A. Squeo, G. Arancia y J.R. Gutiérrez. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena Chile. 3: 25-42. 2008.

KENDALL, M.G., Rank correlation methods. 3 ed. Ed. Hafner Publishing Company. New York, 1962.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand: By DG Krige (Doctoral dissertation, University of the Witwatersrand). 1951.

LAMOLDA H. Estudio de la influencia de las correcciones a imágenes Landsat ETM+ en la obtención de propiedades de cubiertas vegetales. Tesis de pregrado para optar a la titulación en ingeniero técnico en topografía. Universidad Politécnica de Madrid. 124 pp. 2008.

LUEBERT, F y P. Pliscoff. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago, Chile: Universitaria. 2017.

MANN. H.B., non-parametric tests against trend, Econométrica, 13, pp. 245–259, 1945. [22]

MMA, Ministerio de Medio Ambiente, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Dirección General de Aguas (DGA). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. Santiago, 2011.

MUELLER-DOMBOIS, D y H. Ellenberg. Aims and methods of vegetation ecology. John Willey, Nueva York, 547 p. 1974.

MUÑOZ Marín, C. M. Análisis de la variabilidad en series hidrometeorológicas en una cuenca de cabecera del Río Segura. 2008.

RAHMAN, M y A. Islam. *NDVI derived sugarcane area identification and crop condition assessment*. University of Rajshahi Bangladesh, Dept. of Geography and Enviromental Studies, 1995.

RAMSAR. Documento informativo Ramsar No. 1. Ramsam, Irán, 1971. Consultado en septiembre de 2016 del sitio web: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf

SATELLITE IMAGING Corporation. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades – 1A. Consultado en agosto de 2023 del sitio web: https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1/

SATELLITE IMAGING Corporation. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades – 1A. Consultado en mayo de 2024 del sitio web: https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1/

TUCKER, J. *Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation*. Remote Sensing of the Environment 8 (2), 127-150 pp. 1979.

WOENSBY, C. E. Modified step-point system for botanical composition and basal cover estimates. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, 26(4), 302-303. 1973.

15.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres

Artículos científicos y capítulos de libros

Araya, B. &Millie, G. (1998). *Guía de campo de las aves de Chile* (8ª. Ed.). Santiago, Chile: Universitaria.

Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. (1996). *Ecology: Individuals, Populations and Communities* (3ª. Ed.). Oxford, UK: Blackwell Science.

Benavides, E., Ortiz, J.C. &Formas, J.R. (2002). A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Northern Chile. *Herpetológica, 58*(2), 210-220.

Centro de Ecología Aplicada (CEA, 2015) Plan de Manejo Biótico. Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Informe técnico.

Cei, J.M. (1962). *Batracios de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones de la Universidad de Chile.

Clements, F.E. (1905). *Research Methods in Ecology*. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska Publishing Company.

Cofré, H. &Marquet, P. (1999). Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: An assessment. *Biological Conservation,88*, 53-68.

Correa, C. (2022). *Lista viva de las especies de anfibios de Chile (Versión 2022.1)*. Ediciones de la Asociación Red Chilena de Herpetología, RECH. Accesible en: www.herpetologiadechile.cl

Cuevas, C. & Formas, R. (2002). *Telmatobius philippii,* una nueva especie de rana acuática de Ollagüe, norte de Chile (Leptodactylidae). *Revista Chilena de Historia Natural*, *75*(1), 245-258.

De la Maza, M. & Bonacic, C. (Eds.) (2014). *Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile*. Santiago, Chile: Ediciones UC.

Díaz-Páez, H. & Ortiz, J.C. (2003). Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile*. Revista Chilena de Historia Natural, 76,* 509-525.

Donoso-Barros, R. (1966). *Reptiles de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones de la Universidad de Chile.

Glade, A. (Ed.) (1993). *Libro Rojo de los vertebrados terrestres de Chile.* Santiago, Chile: CONAF.

Iriarte, A. (2008). *Mamíferos de Chile.* Barcelona, España: Lynx Edicions.

Iriarte, A. &Jaksic, F. (2012). *Los carnívoros de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones Flora & Fauna y CASEB.

Iriarte, A., Lagos, N. & Villalobos, R. (2011). *Los Mamíferos de la Región de Antofagasta.* Santiago, Chile: Ediciones Flora & Fauna Chile Limitada.

Jaramillo, A. (2005). *Aves de Chile.* Barcelona, España: Lynx Edicions.

Johnson, A.W. & Goodall, J.D. (1965). *The birds of Chile and Adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Perú, Volume I*. Buenos Aires, Argentina: Platt Establecimientos Gráficos.

Magurran, A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, EEUU: Springer Netherlands.

Mann, G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile (marsupiales, quirópteros, edentados y roedores). *Gayana zoología*, *40*, 1-342.

Martínez, D. &González, G. (2005). *Las aves de chile. Nueva guía de campo.* Santiago, Chile: Ediciones del naturalista.

Martínez, D & González, G (2017). Martínez-Piña, D. & González-Cifuentes, G. (2017). *Las aves de chile. Guía de campo y Breve Historia Natural.* Ediciones del Naturalista, Santiago, Chile.

Martínez-Piña, D. (2023). *Las Aves de Chile. Guía de campo. (1ª ed.)*. Editorial Museo Ediciones. 469 pp.

Muñoz-Pedreros, A. (2010). *Huellas y signos de mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile: Ediciones CEA.

Muñoz-Pedreros, A.& Yáñez, J. (2009). *Mamíferos de Chile* (2ª. Ed.). Valdivia, Chile: Ediciones CEA.

Núñez, H., Maldonado, V. & Pérez, R. (1997). Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. *Noticiario mensual Museo Nacional de Historia Natural, 329,* 12-19.

Pincheira-Donoso, D. &Núñez, H. (2005). *Las especies chilenas del género Liolaemus. Taxonomía, sistemática y evolución.* Santiago, Chile: Atenas.

PIncheira-Donoso, D., Scolaro, J.A. & Sura, P. (2008). *A monographic catalogue on the systematics and phylogeny of the South American iguanian lizard family Liolaemidae (Squamata, Iguania).* Auckland, NZ: Magnolia press.

PMB 2015, Anexo 2, Adenda 5 EIA, Apéndice B Proyecto RWL 2015. "Plan de Manejo Biótico". Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Informe técnico. Rockwood Lithium Limitada - CEA, Centro de Ecología Aplicada.

Podani, J. (2000). *Introduction to the exploration of multivariate biological data*. Leiden: Backhuys.

Rottman, J. & López-Callejas, M.V. (1992). *Estrategia Nacional de Conservación de Aves. Serie Técnica 1.* Santiago, Chile: SAG, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables.

Rudran, R., Kunz, T.H., Southwell, C., Jarmann, P. & Smith, A.P. (1996). Chapter 6. Observational techniques for nonvolant mammals. En D.E. Wilson, F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran& M.S. Foster (Eds.). *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals* (pp.81-104). Washington, DC, EEUU: Smithsonian.

Spotorno, A.E. & Patton, J.L. (2015). Superfamily Chinchilloidea Bennett. En J.L. Patton., U.F.J, Pardiñas. & G, D'Elía (Eds.), *Mammals of South America. Volume 2: Rodents* (pp.762-783). Chicago, IL, EEUU: [s.n].

Utrera, A. (2004). Metodología para evaluar sensibilidad de hábitat basada en el recurso fauna silvestre. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología, 22*, 56-72.

Vidal, M. & Labra, A. (2008).*Herpetología de Chile*. Santiago, Chile: Science Verlag.

Servicios Públicos, Convenciones, Leyes y Decretos

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (2009). *Minuta Prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna.* Santiago, Chile: Autor.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (1988). *Libro Rojo de los vertebrados terrestres de Chile*. Santiago, Chile: Autor.

Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (30 de junio de 2006). Declara Monumento Natural a las especies de fauna silvestre huemul, chinchilla costina, chinchilla cordillerana, cóndor,

picaflor de Arica y picaflor de Juan Fernández. Decreto Supremo N° 2 de 2006 (D.S. N°02/2006 MINAGRI). *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (27 de febrero de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Decreto Supremo N° 33 de 2011 (D.S. N°33/2011 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (11 de abril de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Decreto Supremo N° 41 de 2011 (D.S. N°41/2011 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (11 de abril de 2012.). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Decreto Supremo N° 42 de 2011 (D.S. N°42/2011 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (11 de febrero de 2013). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. Decreto Supremo No. 19 de 2012 (D.S. N°19/2012 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (25 de julio de 2013). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Decreto Supremo No. 19 de 2012 (D.S. N°13/2013 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (29 de agosto de 2014). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo proceso. Decreto Supremo N° 52 de 2014 (D.S. N°52/2014 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (04 de diciembre de 2015). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, undécimo proceso. Decreto Supremo N° 38 de 2015 (D.S. N°38/2015 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (30 de septiembre de 2016). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, duodécimo proceso. Decreto Supremo N° 16 de 2016 (D.S. N°16/2016 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (16 de marzo de 2017). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo tercer proceso. Decreto Supremo N° 6 de 2017 (D.S. N°6/2017 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (02 de agosto de 2018). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo cuarto proceso. Decreto Supremo N° 79 de 2018 (D.S. N°79/2018 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (30 de julio de 2019). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo quinto proceso. Decreto Supremo N° 23 de 2019 (D.S. N°23/2019 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (3 de agosto de 2020). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo sexto proceso. Decreto Supremo N° 16 de 2020 (D.S. N°16/2020 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (12 de octubre de 2021). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo séptimo proceso. Decreto Supremo N° 44 de 2021 (D.S. N°44/2021 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (6 de abril de 2023). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo octavo proceso. Decreto Supremo N° 10 de 2023 (D.S. N°10/2023 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (3 de enero de 2024). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, decimonoveno proceso. Decreto Supremo N° 5 de 2024 (D.S. N°02/2024 MMA).

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (10 de noviembre de 2025). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, vigésimo proceso. Decreto Supremo N° 54 de 2025 (D.S. N°02/2024 MMA).

Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL). (4 de octubre 1967). Convención para la protección de la flora, la fauna y las bellezas escénicas naturales de América. Firmado en Washington el 12 de Octubre de 1940, promulgada por Decreto Supremo No.531 de 1967 (D.S. N°531/1967 MINREL). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL). (12 de diciembre 1981). Promulga el convenio sobre la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje. Decreto Supremo N°868 de 1981 (D.S. N°868/1981 MINREL). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (9 de marzo de 1994). Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente (Santiago, Chile), Ley 19.300

(Modificada por Ley 20.417 MINSEGPRES, 2010). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (7 de diciembre de 2002). Reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental (Santiago, Chile). Decreto Supremo N° 95 de 2002 (D.S. N°95/2002 MINSEGPRES). (Modificado por el Decreto Supremo N°40 de 2012; D.S. N°40/2012 MMA). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (11 de mayo de 2005). Reglamento para la clasificación de especies silvestres (Santiago, Chile). Decreto Supremo N° 75 de 2005 (D.S. N°75/2005 MINSEGPRES). (Modificado por el Decreto Supremo N°29 de 2012; D.S. N°29/2012 MMA). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (24 de marzo de 2007). Aprueba y oficializa nómina para el primer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 151 de 2007 (D.S. N°151/2007 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (30 de junio de 2008). Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N.º 50 de 2008 (D.S. N°50/2008 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (30 de junio de 2008). Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 51 de 2008 (D.S. N°51/2008 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (7 de mayo de 2009). Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Decreto Supremo N°23 de 2009 (D.S. N°23/2009 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile.*

Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas. (1971). Ponencia presentada en Oficina de Normas Internacionales y Asuntos Legales Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Ramsar, Irán.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012a). *La ley de caza y su reglamento*. *(Ley N°19.473 y D.S. N°5/1998 MINAGRI).* Santiago, Chile: Autor.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012b). *Guía de Evaluación Ambiental: componente fauna silvestre.* Santiago, Chile: Autor.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2016). *Guía de Evaluación Ambiental Componente Fauna Silvestre D-PR-GA-01*. Santiago, Chile: Autor

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2015). *Guía para la descripción de los componentes Suelo, Flora y Fauna de ecosistemas terrestres.* Santiago, Chile: Autor.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2012). *Categorías y criterios de la lista roja de la UICN.* Gland, Suiza: Autor.

15.3 En relación con Tapetes Microbianos

AL-THANI R, AL-NAJJAR MA, AL-RAEI AM, FERDELMAN T, THANG NM, AL SHAIKH I, AL-ANSI M, DE BEER D. 2014. Community structure and activity of a highly dynamic and nutrient-limited hypersaline microbial mat in Um Alhool Sabkha, Qatar. PLoS One, 9: e92405.

BOLHUIS H, CRETOIU MS, STAL LJ. 2014. Molecular ecology of microbial mats. FEMS microbiology ecology, 90: 335-350.

BURNE R, L MOORE. 1987. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. Palaios, 241-254.

CABESTRERO, Ó., SANZ-MONTERO, M.E., ARREGUI, L. SERRANO S, VISSCHER PT. 2018. Seasonal Variability of Mineral Formation in Microbial Mats Subjected to Drying and Wetting Cycles in Alkaline and Hypersaline Sedimentary Environments. Aquat Geochem, 24: 79-105.https://doi.org/10.1007/s10498-018-9333-2

CARDOSO DC, CRETOIU MS, STAL LJ, BOLHUIS H. 2019. Seasonal development of a coastal microbial mat. Scientific reports, 9: 9035.

CHEN R, WONG HL, KINDLER GS, MACLEOD FI, BENAUD N, FERRARI BC, BURNS BP. 2020. Discovery of an Abundance of Biosynthetic Gene Clusters in Shark Bay Microbial Mats. Front Microbiol, 11: 1950.

DEMERGASSO C, ESCUDERO L, CASAMAYOR EO, CHONG G, BALAGUE V, PEDROS-ALIO C. 2008. Novelty and spatio-temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama). Extremophiles, 12: 491–504.

DORADOR C, REMONSELLEZ F, VILA I, IMHOFF, J, WITZEL K. 2010. Unique clusters of Archaea in Salar de Huasco, an athalassohaline evaporitic basin of the Chilean Altiplano. FEMS Microbiology Ecology, 73: 291-302.

EYMARD I, ALVAREZ MDP, BILMES A, VASCONCELOS C, ARIZTEGUI D. 2020. Tracking Organomineralization Processes from Living Microbial Mats to Fossil Microbialites. Minerals; 10: 605.

FARIAS M, CONTRERAS M. 2013. Ecosistemas Microbianos. ¿Nuevo patrimonio de la Humanidad? Revista Bitacora Ecológica Vol:1 (Chile).

FARIAS ME, CONTRERAS M. 2017. Guía para la Conservación y Seguimiento de Ecosistemas Microbianos. Centro de Ecología. Proyecto “Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Andinos”, código BIP N° 30126735-0.

FARIAS ME, RASUK MC, GALLAGHER KL, CONTRERAS M, KURTH D, FERNANDEZ AB, POIRÉ D, NOVOA F, VISSCHER PT. 2017. Prokaryotic diversity and biogeochemical characteristics of benthic microbial ecosystems at La Brava, a hypersaline lake at Salar de Atacama, Chile. PLoS ONE 12: e0186867.

GERARDI M, LYTLE B. 2015. Purple and Green Sulfur Bacteria. The Biology and Troubleshooting of Facultative Lagoons, First Edition. United States, New Jersey.215p.

GISCHLER E, GOLUBIC S, GIBSON M, OSCHMANN W, HUDSON H. 2010. Microbial Mats and Microbialites in the Freshwater Laguna Bacalar, Yucatan Peninsula, Mexico. Lecture Notes in Earth Sciences, 187–205.

GLUNK C, DUPRAZ C, BRAISSANT O, GALLAGHER KL, VERRECCHIA EP, VISSCHER PT. 2010. Microbially mediated carbonate precipitation in a hypersaline lake, Big Pond (Eleuthera, Bahamas). Sedimentology, 58: 720-736 pp.

GUEDES AC, AMARO HM, MALCATA FX. 2011. Microalgae as Sources of Carotenoids. Marine Drugs, 9: 625.644.

KONHAUSER K. 2007. Introduction to Geomicrobiology. Blackwell Science. Australia. 425 pp.

MAANA A, AREF M. 2022. Microbial mats and evaporite facies variation in a supralittoral, ephemeral lake, Red Sea coast, Saudi Arabia. Facies, 68: 3.

MADIGAN M, MARTINKO J, DUNLAP P, CLARK D. 2009**.** Brock Biología de los Microorganismos. 12th ed. Pearson Educación. Madrid, España. 1259 p.

PAERL HW, YANNARELL AC. 2010. Environmental Dynamics, Community Structure and Function in a Hypersaline Microbial Mat. In: Seckbach J., Oren A. (eds) Microbial Mats. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, vol 14. Springer, Dordrecht.

PRIETO-BARAJAS C, VALENCIA-CANTERO E, SANTOYO G. 2018 Microbial mat ecosystems: Structure types, functional diversity, and biotechnological application. Electronic Journal of Biotechnology, 31: 48-56

RIDING R, AWRAMIK SM. 2000. Microbial Sediments. Springer-Verlag, Berlin. 331pp.

RISACHER F., ALONSO H., SALAZAR C. 1999. Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Región. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. Nº 51), 299 pp.

RODRÍGUEZ-ARANDA J, SANZ-MONTERO M. 2015. Tapices microbianos: los organismos que fabrican estromatolitos. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 23: 208-219.

ROGOZIN D, ZYKOV V, TARNOVSKII M. 2016. Dynamics of purple sulfur bacteria in a meromictic saline Lake Shunet (Khakassia, Siberia) in 2007–2013. Microbiology, 85: 93-101

SAONA LA, VILLAFAÑE PG, CARRIZO D, CÓNSOLE GONELLA C, NÉSPOLO RF, FARÍAS ME. 2024. Geomicrobiological characterization of the evaporitic ecosystem in the hypersaline lake Laguna Verde (Andean Puna, Northwestern Argentina). Ecol Evol; 14: e10931.

WONG H, AHMED-COX A, BURNS BP. 2016. Molecular Ecology of Hypersaline Microbial Mats: Current Insights and New Directions. Microorgnasism, 4: 6.

15.4 En relación con Suelo o Sustrato

Acevedo, P. et al., 2004. Suelos Salinos del Norte de Chile. Parte I. Origen, Distribución y Características de los Depósitos. V Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica.

AGROLAB. 2017. Rosa Espinoza. Comunicación personal.

Ahumada, M. y Faúndez, L. 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118p.

Bernier, R. 2000. Técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo, fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas. INIA Remehue.

CADE-IDEPE, 2004. Cuenca Salar de Atacama: Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. MOP, Dirección General de aguas.

CIREN.1995. Descripción de suelos. Materiales y Símbolos.

CNA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de chile. Determinación de nitrógeno disponible, extraíble en KCl

CNA, 2007. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 5.0 of.2007. Ministerio de Agricultura.

CNA, 2007. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 4.0 pH. Ministerio de Agricultura.

Hai-long Lu, Ke-wei Li, Jackson Nkoh Nkoh, Xian He, Ren-kou Xu, Wei Qian, Ren-yong Shi, Zhi-neng Hong. 2022. *Effects of pH variations caused by redox reactions and pH buffering capacity on Cd(II) speciation in paddy soils during submerging/draining alternation*. Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 234, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113409.

INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 7.1 Oxidación con dicromato en medio ácido y determinación colorimétrica del cromato reducido.

INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 6.1 determinación de fósforo disponible.

INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 4.1 determinación de potasio disponible.

MMA – ONU Medio Ambiente, 2022. Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile” por EDÁFICA Suelos y Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 200 p.

Maksaev, V. (2001). Metalogénesis: Depósitos de nitratos y salares (Apuntes de cátedra). Departamento de Geología, Universidad de Chile. https://www.academia.edu/6822357/Metalogenesis

Rioja Molina, A. (2002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., España.

SAG, 2011. Pauta para Estudio de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero.

U.S.D.A. 2012. Field book for describing and sampling soils. Version 3.0.

15.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos)

Alonso, H. & Risacher, F. (1996) Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino. Revista Geológica de Chile 23:113–122.

Araya, J.M. & L. Zúñiga. (1985). Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Limnológico de Chile, UACH 110 p.

Biese, W.A. (1947). Revisión de los moluscos terrestres y de agua dulce provistos de concha de Chile. Parte II, Familia Amnicolidae (continuación). Boletín del Museo de Historia Natural 23: 63-77.

Bertrand, H. (1995). Les insectes aquatiques d'Europe. Encyclopédie Entomologique. Volume II: Trichoptères, Lepidoptères, Diptères, Hyménoptères. Paul Lechevalier Editeur (Paris). 543 pp.

Blott, S.J. & Pye, K. (2001). Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms, 26, 1237-1248.

Boletín CIIFEN. Pronóstico Climático Estacional. https://ciifen.org/

CADE-IDEPE Consultores. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama. Dirección General de Aguas (DGA). Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. 141 pp.

Cepeda-Pizarro, J. (2013). Variabilidad temporal de algunos parámetros físicos e hidroquímicos de un prado húmedo alto-andino del norte-centro de Chile. Idesia (Arica), 31(2), 89-97. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000200013.

Collado, G.A., Méndez, M. A., Letelier, S. L., Véliz, D. y Sabando, M. C. (2011). Morfología peniana y taxonomía de especies chilenas del género Heleobia Stimpson, 1865 (Caenogastropoda: Cochliopidae) junto a una revisión de los ejemplares tipo del Museo Nacional de Historia Natural de Chile. Amici Molluscarum (Número especial): 49-58.

Collado, G.A.; Torres-Díaz, C.; Vidal, M.A.; Valladares, M.A. Genetic Diversity, Morphometric, Characterization, and Conservation, Reassessment of the Critically Endangered Freshwater Snail, Heleobia atacamensis, in the Atacama Saltpan, Northern Chile. Biology 2023, 12, 791. https://doi.org/10.3390/ biology12060791

De los Ríos-Escalante, P. R. (2010). Crustacean Zooplankton Communities in Chilean Inland Waters. Crustaceana Monographs, 12, 109.

De Los Ríos-Escalante, P., Adamowicz, S. & Witt, J. (2010). Aquatic fauna in the driest desert on earth: first report on the crustacean fauna of the Loa river (Atacama desert, Antofagasta region, Chile). Crustaceana 83(3): 257-266.

Díaz-Quiroz, C., & Rivera-Rondon, C. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. Caldasia, 26(2), 381–394.

Dodds, W.K., Jones, J.R., Welch, E.B. (1998). Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. Water Research 32: 1455-1462.

DGA. (2016). Atlas del Agua: Chile 2016. Parte 2. Dirección General de Aguas https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/4371

Domínguez, E., Molineri, C, Pescador, M., Hubbart, M. & Nieto, C. (2006). Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America. PENSOF, Sofia, Moscow. 646 pp.

Farías, M. E., Contreras, M., Rasuk, M. C., Kurth, D., Flores, M. R., Poiré, D. G., Novoa, F. & Visscher, P. T. (2014). Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile. Extremophiles, 18(2), 311–329.

Fernandez, A., Rasuk, M., Visscher, P., Contreras, M., Novoa, F., Poire, D., Patterson, M., Ventosa, A. & Farias, M. (2016). Microbial diversity in sediment ecosystems (evaporites domes, microbial mats, and crusts) of Hypersaline Laguna Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. Frontiers in Microbiology, 7, 1–18.

Fernández, H. R. & Dominguez, E. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán - Facultad de Ciencias Naturales y Instituto Miguel. Lillo. 282p.

González, E. & Watling, L. (2003). Two new species of Hyalella from Lake Titicaca, and redescriptions of four others in the genus (Crustacea: Amphipoda). Hydrobiologia 497: 181–204.

Javor, B., (1989). Hypersaline Environments: Microbiology and Biogeography. Springer-Verlag Berlin, Germany, 328 pp.

Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.), Süsswasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.

Krammer, K .& H. Lange-Bertalot. (1991). Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (eds.),

Süsswasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena Süsswasserflora von Mitteleuropa Bd. 2/3: Stuttgart, Gustav Fischer Verlag

Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula sensu stricto*, 10 genera sepa-rated from *Navicula sensu lato Frustulia*. In: H Lange-Bertalot (ed.) Diatoms of Europe (Vol. 2) ARG Gantner Verlag, Ruggell. 526 p.

Lopretto, E. & G. Tell. (1995). Ecosistemas de Aguas Continentales. Tomo III. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. 1401 p.

Lugo-Ortiz, C.R. & W.P. McCafferty. (1995). Three distinctive new genera of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) from SouthAmerica. Annals Limnologie 31: 233-243.

Lugo-Ortiz, C.R. & W.P. McCafferty. (1999). Revision of SouthAmerican species of Baetidae (Ephemeroptera) previously placed in Baetis Leach and Pseudocloeon Klapálek. Ann Limnol 35:257-262.

Maidana, Nora I, & Seeligmann, Claudia T. (2015). Diatomeas (Bacillariophyceae) en humedales de altura de la Provincia de Catamarca (Argentina): III. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 50(4), 447-466.

Merrit, R.W. & K.W. Cummins. (1996). An introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company. 862 pp.

MMA. (2011). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. Ministerio de Medio Ambiente. Chile. 47 pp.

Parra, O., González, M., Dellarossa,V., Rivera, P. & Orellana, M. (1982-1983). Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales; con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción Vol. 1, Cyanophyceae, 1982; Vol. 2, Chrysophyceae-Xanthophyceae, 1982; Vol. 3, Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae, 1982 ; Vol. 4, Bacillariophyceae, 1982; Vol. 5 (partes 1 y 2), Chlorophyceae, 1983.

Parra, O. O., & Bicudo, C. E. . (1996). Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática. (Universidad de Concepción, Ed.).

Philippi, R.A. (1860). Reise durch die Wueste Atacama auf Befehl der chilenischen Regierung im Sommer 1853–54. Halle: E. Anton. 192 + 62 pp., 28 láminas.

PMB. (2015). Anexo 2, Adenda 5 RWL. Plan de Manejo Biótico. Informe consolidado de Líneas bases. Ecosistemas Terrestres y Ecosistemas Acuáticos Continentales. Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”, Rockwood Lithium - CEA. Santiago, Chile, octubre 2015.

Pennak, R.W. (1989). Fresh-water invertebrates of the United States. Third Edition. John Wiley & Sons, New York, New York.

Pereira, I. & O. Parra. (1984). Algas filamentosas dulceacuícolas de Chile I. Algas bentónicas de la Región de Concepción. Gayana Bot. 41 (3/4): 201-224.

Prescot, G.W. (1970). How to to know the fresh-water algae. Brown company publishers. Dubuque, Iowa.

Ribera, F. (2016). Salinidad y aguas subterráneas. In FCIHS (Ed.), Hidrogeología emergente. 50 Aniversario CIHS. (pp. 97–110). FCIHS.

Rivera, P. (1983). A guide for references and distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18º28' S and 58ºS. Bibliotheca Diatomologica, Band 3. J. Kramer, Vaduz. 386 p.

Round, F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. (1996). The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 p.

Rumrich, U., H. Lange-Bertalot & M. Rumrich. (2000). Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Feuerland. En: H. Lange-Bertalot (Ed.), Iconographia Diatomologica Vol. 9, 673 p., A.R.G. Gantner Verlag K.G.

Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C. & Ortega, H. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural, Ed.). Lima.

Santibáñez, F., Roa, P. & P Santibáñez (2008). El medio físico. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos.CONAMA.

Simonsen, R. (1987). Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. J. Cramer, Berlin & Stuttgart, 1: 525 pp, 2: 597, 3: 619.

Smith, V.H, Tilman, G.D. & J.C. Nekola. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100 (1-3): 179-196.

Stevenson J, M. Bothwell & R. Lowe. (1996). Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystem. Academic Press. Pp 753.

SUBPESCA. (2018). Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile. Proyecto FIPA N° 201646. Subsecretaria de Pesca y Acuicultura. Pp 122.

Teillier S. & P. Becerra. (2003). Flora y Vegetación del salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. Gayana Bot. v.60 n.2.

Tobar, C. N., Rau, J. R., Santibáñez, A., Fuentes, N., Cursach, J. A., Vilugrón, J., Magro, A., & Pérez-Schultheiss, J. (2017). Variación interanual en la dieta invernal del flamenco chileno Phoenicopterus chilensis (Aves: Phoenicopteriformes) en el humedal marino de Bahía Caulín, Chiloé, sur de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 52(3), 523–528.

Valdovinos C & S. Muñoz. 2025. Conservation of the freshwater snail Heleobia atacamensis in the Atacama Salt pan (Chile): Issues arising from increasing lithium mining. The Newsletter of the IUCN/SSC Mollusc Specialist Group Species Survival Commission - International Union for Conservation of Nature. Tentacle No. 33. Pp 30 – 32. ISSN 0958-5079.Tentacle No. 33—March 2025. 31 -32 pp

Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

Wetzel, R.G. & Likens, E.(1991). Limnological analyses. Springer–Verlag. New York, USA.

Wetzel, R. G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems, Third Edition. Academic Press.

Zúñiga LR, Campos V, Pinochet H et al (1991) A limnological reconnaissance of lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. Hydrobiologia 210:19–24. https://doi.org/10.1007/BF00014320

15.6 En relación con Área de Lagunas

ANEXO 1, ADENDA 5 EIA, APÉNDICE I, PROYECTO ROCKWOOD LITHIUM 2015. Funcionamiento Hidrogeológico de los Sistemas Lagunares La Punta – la Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor. Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico, Sector Sur del Salar de Atacama. Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”. Rockwood Lithium Limitada – SGA, Soluciones y Gestión ambiental. Región de Antofagasta, 246 pp.

ANEXO 1, ADENDA 5 EIA, APÉNDICE L, PROYECTO ROCKWOOD LITHIUM 2015. Monitoreo de dinámica espacio – temporal de lagunas de la Zona Marginal del Salar de Atacama a través de Imágenes Satelitales. Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico, Sector Sur del Salar de Atacama. Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el

Salar de Atacama". Rockwood Lithium Limitada – SGA, Soluciones y Gestión ambiental. Región de Antofagasta, 246 pp.

ANEXO 2, ADENDA 5 EIA, APÉNDICE B, PROYECTO ROCKWOOD LITHIUM 2015. Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua. Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama". Rockwood Lithium Limitada - CEA, Centro de Ecología Aplicada. Región de Antofagasta, 10-2015.

ANEXO 3, ADENDA 5 EIA, PROYECTO ROCKWOOD LITHIUM 2015. Plan de seguimiento ambiental y Plan de alerta temprana de los recursos hídricos. Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama". Rockwood Lithium – SGA. Región de Antofagasta.

ALBEMARLE - VAI, 2023. Informe Técnico de Investigación Nº3 Activación PAT Alerta Temprana- Sector Alerta Acuífero (julio 2023)- Anexo D. Informe Teledetección Satelital Landsat Cuerpos de Agua Sectores La Punta La Brava y Peine. Albemarle – HIDROMAS. Junio 2023.

CHANDER G., B. Markham, D. Helder, 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sensing of Environment, Volume 113, Issue 5, 893-903 pp.

CHUVIECO, E. 2006. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Editorial Ariel, Barcelona, España.

CONGALTON, R. G., ODERWALD, R. G. & MEAD, R. A. 1983. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 49: 1671-1678.

CONGALTON, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 37: 35-46.

CORNELLÀ, O., SALAS, J., ARAVENA, R., GUZMÁN, E., GUIMERÁ, J., TORE, C., VON IGEL, W., HENRÍQUEZ, A, FOCK, A. Hidrogeología de los sistemas lagunares del margen E del Salar de Atacama. XII Congreso Geológico Chileno. Santiago, 22-26 de noviembre, 2009.

CRIST, E. P. AND CICONE R.C. 1984. Application of the Tasseled Cap concept to simulated Thematic Mapper data, Photogrammetric, Eng. Remote Sens Vol. 50(3), 343-352.

CRIST, E. P., LAURIN, R., AND CICONE, R.C. 1986. Vegetation and soils information contained in transformed Thematic Mapper data. In Proceedings of IGARSS' 86 Symposium, 1465- 70.

DGA, Dirección General de Aguas. 2014. División de Estudios y Planificación. Análisis de los mecanismos de evaporación y evaluación de los recursos hídricos del Salar de Atacama. Santiago, 2014.

FLORES CARTAGENA, D. 2002. Identificación y Análisis de Cambios en Bofedales de la Cordillera Occidental y del Altiplano de Bolivia. Tesis Maestría en Ciencias, Conservación de Cuencas.

HERNÁNDEZ, H. J. Apuntes de clases de SIG y Percepción Remota. Magíster en áreas silvestres y conservación de la naturaleza. Universidad de Chile. 2005.

HUDSON, W. D. & RAMM, C. W. 1987. Correct formulation of the Kappa coefficient of agreement. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 53: 421-422.

IZUMI, 2021. Informe Teledetección Satelital Landsat Cuerpos de Agua Sectores La Punta La Brava y Peine. Albemarle. Anexo D, Albemarle-VAI, 2021.

KAUTH, R. J., & THOMAS, G. S. (1976). The tasseled cap a graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen in Landsat. In Proceedings of the symposium on machine processing of remotely sensed data, LARS, Purdue University, West Lafayette, IN (pp. 441 - 451).

LANDIS J, KOCH G, 1977: The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977; 33:159-74.

LAMOLDA H. Estudio de la influencia de las correcciones a imágenes Landsat ETM+ en la obtención de propiedades de cubiertas vegetales. Tesis de pregrado para optar a la titulación en ingeniero técnico en topografía. Universidad Politécnica de Madrid. 124 pp. 2008.

MORAGA, A.; CHONG, G.; FORTT, M.A.; HENRIQUEZ, H. 1974. Estudio geológico del salar de Atacama, Provincia de Antofagasta. Boletín del Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago, Chile, 29, 56p.

MMA, Ministerio de Medio Ambiente, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Dirección General de Aguas (DGA). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. Santiago, 2011.

ORTIZ, C., ARAVENA, R., BRIONES, E., SUAREZ, F., TORE, C. & MUÑOZ, J.F., 2014. Sources of surface water for the Soncor ecosystem, Salar de Atacama basin, northern Chile. Hydrological Sciences Journal, 59 (2), 336 – 350.

RCA N°21/2016. Resolución exenta N°21, Antofagasta, 2016. Calificación ambiental del Proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramientos de Sistema de Pozas de Evaporación Solar, en el Salar de Atacama”.

ALB, Albemarle. 2016a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año I, agosto de 2016.

ALB, Albemarle. 2016b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año I, diciembre de 2016.

ALB, Albemarle. 2017a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año II, agosto de 2017.

ALB, Albemarle. 2017b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año II, diciembre de 2017.

ALB, Albemarle. 2018a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento

del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año III, agosto de 2018.

ALB, Albemarle. 2018b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año III, diciembre de 2018.

ALB, Albemarle. 2019a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año IV, agosto de 2019.

ALB, Albemarle. 2019b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año IV, diciembre de 2019.

ALB, Albemarle. 2020a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año V, agosto de 2020.

ALB, Albemarle. 2020b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año V, diciembre de 2020.

ALB, Albemarle. 2021a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año VI, agosto de 2021.

ALB, Albemarle. 2021b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año VI, diciembre de 2021.

ALB, Albemarle. 2022a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año VII, agosto de 2022.

ALB, Albemarle. 2022b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año VII, diciembre de 2022.

ALB, Albemarle. 2023a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año VIII, agosto de 2023.

ALB, Albemarle. 2023b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año VIII, diciembre de 2023.

ALB, Albemarle. 2024a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año IX, agosto de 2024.

ALB, Albemarle. 2024b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año IX, diciembre de 2024.

ALB, Albemarle. 2025a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año X, agosto de 2025.

ALB, Albemarle. 2025b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE-N°21/2016), Monitoreo Año X, diciembre de 2025.

WANG, Q., LI, P., CHEN, X., 2012. Retrieval of soil salt content from an integrated approach of combining inversed reflectance model and regressions: an experimental study. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 50, 3950–3957.

XU, HANQIU, 2007. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing, 27:14, 3025-3033.

15.7 En relación con Nivel Freático en Lagunas

PMB, 2015. Anexo 2, Adenda 5 RWL. Plan de Manejo Biótico. Informe consolidado de Líneas bases. Ecosistemas Terrestres y Ecosistemas Acuáticos Continentales. Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”, Rockwood Lithium - CEA. Santiago, Chile, octubre 2015.

PSAH, 2026. Seguimiento Ambiental Hídrico, a través del Informe Anual Nº9 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico. Comprobante SMA Cód. N°1077098 de fecha 28 de agosto 2025.

PMB, 2025. Informe Semestral Nº19 – Nivel Freático en Lagunas – Monitoreo Invierno 2025 del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico. Noviembre 2025. Comprobante SMA Cód. N°1081946 de fecha 21 de noviembre 2025.

PMB, 2026. Informe Semestral Nº20 – Nivel Freático en Lagunas – Monitoreo Verano 2026 del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico. Junio 2026. Comprobante SMA Cód. N° 1096443 del 8 de julio de 2026.

16 ANEXOS

El conjunto de Anexos asociados al Informe Anual N°10 del Plan de Manejo Biótico, se entregan separados y de forma individual al presente documento.