



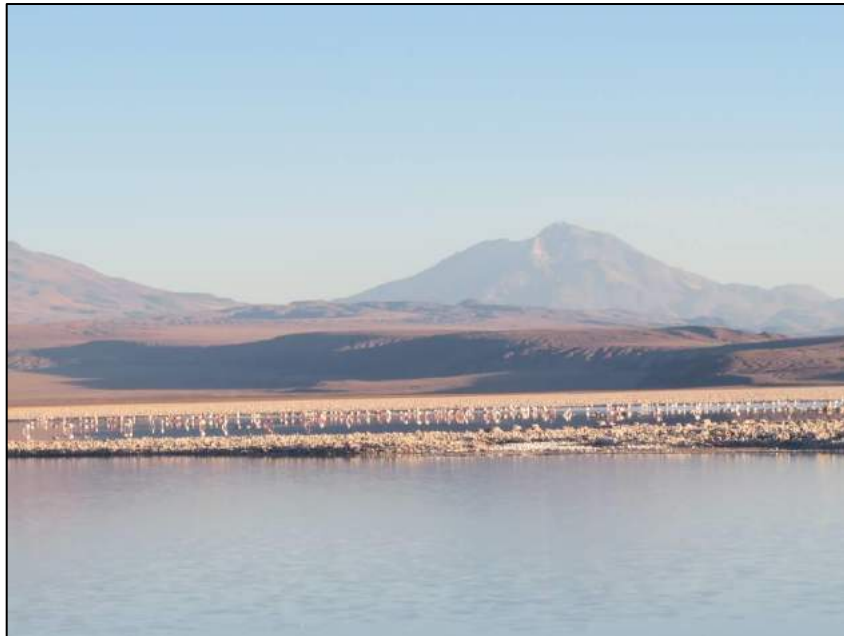
Plan de Manejo Biótico

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

(RCA RE N°21/2016)” Rockwood Lithium

Monitoreo Invierno 2016 – Verano 2017

Informe Anual N°1



Región de Antofagasta

Junio de 2017

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCION	19
3	OBJETIVO	28
4	ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME.	28
5	FLORA Y VEGETACIÓN	30
5.1	MATERIALES Y MÉTODOS	32
5.1.1	COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT)	32
5.1.1.1	Descripción del área de estudio	32
5.1.1.2	Ubicación de puntos muestreo.....	35
5.1.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	38
5.1.1.4	Materiales y equipos utilizados	40
5.1.1.5	Metodología de muestreo.....	41
5.1.1.6	Metodología de cálculo y análisis.....	46
5.1.1.7	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	49
5.1.2	FLORA Y VEGETACIÓN.....	50
5.1.2.1	Ubicación de puntos muestreo.....	50
5.1.2.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	60
5.1.2.3	Materiales y equipos utilizados	61
5.1.2.4	Metodología de muestreo.....	61
5.1.2.5	Metodología de cálculo y análisis.....	65
5.1.2.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	67
5.1.3	DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL – MÉTODO DE IMÁGENES SATELITALES - NDVI.....	68
5.1.3.1	Ubicación de sectores para la medición.....	68
5.1.3.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	70
5.1.3.3	Materiales y equipos utilizados	71
5.1.3.4	Metodología de cálculo y análisis.....	72
5.1.3.5	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	74
5.2	RESULTADOS	79
5.2.1	COBERTURA Y VEGETACION (COT)	79
5.2.1.1	Resultados del muestreo campaña de invierno	79

5.2.1.2	Resultados del muestreo campaña de verano.....	92
5.2.2	FLORA Y VEGETACIÓN.....	114
5.2.2.1	Resultados del muestreo campaña de invierno	114
5.2.2.2	Resultados del muestreo campaña de verano.....	133
5.2.3	DISTRIBUCION Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL-NDVI	151
6	FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES.....	153
6.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	154
6.1.1	Descripción del área de estudio	154
6.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	161
6.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	162
6.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	175
6.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	175
6.2	RESULTADOS	176
6.2.1	Resultados del muestreo campaña de invierno	176
6.2.2	Resultados del muestreo campaña de verano.....	194
7	TAPETES MICROBIANOS.....	212
7.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	213
7.1.1	Descripción del Área de Estudio.....	213
7.1.2	Ubicación de Puntos Muestreo.....	214
7.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	216
7.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	217
7.1.5	Materiales y Equipos Utilizados.....	220
7.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	220
7.2	RESULTADOS	220
7.2.1	Resultados Campaña Invierno 2016.....	220
7.2.2	Resultados Campaña Verano 2017 (post- lluvias estivales)	260
8	SUELO O SUSTRATO	304
8.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	304
8.1.1	Descripción del área de estudio	304
8.1.2	Ubicación de puntos muestreo	305
8.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	309
8.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	309
8.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	316

8.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	317
8.2	RESULTADOS	318
8.2.1	Resultados campaña de invierno	318
8.2.2	Resultados campaña de Verano	347
9	LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS).....	375
9.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	376
9.1.1	Descripción del área de estudio	376
9.1.2	Ubicación de puntos muestreo	376
9.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.	380
9.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	380
9.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	385
9.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	385
9.2	RESULTADOS	387
9.2.1	Descripción comparativa de las estaciones de monitoreo campaña de invierno y verano.....	387
9.2.2	Resultados del muestreo campaña de invierno (Calidad de aguas y sedimento y Biota Acuática).....	403
10	AREA DE LAGUNAS	473
10.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	475
10.1.1	Descripción del área de estudio	475
10.1.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua	477
10.1.3	Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua.....	478
10.1.4	Metodología de muestreo y/o medición	480
10.1.5	Metodología de análisis de las imágenes satelitales para delimitación de cuerpos de agua	482
10.1.6	Materiales y equipos utilizados.....	494
10.1.7	Fechas de medición	495
10.2	RESULTADOS	496
10.2.1	Resultados del muestreo campaña invierno de 2016	496
10.2.2	Resultados del muestreo campaña verano de 2016.....	500
11	NIVEL FREATICO EN LAGUNAS	505
11.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	506
11.1.1	Descripción del Área de Estudio.....	506
11.1.2	Ubicación de Puntos de medición y variables.....	508

11.1.3	Metodología de Muestreo, Medición y Análisis.....	510
11.1.4	Materiales y Equipos utilizados	510
11.1.5	Fechas de medición, muestro y/o análisis.	511
11.2	RESULTADOS	512
11.2.1	Resultados de los registros Abril 2016 a Marzo 2017.....	512
11.2.2	Criterios considerados en la evaluación.	513
12	DISCUSIÓN	516
12.1	En relación con Flora y Vegetación	516
12.2	En relación con Fauna Vertebrados Terrestres	541
12.3	En relación con Tapetes Microbianos	567
12.4	En relación con Suelo o Sustrato	572
12.5	En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos).....	616
12.6	En relación con Área de Lagunas	627
12.7	En relación con Nivel Freático de Lagunas.....	632
12.8	En relación al estado ecológico del Sistema	632
13	CONCLUSIONES	642
13.1	En relación con Flora y Vegetación	642
13.2	En relación con Fauna Vertebrados	643
13.3	En relación con Tapetes Microbianos	646
13.4	En relación con Suelo o Sustrato	648
13.5	En relación con Limnología.....	652
13.6	En relación con Área Lagunas	652
13.7	En relación con Nivel Lagunas	654
13.8	En relación con cambio ecológico.....	654
14	REFERENCIAS	655
14.1	Flora y Vegetación	655
14.2	Fauna Vertebrados Terrestres	657
14.3	Tapetes microbianos	662
14.4	Suelo o Sustrato.....	665
14.5	Limnología.....	667
14.6	Área de las Lagunas	669
14.7	Nivel Freático en Lagunas	671
15	ANEXOS.....	671

FIGURAS

Figura N° 2-1. Área de Estudio	20
Figura N° 2-2. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio.	24
Figura N° 5-1. Área de estudio para el monitoreo de la vegetación Invierno- 2016 y Verano – 2017 en el Salar de Atacama.....	34
Figura N° 5-2. Localización general de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el área de estudio, Salar de Atacama.	54
Figura N° 5-3. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en los subsectores La Punta y La Brava, Salar de Atacama.....	55
Figura N° 5-4. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Peine, Salar de Atacama.	56
Figura N° 5-5. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Aguas de Quelana, Salar de Atacama.....	57
Figura N° 5-6. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Soncor, Salar de Atacama.	58
Figura N° 5-7. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Tilopozo, Salar de Atacama.	59
Figura N° 5-8. Localización de sectores donde se obtienen los valores de NDVI en el área de estudio, Salar de Atacama.	69
Figura N° 5-9. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio.	83
Figura N° 5-10. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio.	84
Figura N° 5-11. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio	96

Figura N° 5-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio, verano 2017.....	97
Figura N° 5-13. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	120
Figura N° 5-14. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de herbazal de <i>Juncus balticus</i>	121
Figura N° 5-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo y 1, en la formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	121
Figura N° 5-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> . .	122
Figura N° 5-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> . 122	
Figura N° 5-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	123
Figura N° 5-19. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	139
Figura N° 5-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 2, en la formación de herbazal de <i>Juncus balticus</i>	140
Figura N° 5-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	140
Figura N° 5-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> . .	141
Figura N° 5-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> . 141	
Figura N° 5-24. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	142

Figura N° 6-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y su división en tres sectores (líneas discontinuas), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta.....	155
Figura N° 6-2. Localización de puntos de monitoreo del componente biótico fauna en el área de estudio, Salar de Atacama.....	160
Figura N° 6-3. Categorías de conservación de la UICN.	171
Figura N° 6-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes.	190
Figura N° 6-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes.	208
Figura N° 7-1. Localización de los puntos de muestreo en el área de estudio del Proyecto.....	215
Figura N° 7-2. Zonación macroscópica utilizada para la caracterización de pigmentación laminar de tapetes microbianos en el área de estudio, elaborada de acuerdo a la zonación teórica de un tapete microbiano según las descripciones en Riding y Awramik (2000) y Konhauser (2007).	218
Figura N° 7-3. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos según identificación de macro-zonas pigmentadas, los datos graficados corresponden a valores promedio.	221
Figura N° 7-4. Distribución del número de capas de tapetes microbianos presentes en los puntos de monitoreo, los datos corresponden a valores promedio. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste), y tapetes de base vegetal (verde).	222
Figura N° 7-5. Espesor de tapetes microbianos analizados en el área de estudio. Los valores corresponden al valor máximo de espesor obtenido por punto de monitoreo. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (Barra color azul), sumergidos (Barra color celeste) y de base vegetal (Barra color verde).	223
Figura N° 7-6. Gráfico de parámetros de salinidad y oxígeno disuelto promedio en Lagunas del Salar de Atacama.	260
Figura N° 7-7. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos según identificación de macro-zonas pigmentadas, los datos graficados corresponden a valores promedio.	261

Figura N° 7-8. Distribución del número de capas en tapetes microbianos presentes en los puntos de monitoreo, los datos corresponden a valores promedio. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste), y tapetes de base vegetal (verde).....	262
Figura N° 7-9. Espesor de tapetes microbianos analizados en el área de estudio. Los valores corresponden al valor máximo de espesor obtenido por punto de monitoreo. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste) y de base vegetal (verde).....	263
Figura N° 7-10. Gráfico de parámetros de salinidad y oxígeno disuelto promedio en Lagunas del Salar de Atacama.	303
Figura N° 8-1. Localización original y final de calicatas de monitoreo del componente físico – Suelo en el área de estudio, Salar de Atacama.	308
Figura N° 8-2. Clases texturales del suelo.	315
Figura N° 9-1. Localización de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Aguas y Sedimento, Salar de Atacama.	378
Figura N° 9-2. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine.....	410
Figura N° 9-3. Abundancia Relativa por clase, fitobentos, Sector Peine.	411
Figura N° 9-4. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava.....	413
Figura N° 9-5. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector La Punta y La Brava.	413
Figura N° 9-6. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo.	415
Figura N° 9-7. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector Tilopozo.	416
Figura N° 9-8. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine.....	418
Figura N° 9-9. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector Peine.....	418
Figura N° 9-10. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.	420
Figura N° 9-11. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.	421
Figura N° 9-12. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.....	423

Figura N° 9-13. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.....	424
Figura N° 9-14. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Peine.....	426
Figura N° 9-15. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Peine.....	426
Figura N° 9-16. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.	428
Figura N° 9-17. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.	429
Figura N° 9-18. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Tilopozo.	430
Figura N° 9-19. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Tilopozo.	430
Figura N° 9-20. Abundancia Relativa zooplancton Sector Peine.....	432
Figura N° 9-21. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Peine.....	433
Figura N° 9-22. Abundancia Relativa zooplancton Sector La Punta y La Brava.	434
Figura N° 9-23. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector La Punta y La Brava.	435
Figura N° 9-24. Abundancia Relativa zooplancton Sector Tilopozo.....	436
Figura N° 9-25. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Tilopozo.....	437
Figura N° 9-26. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine.....	445
Figura N° 9-27. Abundancia Relativa por clase, fitobentos, Sector Peine.	446
Figura N° 9-28. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava.....	448
Figura N° 9-29. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector La Punta y La Brava.	449
Figura N° 9-30. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo.	451
Figura N° 9-31. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector Tilopozo.	452
Figura N° 9-32. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine.....	454
Figura N° 9-33. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector Peine.....	454
Figura N° 9-34. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.	456
Figura N° 9-35. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.	457

Figura N° 9-36. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.....	458
Figura N° 9-37. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.....	459
Figura N° 9-38. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Peine.....	461
Figura N° 9-39. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Peine.....	461
Figura N° 9-40. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.	463
Figura N° 9-41. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.	463
Figura N° 9-42. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Tilopozo.	465
Figura N° 9-43. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Tilopozo.	465
Figura N° 9-44. Abundancia Relativa zooplancton Sector Peine.....	467
Figura N° 9-45. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Peine.....	467
Figura N° 9-46. Abundancia Relativa zooplancton Sector La Punta y La Brava.	469
Figura N° 9-47. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector La Punta y La Brava.	470
Figura N° 9-48. Abundancia Relativa zooplancton Sector Tilopozo.....	471
Figura N° 9-49. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Tilopozo.....	472
Figura N° 10-1. Ubicación sistemas lagunares que conforman el área de estudio para monitoreo y seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua por parte del PMB del Proyecto en el Salar de Atacama.	477
Figura N° 10-2. Ejemplo, Mosaico, obtenido a partir del levantamiento fotogramétrico por sistema de dron de ala fija en el sector La Punta y La Brava, campaña verano de 2016.....	481
Figura N° 10-3. Esquema de mosaicos sur 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.....	483
Figura N° 10-4. Ejemplo Imagen Landsat 8 (Banda 5) correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio.....	484
Figura N° 10-5. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.....	487

Figura N° 10-6. Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (<i>raster</i>) a polígonos (<i>shape</i>).....	493
Figura N° 10-7. Materiales y Equipos utilizados en levantamiento fotogramétrico: (izq.) SteadiDrone QU4D o de “ala fija”, (der.) estación de control de vuelo.....	495
Figura N° 10-8. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava. Invierno. Agosto 2016.....	497
Figura N° 10-9. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine. Invierno –Agosto 2016.....	498
Figura N° 10-10. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava. Verano – Diciembre 2016.....	501
Figura N° 10-11. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine. Verano – Diciembre 2016.....	502
Figura N° 11-1. Área de Estudio.....	507
Figura N° 11-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta-La Brava.....	509
Figura N° 11-3. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava ..	514
Figura N° 11-4. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine.....	514
Figura N° 12-1. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes (campanas integradas).....	553
Figura N°12-2. Comparación de abundancia entre las diferentes especies registradas en las lagunas La Punta y La Brava en las estaciones de Invierno 2014 y 2016.....	564
Figura N° 12-3. Comparación de abundancia entre las diferentes especies registradas en Peine (lagunas Salada, Saladita e Interna), en las estaciones de invierno 2014 y 2016.....	565
Figura N° 12-4. Comparación de abundancia entre las diferentes especies registradas en los sistemas lagunares en las estaciones de verano 2015 y 2017.....	566

Figura N° 12-5. Análisis de resultados materia orgánica (%)- Invierno 2016.....	573
Figura N° 12-6. Análisis de resultados para pH. Invierno 2016.	575
Figura N° 12-7. Análisis de resultados para Salinidad (mg/kg).– Invierno 2016. ...	576
Figura N° 12-8. Análisis de resultados conductividad eléctrica (uS/cm)- Invierno 2016.....	578
Figura N° 12-9. Análisis de resultados humedad (%) – Invierno 2016.....	579
Figura N° 12-10. Análisis de resultados nitrógeno (mg/kg) – Invierno 2016.	581
Figura N° 12-11. Análisis de resultados potasio (mg/Kg.) – Invierno 2016.....	582
Figura N° 12-12. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg) - Invierno 2016.....	583
Figura N° 12-13. Análisis de resultados permeabilidad (cm/h). Invierno 2016.....	584
Figura N° 12-14. Análisis de resultados para materia orgánica (%) – Verano 2017.	586
Figura N° 12-15. Análisis de resultados para pH. Verano 2017.	587
Figura N° 12-16. Análisis de resultados para salinidad (mg/kg). Verano 2017.	589
Figura N° 12-17. Análisis de resultados para conductividad eléctrica (uS/cm)-Verano 2017.....	590
Figura N° 12-18. Análisis de resultados para humedad (%)-Verano 2017.....	591
Figura N° 12-19. Análisis de resultados para nitrógeno (mg/kg)-Verano 2017.	592
Figura N° 12-20. Análisis de resultados para potasio (mg/kg)-Verano 2017.	593
Figura N° 12-21. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg)-Verano 2017.....	595
Figura N°12-22. Análisis de resultados para conductividad hidráulica o permeabilidad (cm/h)-Verano 2017.	596
Figura N° 12-23. Variación de la materia orgánica (%). Monitoreos 1 y 2.	598
Figura N° 12-24. Variación de pH. Monitoreos 1 y 2.	600
Figura N° 12-25. Variación de la Salinidad (mg/kg). Monitoreo 1 y 2.	602
Figura N° 12-26. Variación de la conductividad eléctrica (uS/cm). Monitoreos 1 y 2.	604

Figura N° 12-27. Variación de la humedad (%). Monitoreos 1 y 2.	606
Figura N° 12-28. Variación de nitrógeno (mg/kg). Monitoreos 1 y 2.	608
Figura N° 12-29. Variación de potasio (mg/kg). Monitoreos 1 y 2.	609
Figura N° 12-30. Variación de fósforo (mg/kg). Monitoreos 1 y 2.	611
Figura N° 12-31. Variación de conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h). Monitoreos 1 y 2.	613
Figura N° 12-32. Variación de la Profundidad Nivel Freático. Monitoreos 1 y 2.....	615
Figura N° 12-33. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.....	628
Figura N° 12-34. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.....	628
Figura N° 12-35. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava	633
Figura N° 12-36. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.....	634
Figura N° 12-37. Cobertura promedio sector La Punta, La Brava, y Tilopozo, para el Monitoreo Base 0, M1 y M2.	636
Figura N° 12-38. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine.....	638
Figura N°12-39. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.....	639
Figura N° 12-40. Cobertura promedio sector Peine, para el Monitoreo Base 0, M1 y M2.....	640

TABLAS

Tabla N° 2-1: Detalle de las componentes, variables y estaciones reportadas en Informe Campaña Invierno 2016, de acuerdo al Plan de Manejo Biótico, y al numeral 7 Plan de Seguimiento Ambiental Propuesto en el EIA y sus Adendas de la RCA 21/2016.	22
Tabla N° 2-2: Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis	25
Tabla N° 2-3: Identificación de Considerando de la RCA reportada en base a numeral 7.- Plan de Seguimiento Ambiental propuesto en el EIA y sus Adendas.	26
Tabla N° 5-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2016 y verano 2017.	35
Tabla N° 5-2. Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes.	38
Tabla N° 5-3. Categorías de altura empleadas para la vegetación.	38
Tabla N° 5-4. Rango de valores para la cobertura vegetal.	39
Tabla N° 5-5. Categorías de posición topográfica.	39
Tabla N° 5-6. Caracterización del grado de alteración de la vegetación en las formaciones vegetales.	40
Tabla N° 5-7. Categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación en terreno.	44
Tabla N° 5-8. Definición de categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones con presencia en el área de estudio.	44
Tabla N° 5-9. Ejemplos de codificación de las unidades vegetales homogéneas según análisis de recubrimiento de suelo y tipo de formación según nomenclatura COT.	47
Tabla N° 5-10. Ejemplos de la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la codificación de las unidades vegetales (UV).....	47
Tabla N° 5-11. Ejemplos comparativos para la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la nomenclatura COT.	48
Tabla N° 5-12. Ejemplo de agrupación de formaciones vegetales.	48
Tabla N° 5-13. Ejemplos de descripción de formaciones vegetales: rangos de altura y de cobertura identificados en las unidades descritas y su mediana (valores recurrentes).....	49

Tabla N° 5-14. Coordenadas de las transectas de monitoreo del Plan de Manejo Biótico del subcomponente Flora y Vegetación, en los sectores de estudio.	51
Tabla N° 5-15. Formaciones vegetales y número de transectas por sector.	60
Tabla N° 5-16. Contenido de humedad del suelo.	63
Tabla N° 5-17. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades - 1A.	71
Tabla N° 5-18. Umbrales de NDVI por formación vegetal y sector de monitoreo.	75
Tabla N° 5-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto.	80
Tabla N° 5-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto.	82
Tabla N° 5-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, monitoreo verano.	94
Tabla N° 5-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto.	95
Tabla N° 5-23. Descripción de las formaciones vegetales de la agrupación vegetal matorral con dominancia de <i>Atriplex atacamensis</i> , en el área de influencia.	98
Tabla N° 5-24. Descripción de las formaciones vegetales de la agrupación vegetal matorral con dominancia de <i>Aloysia deserticola</i> , en el área de influencia.	99
Tabla N° 5-25. Descripción de la formación vegetal de matorral de <i>Ephedra breana</i> , en el área de influencia.	101
Tabla N° 5-26. Descripción de la formación vegetal de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> , en el área de influencia.	102
Tabla N° 5-27. Descripción de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Baccharis juncea</i> , en el área de influencia.	103
Tabla N° 5-28. Descripción de la formación vegetal de vega de <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.	104
Tabla N° 5-29. Descripción de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Juncus balticus</i> , en el área de influencia.	105
Tabla N° 5-30. Descripción de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Schoenoplectus californicus</i> , en el área de influencia.	106

Tabla N° 5-31. Descripción de la formación vegetal de vega de <i>Triglochin concinna</i> , en el área de influencia.....	107
Tabla N° 5-32. Descripción de la formación vegetal de matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , en el área de influencia.	109
Tabla N° 5-33. Descripción de la formación vegetal <i>matorral – vega de Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.....	110
Tabla N° 5-34. Descripción de la formación vegetal <i>matorral hídrico – vega con dominancia de Lycium humile</i> , en el área de influencia.....	112
Tabla N° 5-35. Descripción de la formación vegetal <i>matorral hídrico – vega con dominancia de Sarcocornia fruticosa</i> , en el área de influencia.....	113
Tabla N° 5-36. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo.	114
Tabla N° 5-37. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 1 (invierno 2016), en cada subsector.	115
Tabla N° 5-38. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 1.....	126
Tabla N° 5-39. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 1.....	129
Tabla N° 5-40. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, en Monitoreo 1.....	131
Tabla N° 5-41. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 1.....	132
Tabla N° 5-42. Resumen de la validación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 2, en cada subsector.	134
Tabla N° 5-43. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 2.....	144
Tabla N° 5-44. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 2.....	147
Tabla N° 5-45. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, para el Monitoreo 2.	149
Tabla N° 5-46. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 2.....	150
Tabla N° 5-47. Superficies de vegetación activa (NDVI) en base a la COT por sector.....	151
Tabla N° 6-1. Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo (PM) de fauna, Salar de Atacama. Región de Antofagasta. Sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19.	157

Tabla N° 7-1. Puntos de medición y control fijo para Tapetes Microbianos en el área de estudio, Salar de Atacama.	216
Tabla N° 7-2. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas de tapetes microbianos, Punto S-6A, Laguna Salada.....	227
Tabla N° 7-3. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.....	229
Tabla N° 7-4. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos superficiales, y principales coloraciones distribuidos en el Punto de Monitoreo SA-25.	233
Tabla N° 7-5. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal en el Punto de Monitoreo SA-25.	233
Tabla N° 7-6. Descripción general de la distribución vertical, estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.	236
Tabla N° 7-7. Descripción de la configuración laminar, distribución vertical y coloración de tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.....	239
Tabla N° 7-8. Descripción de la estructura laminar en muestras del borde superficial y sedimento de Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.	241
Tabla N° 7-9. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	244
Tabla N° 7-10. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.....	246
Tabla N° 7-11. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos parcialmente sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.	248
Tabla N° 7-12. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.	250
Tabla N° 7-13. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.....	252
Tabla N° 7-14. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos parcialmente sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Tilopozo.....	255

Tabla N° 7-15. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama.....	257
Tabla N° 7-16. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama (E.M. = Estación Meteorológica, registro de radiación solar total).	259
Tabla N° 7-17. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas de tapetes microbianos, Punto S-6A, Laguna Salada.....	267
Tabla N° 7-18. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.....	270
Tabla N° 7-19. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos superficiales, y principales coloraciones distribuidos en el Punto de Monitoreo SA-25.	273
Tabla N° 7-20. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal en el Punto de Monitoreo SA-25.....	273
Tabla N° 7-21. Descripción general de la estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.....	278
Tabla N° 7-22. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano del sector S-11, que exhibe débil pigmentación, en planicie sumergida interno de Laguna Saladita (isla).....	278
Tabla N° 7-23. Descripción de la configuración laminar, distribución vertical y coloración de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.....	281
Tabla N° 7-24. Tabla Descripción de la estructura laminar en muestras del borde superficial y sedimento de Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.....	283
Tabla N° 7-25. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	285
Tabla N° 7-26. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.....	288
Tabla N° 7-27. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.	290
Tabla N° 7-28. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.	292

Tabla N° 7-29. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.....	295
Tabla N° 7-30. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama.....	300
Tabla N° 7-31. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama (E.M. = Estación Meteorológica, registro de radiación solar total).	302
Tabla N° 8-1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S), originales, Monitoreos 1 y 2, puntos de muestreo suelo.....	307
Tabla N° 8-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo	309
Tabla N° 8-3. Parámetros evaluados y método de análisis. Componente Suelo.	311
Tabla N° 8-4. Valores de Materia orgánica (%)	312
Tabla N° 8-5. Interpretación del pH.....	313
Tabla N° 8-6. Categorías de Salinidad.....	313
Tabla N° 8-7. Niveles de Fosforo (mg/kg).....	313
Tabla N° 8-8. Niveles de Nitrógeno (mg/kg)	314
Tabla N° 8-9. Niveles de Potasio (mg/kg)	314
Tabla N° 8-10. Rangos de conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h).....	314
Tabla N° 8-11. Tamaño de partículas que determina la textura del suelo.....	315
Tabla N° 8-12. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Invierno 2016.....	319
Tabla N° 8-13. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Invierno 2016.....	321
Tabla N° 8-14. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Invierno 2016.....	323
Tabla N° 8-15. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Invierno 2016.....	325
Tabla N° 8-16. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Invierno 2016.....	327

Tabla N° 8-17. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Invierno 2016.....	329
Tabla N° 8-18. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Invierno 2016.....	331
Tabla N° 8-19. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Invierno 2016.....	333
Tabla N° 8-20. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Invierno 2016.....	335
Tabla N° 8-21. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Invierno 2016.....	338
Tabla N° 8-22. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Invierno 2016.....	340
Tabla N° 8-23. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Invierno 2016.....	342
Tabla N° 8-24. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Invierno 2016.....	344
Tabla N° 8-25. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Invierno 2016.....	346
Tabla N° 8-26. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Verano 2017.....	348
Tabla N° 8-27. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Verano 2017.....	350
Tabla N° 8-28. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Verano 2017.....	352
Tabla N° 8-29. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Verano 2017.....	354
Tabla N° 8-30. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Verano 2017.....	356
Tabla N° 8-31. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Verano 2017.....	357
Tabla N° 8-32. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Verano 2017.....	360
Tabla N° 8-33. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Verano 2017.....	362

Tabla N° 8-34. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Verano 2017.....	363
Tabla N° 8-35. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Verano 2017.....	366
Tabla N° 8-36. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Verano 2017.....	368
Tabla N° 8-37. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Verano 2017.....	369
Tabla N° 8-38. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Verano 2017.....	372
Tabla N° 8-39. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Verano 2017.....	374
Tabla N° 9-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2016 y verano 2017.	377
Tabla N° 9-2. Metodologías y unidades asociadas a Calidad de agua.	381
Tabla N° 9-3. Metodologías y unidades asociadas a Calidad de Sedimentos.	382
Tabla N° 9-4. Instrumentos medición In Situ.....	385
Tabla N° 9-5. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática.....	385
Tabla N° 9-6. Fechas de muestreo de cada una de las variables.	386
Tabla N° 9-7. Parámetros de calidad de agua, Sector Peine.	403
Tabla N° 9-8. Parámetros de calidad de agua, Sector La Punta y La Brava.....	404
Tabla N° 9-9. Parámetros de calidad de agua, Sector Tilopozo.....	405
Tabla N° 9-10. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Peine.	406
Tabla N° 9-11. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector La Punta y La Brava.....	407
Tabla N° 9-12. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Tilopozo.....	407
Tabla N° 9-13. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine.....	408
Tabla N° 9-14. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava.	411
Tabla N° 9-15. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo.....	414

Tabla N° 9-16. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.	416
Tabla N° 9-17. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.	419
Tabla N° 9-18. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.....	421
Tabla N° 9-19. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza, Sector Peine.	425
Tabla N° 9-20. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.	427
Tabla N° 9-21. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.	429
Tabla N° 9-22. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.	431
Tabla N° 9-23. Comunidad zooplancton, abundancia (ind/l), Sector La Punta y La Brava.....	433
Tabla N° 9-24. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza, Sector Tilopozo.....	435
Tabla N° 9-25. Comunidad Macrófitas (% cobertura) en el área de estudio.	437
Tabla N° 9-26. Parámetros de calidad de agua, Sector Peine.	438
Tabla N° 9-27. Parámetros de calidad de agua, Sector La Punta y La Brava.....	439
Tabla N° 9-28. Parámetros de calidad de agua, Sector Tilopozo.....	440
Tabla N° 9-29. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Peine.	441
Tabla N° 9-30. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector La Punta y La Brava.....	442
Tabla N° 9-31. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Tilopozo.....	442
Tabla N° 9-32. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine.....	443
Tabla N° 9-33. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava.	446
Tabla N° 9-34. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo.....	449
Tabla N° 9-35. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.	452
Tabla N° 9-36. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.	455
Tabla N° 9-37. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.....	457
Tabla N° 9-38. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza, Sector Peine.	460

Tabla N° 9-39. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.	462
Tabla N° 9-40. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.	464
Tabla N° 9-41. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.	466
Tabla N° 9-42. Comunidad zooplancton, abundancia (ind/l), Sector La Punta y La Brava.....	468
Tabla N° 9-43. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza, Sector Tilopozo.....	470
Tabla N° 9-44. Comunidad Macrófitas (% cobertura) en el área de estudio.	472
Tabla N° 10-1. Resumen de Componentes y Variables	474
Tabla N° 10-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargadas de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control.	474
Tabla N° 10-3. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de invierno 2016, 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.....	479
Tabla N° 10-4. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de verano 2016, 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.....	480
Tabla N° 10-5. Características técnicas del sensor Pleiades-1A.....	482
Tabla N° 10-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8	485
Tabla N° 10-7. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades 1A y Landsat 8) para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama. Campaña de invierno de 2016.	490
Tabla N° 10-8. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades 1A y Landsat 8) para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama. Campaña de verano de 2016.....	491
Tabla N° 10-9. Superficies (en hectáreas) de coberturas de los cuerpos de agua en sistemas lagunares del área de estudio.	496

Tabla N° 10-10. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar, período Agosto 2016.	499
Tabla N° 10-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar, período Agosto 2016	500
Tabla N° 10-12. Superficies (en hectáreas) de coberturas de los cuerpos de agua en sistemas lagunares del área de estudio.	501
Tabla N° 10-13. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar.	503
Tabla N° 10-14. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar.	504
Tabla N° 11-1. Información Reportada	505
Tabla N° 11-2. Responsable de las Mediciones, Muestreo y/o Análisis.....	505
Tabla N° 11-3. Identificación de Considerando en la RCA	506
Tabla N° 11-4. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas	508
Tabla N° 11-5. Materiales y Equipos.....	510
Tabla N° 11-6. Fechas de Medición.....	511
Tabla N° 11-7. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava.....	512
Tabla N° 11-8. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine.....	513
Tabla N° 11-9. Valores Mínimos, Máximos y Promedio de la Serie	515
Tabla N° 12-1. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano 2017 respecto al monitoreo de invierno 2016	517
Tabla N° 12-2. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de invierno respecto a la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).	522
Tabla N° 12-3. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano respecto a la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).	525

Tabla N° 12-4. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector.	539
Tabla N° 12-5. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de <i>Schoenoplectus californicus</i> , en relación a los registros históricos de alta resolución.	540
Tabla N° 12-6. Profundidad Nivel Freático. Monitoreos 1 y 2.	614
Tabla N° 12-7. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales de Alta Resolución (AR) y media resolución (L8): entre registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015) y monitoreos de invierno y verano de 2016 (Fases de Construcción y Operación, 2016).	627
Tabla N° 12-8. Consolidado de índices <i>Kappa</i> de validación del modelo de clasificación por sistema lagunar.	630
Tabla N° 12-9. Variación en coberturas de invierno 2016 por validación complementaria realizada durante el monitoreo de sistemas lagunares en la campaña de verano de 2016.	630
Tabla N°12-10. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Tilopozo – La Punta y La Brava.	637
Tabla N° 12-11. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Tilopozo – La Punta y La Brava.	641
Tabla N° 13-1. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales de Alta Resolución (AR) y media resolución (L8): entre registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015) y monitoreos de invierno y verano de 2016 (Fases de Construcción y Operación, 2016).	653

FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 5-1. Ejemplo de estaca en el punto inicial de las transectas de monitoreo en el área del Salar.....	62
Fotografía N° 5-2. Ejemplos de especies en estado fenológico vigoroso versus especies en estado latente y rastrojos.	64
Fotografía N° 5-3. Ejemplos de condiciones de sustrato definidas para el muestreo en áreas desprovistas de vegetación.	65
Fotografía N° 5-4. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal.	86
Fotografía N° 5-5. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal.	89
Fotografía N° 5-6. Fisonomía de otros recubrimientos (sin vegetación) en el área de estudio.....	91
Fotografía N° 5-7. Vegetación en lagunas al norte del sector Soncor.....	91
Fotografía N° 5-8. Fisonomía de la agrupación vegetal matorral con dominancia de <i>Atriplex atacamensis</i> , en el área de influencia.	99
Fotografía N° 5-9. Fisonomía de la agrupación vegetal matorral con dominancia de <i>Aloysia deserticola</i> , en el área de influencia.....	100
Fotografía N° 5-10. Fisonomía de la formación vegetal de matorral de <i>Atriplex imbricata</i> , en el área de influencia.	100
Fotografía N° 5-11. Fisonomía de la formación vegetal de matorral de <i>Ephedra breana</i> , en el área de influencia.....	101
Fotografía N° 5-12. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> , en el área de influencia.	102
Fotografía N° 5-13. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Baccharis juncea</i> , en el área de influencia.	103
Fotografía N° 5-14. Fisonomía de la formación vegetal de vega de <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.	104
Fotografía N° 5-15. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Juncus balticus</i> , en el área de influencia.	105
Fotografía N° 5-16. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Schoenoplectus californicus</i> , en el área de influencia.	106

Fotografía N° 5-17. Fisonomía de la formación vegetal de vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.....	108
Fotografía N° 5-18. Fisonomía de la formación vegetal de matorral hídrico de <i>Lycium humile</i> , en el área de influencia.	108
Fotografía N° 5-19. Fisonomía de la formación vegetal de matorral hídrico <i>Sarcocornia fruticosa</i> en el área de influencia.....	109
Fotografía N° 5-20. Fisonomía de la formación vegetal <i>matorral – vega de Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.	110
Fotografía N° 5-21. Fisonomía de la formación vegetal de <i>matorral – vega de Ephedra breana</i> y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.	111
Fotografía N° 5-22. Fisonomía de la formación vegetal <i>matorral hídrico – vega con dominancia de Lycium humile</i> , en el área de influencia.	112
Fotografía N° 5-23. Fisonomía de la formación vegetal <i>matorral hídrico – Vega con dominancia de Sarcocornia fruticosa</i> , en el área de influencia.	113
Fotografía N° 5-24. Fisonomía de herbazal de <i>Distichlis spicata</i> , en distintas transectas de estudio.	117
Fotografía N° 5-25. Fisonomía de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> , en transectas de estudio.	117
Fotografía N° 5-26. Fisonomía de herbazal de <i>Juncus balticus</i> , en transectas de estudio.....	118
Fotografía N° 5-27. Fisonomía de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> , en transectas de estudio.....	118
Fotografía N° 5-28. Fisonomía de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , en transectas de estudio.....	118
Fotografía N° 5-29. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> , en transectas de estudio.....	119
Fotografía N° 5-30. Área desprovista de vegetación en sector Soncor, en transecta de estudio.....	119
Fotografía N° 5-31. Fisonomía de herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en verano, en distintas transectas de estudio.....	136
Fotografía N° 5-32. Fisonomía de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en verano, en transectas de estudio.....	137

Fotografía N° 5-33. Fisonomía de herbazal de <i>Juncus balticus</i> en verano, en distintas transectas de estudio.....	137
Fotografía N° 5-34. Fisonomía de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> en verano, en transectas de estudio.....	137
Fotografía N° 5-35. Fisonomía de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en verano, en transectas de estudio.....	138
Fotografía N° 5-36. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> en verano, en transectas de estudio.....	138
Fotografía N° 6-1. Ambientes del área de estudio. A) Humedal Salar (arriba; izquierda); B) Humedal Pajonal (arriba, derecha); C) Herbazal (abajo, izquierda); D) Matorral (abajo, derecha).....	161
Fotografía N° 6-2. Instalación de cámara trampa con atrayente olfativo.....	167
Fotografía N° 6-3. Trampa tipo Sherman cebada y etiquetada.....	168
Fotografía N° 6-4. Reptiles del área de estudio. <i>Liolaemus constanzae</i> (superior) y <i>Liolaemus fabiani</i> (inferior).....	182
Fotografía N° 6-5. Aves del área de estudio. Playero de Baird (arriba, izquierda), Parina grande (arriba, derecha), Pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y Gaviota andina (abajo, derecha).....	184
Fotografía N° 6-6. Macromamíferos del área de estudio. Zorro culpeo, en cámara trampa (arriba), burro (abajo).....	186
Fotografía N° 6-7. Micromamíferos del área de estudio. Tuco-tuco de Atacama (arriba), liberación de Lauchón orejudo amarillo (abajo).....	187
Fotografía N° 6-8. Aves del área de estudio. Garza grande (arriba, izquierda), Parina grande (arriba, derecha), Pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y Flamenco chileno (abajo, derecha).....	202
Fotografía N° 6-9. Mamíferos del área de estudio. Chululo o Tuco tuco de Atacama (arriba), y Burros (abajo).....	204
Fotografía N° 7-1. Tapete microbiano del sitio S-9 que muestra laminaciones pigmentadas observadas, en planicies del margen externo de Laguna Salada. Se indican las macro-zonas presentes: sub-superficial (MS), intermedia (MM), profunda (MP) (marca de escala=10 mm).....	219
Fotografía N° 7-2. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada.....	224

Fotografía N° 7-3. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada. Se observa ausencia de tapetes microbianos (marca de escala = 10mm).	224
Fotografía N° 7-4. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, se observan evidentes huellas humanas en el borde lagunar.	225
Fotografía N° 7-5. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala = 5 mm).	226
Fotografía N° 7-6. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.	226
Fotografía N° 7-7. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada.	228
Fotografía N° 7-8. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = 7 mm).	228
Fotografía N° 7-9. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita.	230
Fotografía N° 7-10. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos	231
Fotografía N° 7-11. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25. Se observa la estratificación de 2 capas pigmentadas (marca de escala = 7 mm).	231
Fotografía N° 7-12. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25.	232
Fotografía N° 7-13. Tapete microbiano de base vegetal presente en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita (marca de escala = 5 mm).	232
Fotografía N° 7-14. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.	233
Fotografía N° 7-15. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	234
Fotografía N° 7-16. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.	235
Fotografía N° 7-17. Tapete microbiano del sector S-11, en borde superficial interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 3 mm).	235
Fotografía N° 7-18. Tapete microbiano del sector S-11, en borde superficial interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 3 mm).	236

Fotografía N° 7-19. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.....	237
Fotografía N° 7-20. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	238
Fotografía N° 7-21. Muestra del borde superficial de Laguna Interna, sector I-11. Se observa la estratificación de 2 capas pigmentadas (marca de escala = 3 mm).	238
Fotografía N° 7-22. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.....	240
Fotografía N° 7-23. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna (marca de escala = 7 mm).	240
Fotografía N° 7-24. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	242
Fotografía N° 7-25. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	242
Fotografía N° 7-26. Tapete microbiano del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala = 7 mm).	243
Fotografía N° 7-27. Tapete microbiano del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala = 10 mm).	243
Fotografía N° 7-28. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.	245
Fotografía N° 7-29. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.	245
Fotografía N° 7-30. Tapete microbiano del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 3 mm).	246
Fotografía N° 7-31. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-1, Laguna La Brava.	247
Fotografía N° 7-32. Vista lateral tapete microbiano tipo dermiforme en Punto LB-1, Laguna La Brava.....	247
Fotografía N° 7-33. Tapete microbiano de tipo dermiforme del sector LB-1, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm).....	248
Fotografía N° 7-34. Área de muestreo de tapetes en Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.....	249
Fotografía N° 7-35. Tapete microbiano sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm).	249
Fotografía N° 7-36. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.	251

Fotografía N° 7-37. Tapete microbiano sumergido Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm).....	251
Fotografía N° 7-38. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.....	253
Fotografía N° 7-39. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	253
Fotografía N° 7-40. Punto de Monitoreo TB-2, Vegas de Tilopozo. Estacas instaladas para monitoreo de tapetes microbianos (flecha amarilla).	254
Fotografía N° 7-41. Tapete microbiano observado en sector TB-2, Tilopozo (escala = 5 mm).	254
Fotografía N° 7-42. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.....	255
Fotografía N° 7-43. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	256
Fotografía N° 7-44. Ejemplo de microbialito observado en laguna La Brava (LB-1) (Invierno 2016).....	258
Fotografía N° 7-45. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada.	264
Fotografía N° 7-46. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada. Se observa ausencia de tapetes microbianos.....	264
Fotografía N° 7-47. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada.....	265
Fotografía N° 7-48. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala = 3 mm).	266
Fotografía N° 7-49. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.	266
Fotografía N° 7-50. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada.	268
Fotografía N° 7-51. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.	268
Fotografía N° 7-52. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = 7 mm).	269
Fotografía N° 7-53. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita.	271

Fotografía N° 7-54. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita. Se observa la presencia de una ligera mono-capa verde sub-superficial (marca de escala = 3 mm).....	271
Fotografía N° 7-55. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25. (marca de escala = 2 mm).	272
Fotografía N° 7-56. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25 (marca de escala = 5 cm).	272
Fotografía N° 7-57. Tapete microbiano asociado a formaciones vegetacionales en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita (marca de escala = 2 mm).	273
Fotografía N° 7-58. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.	274
Fotografía N° 7-59. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	274
Fotografía N° 7-60. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.	276
Fotografía N° 7-61. Tapete microbiano del sector S-11, en borde sumergido interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 4 mm).	276
Fotografía N° 7-62. Tapete microbiano sumergido del sector S-11, Laguna Saladita (marca de escala = 5 mm).	277
Fotografía N° 7-63. Tapete microbiano sumergido del sector S-11, que exhibe débil pigmentación, Laguna Saladita (marca de escala = 5 mm).	277
Fotografía N° 7-64. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.....	279
Fotografía N° 7-65. Tapete microbiano en borde sumergido del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna (marca de escala = 5 mm).	280
Fotografía N° 7-66. Margen superficial de Laguna Interna, sector I-11. Se observa débil estratificación de capas pigmentadas (marca de escala = 4 mm).	280
Fotografía N° 7-67. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.....	282
Fotografía N° 7-68. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna (marca de escala = 4 mm).	282
Fotografía N° 7-69. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	284
Fotografía N° 7-70. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	284

Fotografía N° 7-71. Tapetes microbianos del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 5 mm (A); 2 mm (B)).....	285
Fotografía N° 7-72. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.....	286
Fotografía N° 7-73. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta.....	287
Fotografía N° 7-74. Tapetes microbianos del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 3 mm)	287
Fotografía N° 7-75. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-1 (A), Laguna La Brava. Zona donde se visualiza distribución constante de tapetes (B).....	289
Fotografía N° 7-76. Vista lateral tapete microbiano en Punto LB-1, Laguna La Brava.	289
Fotografía N° 7-77. Tapete microbiano del sector LB-1, Laguna La Brava (marca de escala = 4 mm).	290
Fotografía N° 7-78. Área de muestreo de tapetes en Punto de Monitoreo LB-2 (A), Laguna La Brava. Zona donde se visualizan distribución de tapetes microbianos (B).	291
Fotografía N° 7-79. Tapetes microbianos sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm (A); 6 mm (B)).....	292
Fotografía N° 7-80. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.	293
Fotografía N° 7-81. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 3 mm).....	294
Fotografía N° 7-82. Tapetes microbianos expuestos en Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala=3 mm).....	294
Fotografía N° 7-83. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.....	296
Fotografía N° 7-84. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	296
Fotografía N° 7-85. Punto de Monitoreo TB-2 (A), Vegas de Tilopozo. Localización de toma de muestra (B) (flecha azul en A). Estacas instaladas para monitoreo de tapetes microbianos (flecha amarilla en A).	297
Fotografía N° 7-86. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	298
Fotografía N° 7-87. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.....	299

Fotografía N° 7-88. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos	299
Fotografía N° 7-89. Ejemplo de microbialito observado en laguna La Brava (LB-1) (Verano 2017)	301
Fotografía N° 8-1. Materiales utilizados para extraer muestras de suelo para conductividad hidráulica (permeabilidad).	316
Fotografía N° 8-2. Vista general punto de muestreo S 1. Invierno 2016.	318
Fotografía N° 8-3. Vista general perfil punto de muestreo S 1, invierno 2016.	320
Fotografía N° 8-4. Vista general punto de muestreo S 2. Invierno 2016.	320
Fotografía N° 8-5. Vista general perfil punto de muestreo S 2, invierno 2016.	322
Fotografía N° 8-6. Vista general punto de muestreo S 7. Invierno 2016.	322
Fotografía N° 8-7. Vista general perfil punto de muestreo S 7, invierno 2016.	324
Fotografía N° 8-8. Vista general punto de muestreo S 8. Invierno 2016.	324
Fotografía N° 8-9. Vista general perfil punto de muestreo S 8, invierno 2016.	326
Fotografía N° 8-10. Vista general perfil punto de muestreo S 9, invierno 2016.	327
Fotografía N° 8-11. Vista general punto de muestreo S 13. Invierno 2016.	328
Fotografía N° 8-12. Vista general perfil punto de muestreo S 13, invierno 2016.	329
Fotografía N° 8-13. Vista general punto de muestreo S 3. Invierno 2016.	330
Fotografía N° 8-14. Vista general perfil punto de muestreo S 3, invierno 2016.	331
Fotografía N° 8-15. Vista general perfil punto de muestreo S 3, nivel freático subsuperficial. Invierno 2016.	332
Fotografía N° 8-16. Vista general perfil punto de muestreo S 4, invierno 2016.	333
Fotografía N° 8-17. Vista general perfil punto de muestreo S 4, nivel freático subsuperficial. Invierno 2016.	334
Fotografía N° 8-18. Vista general punto de muestreo S 5. Invierno 2016.	334
Fotografía N° 8-19. Vista general perfil de suelo punto de muestreo S 5, invierno 2016.	336
Fotografía N° 8-20. Vista general calicata punto de muestreo S 5, nivel freático subsuperficial. Nivel freático a 2 cm. Invierno 2016.	336

Fotografía N° 8-21. Vista general punto de muestreo S 6. Invierno 2016.	337
Fotografía N° 8-22. Vista general perfil punto de muestreo S 6, invierno 2016.	338
Fotografía N° 8-23. Vista general punto de muestreo S 10. Invierno 2016.	339
Fotografía N° 8-24. Vista general perfil punto de muestreo S 10, invierno 2016.	340
Fotografía N° 8-25. Vista general punto de muestreo S 11. Invierno 2016.	341
Fotografía N° 8-26. Vista general perfil punto de muestreo S 11, nivel freático subsuperficial. Invierno 2016.	342
Fotografía N° 8-27. Vista general punto de muestreo S 12. Invierno 2016.	343
Fotografía N° 8-28. Vista general perfil punto de muestreo S 12, invierno 2016.	344
Fotografía N° 8-29. Vista general punto de muestreo S 14. Invierno 2016.	345
Fotografía N° 8-30. Vista general perfil punto de muestreo S 14, invierno 2016.	346
Fotografía N° 8-31. Vista general punto de muestreo S 1. Verano 2017.	347
Fotografía N° 8-32. Vista general perfil punto de muestreo S 1. Verano 2017.	348
Fotografía N° 8-33. Vista general punto de muestreo S 2. Verano 2017.	349
Fotografía N° 8-34. Vista general perfil punto de muestreo S 2. Verano 2017.	350
Fotografía N° 8-35. Vista general punto de muestreo S 7. Verano 2017.	351
Fotografía N° 8-36. Vista general perfil punto de muestreo S 7. Verano 2017.	352
Fotografía N° 8-37. Vista general punto de muestreo S 8. Verano 2017.	353
Fotografía N° 8-38. Vista general perfil punto de muestreo S 8. Verano 2017.	354
Fotografía N° 8-39. Vista general punto de muestreo S 9. Verano 2017.	355
Fotografía N° 8-40. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Verano 2017.	356
Fotografía N° 8-41. Vista general punto de muestreo S 13. Verano 2017.	357
Fotografía N° 8-42. Vista general perfil punto de muestreo S 13. Verano 2017.	358
Fotografía N° 8-43. Vista general punto de muestreo 3 (S 3). Verano 2017.	359
Fotografía N° 8-44. Vista general perfil punto de muestreo S 3. Verano 2017.	360
Fotografía N° 8-45. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2017.	361
Fotografía N° 8-46. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2017.	362

Fotografía N° 8-47. Vista general punto de muestreo S 5. Verano 2017.	363
Fotografía N° 8-48. Vista general perfil punto de muestreo S 5. Verano 2017.	364
Fotografía N° 8-49. Vista general punto de muestreo S 6. Verano 2017.	365
Fotografía N° 8-50. Vista general perfil punto de muestreo S 6. Verano 2017.	366
Fotografía N° 8-51. Vista general punto de muestreo S 10. Verano 2017.	367
Fotografía N° 8-52. Vista general perfil punto de muestreo S 10. Verano 2017.	368
Fotografía N° 8-53. Vista general punto de muestreo S 11. Verano 2017.	369
Fotografía N° 8-54. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Verano 2017.	370
Fotografía N° 8-55. Vista general punto de muestreo S 12. Verano 2017.	371
Fotografía N° 8-56. Vista general perfil punto de muestreo S 12. Verano 2017.	372
Fotografía N° 8-57. Vista general punto de muestreo S 14. Verano 2017.	373
Fotografía N° 8-58. Vista general perfil punto de muestreo S 14. Verano, 2017.	374
Fotografía N° 9-1. 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.	379
Fotografía N° 9-2. Estación S-9. Campaña de Invierno 2016.....	388
Fotografía N° 9-3. Estación S-9. Campaña de verano 2017	388
Fotografía N° 9-4. Estación S-5. Campaña Invierno 2016.....	389
Fotografía N° 9-5. Estación S-5.Campaña Verano 2017	389
Fotografía N° 9-6. Estación S10. Campaña Invierno 2016.....	390
Fotografía N° 9-7. Estación S10.Campaña Verano 2017	390
Fotografía N° 9-8. Estación SA-25. Campaña Invierno 2016	391
Fotografía N° 9-9. Estación SA-25.Campaña Verano 2017	391
Fotografía N° 9-10. Estación I-11. Campaña Invierno 2016.....	392
Fotografía N° 9-11. Estación I-11.Campaña Verano 2017	392
Fotografía N° 9-12. Estación I-17.Campaña Invierno 2016.....	393
Fotografía N° 9-13. Estación I-17.Campaña Verano 2017	393

Fotografía N° 9-14. Estación LB-1. Campaña Invierno 2016.....	394
Fotografía N° 9-15. Estación LB-1.Campaña Verano 2017	395
Fotografía N° 9-16. Estación LB-2. Campaña Invierno 2016.....	395
Fotografía N° 9-17. Estación LB-2. Campaña Verano 2017	396
Fotografía N° 9-18. Estación LB-3. Campaña Invierno 2016.....	396
Fotografía N° 9-19. Estación LB-3.Campaña Verano 2017	397
Fotografía N° 9-20. Estación LP-23. Campaña Invierno 2016.....	397
Fotografía N° 9-21. Estación LP-23.Campaña Verano 2017	398
Fotografía N° 9-22. Estación LP-24. Campaña Invierno 2016.....	398
Fotografía N° 9-23. Estación LP-24.Campaña Verano 2017	399
Fotografía N° 9-24. Estación TB-1.Campaña Invierno 2016	400
Fotografía N° 9-25. Estación TB-1.Campaña Verano 2017.....	400
Fotografía N° 9-26. Estación TB-2.Campaña Invierno 2016	401
Fotografía N° 9-27. Estación TB-2.Campaña Verano 2017.....	401
Fotografía N° 9-28. Estación TB-3. Campaña Invierno 2016	402
Fotografía N° 9-29. Estación TB-3. Campaña Verano 2017.....	402
Fotografía N° 12-2. Principales variaciones en el tipo de recubrimiento de suelo obtenidas durante la validación complementaria: (a) y (b) representan <i>otros recubrimientos</i> –no cuerpos de agua- rectificados sobre zonas de napas someras y con desarrollo de tapete microbiano en el sector La Punta y La Brava.....	631

1 RESUMEN

El presente informe corresponde al primer Informe Anual de Monitoreo o Seguimiento del **Plan de Manejo Biótico**, comprometido en el Proyecto “**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta**” de Rockwood Lithium, aprobado por Resolución de Calificación Ambiental (RCA) mediante **RCA N° 21 de fecha 20 de enero del 2016**.

En este documento se reportan las variables y los parámetros definidos para dar seguimiento a las componentes y subcomponentes, definidas en el Plan de Manejo Biótico (Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto).

El presente Informe, da cuenta de las campañas de invierno 2016 y verano 2016-2017, las cuales se desarrollaron durante los meses de agosto del 2016, y entre diciembre del 2016 (para seguimiento de superficies lagunares) y marzo - abril del 2017. El PMB indica que las campañas de verano deben realizarse de preferencia en época post-lluvias (referidas al invierno Boliviano). La campaña de verano del 2017, tuvo lugar entre los días 27 al 31 de marzo y entre el 06 y 10 de abril del 2017, la cual debió postergarse de acuerdo a lo planificado (que era enmarcarse estrictamente dentro de la estación de verano), debido a las intensas lluvias que acontecieron en la zona entre los días 23 y 26 de febrero del 2017, según lo indicado por la estación meteorológica de Rockwood Lithium existente en la Planta Salar, situación que con posterioridad al evento climático, hizo intransitables e inseguros los caminos dentro del salar para la ejecución de las campañas, por lo que debido a estas razones de fuerza mayor, hubo que realizarlas en un período tardío de verano.

La primera campaña del PMB del proyecto, en agosto del 2016, se realiza en etapa de Construcción, previo al inicio de operaciones. En cambio, desde diciembre 2016 a marzo 2017, se realiza la campaña de verano en el marco de la etapa de Operación del proyecto.

Los resultados entregados en cada componente y subcomponente fueron evaluados y comparados en relación a los registros de línea base del proyecto u otros registros para el área, en caso de existir, y en aquellas variables que no presentan antecedentes previos, éstos son analizados en la medida que avancen las campañas de monitoreo en el tiempo y se vayan generando registros.

En términos generales, los componentes evaluados son Biota, Suelo y Agua, pero se presentan para cada una de las **subcomponentes monitoreadas** un capítulo correspondiente a cada una de ellas, sin perjuicio de lo anterior, se describen a continuación los principales y más relevantes resultados, análisis y conclusiones del primer año del Plan de Manejo Biótico - PMB (agosto 2016 – marzo-abril 2017), según estas 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 cada subsector se realiza el monitoreo del subcomponente flora, a través de la medición del parámetro de composición y cobertura de especies, en base al método “Intercepto de Puntos”. La definición de puntos de transectas se realiza en levantamiento previo, 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 a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL”, que define 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.

Esta metodología se aplica en 31 transectas, georreferenciadas y estacadas en terreno. Paralelamente, se realiza el monitoreo del subcomponente vegetación, a través de la medición del parámetro de distribución y cobertura de la vegetación azonal, en base a dos métodos, el primero con periodicidad semestral, que corresponde al método de Carta de Ocupación de Tierras (COT), y el segundo, con periodicidad anual, correspondiente al método de valores derivados del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) a partir de imágenes satelitales de alta resolución.

En el monitoreo COT de invierno, se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación representada por un 78,0% de superficie del área de estudio. En cuanto a superficie con vegetación, se observa una representatividad de 14,9% con vegetación zonal y un 7,2% con vegetación azonal. Entre los tipos de formaciones vegetales, se identificaron tres tipos de matorrales zonales, seis formaciones de humedal (azonal) y tres formaciones de matorral - humedal (azonal).

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 3.523,3 ha (10,7%) y los de *Atriplex atacamensis* con 846,4 ha (2,6%), ambos concentrados en el sector de Peine. Por otra parte, en la vegetación azonal son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 1.021,2 ha (3,1%) localizada principalmente en el sector de Tilopozo, y los matorrales hídricos de *Sarcocornia fruticosa* con 770,4 ha (2,3%) ampliamente distribuidos en cuatro sectores, concentradas sus formaciones en el sector Quelana.

La formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega de *Distichlis spicata* (40 unidades) y a su vez, las unidades de esta formación presentan una variación de cobertura vegetal, de escasa a densa (5% a 90%). En contraste, la vega de *Nitrophila atacamensis* y el Matorral – Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* están representados por una unidad cartográfica en Tilopozo y Soncor, respectivamente. Además, se identificaron áreas desprovistas de vegetación con algún desarrollo de cobertura vegetal, pero con coberturas arbustivas y herbáceas muy escasas (<5%), por lo que se clasificaron dentro de otros recubrimientos, entre ambas se identifican 11 unidades cartográficas en el área de estudio.

En la campaña de verano, se registraron tres tipos de recubrimientos de suelo: zonas sin vegetación que ocupan en total el 78,0% de la superficie total del área de estudio (25.807,7 ha); vegetación zonal, que ocupa el 10% de la superficie total (3.292 ha); y vegetación azonal que constituye un 12% de la superficie total (3.970,3 ha). Asimismo, se registran seis recubrimientos de suelo, que en conjunto tienen un total de 33.070,1 hectáreas: áreas desprovistas de vegetación, áreas industriales, cuerpos de agua, humedales, formaciones mixtas de matorral – humedal, y matorrales zonales.

Las áreas desprovistas de vegetación representan el 73,1% de la superficie del área de estudio con 24.172,9 ha y corresponden a áreas denudadas (748,1 ha) y salares (23.424,8 ha). Las áreas industriales representan el 3,8% de la superficie total con 1.245,2 hectáreas, y esta compuestas por centros industriales (1.198,1 ha) y suelos removidos (47,1 ha). Las áreas con vegetación recubren un 22,0% (7.262,4 ha) de la superficie total del área de estudio y se encuentran representadas por los tipos de formaciones zonales de matorrales, y azonales de humedales (vegas) y matorrales (matorral hídrico y formaciones mixtas).

En cuanto a la vegetación zonal, el recubrimiento de matorrales ocupa 3.292 hectáreas, que representa un 10% de la superficie total, y está constituido por matorrales representados por ocho formaciones vegetales clasificadas según dominancia y fisonomía. La principal formación zonal de matorral es el Matorral de *Tessaria absinthioides* que ocupa una superficie de 2.106,3 ha (6,4%). Las formaciones de matorrales zonales se distribuyen mayormente en la zona sur del área de estudio, principalmente en los sectores de Peine y Tilopozo.

En cuanto a la vegetación azonal, el recubrimiento de matorrales se encuentra representado por cuatro de formaciones, los matorrales hídricos que abarcan el 1% de la superficie del área de estudio (332,4 hectáreas), las vegas con 1.474,9 hectáreas que representa el 4,5%, las formaciones mixtas matorral – vega con 1.745,2 ha (5,3%), y las formaciones mixtas de matorral hídrico – vega con 409,2 hectáreas con 1,2%. En este tipo de vegetación azonal ocupa 3.970,3 hectáreas un 12,0% del total del área de estudio.

En cuanto a las formaciones vegetales, el análisis de flora y vegetación indica que en ambos monitoreos se observan, en general, las mismas características de estructura de las formaciones, composición de especies dominantes y fisonomía. Sin embargo, se verifica un aumento de la cobertura de la formación en tres transectas de acuerdo a los rangos de cobertura COT; algunas diferencias con respecto a las características físicas del suelo en donde se desarrollan estas formaciones vegetales, indicando mayor humedad del suelo en el monitoreo de verano; y algunas diferencias en la riqueza registrada entre monitoreos, donde en verano se registra una especie adicional en tres transectas (T03, T20 y T30).

Referente a la composición y coberturas registradas en las campañas de invierno (M1) y verano (M2), se observa que el herbazal de *Schoenoplectus californicus* localizado en el sector de Tilopozo y Peine, presenta en los monitoreos la mayor cobertura absoluta de toda el área de estudio, tanto en su especie dominante como en las transectas (seis) definidas en esta formación. Por otra parte, las especies acompañantes presentes en las transectas *Baccharis juncea*, *Lycium humile*, *Nitrophila atacamensis* y *Puccinellia frigida* mantienen similares sus coberturas en M2, con respecto a M1.

La cobertura absoluta por transecta, en M1 y M2 los mayores valores se observan en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*. En cuanto a los valores de menor cobertura absoluta por transecta (menor al 10%), en M1 destacan tres transectas en herbazales de *Distichlis spicata* y una transecta en un matorral de *Tessaria absinthioides*. En M2, se mantienen estas cuatro transectas entre los valores más bajos y se agregan otras tres transectas. En general, cobertura muerta (absoluta) se registra para todas las formaciones estudiadas, presentando algunas diferencias entre monitoreos y entre transectas.

Con respecto a la riqueza de especies, en general se mantienen los registros desde M1 a M2, presentando algunas diferencias en pocas transectas. En M2 se registra una especie más en tres transectas (T03, T20 y T30) y, al contrario, en M1 se registra una especie adicional en T18 con respecto a M2.

Con respecto a la cobertura absoluta de otros recubrimientos, en general no se observan mayores diferencias de coberturas al comparar los resultados entre M1 y M2. El herbazal de *Schoenoplectus californicus* es el único que presenta muy baja o nula cobertura de otros recubrimientos, con menos de 1% en dos transectas en M1 y nula en M2.

En los valores de cobertura promedio por subsector, se observa un aumento de 62,5% registrado en M1 a 77,9% en M2 en Peine, a diferencia de los otros subsectores que presentan una disminución en sus coberturas promedio de M1 a M2.

De acuerdo a la comparación estacional entre monitoreos, en M1 los resultados se mantienen en general constantes para cinco de las formaciones muestreadas. Sólo el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, presenta variaciones en la cobertura de sus especies con respecto al Monitoreo Base 0 (implementación de transectas en fase previa

a la construcción y operación del proyecto; Anexo 2, Adenda 5 RWL 2015). Este herbazal exhibe una disminución en la cobertura de sus especies presentes y al mismo tiempo un aumento en la cobertura muerta medida por medio de rastros o individuos de apariencia muerta. Estas diferencias se atribuyen al criterio de clasificación de los individuos vivos y muertos aplicado en terreno, ya que en épocas de estiaje ciertas plantas son más sensibles a la respuesta hídrica y se secan en las temporadas de invierno esperando rebrotar en las épocas más húmedas, por lo tanto, estas diferencias no se consideran una consecuencia de algún tipo de cambio en la disponibilidad de suministro hídrico o de tipo ambiental en la zona. Por otro lado, en general se observa una disminución en las coberturas de vegetación viva para las otras formaciones vegetales, comparando los resultados de MB0 y M1. A su vez, en M2 aumenta la cobertura de vegetación muerta en estas formaciones que presentaron menor cobertura.

Entre los valores que disminuyeron su cobertura en M2, destacan siete transectas que registran menos de un 10% de cobertura absoluta, de las cuales, en M1 solo cuatro transectas registraban esta situación. Otro dato comparativo sobre las formaciones que disminuyeron su cobertura, es que en M1 se registraban nueve transectas con coberturas entre 40 y 65%, lo que disminuyó a tres transectas en M2, disminuyendo su cobertura máxima a un rango entre 40 y 51%. Adicionalmente, se puede mencionar que el herbazal de *Juncus balticus* se observa como la formación vegetal con mayores cambios donde, en sus cuatro transectas, los valores de cobertura disminuyen con respecto a M1 y MB0, y en tres de ellas los valores de pérdida son cercanos o sobre el 50% de cobertura.

Por último, cabe señalar que con las diferencias de cobertura entre monitoreos no se puede reflejar una tendencia, ya que recién se está comparando el primer resultado estacional. Si bien se observan disminuciones de cobertura en M2 con respecto a M1, una pérdida de cobertura reflejada tanto a nivel de algunas especies o en algunas transectas, también se observan algunos aumentos en la cobertura en algunas de las transectas y especies, por lo que es importante evaluar y seguir comparando estos resultados con los siguientes monitoreos.

La cobertura de vegetación activa, se calcula a partir del **Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)** por su sigla en inglés), siendo éste el establecido en el Apéndice B del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, y siendo a su vez el más usado en los análisis de la vegetación mediante imágenes satelitales. Los valores obtenidos a partir de este método desde imágenes de alta resolución Pleiades 1A, indican vegetación activa a partir de un valor umbral calculado en base al NDVI, que corresponde a 1.691,8 ha, superficie que representa un 23,3% de la superficie de la COT. Las superficies de vegetación activa se encuentran dentro del rango de los registros históricos desde Landsat y sobrepasan los valores históricos de vegetación activa desde imágenes de alta resolución, lo que se debe principalmente al mayor detalle de la COT de verano de 2017 y al aumento del área de estudio.

En relación con Fauna Vertebrados Terrestres:

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 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 las aves acuáticas, aves terrestres, mamíferos, reptiles y anfibios.

Importante 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 RE N°309/2016 del Servicio Agrícola y Ganadero.

La primera campaña (invierno), se realizó entre el 22 al 26 de agosto de 2016, con un equipo integrado por seis especialistas, divididos en tres grupos.

Se muestrearon 25 puntos de muestreo, con transectos (en los 25 puntos) y muestreos complementarios: trampeos de micromamíferos (en nueve puntos), playback de rapaces nocturnas (en 5 puntos) y anfibios (en 2 puntos) y trampas cámara con atrayente olfativo para macromamíferos (en 12 puntos). Además, para el muestreo de aves se establecieron puntos censales, tanto para las acuáticas como para las terrestres (sólo en ambiente de lagunas).

Se registró una riqueza total de 22 especies, con dos reptiles, 15 aves y cinco mamíferos. Del total, 10 especies presentan algún estado de conservación, correspondientes a dos reptiles, cuatro aves y cuatro mamíferos, y en cuanto a su origen geográfico, 21 especies son nativas (tres de ellas son endémicas de Chile) y una es introducida. Esta campaña no presentó registros de anfibios en los puntos definidos en el sector de Tilopozo, donde se realizó muestreo nocturno.

En relación a la riqueza por sector, se registraron 11 especies en La Punta y La Brava, 13 especies en Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna y dos puntos de ambiente terrestre) y 11 especies en el sector Tilopozo.

En cuanto a la composición por ambientes, se destaca que los humedales registraron la mayor riqueza en los distintos grupos (aves, mamíferos y reptiles), variando entre nueve a 14 especies (en humedal pajonal y humedal salar, respectivamente), seguidos por el matorral (con siete especies), mientras que los ambientes con menor riqueza fueron la quebrada (seis especies), el herbazal (con cuatro especies) y el área desprovista de vegetación (costra salina seca), sin especies.

La segunda campaña (verano), se realizó entre el 27 al 31 de marzo de 2017, con un equipo integrado por seis especialistas, divididos en tres grupos.

Se muestrearon 25 puntos de muestreo, con transectos (en los 25 puntos) y muestreos complementarios: trampeos de micromamíferos (en nueve puntos), playback de rapaces nocturnas (en 5 puntos) y anfibios (en 2 puntos) y trampas cámara con atrayente olfativo para macromamíferos (en 12 puntos). Además, para el muestreo de aves se establecieron puntos censales, tanto para las acuáticas como para las terrestres (sólo en ambiente de lagunas).

Se registró una riqueza total de 27 especies, con dos reptiles, 19 aves y seis mamíferos. Del total, 12 especies presentan algún estado de conservación, correspondientes a dos reptiles, cinco aves y cinco mamíferos y en cuanto a su origen geográfico, 26 especies son nativas (tres de ellas son endémicas de Chile) y una es introducida. Esta campaña no presentó registros de anfibios en los puntos definidos en el sector de Tilopozo.

En relación a la riqueza por sector, se registraron 12 especies en La Punta y La Brava, 12 especies en Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna y otros dos puntos de ambiente terrestre) y 15 especies en el sector Tilopozo.

En cuanto a la composición por ambientes, los humedales registraron la mayor riqueza, variando entre 11 a 13 especies (en humedal pajonal y humedal salar, respectivamente), seguidos por el matorral de Tilopozo (con seis especies), mientras que los ambientes con menor riqueza fueron la quebrada (cinco especies), el herbazal y el matorral de Peine (con tres especies) y el área desprovista de vegetación (costra salina seca), sin especies.

En el área de estudio, al integrar las campañas (invierno y verano) y en relación a la riqueza acumulada en ambas campañas de monitoreo, ésta asciende a un total de 30 especies, con dos especies de reptiles, 22 especies de aves y seis mamíferos. Del total, 12 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, ocho amenazadas). En relación al origen, 29 especies son nativas (tres de ellas endémicas) y una es introducida.

Del análisis por sector, la riqueza es mayor en Tilopozo y Peine, con 16 especies, seguido por La Punta y La Brava, con 14 especies.

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal salar, con 16 especies en total, lo que representa un 53,3% de toda la fauna registrada, seguido por el humedal pajonal, con 12 especies, el matorral (con nueve especies), la quebrada con vegetación (con ocho especies) y el herbazal (con cinco especies). El área desprovista de vegetación no presenta ninguna especie.

Según la similitud, se forman tres agrupaciones: primero, el área desprovista de vegetación representa el control, ya que por no presentar especies, no tiene similitud con

el resto; luego, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar, sobre un 78% de similitud (La Punta y La Brava por una parte, lagunas Salada, Saladita e Interna, por otra), y finalmente, un grupo de los cuatro ambientes terrestres, dentro de los cuales los más similares son el humedal pajonal con el matorral (cerca de un 75% de similitud), a los que luego se asocia el herbazal y la quebrada.

En cuanto a la comparación entre campañas y línea base, en el caso de las dos especies de reptiles, la abundancia absoluta total fue mayor en verano 2017 (con 21 ejemplares) que en invierno 2016 (con 16 individuos). En relación a las aves censadas y a la abundancia absoluta, y a diferencia de los reptiles, la mayor abundancia absoluta total fue mayor en invierno 2016 (con 440 ejemplares) que en verano 2017 (con 292 individuos). En ambas campañas, las tres especies de flamencos agrupan la mayoría de la abundancia total.

Cabe destacar que en ambas campañas no se observó ninguna conducta reproductiva en las especies de flamencos, a excepción de baile nupcial en invierno de 2016, para la parina grande, en la Laguna Salada (del sector Peine).

Comparando las 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, variando entre 2,0 a 4,0 individuos/transecto, seguido por el humedal salar, con 0,8 a 1,0 individuos/transecto, y el matorral, con 0,1 a 0,25 individuos/transecto.

En el caso de las aves, y para ambas campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 24,5 individuos/transecto (en verano 2017) a 38,9 ind/transecto (en invierno 2016), seguido por la quebrada con vegetación, variando entre 2,0 ind/transecto (en invierno 2016) a 15,0 ind/transecto (verano 2017), valores mucho mayores al siguiente ambiente, el humedal pajonal, el que osciló entre 2,0 a 3,0 ind/transecto, seguido del herbazal (0,0 a 1,5 ind/transecto).

En una primera escala gruesa de comparación, las 30 especies registradas en estas dos campañas de monitoreo son un subconjunto de la riqueza acumulada de 62 especies observadas en varias campañas estacionales y de varios años (desde 2006 a verano 2015), detalladas en PMB, 2015.

A una escala menor, de riqueza de especies por sistemas, como a) La Punta y La Brava y b) Peine (como los sistemas probablemente más sensibles, como ambientes acuáticos), en el total acumulado, la composición de especies en ambos sistemas es bastante similar.

En relación a la comparación estacional, y en particular para la avifauna de los sistemas lagunares, tanto en invierno 2016 como en verano 2017 se ha registrado una mayor riqueza y una mayor abundancia que las últimas campañas de invierno (2014) y verano

(2015), respectivamente. Lo anterior se explicaría en parte por los cambios poblacionales naturales de las especies de aves migratorias.

En resumen, para ambos sistemas acuáticos y en ambos periodos, las abundancias se comportan de forma variable: algunas especies aumentan, otras disminuyen y otras se mantienen, pero se mantiene el patrón general de que las tres especies de flamencos son las que dominan numéricamente los salares.

En relación con Tapetes microbianos:

Los ecosistemas ubicados en la cuenca del Salar de Atacama corresponden a ambientes extremos que albergan una biota particular. En este tipo de sistemas, se desarrollan comunidades microbianas extremófilas, particularmente, tapetes microbianos y microbialitos.

En el presente informe se caracterizan las comunidades microbianas extremófilas, tapetes microbianos, de los siguientes sistemas lagunares: Sector Peine conformada por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna; y Sector La Punta-La Brava conformado por las Laguna La Brava, Laguna La Punta y zona Tilopozo.

Para este subcomponente de tapetes microbianos, se realizaron campañas de monitoreo en Invierno 2016 (24, 25 y 26 de agosto 2016) – y Verano 2017 (28, 29 y 30 de marzo de 2017). En este último caso, se debe indicar que hubo eventos de lluvia que impidieron poder realizar la campaña en forma previa al 28 de marzo. Se analizaron *in situ* un total de muestras de 16 puntos de monitoreo distribuidos en estos sistemas lagunares.

Las muestras de tapetes microbianos fueron obtenidas a través de testigos de PVC para muestras de sedimento y con espátula para el caso de tapetes superficiales expuestos. Posteriormente se realizó *in situ* el conteo, caracterización pigmentaria de las laminaciones estratificadas que presentó cada tapete y determinación del espesor total de cada tapete a través de una regla milimetrada de precisión. Los datos obtenidos fueron registrados en una ficha tipo de monitoreo de cada laguna. Para efectos de caracterización de la estructura pigmentaria de los tapetes se establecieron criterios de identificación de zonas macroscópicas pigmentadas según zonación teórica propuesta por literatura especializada.

Complementariamente, se obtuvieron datos de parámetros físico-químicos de turbidez, temperatura, pH, oxígeno y conductividad de la columna de agua de cada laguna, así como datos de radiación solar del área durante el período de monitoreo.

Del monitoreo, se tiene que en el invierno de 2016, la presencia de tapetes microbianos se detectó en 12 puntos de los 16 de monitoreo (75%), mientras que en verano 2017 se detectaron en 11 puntos de monitoreo (68,8%). Por otro lado, a través de la identificación visual, en ambos periodos se registró ausencia de evaporitas. Referente a la detección de

microbialitos, en el período de invierno 2016 y verano 2017 se observaron microbialitos en 4 puntos (I-11, LP-23, LP-24, LB-1).

Las características macroscópicas de los tapetes microbianos analizados *in situ* en las dos condiciones estacionales, indican en general, una estructura de pigmentación física similar. Al respecto, esta estructura se compone de tres macro-zonas de pigmentación, y presenta predominancia de 66% en el monitoreo invierno 2016 y 91% en el monitoreo verano 2017. Las macro-zonas se componen verticalmente en zona sub-superficial con capas de color amarillo y/o naranja y verde, zona intermedia con capas de color blanco y rosado/púrpura, y zona profunda con capas de pigmentación principalmente café y verde.

El espesor máximo de los tapetes observados fue 30 mm en invierno 2016 y 25 mm en verano 2017, los cuales fueron registrados en el Sector Peine.

Cada sector estudiado presentó tapetes con una morfología particular, principalmente se distinguen 3 tipos: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente bien estructurados, estratificados y pigmentados, característicos en Sector de Peine, en la laguna Salada. 2) Tapetes menos laminados, de menor espesor, convexos/esferoidales, con apariencia y textura de tipo “cuero”, los cuales predominan en Laguna La Brava, ubicado en Sector La Punta-La Brava. 3) Tapete de textura gelatinosa, especialmente en la zona sub-superficial, planos, con débil cohesión de capas, distintivos de Laguna La Brava (LB-2), Sector La Punta-La Brava. En invierno se registró la morfología tipo 1 y 2, mientras que en verano la morfología 1,2 y 3.

Los sistemas Laguna Salada y Laguna La Brava se caracterizaron por la presencia constante de tapetes microbianos.

Con el monitoreo realizado en las campañas de invierno 2016 y verano 2017, se cumple con el objetivo del PMB respecto de caracterizar el componente tapete microbiano presente en cada laguna de los sectores de Peine y La Punta-La Brava, que quedase indicado en la Adenda 5 del proyecto y con detectar presencia de microbialitos y evaporitas.

En relación Suelo o Sustrato:

El periodo reportado para la componente de Suelos (subcomponente sustrato), en el presente informe anual se enmarca entre los días 08 y 13 de agosto de 2016, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, y la campaña de verano, realizada entre los días 5 y 10 de Abril del 2017.

Los suelos del área de estudio corresponden a entisoles, de origen depositacional, tanto eólicos como hídrico, las texturas pueden ser medias, moderadamente gruesas, moderadamente finas y muy finas, estas últimas en el menor de los casos, la topografía del área es plana a moderadamente inclinada, y la capacidad de uso es VII o VIII.

Para el área de estudio se evaluaron 14 puntos de muestreo, en los cuales se confeccionaron 14 calicatas de hasta 70 cm. de profundidad. En cada una de ellas se extraen muestras de suelo a dos profundidades diferentes, profundidad que se encuentra en función del número y potencia de los estratos u horizontes.

Las calicatas se confeccionan en forma manual apoyado con pala, picota y chuzo, luego se tomaron las muestras, las cuales fueron debidamente etiquetadas y embalados en forma adecuada para envío a laboratorio vía terrestre (Calama y Santiago) para los análisis de los parámetros requeridos (pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, salinidad, conductividad hidráulica (permeabilidad), nitrógeno, fósforo, potasio, humedad y textura).

El área de estudio comprende tres sectores: Tilopozo con los puntos de muestreo S 1 (VT6)¹, S 2 (VT5), S 7 (VT1), S 8 (VT2), S 9 (VT3) y S 13 (VT4), en el sector de Peine se encuentran los puntos S 10 (VTM1), S 11 (VB01), S 12 (VB02) y S 14 (VB03), y en el sector La Punta-La Brava se localizan los puntos S 3 (VLP3), S 4 (VLP2), S 5 (VLP1) y S 6 (VLB2).

Como resultados del monitoreo de invierno del 2016, para el sector de Tilopozo se determinó que los suelos pueden ser: **no salinos** (S 8-2 y S 13-2), **ligeramente salino** (S 1-2, S 7-2 y S 9-2), **salinos** (S 2-2, S 8-1, S 9-1 y S 13-1) y **Muy salinos** (S 1-1, S 2-1 y S 7-1).

La materia orgánica varía de **muy baja** (S 1-1, S 1-2, S 2-1, S 2-2, S 9-1 y S 13-2), **baja** (S 7-2, S 9-2 y S 13-1) y **muy alta** (S 7-1, S 8-1 y S 8-2), el pH es **moderadamente básico** (S 1-2, S 2-1, S 2-2, S 8-1, S 8-2, S 9-1, S 9-2 y S 13-1) o **ligeramente alcalino** (S 1-1, S 7-1, S 7-2 y S 13-2) y las sales solubles se encuentra entre **3.150 y 34.250 mg/kg**.

El nitrógeno es **muy bajo** en S 1-2, S 2-2, S 7-1, S 7-2, S 8-1, S 8-2, S 9-1 y S 9-2, **bajo** en S 2-1, S 13-1 y S 13-2, y **medio** en S 1-1. Mientras que, el potasio es **alto** en la totalidad de los puntos, el fósforo es **muy bajo** en la muestra S 1-1, S 1-2, S 2-1, S 2-2, S 7-1, S 7-2, S 9-2, S 13-1 y S 13-2; **medio** en S 8-2, **medio** en S 8-2 y **muy alto** en S 8-1 y S 9-1.

La conductividad hidráulica (permeabilidad) es **alta** en S 1-1, S 1-2, S 8-2 y S 13-1 y **muy alta** en S 2-1, S 2-2, S 7-1, S 7-2, S 8-1, S 9-2 y S 9-3. La humedad varía entre un **8,9 y 73%**. La clase textural de estos es **franca** (S 2-1, S 2-2, S 7-1, S 7-2, S 8-1, S 8-2, S 9-2 y S 13-1), **arenosa** (S 1-1 y S 9-1), **franco limoso** (S 13-2) o **areno francoso** (S 1-2).

Para el sector La Punta-La Brava, los suelos son **no salinos** (S 4-1 y S 4-2), **ligeramente salino** (S 5-1 y S 5-2), **salinos** (S 3-2 y S 6-1) y **muy salino** (S 3-1 y S 6-2). La materia orgánica varía de **muy baja** (S 3-1 y S 3-2), **baja** (S 4-1, S 4-2, S 5-1 y S 6-1), **alta** (S 5-2)

¹ Entre paréntesis se indica **código original Punto Muestreo Suelos (PMB, 2015)**

hasta **muy alta** (S 6-2). El pH es **moderadamente básico** (S 3-1, S 3-2, S 6-1 y S 6-2) o **ligeramente alcalino** (S 4-1, S 4-2, S 5-1 y S 5-2). En lo que dice relación con la salinidad varía entre **3.850** (S 4-1) y **38.650** (S 3-1) mg/Kg.

El nitrógeno es **muy bajo** en todos los puntos de muestreo de este sector. El potasio es **alto** para el 100% de las muestras, y el fósforo es **muy bajo** en S 3-1, S 3-2, S 4-1, S 4-2, S 5-1, S 5-2 y S 6-1, y **medio** en S 6-2.

La conductividad hidráulica (permeabilidad) varía entre 9,1 y 2.294 cm/h, lo que determina velocidades de infiltración **alta** (S 3-1, S 5-1 y S 6-2) y **muy altas** en el resto de las muestras del sector. La humedad fluctúa entre un 24,3 y 74,3%, los suelos son **franco** (S 3-2, S 6-1 y S 6-2), **arenoso** (S 5-1 y S 5-2) y **areno francoso** (S 3-1, S 4-1 y S 4-2).

En el sector de Peine los suelos pueden ser **no salinos** (S 11-2), **ligeramente salinos** (S 10-2, S 11-1, S 12-1, S 14-1 y S 14-2), **salinos** (S 10-1) y **muy salino** (S 12-2). La materia orgánica varía de **muy baja** (S 10-1 y S 12-1), **baja** (S 12-2 y S 14-1), **normal** (S 10-2 y S 14-2), **alta** (S 11-2) y **muy alta** (S 11-1), el pH varía de **moderadamente básico** (S 11-1, S 11-2, S 14-1 y S 14-2), **ligeramente alcalino** (S 10-2, S 12-1 y S 12-2) a **alcalino** (S 10-1). En lo que dice relación con las sales solubles, estas varían entre 4.100 y 33.800 mg/Kg.

El nitrógeno disponible fluctúa de **muy bajo** (S 10-2 y S 14-2), **bajo** (S 11-1 y S 11-2) a **medio** (S 10-1, S 12-1, S 12-2 y S 14-1). Mientras que, para el potasio es **adecuado** en S 14-1 y **alto** para las restantes muestras del sector. La disponibilidad de fósforo varía de **muy baja** (S 10-2, S 11-1, S 11-2, S 12-1, S 12-2, S 14-1 y S 14-2) y **baja** (S 10-1).

La conductividad hidráulica (permeabilidad) varía entre 0,0 y 493,8 cm/h, lo que determina velocidades de infiltración **muy baja** (S 10-2), **alta** (S 11-1 y S 12-1) a **muy altas** (S 10-1, S 11-2, S 12-2, S 14-1 y S 14-2), la humedad fluctúa entre un 1,2 y 70,4%. Los suelos son de texturas **arenosa** (S 12-1, S 12-2 y S 14-1), **franca** (S 10-1, S 11-1 y S 11-2), **franco limosa** (S 14-2) y **franco arcillosa** (S 10-2).

Los resultados de los análisis de laboratorio de la campaña de verano del 2017, nos indican que para el sector de Tilopozo los suelos son: **no salinos** (S 13-2), **ligeramente salino** (S 7-2, S 8-2, S 13-1, S 2-2 y S 7-1), hasta **salinos** (S 1-1, S 1-2, S 9-1, S 9-2, S 2-1, y S 8-1). La materia orgánica varía de **muy baja** (S 1-1, S 1-2, S 2-1, S 2-2, S 9-1, S 9-2, S 13-1, S 13-2), **baja** (S 7-1), **alta** (S 7-2) hasta **muy alta** (S 8-1 y S 8-2), el pH fluctúa de **moderadamente básico** (S 1-1, S 2-1, S 2-2, S 7-2, S 9-1, S 9-2 y S 13-2) a **ligeramente alcalino** (S 1-2, S 7-1, S 8-1, S 8-2 y S 13-1) y las sales solubles se encuentra entre **4.254** y **28.728** mg/kg.

El nitrógeno es **bajo** en S 1-1, S 1-2 y S 8-2, y **medio** en todo el resto de las muestras. Mientras que, para el potasio es **adecuado** en los puntos S 2-2, S 7-2 y S 8-2, y **alto** en

las restantes, el fósforo es **muy bajo** en la muestra S 1-2, S 7-1, S 13-1 y S 13-2; **bajo** en S 1-1, S 2-1, S 2-2, S 7-2 y S 9-1, **medio** en S 8-2 y **muy alto** en S 8-1 y S 9-2.

La conductividad hidráulica (permeabilidad) varía entre 4,3 y 295 cm/h, con velocidad de infiltración **alta** en S 1-1, S 1-2, S 2-1, S 7-2, S 8-1, S 8-2 y S 9-1) y **muy alta** para el resto de las muestras. La humedad varía entre un **13,3 a 70,9%**. En este sector se presentan cinco clases texturales, siendo estas **franca** (S 2-1, S 7-2, S 8-1 y S 9-1), **franco arcillo arenosa** (S 8-2), **franco arcillo limosa** (S 13-1), **franco arcillosa** (S 7-1 y S 13-2) y **franco arenosa** (S 1-1, S 1-2, S 2-2 y S 9-2)

Para el sector La Punta-La Brava, los suelos varían de **salinos** (S 3-1 y S 5-2), **ligeramente salino** (S 3-2, S 4-1, S 4-2 y S 5-1), **muy salinos** (S 6-1) y **extremadamente salino** (S 6-2). La materia orgánica varía de **muy baja** (S 3-1 y S 3-2), **baja** (S 5-1), **normal** (S 4-1, S 4-2 y S 5-2), **alta** (S 6-1) hasta **muy alta** (S 6-2). El pH es **moderadamente básico** (S 3-1, S 3-2, S 4-2, S 6-1, S 6-2) o **ligeramente alcalino** (S 4-1, S 5-1 y S 5-2). En lo que dice relación con la salinidad varía entre **14.961** y **87.202** mg/Kg.

El nitrógeno es **bajo** en las muestras S 3-1 y S 3-2 y medio en las restantes. Para el potasio es **alto** para el 100% de las muestras, y el fósforo es **muy bajo** en S 5-2, **bajo** en S 3-1, S 3-2, S 4-1, S 4-2, S 5-1 y **alto** en S 6-1 y S 6-2.

La conductividad hidráulica (permeabilidad) varía entre 20,6 y 1.820,9 cm/h, lo que determina velocidades de infiltración **alta** (S 3-1, S 3-2, S 6-1 y S 6-2) y **muy altas** en el resto de las muestras. La humedad fluctúa entre un 30,3 y 69,9%, los suelos son **franco** (S 3-2, S 6-1 y S 6-2), **franco arenosa** (S 3-1, S 4-1, S 4-2, S 5-1 y S 5-2), y **arenoso** en el horizonte superficial del punto de muestreo S 4

En el sector de Peine los suelos pueden ser **ligeramente salinos** (S 11-1 y S 11-2) **salinos** (S 10-1, S 10-2, S 14-1 y S 14-2) y **muy salinos** (S 12-1 y S 12-2). La materia orgánica varía de **muy baja** (S 10-1, S 10-2, S 12-1 y S 12-2,), **baja** (S 14-1), **alta** (S 14-2) y **muy alta** (S 11-1 y S 11-2), el pH varía de **moderadamente básico** (S 10-1, S 10-2, S 11-1, S 11-2, S 12-2, S 14-1 y S 14-2), a **ligeramente alcalino** (S 12-1). En lo que dice relación con las sales solubles, estas varían entre 9.560 y 80.413 mg/Kg.

El nitrógeno es **bajo** en S 10-2 y **medio** en las restantes muestras. Mientras que, para el potasio es **adecuado** en S 11-1, S 11-2 y S 12-2, y **alto** en S 10-1, S 10-2, S 12-1, S 14-1 y S 14-2. La disponibilidad de fósforo es **muy bajo** en S 12-2, S 14-1 y S 14-2, **bajo** en S 10-1, S 10-2 y S 11-2, **medio** en S 11-1 y **alto** en S 12-1.

La conductividad hidráulica (permeabilidad) varía entre 5,5 y 305,7 cm/h, lo que determina velocidades de infiltración **alta** (S 10-1, S 10-2 y S 12-2) y **muy altas** en las restantes, la humedad fluctúa entre un 4,6 y 64,5%. Suelos de texturas **franca** (S 11-2 y S 14-1),

franco arenosa (S 14-2), **franco limosa** (S11-1 y S 12-1), **areno francosa** (S 12-2) y **arcillosa** (S 10-1 y S 10-2).

En 16 muestras de total, considerando ambas campañas, la conductividad eléctrica presentó valores superiores para el Monitoreo 2 (verano 2017) respecto al Monitoreo 1 (invierno 2016), en estas muestras la CE varía entre 13 y 167%. Mientras que, la disminución de la conductividad en el Monitoreo 2 respecto al Monitoreo 1, lo hace entre 6 y 69%.

Basado en los valores de conductividad eléctrica para el primer monitoreo, se determinaron que del total de muestras, 5 correspondían a suelos no salinos, 10 ligeramente salinos, 7 salinos y 6 muy salinos, proporción que se modifica para el Monitoreo 2, en el cual el número de muestras de suelo no salino asciende a una; 11 corresponden a suelos ligeramente salino; 12 a suelos salinos; 3 son suelos muy salinos y uno a extremadamente salino.

La materia orgánica en el primer monitoreo arrojó en 10 muestras niveles muy bajos, en 9 bajos, en 2 muestras era normal y en igual número alto, y en cinco el porcentaje de materia orgánica muy alto. En cambio, en el Monitoreo 2, los suelos con muy baja disponibilidad de materia orgánica ascienden a 14, en tres de ellas la materia orgánica es baja, 4 es normal, en 2 es alta y en 5 muestras ésta es muy alta.

Como resultados del Monitoreo 1, en 16 muestras el pH del suelo era moderadamente básico, en 11 ligeramente alcalino y en uno alcalino. En cambio, para el Monitoreo 2, 19 muestras eran moderadamente básico y 9 ligeramente alcalino.

En lo que respecta a la salinidad durante el Monitoreo 1, el mínimo detectado en el área fue de 3.150 mg/Kg y el máximo 38.650 mg/Kg, valores que subieron en el Monitoreo 2 a 4.254 y 87.202 mg/kg.

Respecto a la conductividad hidráulica o velocidad de infiltración (permeabilidad) del agua en el perfil de suelo, en el primer monitoreo, una muestra presenta una velocidad muy baja, 9 alta y 17 muy alta. Mientras que para el segundo monitoreo, 14 muestras presentan una velocidad alta y las restantes muy alta.

La disponibilidad de nitrógeno para el primer monitoreo, en 18 fue muy bajo, en 5 bajo y en igual número alto, proporción que cambio en el segundo a 6 muestras con una disponibilidad baja y 22 media. Para la disponibilidad de potasio el 100% de las muestras es alto en el Monitoreo 1, situación que se modifica en el Monitoreo 2, donde en 6 muestras ésta es adecuada y en 22 es alta.

El fósforo presenta niveles de disponibilidad muy baja en 23 muestras, baja en 2, media en una y muy alta en 2, para el Monitoreo 1. En cambio, para el Monitoreo 2, la disponibilidad muy baja se presenta en 8 muestras, baja en 13, en la categoría media 2, 3 en la alta y 2 en la muy alta.

Para el área de estudio los porcentajes de humedad en el Monitoreo 1 varían entre 1 y 74%, mientras que en el Monitoreo 2, la humedad fluctúa entre 5 y 71%.

Son varios los factores que determinan los valores de los diferentes parámetros, entre los cuales se pueden destacar: la fecha de muestreo, clima (temperatura, humedad), precipitaciones, cobertura vegetal y actividad antrópica. Sin embargo, a priori se estima que sólo cuatro de ellos podrían afectar los resultados, correspondiendo a la fecha de muestreo, la temperatura, la disponibilidad hídrica y actividad antrópica, los restantes parámetros pierden importancia, dado que las muestras son tomadas muy próximas entre una y otras, lo cual a la fecha no excede los 50 cm.

En relación con Limnología

El presente informe anual da cuenta de dos campañas semestrales de monitoreo a los subcomponentes biota acuática, calidad de aguas y sedimento, la primera realizada en agosto de 2016 correspondiente a la estación de invierno, y la segunda en marzo de 2017, correspondiente a la estación de verano.

El área a estudiar se encuentra dividida en tres sectores: Sector Peine que consta de seis estaciones; Sector La Punta-La Brava que consta de cinco estaciones; y Sector Tilopozo que presenta tres estaciones.

Dentro de cada estación de muestreo se evaluaron tres subcomponentes: calidad de agua superficial, calidad de sedimento de las lagunas y biota acuática.

Se usó como antecedente la información descrita en el Plan de Manejo Biótico del proyecto (PMB), información que corresponde a la línea base del Proyecto, y que constituye una referencia con la cual comparar los resultados obtenidos en el Monitoreo.

Las variables del subcomponente calidad de agua, fueron evaluadas *in situ* y en laboratorio, a través de la toma de una muestra en cada estación. Las variables de calidad de sedimento también fueron evaluadas en laboratorio a través de la toma de una muestra en cada estación. Para biota acuática, se tomó muestras de las distintas comunidades a evaluar y se identificó y cuantificó los taxa en laboratorio.

Los resultados del componente agua, en ambos monitoreos, presentan la temporalidad de los parámetros, así como algunas diferencias respecto a la comparación con el registro del Plan de Manejo Biótico. Dentro de estas variaciones destacan bicarbonato, carbonato y algunos macronutrientes, tales como Nitrógeno y Fósforo. Se destaca que la mayoría de las variables que mostró valores fuera del rango establecido en el PMB, corresponden a variables que solo tuvieron un registro durante la elaboración del PMB (Línea de Base).

Dentro del componente sedimento, ambas campañas presentan registros similares incluyendo parámetros con valores por fuera de los rangos establecidos en el PMB. Cabe señalar que el PMB, incluye solo una campaña para sedimentos. Estas variables correspondieron a materia orgánica y macronutrientes como nitrógeno y fósforo. El potencial Redox presentó valores, en todos los sectores en condición reductora y con registros inferiores a lo registrado en prácticamente la totalidad de las mediciones.

Para el componente biota acuática, las variables de riqueza y abundancia de las distintas comunidades, en general se encontraron dentro del rango establecido por el Plan de Manejo biótico o superando dicho rango, cuyo registro abarca al menos cuatro campañas.

Se encontró diferencias entre las distintas campañas de monitoreo (invierno y verano), diferencias que quedan reflejadas tanto en las variables físicas y químicas de agua y sedimentos como en la estructura de las comunidades que habitan los sistemas evaluados. Los cambios observados con respecto a los resultados registrados en el PMB, no están relacionados de manera evidente con la operación del proyecto, y podrían estar relacionados con las variaciones estacionales, considerando que este monitoreo cubre una época de invierno y una época de verano, y para algunas variables de física y química de agua y sedimentos, el PMB contó con solo un registro, sin capturar la estacionalidad de la zona.

Destaca la presencia del macroinvertebrado *Heleobia atacamensis*, en categoría Peligro crítico, en el sector Tilopozo, además de la presencia de una especie de la misma familia en los sectores Peine y La Punta-La Brava, que podría tratarse de la misma especie en cuestión.

En relación con Área de las Lagunas

El propósito es determinar y hacer seguimiento de 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 y 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. Los resultados que se presentan, son los obtenidos para las campañas de invierno y verano, levantados en agosto y diciembre de 2016 respectivamente.

Las etapas metodológicas empleadas durante cada campaña fueron a: i) trabajo en terreno como apoyo de la clasificación supervisada, con el fin de clasificar el recubrimiento de suelo en los puntos de muestreo señalados, es decir, “*cuerpos de agua*” u “*otros recubrimientos*”; ii) obtención y procesamiento de las imágenes satelitales en forma paralela a la campaña de terreno; y iii) desarrollo y validación del modelo de clasificación supervisada, que corresponde al modelo indicado en el proyecto (Apéndice B

– Anexo 2, Adenda 5 – RWL). Modelo de Clasificación Supervisada de metodología “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por su sigla en inglés), y se compara con los antecedentes de Línea de Base para esta subcomponente del PMB.

En relación a los resultados de los monitoreos, en etapa de construcción (invierno) corresponde a 47,4 Ha y 74,1 Ha para los sistema La Punta La Brava y Peine, respectivamente. En cuanto al monitoreo, en primera fase del proceso de operación (verano), el sistema La Punta La Brava presentó una superficie de 40,9 ha y Peine 50,2 ha, ambos resultados obtenidos a través de procesamiento de imágenes de alta resolución, Pleiades 1A.

En cuanto al análisis comparativo de las superficies de ambos Sistemas Lagunares con la línea de base, se concluye que las superficies de los cuerpos de agua se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos. En los dos sistemas lagunares, las coberturas están por encima de los registros mínimos de línea de base en ambas campañas, donde las diferencias porcentuales se atribuyen principalmente a las variaciones estacionales intranuales, interanuales, mejoras metodológicas y validación complementaria mencionadas.

Respecto al análisis comparativo entre las imágenes satelitales usadas en este estudio, se registra una sobrestimación de las coberturas en todas las lagunas, y en ambas campañas, en el caso de Landsat 8, con variaciones esperables y atribuibles a diferencias en la resolución espacial entre las imágenes Landsat 8 y Pleiades 1-A. Por la misma razón y según la validación de los modelos, los registros de alta resolución señalan mayor certidumbre en las coberturas determinadas.

En relación con Nivel Freático en Lagunas

Se realizó medición de niveles freáticos en 5 puntos distribuidos en los Sistemas Lagunares La Punta - La Brava (3) y Peine (2), con una frecuencia de medición mensual, del período total comprendido entre **abril 2016 a marzo 2017**, siendo desde abril a agosto 2016 en fase de construcción del proyecto, y desde septiembre 2016 a marzo 2017 en fase operación del mismo.

Los 5 puntos comprometidos como parte del Plan de Manejo Biótico, en los Sistemas de Lagunas son: en La Punta-La Brava (BA-05, BA-07 y BA-16), y Peine (BA-21 y BA-22).

De los resultados medidos se tiene que, en la zona de las lagunas, en el primer año de medición, los niveles freáticos se mantienen en promedio por sobre los valores de línea de base. En particular, los piezómetros de Sector La Punta- La Brava, presentan valor promedio de niveles en el período de cotas: 2.300,18 m.s.n.m. para BA-05; 2300,04 m.s.n.m para BA-07 y 2.300,88 m.s.n.m para BA-16. Para el Sector de las lagunas de Peine, presentan valor promedio de niveles en el período de cotas: 2300,10 m.s.n.m. en BA-21 y 2.300,29 m.s.n.m. en BA-22.

De los resultados de niveles freáticos en ambos sistemas, se puede apreciar que el Sistema La Punta-La Brava, presenta mayor variabilidad estacional respecto de las Lagunas de Peine, en las zonas donde se ubican los piezómetros, indicado por el rango de amplitud de sus niveles. Esto además indicaría mayor sensibilidad en el Sistema de LP-LB, como respuesta a cambios hidrológicos por ejemplo. Ambos sistemas presentan sus mínimos registros en temporada de enero-marzo de cada año.

De los valores registrados a la fecha, en cada uno de los puntos de monitoreo, para el período abril 2016 a marzo 2017, los niveles promedio de cada punto se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente. Además de presentar valores de niveles promedios por sobre los valores mínimos registrados de línea base, los niveles presentan también tendencias estables y cíclicas en el tiempo.

2 INTRODUCCION

El presente informe corresponde al primer Informe Anual de Monitoreo o Seguimiento del **Plan de Manejo Biótico**, comprometido en el Proyecto “**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta**” de Rockwood Lithium, aprobado por Resolución de Calificación Ambiental (RCA) mediante **RCA N° 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 del proyecto.

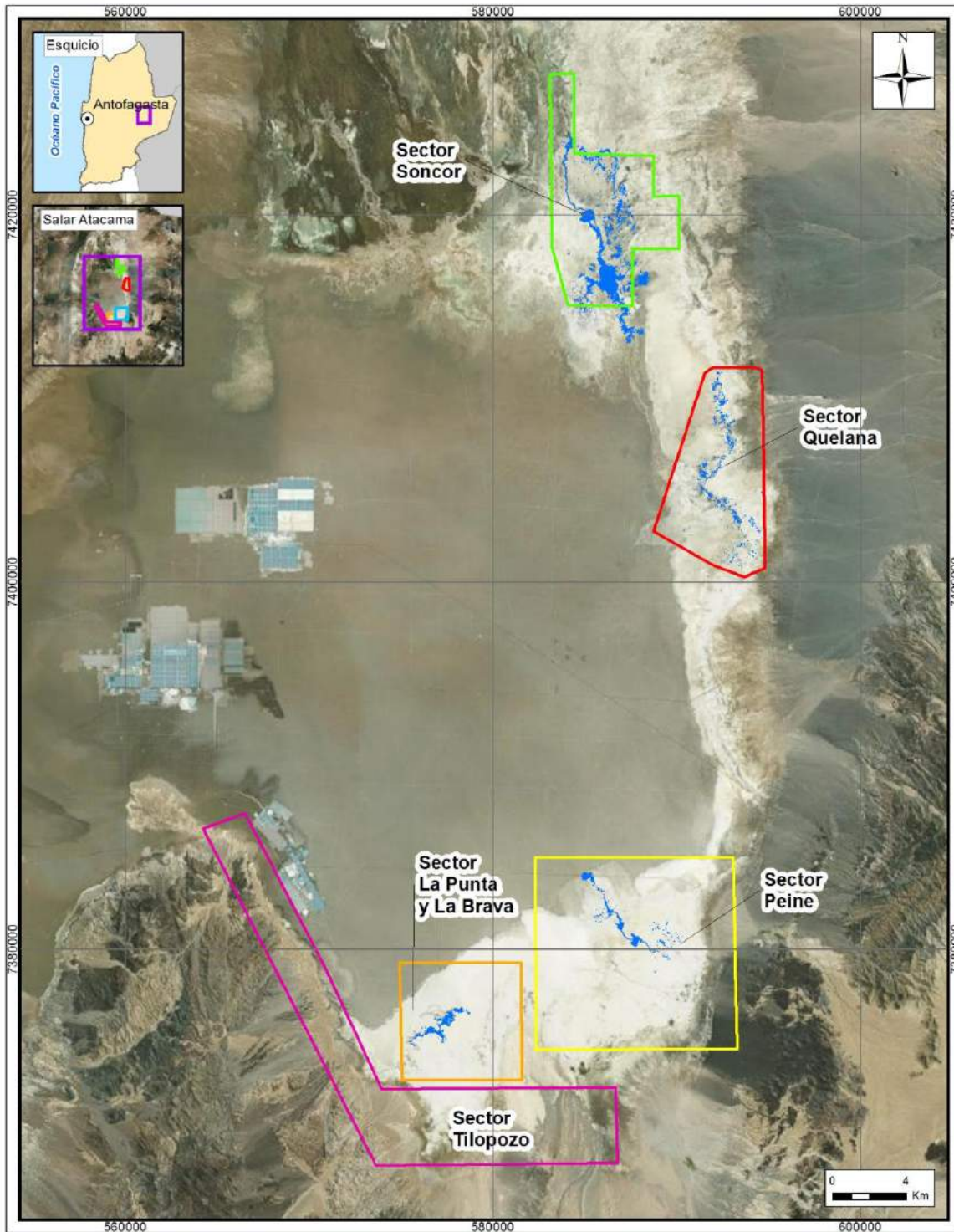
El objetivo de este Informe es entregar los resultados del monitoreo anual, para cada una de las variables o subcomponentes que involucra el PMB, en su frecuencia y métodos correspondientes de medición, para con ello realizar el análisis de este seguimiento de cada una las variables bióticas involucradas. 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 (ver **Figura N° 2-1**), en el PMB incluye los sectores 1, 2 y 3 que se señalan a continuación; pero en términos operativos se consideran cinco sectores, incorporando debido a la componente Vegetación y Flora, los sectores 4 y 5 siguientes:

- 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.
- 4) Sistema Soncor constituido por las lagunas Barros Negros y Chaxa; y 5) Quelana, Aguas de Quelana (ubicadas ambas en la Reserva Nacional Los Flamencos). *(Estos sectores 4 y 5 se incorporan en el seguimiento sólo por el componente vegetación y flora).*

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 a los niveles de agua de los acuíferos, constituyendo así, elementos importantes de dar seguimiento para detectar tempranamente cualquier cambio.

Figura N° 2-1. Área de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

El presente Informe, da cuenta de las campañas de invierno 2016 y verano 2016-2017, las cuales se desarrollaron durante los meses de agosto del 2016, y entre diciembre del 2016 (para seguimiento de superficies lagunares) y marzo - abril del 2017.

El PMB indica que las campañas de verano deben realizarse de preferencia en época post-lluvias (referidas al invierno Boliviano). Es por ello que, la campaña de verano del 2017, tuvo lugar entre los días 27 al 31 de marzo y entre el 06 y 10 de abril del 2017, la cual debió postergarse de acuerdo a lo planificado (que era enmarcarse estrictamente dentro de la estación de verano), debido a las intensas lluvias que acontecieron en la zona entre los días 23 y 26 de febrero del 2017, según lo indicado por la estación meteorológica de Rockwood Lithium existente en la Planta Salar, situación que con posterioridad al evento climático, hizo intransitables e inseguros los caminos dentro del salar para la ejecución de las campañas, por lo que debido a estas razones de fuerza mayor, hubo que realizarlas en un período tardío de verano.

La primera campaña del PMB del proyecto, en agosto del 2016, se realiza en etapa de Construcción, previo al inicio de operaciones². En cambio, desde diciembre 2016 a marzo 2017, se realiza la campaña de verano en el marco de la etapa de Operación del proyecto.

El Plan de Manejo Biótico (PMB) definido en el Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, establece para las componentes de Biot, Suelo y Agua el seguimiento de: (1) flora y vegetación terrestre, (2) flora y fauna acuática, (3) calidad de agua y (4) fauna terrestre, (5) lagunas, entre otros, siguiendo los criterios establecidos en la Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos (MMA-SAG-DGA, 2011). Dentro de las variables señaladas, destacan algunas de ellas como variables de estado, esto es elementos indicadores de cambio del estado ecológico de los ecosistemas terrestres (azonal) y acuáticos. El estado ecológico se evaluará en términos de tres variables de estado: nivel freático, vegetación azonal, y superficie de las lagunas.

La definición de puntos de transectas 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

² Rockwood Lithium 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.

La **Tabla N° 2-1** presenta resumidamente los componentes y subcomponentes de las variables principales, así como frecuencia y estaciones a monitorear en cada campaña, de acuerdo a lo 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° 2-1. Detalle de las componentes, variables y estaciones reportadas en Informe Campaña Invierno 2016, de acuerdo al Plan de Manejo Biótico, y al numeral 7 Plan de Seguimiento Ambiental Propuesto en el EIA y sus Adendas de la RCA 21/2016.

Componente	Subcomponente	Frecuencia	Variables generales	Número Estaciones PMB	Estaciones voluntarias	Número de Estaciones Totales
Biota	Flora terrestre	Semestral	Composición y cobertura de especies	31*	-	31*
	Vegetación terrestre	Semestral/ Anual	Distribución y cobertura de la vegetación azonal	31*	-	31*
	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 previo, en 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).

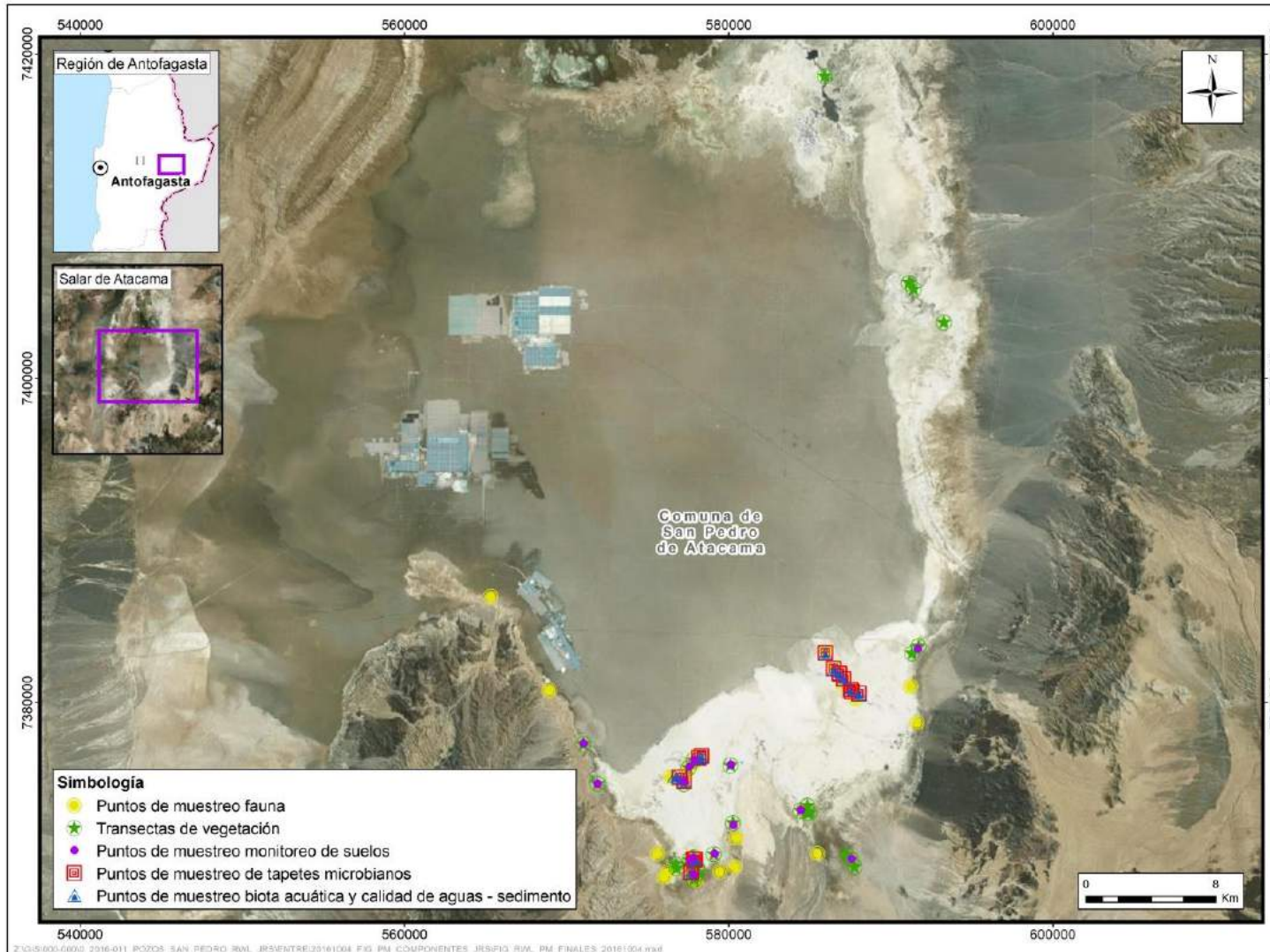
** Limn = variables que se reportan dentro de capítulo de Limnología. Flora y fauna acuática, aun cuando corresponden a la componente Biota se reportan dentro del capítulo de Limnología, que abarca tanto la biota acuática, como calidad de agua y sedimentos.

***: 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.

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 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.

En la **Figura N° 2-2** 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.



Fuente: Elaboración Propia

Es importante indicar que, como estructura de informe, **cada subcomponente con sus variables se presentan 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 223/2015 de la Superintendencia de Medio Ambiente. En la **Tabla N° 2-2** se identifican los responsables y ejecutores de las mediciones, muestreo y/o análisis realizados en la presente campaña invierno 2016, de acuerdo a las variables y/o parámetros correspondientes.

Tabla N° 2-2. 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	Ciencia Ambiental Consultores	Ciencia Ambiental Consultores	Laboratorio de Limnología. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile
Tapetes microbianos	Caracterización de tapetes	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	Universidad de Antofagasta
Sustrato	Físicas y químicas	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	Laboratorios ETFA: ALS Life Sciences Chile S.A.; SGS Chile Ltda. y DICTUC y Laboratorio Agrolab y Laboratorio de Física de Suelos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile;
Sedimentos	Físicas y Químicas	Laboratorio acreditado como EFTA (ANAM S.A.)	Laboratorio acreditado como EFTA (ANAM S.A.)	Laboratorio acreditado como EFTA (ANAM S.A.)
Calidad de agua	Físicas y Químicas	Laboratorio acreditado como EFTA (ANAM S.A.)	Laboratorio acreditado como EFTA (ANAM S.A.)	Laboratorio acreditado como EFTA (ANAM S.A.)
Lagunas	Nivel de agua	ICASS SpA (Hasta diciembre 2016)	No aplica	No aplica
		SGA (Enero-Marzo 2017)	No aplica	No aplica
	Superficie	Geosoluciones Ltda.	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla N° 2-3** se transcriben los Considerandos de la RCA que dan origen al presente Informe Anual.

Tabla N° 2-3. 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)	Composición y Cobertura de Especies, en 14 puntos. Con procedimiento de medición Point Cuadrat, 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 Vegetación (pág.56, 57)	Distribución y cobertura de la vegetación azonal, en 14 puntos. Con procedimiento de método de imágenes satelitales de frecuencia anual durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Con procedimiento de método de Carta de Ocupación de Tierras, de 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 Sustrato (pág. 57)	Parámetros físico químicos del suelo, en 14 puntos. Con procedimiento de medición de parámetros <i>in situ</i> y 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 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. 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 físico-químicos 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.

RCA y Adendas	Considerando	Transcripción
	7.- FÍSICO parámetros físico-químicos 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.
Adenda 5, Anexo 2	4.2.4. Niveles Freáticos Lagunas	<u>Niveles de freáticos en 5 puntos</u> , Numeral 4.2.4 (Anexo 2) Ubicación de Estaciones de Monitoreo (Pág. 401) <i>“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.”</i> Procedimiento de medición manual, con frecuencia mensual. <u>Superficie de lagunas en La Punta-La Brava y Peine</u> , 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 reporte, es presentar el Informe Anual N°1 del Plan de Manejo Biótico del proyecto RWL, comprometido en la RCA 21/2016, las que involucran las componentes y variables de medición de frecuencia Semestral, correspondientes a la estación de invierno 2016, las que fueron monitoreadas en el mes de agosto del 2016, y a la estación de verano, las que fueron monitoreadas desde diciembre 2016 a abril 2017, dependiendo de la variable respectivamente, 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.

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos en las campaña de invierno 2016 y verano 2016-2017, del Plan de Manejo Biótico (PMB), para las componentes de Biotas, Suelo y Agua, las cuales han sido reportadas por el equipo Consultor especialista para el desarrollo de estas actividades, Cedrem Consultores. El detalle de los participantes en el estudio se indica en el **Anexo de Responsables y Participantes de las actividades de muestreo**.

Para cada subcomponente o agrupación de éstas se presenta un capítulo específico, reportando las fechas específicas de campaña, el área de estudio y metodologías específicas, estaciones, parámetros de evaluación, resultados, entre otros, siguiendo para cada una de estas variables el formato establecido en la Resolución Exenta SMA N°223/2015 de la Superintendencia de Medio Ambiente.

Para cada capítulo, como bien señala la resolución citada en el párrafo anterior, se indica 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.

No obstante, a la particularidad y profundización de los resultados de cada capítulo en su temática, al final del presente informe, en el Capítulo Discusión se desarrolla una evaluación integral de las componentes para dar cuenta de la evolución o cambio ecológico que se pudiera haber percibido en este primer año de mediciones.

Igualmente, en el Capítulo Discusión, se evalúa la evolución de las variables de estado definidas por el PMB (i.e. nivel freático, vegetación azonal, y superficie de las lagunas), como elementos indicadores de cambio del estado ecológico de los ecosistemas terrestres (azonal) y acuáticos en estudio.

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 223/2015.

5 FLORA Y VEGETACIÓN

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos a partir del primer y segundo monitoreo semestral correspondiente a invierno 2016 y verano 2017 para el subcomponente ambiental Flora y Vegetación, 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 Rockwood Lithium, 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.

El periodo reportado en el presente informe consolidado anual se enmarca entre los días 8 y 12 de agosto de 2016, fechas en que se realizó la campaña estacional de invierno de 2016 (Monitoreo 1), y entre los días 6 y 10 de abril de 2017, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de verano de 2017, llamado en adelante Monitoreo 2. Es importante destacar, que el monitoreo de verano, se desarrolló durante el período de verano tardío, ya que con ocasión de las lluvias estivales (ocurridas a fin de febrero), se tuvo acceso al área de estudio a partir de esa fecha y tal como quedase establecido en el PMB, el monitoreo de verano debe realizarse post-lluvias, las que ocurren en la zona entre febrero y marzo de cada año.

En la primera campaña de terreno, invierno 2016, se determinó la ubicación de transectas con el fin de evaluar la cobertura real y composición vegetal, previo a la entrada en operación del Proyecto, según lo solicitado en el acápite 10.2 de la RCA N°21/2016³. Junto con lo anterior, se exponen los resultados del monitoreo de distribución y cobertura de la vegetación azonal mediante el método de carta de ocupación de tierras (COT) y el método de imágenes satelitales (NDVI).

El objetivo del seguimiento de la variable “Flora y Vegetación” es monitorear y determinar la situación actual de la flora y vegetación azonal en el área de estudio, a través de las metodologías establecidas en la RCA 0021/2016 (carta ocupación de tierras, transectas con método de intercepto de puntos en base a la metodología *point quadrat* e imágenes satelitales), con el fin de contrastar los resultados del monitoreo con la situación inicial de la misma, establecida previamente en la etapa pre operacional del proyecto y de línea base, Para dar cumplimiento a lo anterior, se desarrollan los siguientes objetivos específicos:

³ 10.2 señala textual: “El titular deberá contar con información real de cobertura y composición vegetal, específica en un rango de un 5% de participación en la metodología de transectas. Esta información se debe levantar previo al inicio de la operación del proyecto.”

-
- Monitorear la distribución y la cobertura de la vegetación (zonal y azonal), en su estructura comunitaria horizontal y vertical, en resultados semestrales (invierno y verano) a través del método de carta de ocupación de tierras (COT).
 - Determinar la cobertura real, riqueza, abundancia, y composición vegetal actual en las transectas de vegetación azonal, en resultados semestrales (invierno y verano).
 - Determinar la cobertura de vegetación activa (según la estimación del índice NDVI), priorizando aquellas áreas donde existan formaciones vegetales sensibles a la alteración del suministro hídrico (hidrófilas y/o halófitas, en un periodo anual).
 - Comparar, a través de parámetros, la cobertura y composición vegetal actual (Monitoreo 1 y Monitoreo 2) con la establecida previamente en la etapa pre operacional del proyecto y de línea base.
 - Comparar los valores de vegetación activa de cada sector, obtenidos a partir del índice NDVI, con los registros históricos de la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015, Apéndice B).

5.1 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.1 COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT)

5.1.1.1 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. Específicamente, 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, en 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 Brava⁴, (3) Peine, (4) Soncor y (5) Aguas de Quelana⁵. En la **se presenta el área de estudio.**

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 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 (2006), 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

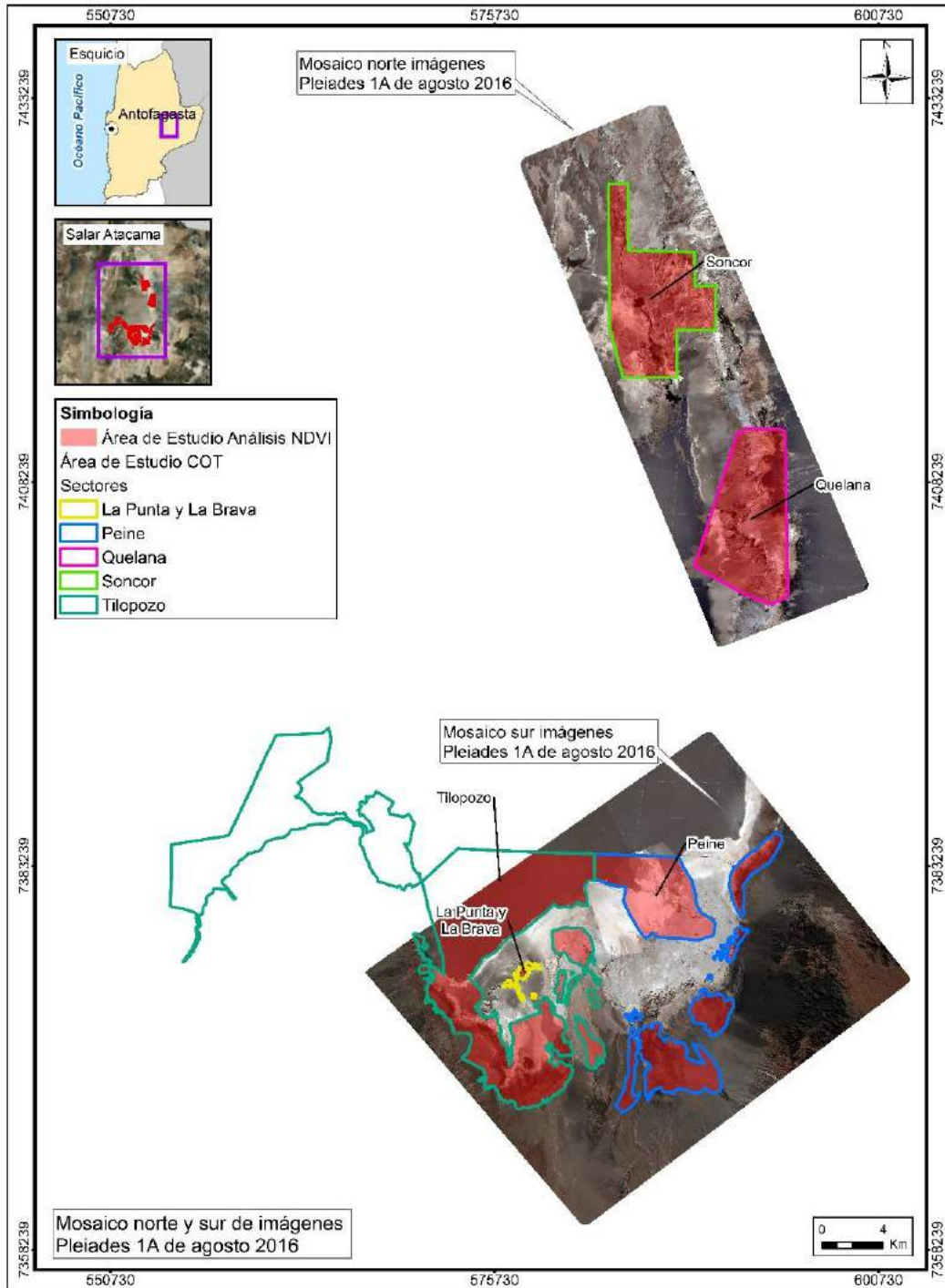
⁴ Con el fin de homologar la sectorización a la establecida por el PMB, se decidió seccionar el área de Tilopozo en dos subsectores: *La Punta* y *La Brava*, y *Tilopozo*.

⁵ 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.

presencia de los árboles espinosos *Prosopis alba* y *Geoffroea decorticans*. Debido a estar edáficamente condicionada no es posible reconocer comunidades zonales e intrazonales.

En base al contexto descrito anteriormente, se reporta el monitoreo del periodo comprendido entre el invierno de 2016 y verano 2017.

Figura N° 5-1. Área de estudio para el monitoreo de la vegetación Invierno- 2016 y Verano – 2017 en el Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Ubicación de puntos muestreo

La **Tabla N° 5-1** muestra la ubicación de los puntos de muestreo de las campañas realizadas. 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 hubo que definirlos. Para dicha definición, se consideraron como primera referencia los puntos de las transectas (ver sección 5.1.2 de este capítulo), y luego se adicionaron puntos para la COT de manera de poder obtener una cobertura más robusta y representativa del sistema a caracterizar.

Para la campaña de verano 2017, se tuvo una condición de post-lluvia, tal como quedase establecido en los requerimientos del PMB para el seguimiento, y esto obligó también a adicionar puntos para la aplicación de la metodología COT.

Tabla N° 5-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2016 y verano 2017.

SUB-SECTOR	PUNTOS DE MUESTREO		Coordenadas UTM (WGS84)	
	CODIGO PUNTOS PARA COT	CODIGO ASOCIADO A TRANSECTAS	Este	Norte
Peine	PE001	T01	584979	7373198
	PE002	T02	584864	7373653
	PE003	T03	584870	7373199
	PE004	T04	584450	7373358
	PE005	T05	587784	7369847
	PE006	T06	587249	7370627
	PE007	T07	587538	7370322
	PE008	T08	591329	7383068
	PE009	T09	591730	7383499
	PE010	ADICIONADO	587738	7371289
	PE011	ADICIONADO	589867	7369858
	PE012	ADICIONADO	585894	7369256
	PE013	ADICIONADO	591208	7374031
	PE014	ADICIONADO	591508	7378099
	PE015	ADICIONADO	592690	7383248
	PE016	ADICIONADO	591901	7383155
	PE017	ADICIONADO	591476	7383136
	PE018	ADICIONADO	586744	7381776
	PE019	ADICIONADO	585195	7373414
	PE020	ADICIONADO	585013	7373509
	PE021	ADICIONADO	584641	7372450
	PE022	ADICIONADO	585727	7372392
	PE023	ADICIONADO	584953	7371398
	PE024	ADICIONADO	585149	7373376
La Brava	LB001	ADICIONADO	576726	7375399

SUB-SECTOR	PUNTOS DE MUESTREO		Coordenadas UTM (WGS84)	
	CODIGO PUNTOS PARA COT	CODIGO ASOCIADO A TRANSECTAS	Este	Norte
	LB002	ADICIONADO	578405	7374837
	LB003	T10	577230	7374967
La Punta	LP001	T11	577546	7375994
	LP002	T12	577872	7376446
	LP003	T13	580099	7376130
	LP004	ADICIONADO	578207	7376541
	LP005	ADICIONADO	578541	7376573
Soncor	SO001	T14	585970	7418664
Quelana	QE001	T15	593317	7403472
	QE002	T16	591112	7405899
	QE003	T17	591450	7405511
	QE004	ADICIONADO	594638	7401560
	QE005	ADICIONADO	594640	7401839
	QE006	ADICIONADO	594624	7402441
	QE007	ADICIONADO	594744	7402540
	QE008	ADICIONADO	594578	7403454
	QE009	ADICIONADO	591348	7406400
	QE010	ADICIONADO	591207	7405955
	QE011	ADICIONADO	591331	7405309
Tilopozo	TL001	T18	576735	7370058
	TL002	T19	577853	7370416
	TL003	T20	577581	7370304
	TL004	T21	579122	7370660
	TL005	T22	578107	7369841
	TL006	T23	578198	7369527
	TL007	T24	577922	7369310
	TL008	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
	TL015	ADICIONADO	575683	7372556
	TL016	ADICIONADO	574559	7372618
	TL017	ADICIONADO	573721	7373374
	TL018	ADICIONADO	573151	7373258
	TL019	ADICIONADO	571621	7374981
	TL020	ADICIONADO	571517	7375608
	TL021	ADICIONADO	571662	7376284
	TL022	ADICIONADO	571517	7376668
	TL023	ADICIONADO	576498	7370674
	TL024	ADICIONADO	576632	7370652

SUB-SECTOR	PUNTOS DE MUESTREO		Coordenadas UTM (WGS84)	
	CODIGO PUNTOS PARA COT	CODIGO ASOCIADO A TRANSECTAS	Este	Norte
	TL025	ADICIONADO	576303	7370302
	TL026	ADICIONADO	576364	7370191
	TL027	ADICIONADO	576506	7370061
	TL028	ADICIONADO	577208	7370124
	TL029	ADICIONADO	577770	7369319
	TL030	ADICIONADO	577144	7369276
	TL031	ADICIONADO	576504	7369498
	TL032	ADICIONADO	575900	7369775
	TL033	ADICIONADO	579309	7373995
	TL034	ADICIONADO	581032	7373345
	TL035	ADICIONADO	580320	7372730
	TL036	ADICIONADO	575742	7371469
	TL037	ADICIONADO	575081	7371377
	TL038	ADICIONADO	572479	7374147
	TL039	ADICIONADO	572401	7374900
	TL040	ADICIONADO	571552	7375353
	TL041	ADICIONADO	571583	7376110
	TL042	ADICIONADO	571470	7376462
	TL043	ADICIONADO	577740	7370519
	TL044	ADICIONADO	577604	7370528
	TL045	ADICIONADO	578248	7370285
	TL046	ADICIONADO	578051	7369959
	TL047	ADICIONADO	577553	7369903
	TL048	ADICIONADO	577335	7370128
	TL049	ADICIONADO	580199	7368767
	TL050	ADICIONADO	580654	7369980
	TL051	ADICIONADO	579936	7369678
	TL052	ADICIONADO	580977	7375826
	TL053	ADICIONADO	582233	7375777
	TL054	ADICIONADO	575790	7371575
	TL055	ADICIONADO	577758	7370522

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3 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).

Los parámetros analizados equivalen a condición anual estimada por sector, en base al seguimiento en invierno 2016 y verano 2017.

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, y la posición topográfica.

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 a la metodología de COT, como muestra la **Tabla N° 5-2**, la cual sintetiza el modo de codificación de los tipos biológicos detectados en terreno.

Tabla N° 5-2. Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes.

TIPO BIOLÓGICO	GÉNERO	ESPECIE	EJEMPLO
Herbáceo	Minúscula	Minúscula	<i>Baccharis juncea</i> : bj
Leñoso Bajo	Mayúscula	Minúscula	<i>Tessaria absinthioides</i> : Tb
Leñoso Alto	Mayúscula	Mayúscula	<i>Polylepis tarapacana</i> : PT
Suculento	Minúscula	Mayúscula	<i>Maihueniopsis boliviana</i> : mB

Fuente: Elaboración en base a Etienne & Prado (1982)

La altura de los estratos se codificó de acuerdo a los valores señalados en la **Tabla N° 5-3**.

Tabla N° 5-3. 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

TIPO BIOLÓGICO	RANGO DE ALTURA (M)	CÓDIGO
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° 5-4** resume la codificación de las medidas de cobertura de acuerdo a la metodología empleada.

Tabla N° 5-4. 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
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° 5-5** presenta las diferentes categorías de posición topográfica utilizadas para los sectores monitoreados.

Tabla N° 5-5. 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 a los criterios semicuantitativos establecidos en la **Tabla N° 5-6**.

Tabla N° 5-6. 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 ($\geq 50\%$) 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

5.1.1.4 Materiales y equipos utilizados

Los implementos utilizados para el muestreo de vegetación son:

- Un navegador Garmin 20X ETREX, 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 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.

5.1.1.5 Metodología de muestreo

5.1.1.5.1 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 a 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.

5.1.1.5.2 Trabajo en terreno

El trabajo de terreno tuvo 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 consideró el siguiente procedimiento para el catastro de información:

- Validación en terreno de la delimitación de unidades cartográficas (realizada mediante fotointerpretación en gabinete, y polígonos ya descritos en la línea de base);
- 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.

5.1.1.5.3 Delimitación y atribución 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/atribución de dichas unidades, según los tipos de recubrimiento de suelo, los que se subdividen a su vez de acuerdo al tipo de formación vegetal según se listan en la **Tabla N° 5-7**.

El proceso inicial de fotointerpretación, se realiza a través de la plataforma SIG, en el software ArcGIS versión 10.3, usando imágenes multiespectrales de alta resolución, las cuales provienen del satélite Pleiades-1A (pixel de 2 metros).

Los polígonos resultantes son atributados según la nomenclatura que se define en la **Tabla N° 5-7** y **Tabla N° 5-8**, 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 a la atribución 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 identificador 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 & Plissock 2006). La **Tabla N° 5-7** 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 suelo⁶ definidas para el Catastro y Evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile (CONAF 1999). La **Tabla N° 5-8** 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:
- 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 & Plissock 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.

⁶ 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).

Tabla N° 5-7. 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° 5-8. Definición de categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones con presencia en el área de estudio.

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
RECUBRIMIENTOS DE SUELO	
<i>Áreas industriales</i> 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.
<i>Áreas desprovistas de vegetación</i> 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.
<i>Cuerpos de agua</i> 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.

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
RECUBRIMIENTOS DE SUELO	
<i>Matorrales</i> ^{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.
<i>Humedales</i> 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.
<i>Matorral – Humedal</i> 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	
<i>Matorral</i> ^{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%.
<i>Matorral hídrico</i> 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.
<i>Vega</i> 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

5.1.1.6 Metodología de cálculo y análisis

5.1.1.6.1 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° 5-7**.

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 (RWL) las que además, van acompañadas por un número identificador de la UV (ver ejemplos en la **Tabla N° 5-9**).

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° 5-9**).

Tabla N° 5-9. 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	RWL-031	RWL-031-163
2	Humedales	Vega	H2	dp	RWL-030	RWL-031-161
3	Humedales	Vega	H2	dp		RWL-031-162
4	Matorral - Humedal	Matorral - Vega	LB3 H5	Tb dp	RWL-055	RWL-055-113
5	Matorral - Humedal	Matorral - Vega	LB4 H3	Tb dp	RWL-046	RWL-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° 5-10**, 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° 5-9**.

Tabla N° 5-10. 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	RWL-033	Vega muy clara	Vega de <i>Juncus balticus</i>
2	RWL-020	Vega clara	
3	RWL-021		
4	RWL-052	Matorral escaso -Vega muy claro	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Juncus balticus</i>
5	RWL-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. Si bien ésta difiere de la propuesta metodológica original de la COT, 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), su comprensión es más directa, y facilita la interpretación para fines del seguimiento de las formaciones vegetales. En la **Tabla N° 5-11** se muestran algunos ejemplos comparativos.

Tabla N° 5-11. Ejemplos comparativos para la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la nomenclatura COT.

Ejemplo		Definición
1	<i>Nomenclatura COT</i>	Formación herbácea muy clara (H3).
	<i>Nomenclatura Proyecto</i>	Vega de <i>Distichlis spicata</i> (H3)
2	<i>Nomenclatura COT</i>	Formación leñosa baja muy clara (LB3) - Formación herbácea baja muy clara (H3).
	<i>Nomenclatura Proyecto</i>	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i> (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° 5-12** 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° 5-12. Ejemplo de agrupación de formaciones vegetales.

Nombre de la agrupación	Nombre de la Formación vegetal
Matorral -Vega con dominancia de <i>Lycium humile</i>	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>
	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> , y <i>Schoenoplectus californicus</i>
	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Juncus balticus</i>
	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> , y <i>Distichlis spicata</i>
	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , y <i>Juncus balticus</i>
	Matorral - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , y <i>Baccharis juncea</i>

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 cm y 0,50 m 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° 5-13** se describen algunos ejemplos de cómo se presentan los resultados COT.

Tabla N° 5-13. Ejemplos de descripción de formaciones vegetales: rangos de altura y de cobertura identificados en las unidades descritas y su mediana (valores recurrentes).

<i>Formación vegetal</i>	Especies dominantes	Altura Vegetal Mediana (Rango)*		Cobertura Vegetal Mediana (Rango)*	
		LB	H	LB	H
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	Ad Aa Ai cis cid	3(1-3)	4	3	5
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	2	1	0,8
<i>Matorral de Eb</i>	Eb	3(2-3)		7	5,8

*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.7 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El monitoreo de invierno se llevó a cabo en una campaña de terreno, ejecutada durante la estación de invierno, entre los días 8 y 12 de agosto de 2016. Posteriormente, el procesamiento de datos se ejecutó entre el 16 y 18 de agosto, y el desarrollo de los análisis se realizó entre el 13 y 22 de septiembre de 2016.

El monitoreo de verano, se desarrolló en una campaña durante el período tardío de verano, a inicios de la estación de otoño entre el 06 y 10 de abril de 2017. Posteriormente, el procesamiento de datos se ejecutó entre el 13 y 18 de abril, y el desarrollo de los análisis se realizó entre el 26 de abril y 05 de mayo de 2017.

5.1.2 FLORA Y VEGETACIÓN

5.1.2.1 *Ubicación de puntos muestreo*

Para el presente estudio, 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)”, el cual 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, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

Cabe recordar, que el programa de monitoreo 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. Estas son parte del Plan de Manejo Biótico y fueron propuestas por Rockwood a la autoridad ambiental competente. Las transectas de este tipo corresponden a los puntos de monitoreo T10 (La Brava), T11 y T12 (La Punta), T14 (Soncor) y T15, T16 y T17 (Aguas de Quelana), ver **Tabla N° 5-14**.

Las 31 transectas se encuentran ubicadas en áreas con presencia de formaciones vegetales sensibles a la alteración del suministro hídrico. Se distribuyen en seis subsectores dentro del área de seguimiento propuesta por el proyecto. En relación a su distribución 14 de ellas se encuentran en el subsector Tilopozo, nueve en el sector de Peine, tres en el subsector La Punta, tres en el sector Aguas de Quelana, una en el sector Soncor, y una en el subsector La Brava (**Figura N° 5-2**).

En la **Tabla N° 5-14** 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 figuras **Figura N° 5-3**, **Figura N° 5-4**, **Figura N° 5-5**, **Figura N° 5-6** y **Figura N° 5-7** se indica la localización de las transectas por subsector.

Tabla N° 5-14. 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 <i>Schoenoplectus californicus</i>	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 <i>Tessaria absinthioides</i>	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 <i>Distichlis spicata</i>	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 <i>Triglochin palustris</i>	T10	T10i	577230	7374967	2.302	NE
				T10f	577264	7375004		
La Punta	VLP1	Herbazal de <i>Triglochin palustris</i>	T11	T11i	577546	7375994	2.298	SE
				T11f	577557	7375945		
	VLP2	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T12	T12i	577872	7376446	2.305	NO
				T12f	577827	7376471		
	VLP3	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	T13	T13i	580099	7376130	2.304	NE

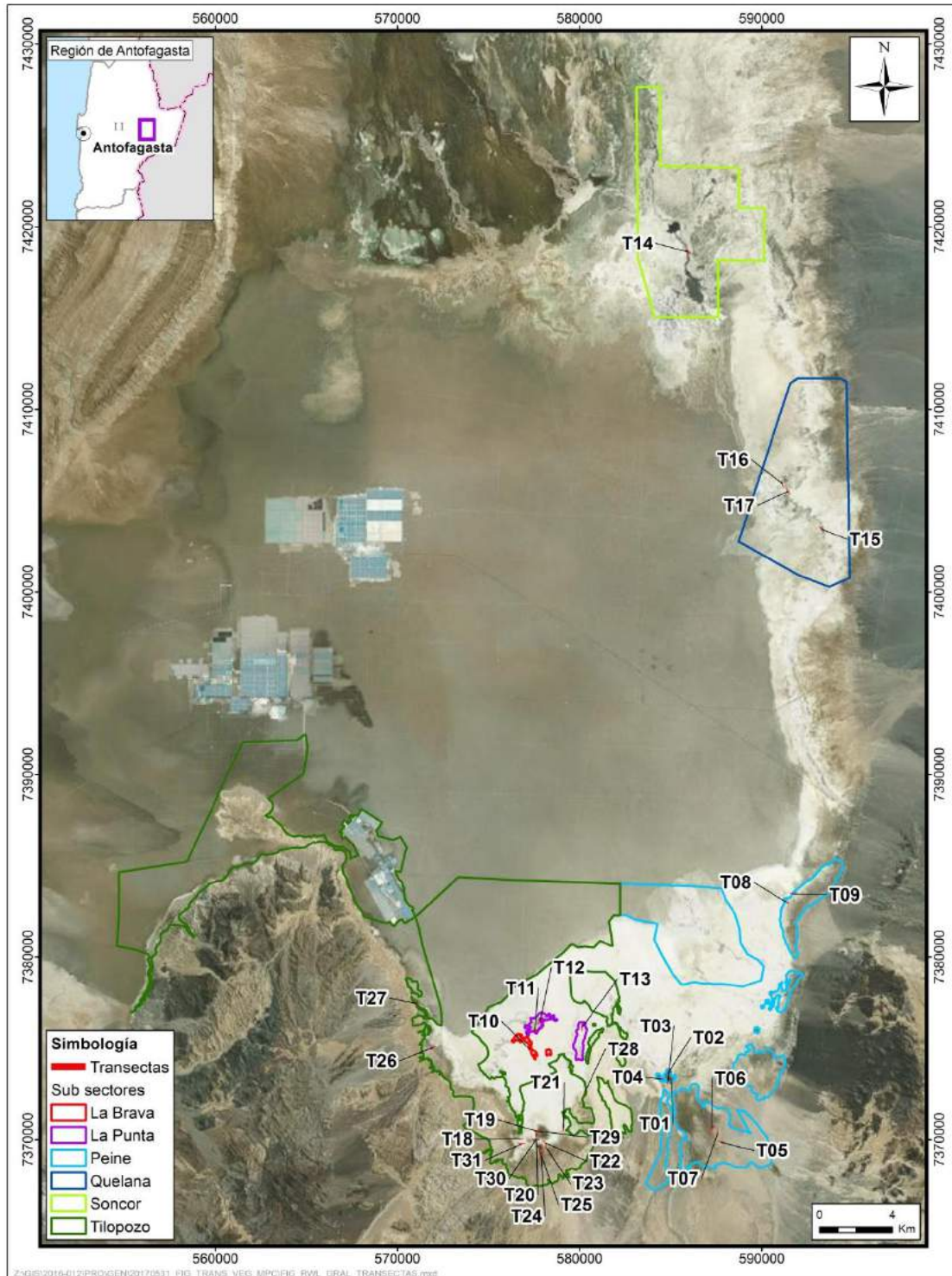
SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA					
			Número	Código	Este	Norte							
				T13f	580149	7376130							
Soncor	VQ*	Área desprovista de vegetación	T14	T14i	585970	7418664	2.300	SO					
				T14f	585937	7418624							
				T15i	593317	7403472							
Quelana	VS*	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T15	T15f	593279	7403439	2.301	SO					
					T16i	591112			7405899				
					T16f	591159			7405919				
		Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T16	T17i	591450	7405511	2.299	SO					
				T17f	591402	7405498							
				T18i	576735	7370058							
Tilopozo	VT1	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	T18	T18f	576733	7370008	2.306	SO					
	VT2	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	T19	T19i	577853	7370416	2.307	SO					
					T19f	577828			7370372				
	VT3	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T20	T20i	577581	7370304	2.307	SE					
					T20f	577629			7370300				
	VT4	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T21	T21i	579122	7370660	2.305	SO					
					T21f	579074			7370655				
	VT5	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T22	T22i	578107	7369841	2.306	SO					
					T22f	578068			7369811				
				VT6	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T23			T23i	578198	7369527	2.307	SO
										T23f	578153		
					Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T24			T24i	577922	7369310	2.310	SO
									T24f	577879	7369283		
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T25	T25i	577901	7369109	2.311	SO					
				T25f	577851	7369103							
	VT7	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T26	T26i	571909	7375029	2.303	SE					
					T26f	571931			7374985				
VT8	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T27	T27i	571081	7377447	2.304	NO						

SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
				T27f	571031	7377448		
	VTM1*	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T28	T28i	580249	7372583	2.309	SE
				T28f	580295	7372564		
	VT2	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	T29	T29i	577865	7370468	2.308	SO
				T29f	577823	7370437		
	VT1	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	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 subsector de Tilopozo para efectos del Seguimiento, por mayor cercanía a este sector, identificando la transecta T28 al sector Tilopozo; **VQ*** y **VS***: punto asociado en el informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación transectos (RWL/CEA 2016), ya que son puntos de control de vegetación.

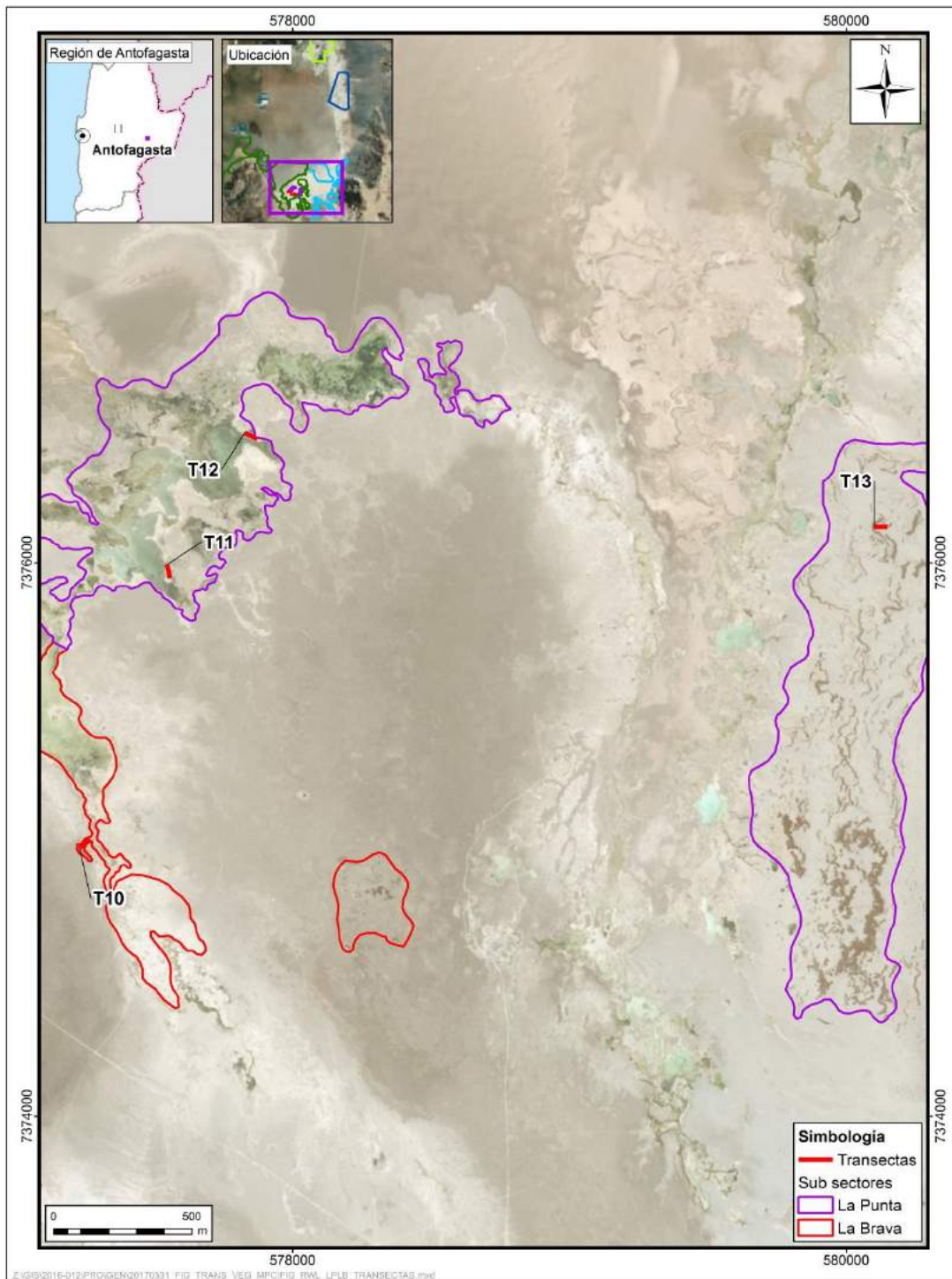
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-2. Localización general de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el área de estudio, Salar de Atacama.



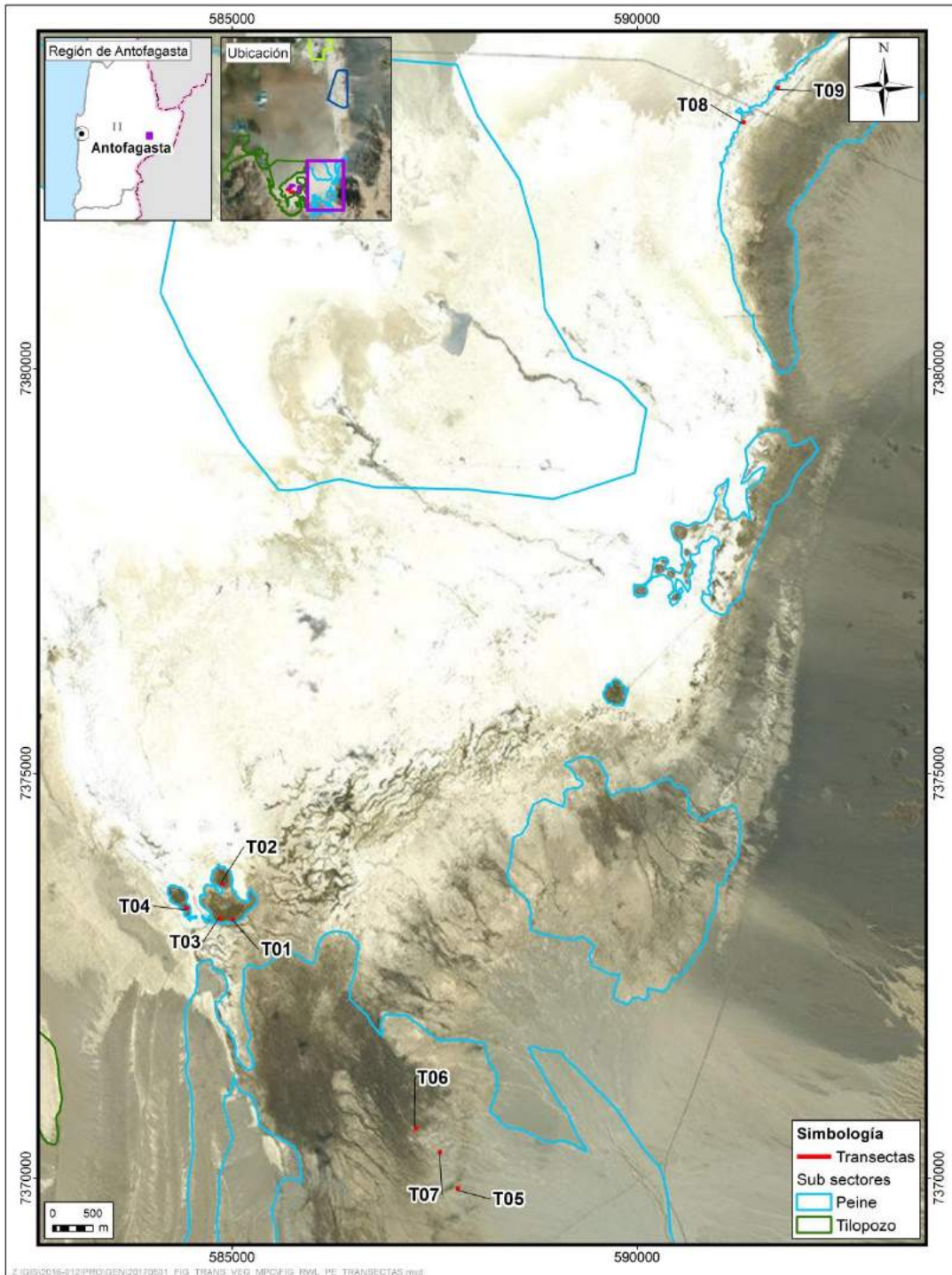
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-3. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en los subsectores La Punta y La Brava, Salar de Atacama.



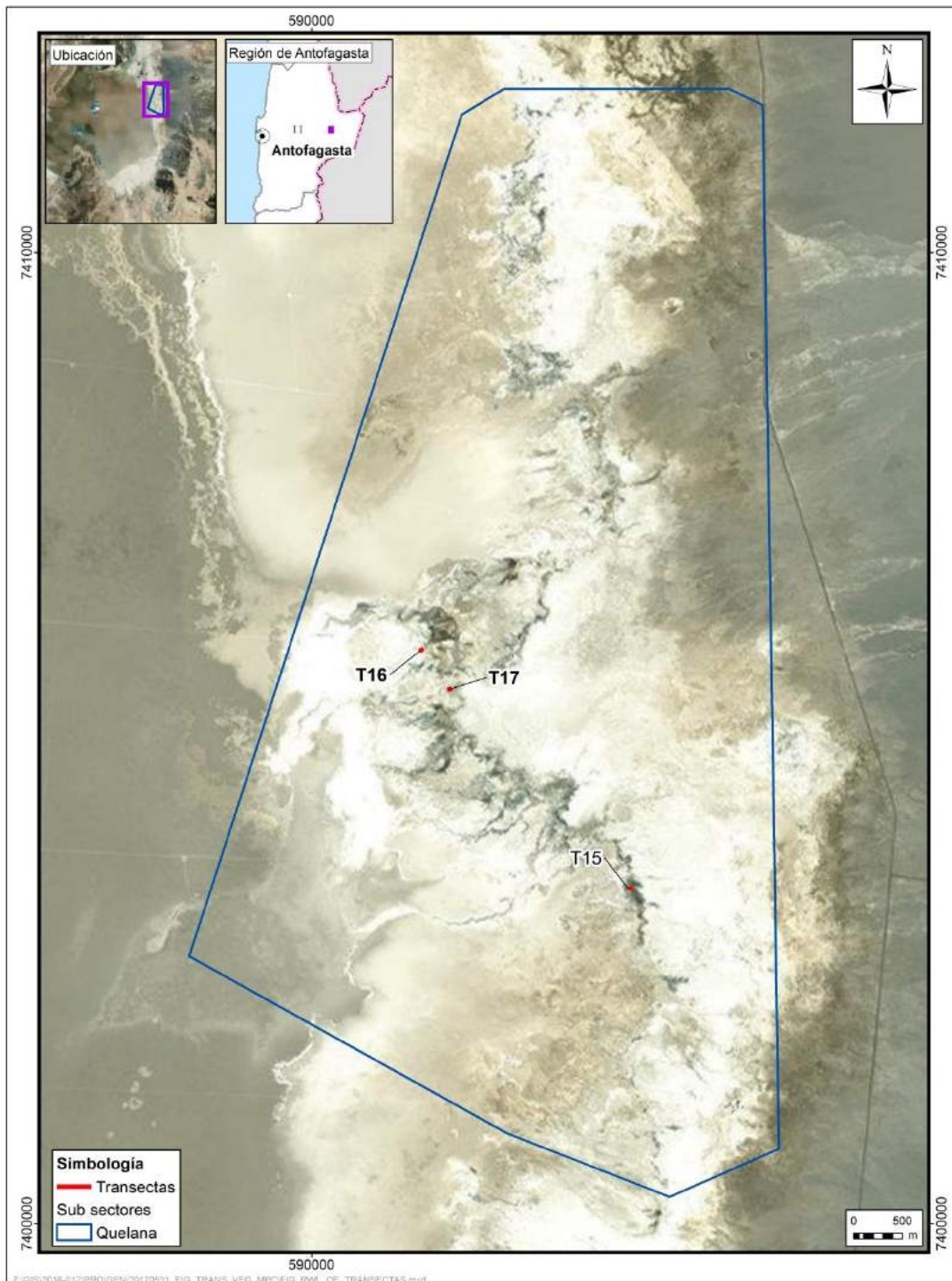
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-4. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Peine, Salar de Atacama.



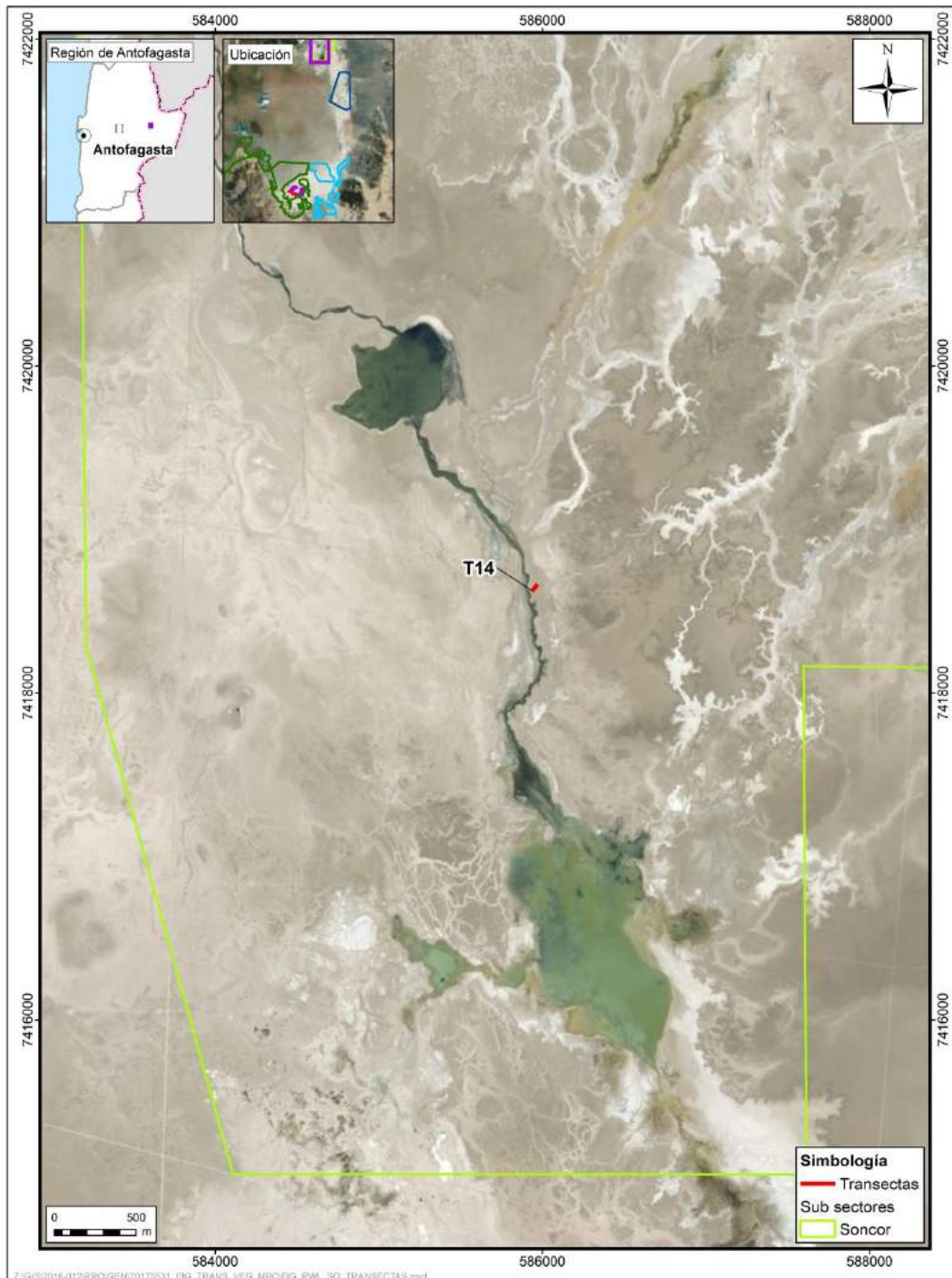
Fuente: Elaboración propia

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



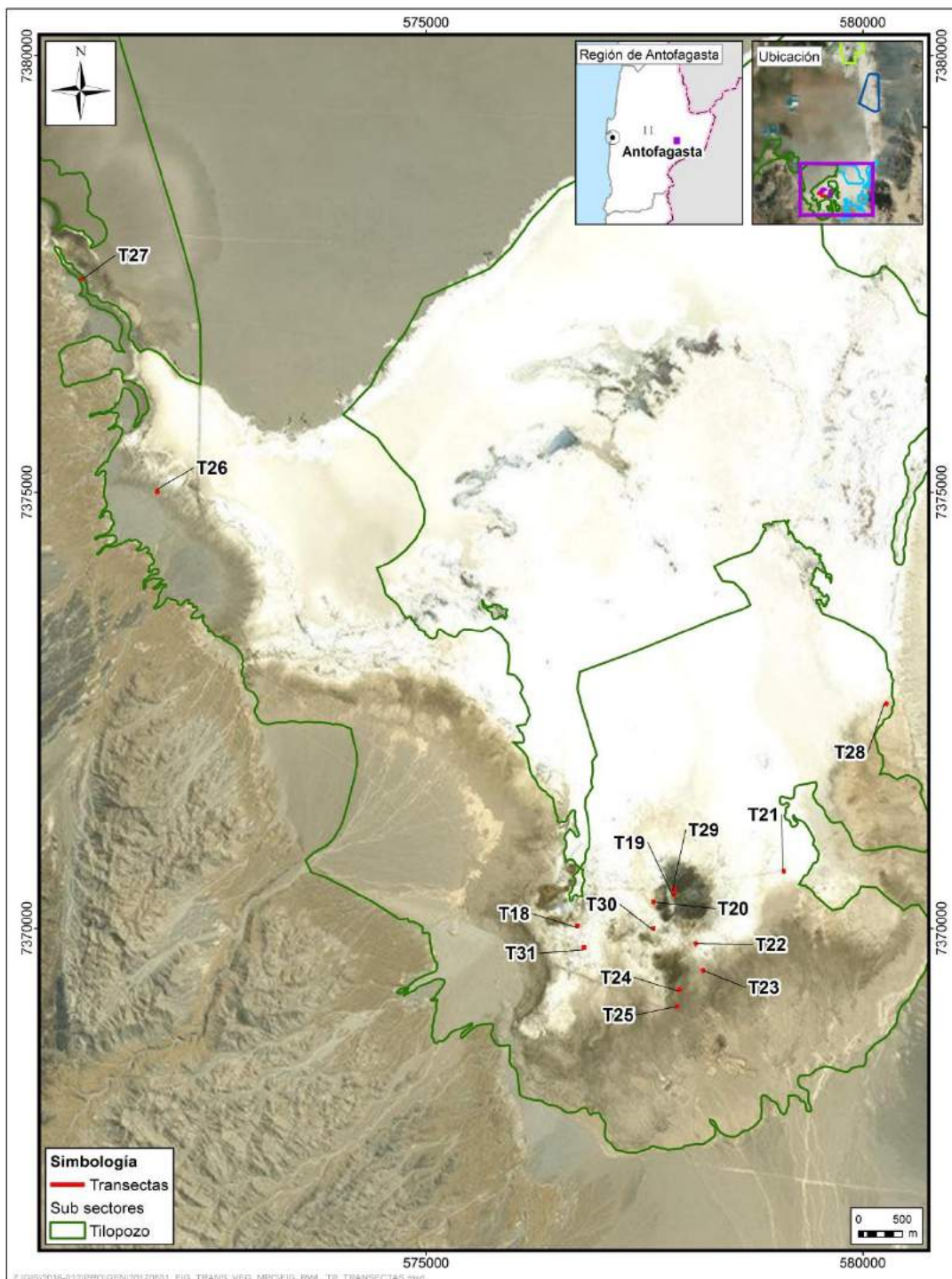
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-7. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Tilopozo, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a 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° 5-15**, se detallan el número de transectas definidas por sector y tipo de formación vegetal.

Tabla N° 5-15. Formaciones vegetales y número de transectas por sector.

SECTOR	SUB SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	No DE TRANSECTAS	
La Punta-La Brava	Tilopozo	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	6	
		Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	3	
		Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	2	
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	3	
	Total en subsector Tilopozo		14	
	La Brava	Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	1	
	Total en subsector La Brava		1*	
	La Punta		Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	1
			Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	1*
			Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	1*
Total en subsector La Punta		3		
Peine	Peine	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	2	
		Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	4	
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	3	
	Total en subsector Peine		9	
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	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 a validación de vegetación realizada en el monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 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 (rastroy).

5.1.2.3 *Materiales y equipos utilizados*

Los implementos utilizados por los especialistas para el muestreo en cada transecta son:

- Un navegador Garmin 20X ETREX. 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.

5.1.2.4 *Metodología de muestreo*

5.1.2.4.1 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 5.1.1.5).

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.

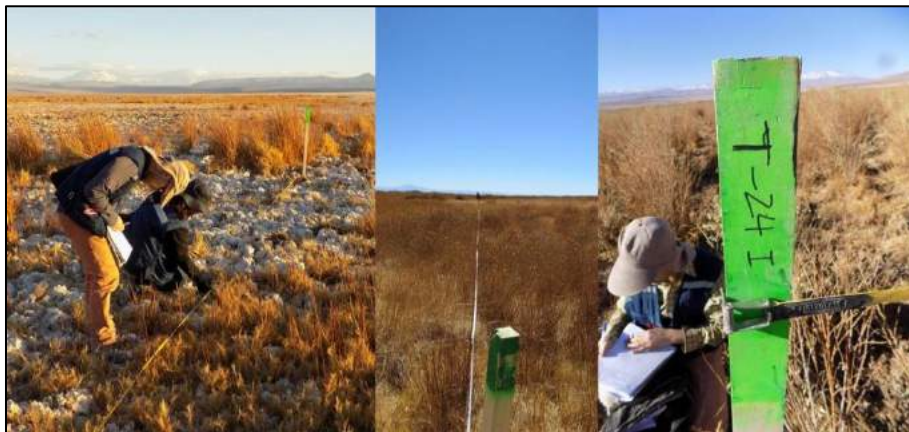
El método de intercepto de puntos en transectos, entrega una estimación de coberturas más precisas que el uso de grillas, para la misma cantidad de puntos muestreados (Blackman, 1935; Goodall, 1952; Greg – Smith, 1983). Por lo anterior, el método de intercepto de puntos, basado en el método “point quadrat”, 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-Dumbois y ElleMBERG 1974). A partir de este

método, se pueden calcular parámetros de riqueza y cobertura de especies en cada transecta.

5.1.2.4.2 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° 5-1.**

Fotografía N° 5-1. 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 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 a su condición inicial o natural, y/o de su grado de intervención antrópica. Este grado se determinó visualmente en terreno de acuerdo a los criterios semi-cuantitativos señalados en la **Tabla N° 5-6**.

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° 5-16** y,
- Porcentaje de afloramiento salino.

Tabla N° 5-16. 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° 5-1**). 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.

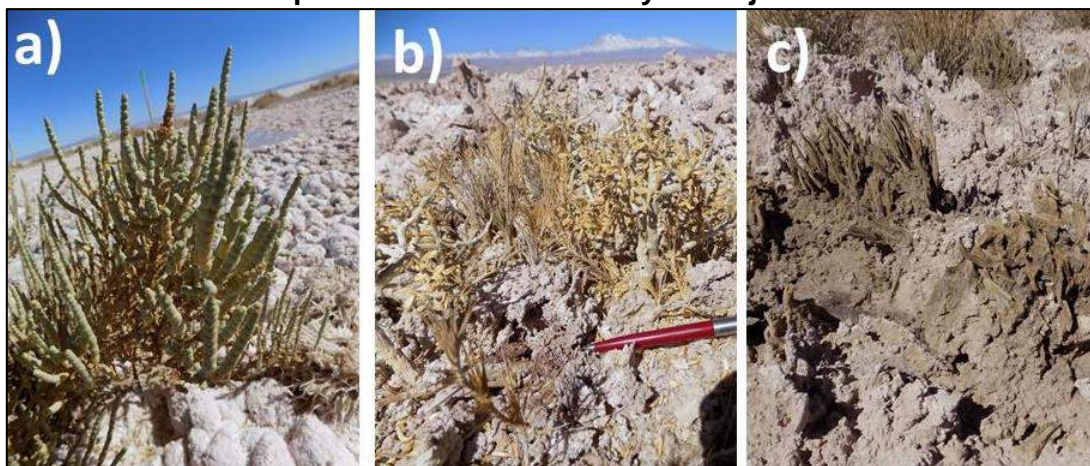
Durante el muestreo de los taxa en cada punto de muestreo, se considera una subdivisión de las especies de flora en relación a su estado fenológico y condición sanitaria, según las siguientes definiciones (**Fotografía N° 5-2**):

- **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° 5-2. 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.

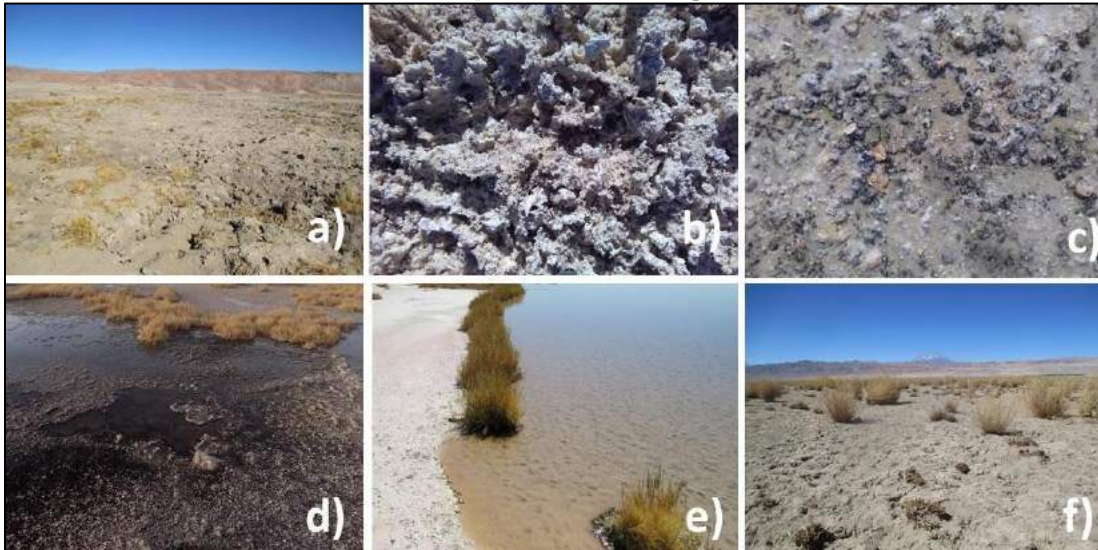
Fuente: Elaboración propia

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° 5-3**), como elemento clave para detectar posibles cambios futuros en la unidad vegetal. Las clases registradas correspondieron a:

- **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° 5-3. 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 coordenadas⁷ de inicio y fin en Datum WGS 84 Huso 19S y se mantiene un registro fotográfico de la formación vegetal.

5.1.2.5 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, 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,

⁷ UTM (Universal Transversal de Mercator)

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 subsectores.

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-Dumbois y ElleMBERG 1974). En consideración de esto, se determinan los siguientes parámetros:

- **Porcentaje de cobertura absoluta de una especie de la transecta (Casp)**

$$Casp = \frac{n_{sp} \times 100}{N_{pi}} = \frac{n_{sp} \times 100}{500}$$

Donde:

n_{sp} = Representa el número total de veces que una misma especie intercepta la huincha en los puntos establecidos en una transecta.

N_{pi} = Representa el número de puntos de intercepción establecidos a lo largo de la transecta.

- **Porcentaje de cobertura absoluta de las especies de la transecta (Cat)**

$$Cat = \sum Casp$$

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{Cat})**

$$\overline{Cat} = \frac{Cat}{S_T} = \frac{\sum Casp}{S_T}$$

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)**

$$\text{CaSEC} = \frac{\sum \text{Cat}}{\text{NT}}$$

Dónde:

$\sum \text{Cat}$ = Representa la suma de los porcentajes de cobertura absoluta de todas las transectas de un subsector.

NT= Corresponde al número de transectas realizadas en el subsector.

5.1.2.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El Monitoreo 1 en las transectas se llevó a cabo en una campaña de terreno, ejecutada durante la estación de invierno, entre los días 8 y 12 de agosto de 2016. Posteriormente, el procesamiento de datos se ejecutó entre el 16 y 18 de agosto, y el desarrollo de los análisis se realizó entre el 13 y 22 de septiembre de 2016.

El Monitoreo 2, se desarrolló en una campaña durante el período tardío de verano, a inicios de la estación de otoño entre el 06 y 10 de abril de 2017. Posteriormente, el procesamiento de datos se ejecutó entre el 13 y 18 de abril, y el desarrollo de los análisis se realizó entre el 26 de abril y 05 de mayo de 2017.

5.1.3 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, en base a la vegetación activa de cada formación determinada en la COT, y su grado de vigorosidad, durante la temporada de crecimiento de la vegetación, esto se refiere al periodo posterior a las precipitaciones estivales (marzo – abril).

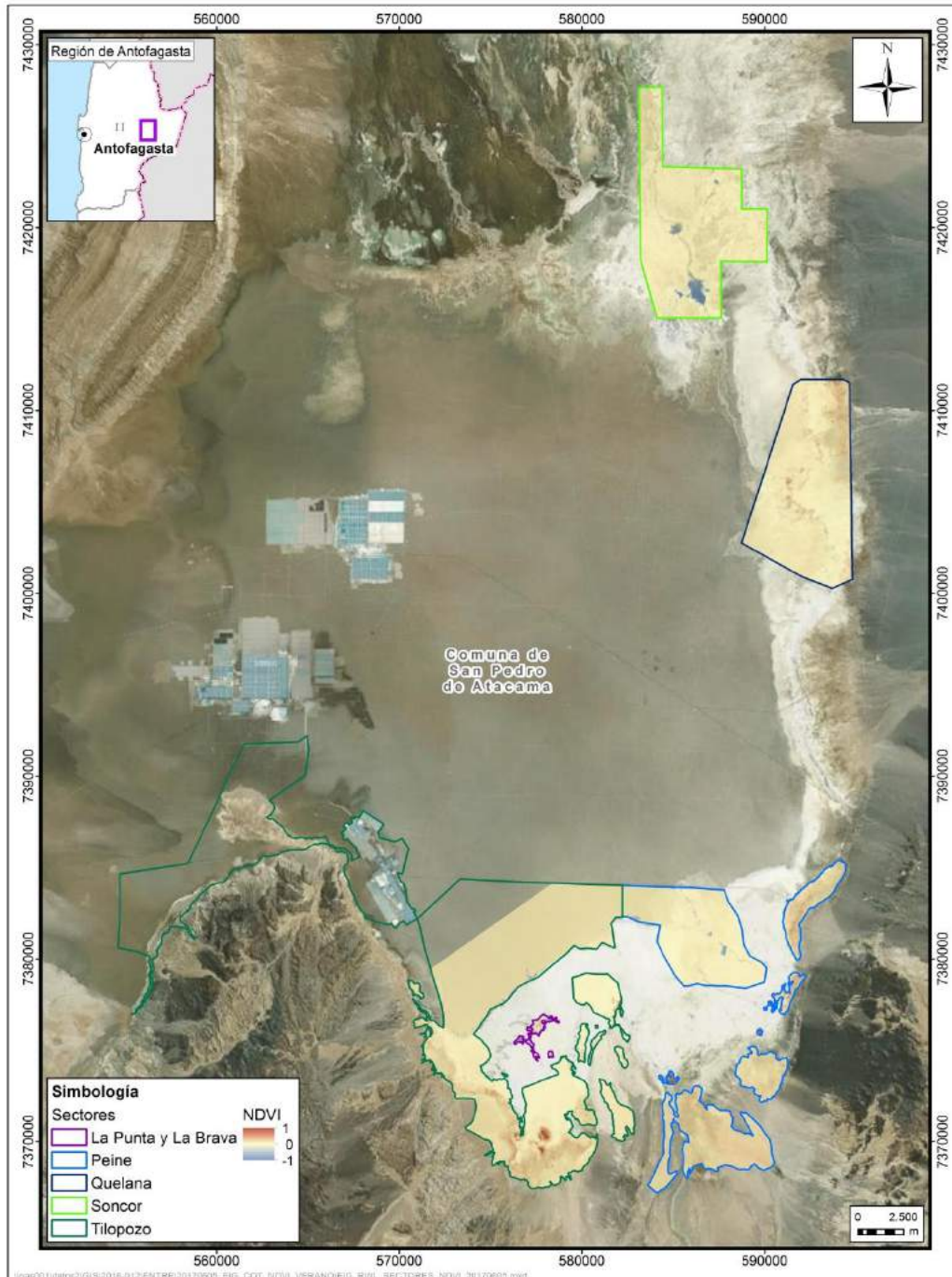
La cobertura de vegetación activa, se calcula a partir del **Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)** por su sigla en inglés), siendo éste el establecido en el Apéndice B del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, y siendo a su vez el más usado en los análisis de la vegetación mediante imágenes satelitales.

5.1.3.1 *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), que representa la vegetación zonal y azonal en cinco sectores del Salar en la campaña de verano de 2017: (i) Tilopozo, (ii) La Punta y La Brava, (iii) Peine, (iv) Soncor y (v) Quelana (**Figura N° 5-8**).

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° 5-8. Localización de sectores donde se obtienen los valores de NDVI en el área de estudio, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2 **Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales**

El parámetro de seguimiento utilizado en el presente análisis, corresponde a las de **superficies de vegetación activa según el índice NDVI**, estimadas por sector a través de imágenes satelitales de alta resolución. Esto en cumplimiento a lo dispuesto en la Adenda 5 y la RCA que aprueba al proyecto, donde se explica que *“se entenderá un cambio de tendencia si después de 3 años consecutivos, se observa una disminución sostenida de la cobertura, fuera del rango de los valores registrados históricamente por sector”* (PMB, Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B).

Según lo establecido por el PMB *“la evaluación de la condición de cambio se realizará por sector de manera independiente, mediante un análisis de tendencia”*. A partir de este, *“...se establece que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan dentro de los valores registrados históricamente por sector”*.

En consideración de lo mencionado recientemente, el análisis comparativo se realiza con las *superficies de vegetación activa por sector de estudio* y tomando las variaciones en relación al promedio histórico de la línea de base, que para el componente corresponden al PMB (Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B).

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.

El NDVI Se calcula mediante la comparación de las bandas espectrales Roja (R) e Infrarroja cercana (NIR) de las imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución, usando la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Donde:

NIR Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano (Banda 4), y

R Reflectancia en el rojo (Banda 3).

El NDVI entrega una estimación de la densidad y vigor de la vegetación verde a una resolución equivalente a la del pixel de la imagen que se esté utilizando. Los valores del índice varían en un rango de entre -1 y 1, detectando la cobertura vegetal en los valores positivos. Mayor NDVI estima proporcionalmente mayor fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por los tejidos verdes y/o mayor biomasa.

5.1.3.3 Materiales y equipos utilizados

Las imágenes multiespectrales de alta resolución usadas en el presente estudio, provienen del sensor Pleiades-1A, 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 (**Figura N° 5-8**). 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), además de permitir acortar a una semana el plazo de captura de las imágenes para toda el área de estudio, permitiendo que la fecha de captura coincidiera con la validación de terreno.

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 ortorrectificación puede encontrarse dentro 1m y 10m respectivamente. Las principales características del sensor se describen en la **Tabla N° 5-17** y en el **Anexo Vegetación y Flora** de las imágenes analizadas.

Tabla N° 5-17. Características espaciales y espectrales del satélite 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: 50cm	
	Multiespectral: 2 m	

Fuente: <http://www.satimagingcorp.com>

5.1.3.4 Metodología de cálculo y análisis

En una primera fase de este proceso, las imágenes PLEIADES, son 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 ($W / (m^2 * sr * \mu m)$)⁸. 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 su plano focal, 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, 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 módulo ATCOR (por su sigla en inglés, Atmospheric & Topographic Correction) disponible con el software PCI Geomática.

El módulo de corrección atmosférica ATCOR 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 atmosféricas de la reflectancia del suelo y las correcciones atmosféricas de la temperatura superficial.

El algoritmo ATCOR trabaja con una base de datos de funciones de corrección atmosféricas almacenados en tablas de búsqueda, para diferentes perfiles de altitud de presión, la humedad, y el tipo de aerosol. El método calcula la reflectancia del suelo para cada píxel, en cada banda espectral; posteriormente se puede utilizar para análisis de índices espectrales o para comparar los valores de reflectancia entre imágenes satelitales.

⁸ Dónde: W: Watts; m²: metro cuadrado; sr: estereorradián; μm : micrómetro.

Seguidamente, 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 dos mosaicos dentro del área de estudio (polígono norte y sur en **Figura N° 5-1**).

En la segunda fase, durante el post-procesamiento de las imágenes satelitales, se calcula el índice NDVI (ver detalles de éste índice espectral en la **sección 5.1.3.2** y seguidamente 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, por lo que se considerará o no “activa”.

La definición de los umbrales del NDVI se realizó para cada una de las formaciones vegetales descritas por la COT (ver Sección a)) en base a las coberturas vegetales, para lograr describir el patrón de distribución espacial de la vegetación activa.

Siguiendo dicho patrón de distribución, los umbrales se calculan en consideración de las siguientes estadísticas del NDVI para cada una de las formaciones vegetales en el área de estudio, a partir de la COT de verano de 2017:

- i) Valor determinado en base al método de clasificación de datos “Quiebres naturales” o “*Natural breaks*”⁹, para cada formación vegetal (polígonos) definidas en la COT, considerando la cobertura.
- ii) Valor promedio del NDVI determinado en las formaciones vegetales (polígonos) definidas en la COT, considerando la cobertura.
- iii) Valor promedio de los valores mínimos de NDVI determinado en las formaciones vegetales (polígonos) definidas en la COT, considerando la cobertura.
- iv) Valor promedio de los valores máximos de NDVI determinado en las formaciones vegetales (polígonos) definidas en la COT, considerando la cobertura.

La selección del umbral dentro de los cuatro parámetros considerados por formación vegetal, se realizó revisando el mejor ajuste en relación a seguir el patrón de distribución espacial establecido por la COT, considerando la cobertura vegetal, lo que se comparará con los valores relativos históricos de línea de base, indicados por formación vegetal y por sector (**Tabla N° 5-18**).

⁹ Método basado en la naturaleza de los datos, donde los límites entre clases quedan establecidos por diferencias considerables entre los valores éstos (Smith, Goodchild & Longley, 2015).

5.1.3.5 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

La captura de imágenes Pleiades 1A, se realizó entre el 13 y el 26 de abril de 2017, cuyo análisis se complementa con la información levantada durante la campaña de terreno postlluvias estivales, realizada durante los días 13 y 18 de abril de 2017.

Tabla N° 5-18. Umbrales de NDVI por formación vegetal y sector de monitoreo.

SECTOR EN MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN O RECUBRIMIENTO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL VEGETACIÓN ACTIVA	
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN
Tilopozo	Azonal	Humedales	Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	>0,444	Quiebres naturales
			Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,144	Quiebres naturales
			Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,142	Quiebres naturales
			Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,286	Promedio máximo
			Vega de <i>Juncus balticus</i>	>0,286	Promedio máximo
			Vega de <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,106	Quiebres naturales
			Vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,145	Quiebres naturales
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	>0,286	Promedio máximo
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	>0,183	Quiebres naturales
			Vega de <i>Triglochin concinna</i>	>0,286	Promedio máximo
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Ephedra breana</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,286	Promedio máximo
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,286	Promedio máximo
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Juncus balticus</i>	>0,14	Quiebres naturales
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	>0,286	Promedio máximo

SECTOR EN MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN O RECUBRIMIENTO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL VEGETACIÓN ACTIVA		
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,183	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Juncus balticus</i>	>0,157	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	>0,158	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Nitrophila atacamensis</i> y <i>Triglochin concinna</i>	>0,286	Promedio máximo	
			Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	>0,098	Quiebres naturales	
	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,286	Promedio máximo	
			Áreas industriales	-	>0,286	Promedio máximo
			Cuerpos de agua	-	>0,286	Promedio máximo
	Zonal	Matorrales	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i>	>0,105	Quiebres naturales	
			Matorral de <i>Ephedra breana</i>	>0,286	Promedio máximo	
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	>0,286	Promedio máximo	
	La Punta y La Brava	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,208	Quiebres naturales
				Vega de <i>Triglochin concinna</i>	>0,141	Quiebres naturales
Matorral - Humedal		Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	>0,286	Promedio máximo		
No aplica		Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,286	Promedio máximo	
			Cuerpos de agua	-	>0,286	Promedio máximo
Peine	Azonal	Humedales	Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,15	Quiebres naturales	
			Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,157	Quiebres naturales	

SECTOR EN MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN O RECUBRIMIENTO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL VEGETACIÓN ACTIVA		
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN	
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	>0,214	Quiebres naturales	
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Ephedra breana</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,127	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	>0,168	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	>0,15	Quiebres naturales	
	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,286	Promedio máximo	
		Cuerpos de agua	-	>0,286	Promedio máximo	
	Zonal	Matorrales	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>	>0,12	Quiebres naturales	
			Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> , <i>Atriplex imbricata</i> , <i>Cistanthe salsoloides</i> y <i>Cistanthe densiflora</i>	>0,127	Quiebres naturales	
			Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	>0,286	Promedio máximo	
			Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Cistanthe densiflora</i> y <i>Tiquilia atacamensis</i>	>0,169	Quiebres naturales	
			Matorral de <i>Atriplex imbricata</i> y <i>Cistanthe densiflora</i>	>0,286	Promedio máximo	
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	>0,169	Quiebres naturales	
	Soncor	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,286	Promedio máximo
			Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Ephedra breana</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,286	Promedio máximo
		No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,286	Promedio máximo
			Cuerpos de agua	-	>0,286	Promedio máximo
Quelana	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,157	Quiebres naturales	

SECTOR EN MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN O RECUBRIMIENTO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL VEGETACIÓN ACTIVA	
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Ephedra breana</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,157	Quiebres naturales
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Triglochin concinna</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	>0,108	Promedio
			Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	>0,286	Promedio máximo
	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,286	Promedio máximo
		Cuerpos de agua	-	>0,286	Promedio máximo
	Zonal	Matorrales	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	>0,157	Quiebres naturales

Fuente: Elaboración propia

5.2 RESULTADOS

5.2.1 COBERTURA Y VEGETACION (COT)

5.2.1.1 Resultados del muestreo campaña de invierno

5.2.1.1.1 Caracterización de la vegetación en el área de estudio

La caracterización vegetal que se indica a continuación fue sometida a un proceso de aumento en el detalle de la información, que consiste en el ajuste en su escala de trabajo (1:2.000), y a la incorporación de áreas no consideradas que cuentan con vegetación de interés para el presente estudio y monitoreos posteriores, así como de seguimientos paralelos como monitoreo de vegetación azonal (transectas) y vegetación activa (NDVI).

La cobertura vegetal se extiende en una superficie de 7.849,7 ha (23,7% del área de estudio), la cual incluye áreas desprovistas con cobertura vegetal muy escasa (561,7 ha). Respecto a la línea de base, se establece un ascenso en la superficie vegetal delimitada de 1.804,9 ha (30%), el cual principalmente proviene del sector Quelana que conllevó la incorporación de 1.407,8 ha de vegetación (78,0% del cambio total). El ascenso en los demás sectores, equivalente a 397,1 ha (22,0% del cambio total y 5,1% de la cobertura vegetal actual), es producto de los ajustes en la delimitación de las unidades vegetales principalmente del tipo azonal.

En invierno, se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación representada por un 78,0% de superficie del área de estudio, ver **Tabla N° 5-19**. En cuanto a superficie con vegetación, se observa una representatividad de 14,9% con vegetación zonal y un 7,2% con vegetación azonal. Entre los tipos de formaciones vegetales, se identificaron tres tipos de matorrales zonales, seis formaciones de humedal (azonal) y tres formaciones de matorral - humedal (azonal).

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 3.523,3 ha (10,7%) y los de *Atriplex atacamensis* con 846,4 ha (2,6%), ambos concentrados en el sector de Peine. Por otra parte, en la vegetación azonal son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 1.021,2 ha (3,1%) localizada principalmente en el sector de Tilopozo, y los matorrales hídricos de *Sarcocornia fruticosa* con 770,4 ha (2,3%) ampliamente distribuidos en cuatro sectores, concentradas sus formaciones en el sector Quelana. En la **Tabla N° 5-19** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, junto a la superficie ocupada por cada uno y su representatividad en el área de estudio.

Tabla N° 5-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto.

TIPO DE RECUBRIMIENTO Recubrimiento De Suelo	Sector Área de Estudio (ha)					TOTAL	
	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Quelana	Soncor	ha	%
Tipo de formación o recubrimiento <i>Formación vegetal</i>							
OTROS RECUBRIMIENTOS	14.490,5	48,2	2.925,8	3.324,2	4.993,5	25.782,2	78,0
AREAS INDUSTRIALES	1.245,2					1.245,2	3,8
Centros industriales	1.198,1					1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					47,1	0,1
AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	13.235,7	8,4	2.863,3	3.315,6	4.749,3	24.172,3	73,1
Áreas denudadas	11.446,0		172,7			11.618,6	35,1
Salares	1.281,6	8,4	2.666,5	3.286,1	4.749,3	11.991,9	36,3
Con cobertura arbustiva muy escasa	508,1		24,1			532,2	1,6
Con cobertura herbácea muy escasa				29,6		29,5	0,1
CUERPOS DE AGUA	9,6	39,8	62,5	8,6	244,2	364,6	1,1
Lagunas	9,6	39,8	62,5	8,6	244,2	364,6	1,1
VEGETACIÓN ZONAL	1.365,3		2.834,9	718,2		4.918,3	14,9
MATORRALES	1.365,3		2.834,9	718,2		4.918,3	14,9
<i>Matorral de Atriplex atacamensis</i>			846,4			846,4	2,6
<i>Matorral de Ephedra breana</i>	548,6					548,6	1,7
<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	816,7		1.988,4	718,2		3.523,3	10,7
VEGETACIÓN AZONAL	1.205,2	70,3	157,4	911,8	24,8	2.369,6	7,2
HUMEDALES	1.155,8	26,5	120,6	235,9	16,9	1.555,8	4,7
<i>Vega de Baccharis juncea</i>	30,0					30,0	0,1
<i>Vega de Distichlis spicata</i>	674,1	7,3	87,0	235,9	16,9	1.021,2	3,1
<i>Vega de Juncus balticus</i>	335,3					335,3	1,0
<i>Vega de Nitrophila atacamensis</i>	19,3					19,3	0,1
<i>Vega de Schoenoplectus californicus</i>	72,7		33,6			106,3	0,3
<i>Vega de Triglochin concinna</i>	24,4	19,2				43,6	0,1
MATORRAL - HUMEDAL	49,4	43,8	36,9	675,9	7,8	813,8	2,5
<i>Matorral hídrico de Lycium humile</i>	35,6					35,6	0,1
<i>Matorral hídrico de Sarcocornia fruticosa</i>	13,8	43,8	36,9	675,9		770,4	2,3
<i>Matorral hídrico - vega de Tessaria absinthioides v Distichlis spicata</i>					7,8	7,8	0,02
Total general (ha)	17.061,0	118,5	5.918,1	4.954,2	5.018,2	33.070,1	100
Total general (%)	51,6	0,3	17,9	15,0	15,2		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al proceso de mejoramiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 5-20** y en el **Anexo Vegetación y Flora**, se presenta un resumen de las coberturas, especies dominantes y representatividad de las formaciones vegetales en función de las unidades cartográficas (polígonos) identificadas en el área de estudio.

Como se observa en la **Tabla N° 5-20**, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega de *Distichlis spicata* (40 unidades) y a su vez, las unidades de esta formación presentan una variación de cobertura vegetal, de escasa a densa (5% a 90%). En contraste, la vega de *Nitrophila atacamensis* y el Matorral – Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* están representados por una unidad cartográfica en Tilopozo y Soncor, respectivamente. Además, se identificaron áreas desprovistas de vegetación con algún desarrollo de cobertura vegetal, pero con coberturas arbustivas y herbáceas muy escasas (<5%), por lo que se clasificaron dentro de otros recubrimientos, entre ambas se identifican 11 unidades cartográficas en el área de estudio.

Particularmente en Soncor, durante el proceso de actualización de la COT, se realizó la delimitación de la vegetación según este método, dado que durante línea base (Adenda 5 RWL, 2015) este sector se reportó como “Área Soncor”. A partir de esto, en el sector destaca la principal ocupación de áreas desprovistas de vegetación con 4.993 ha (99,5% del sector), mientras que en la superficie restante de 24,8 ha existen formaciones vegetales azonales de vega y matorral hídrico - vega.

Tabla N° 5-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto.

RECUBRIMIENTO DE SUELO <i>Formación vegetal</i>	Especies Dominantes	Cobertura vegetal Rango*		Unidades Cartográficas	
		LB	H	N°	%
VEGETACIÓN ZONAL					
MATORRALES					25 20,8
<i>Matorral de Atriplex atacamensis</i>	Aa	3-4		4	3,3
<i>Matorral de Ephedra breana</i>	Eb	3-4		5	4,2
<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Tb dp	2-4	0-4	16	13,3
VEGETACIÓN AZONAL					
HUMEDALES					70 55,6
<i>Vega de Baccharis juncea</i>	bj		5-7	4	3,3
<i>Vega de Distichlis spicata</i>	dp		2-6	40	31,7
<i>Vega de Juncus balticus</i>	jb		3-7	9	7,5
<i>Vega de Nitrophila atacamensis</i>	nia		3,0	1	0,8
<i>Vega de Schoenoplectus californicus</i>	sca		2-7	12	10,0
<i>Vega de Triglochin concinna</i>	tc		3-4	4	3,3
MATORRAL - HUMEDAL					20 15,9
<i>Matorral de Lycium humile</i>	Lh	3,0		3	2,5
<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>	Sf	2-3		16	13,3
<i>Matorral – Vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata</i>	Tb dp	3	5	1	0,8
OTROS RECUBRIMIENTOS					
AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN					11 9,2
Con cobertura arbustiva muy escasa	Aa Ad Eb Hf Lh	1		9	7,5
Con cobertura herbácea muy escasa	dp		1	2	1,7
Total Unidades cartográficas con cobertura vegetal					126 100,0

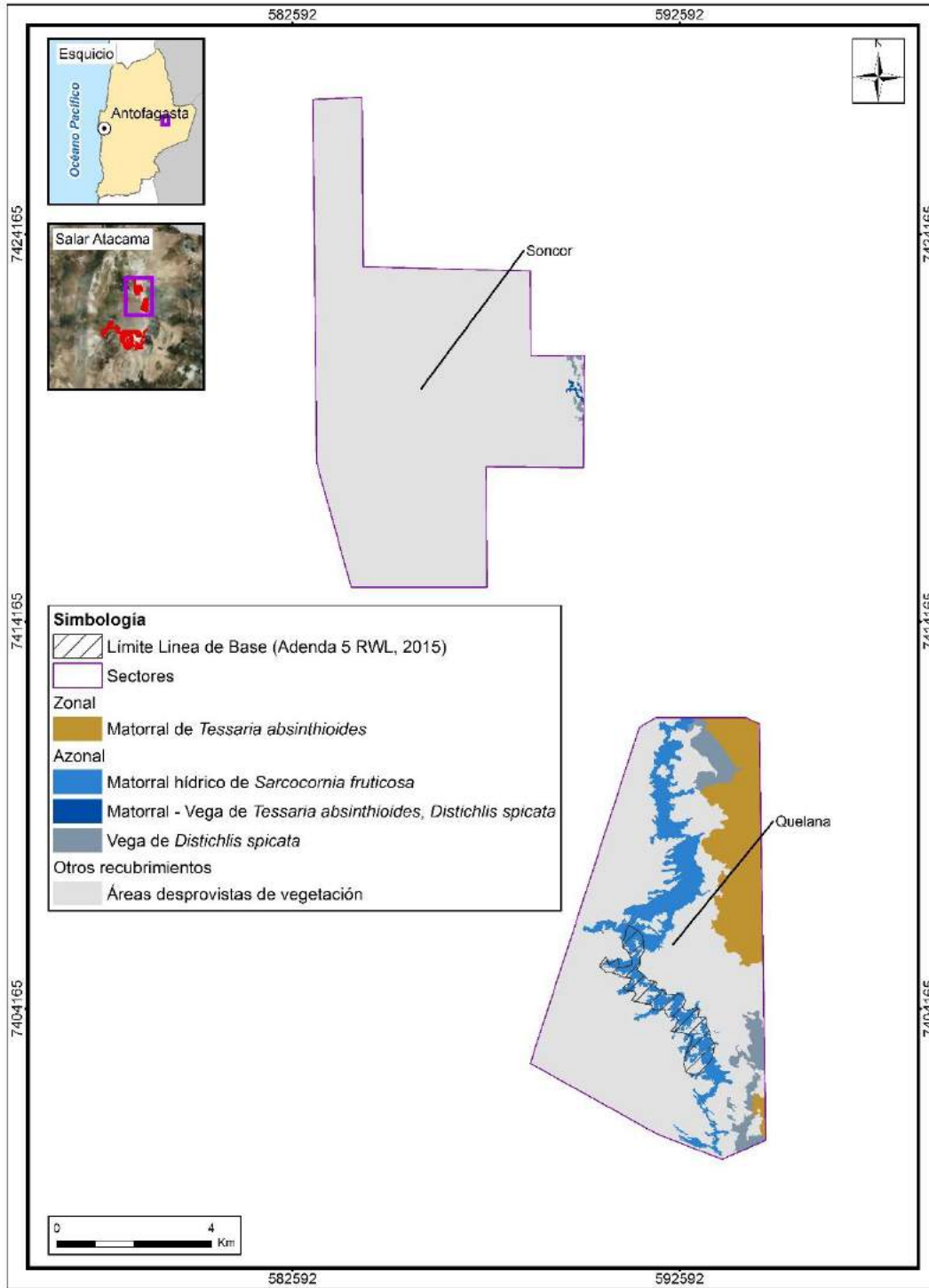
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Dónde:

COT: Carta Ocupación de Tierras			
Cobertura vegetal (%)	Códigos de especies		
	Especies Arbustivas (LB):		Especies Herbáceas (H):
1 muy escasa (1-5)	Aa	<i>Atriplex atacamensis</i>	bj <i>Baccharis juncea</i>
2 escasa (5-10)	Ad	<i>Aloysia deserticola</i>	dp <i>Distichlis spicata</i>
3 muy clara (10-25)	Eb	<i>Ephedra breana</i>	jb <i>Juncus balticus</i>
4 clara (25-50)	Hf	<i>Huidobria fruticosa</i>	nia <i>Nitrophila atacamensis</i>
5 poco densa (50-75)	Lh	<i>Lycium humile</i>	sca <i>Schoenoplectus californicus</i>
6 densa (75-90)	Sf	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	tc <i>Triglochin concinna</i>
7 muy densa (>90)	Tb	<i>Tessaria absinthioides</i>	

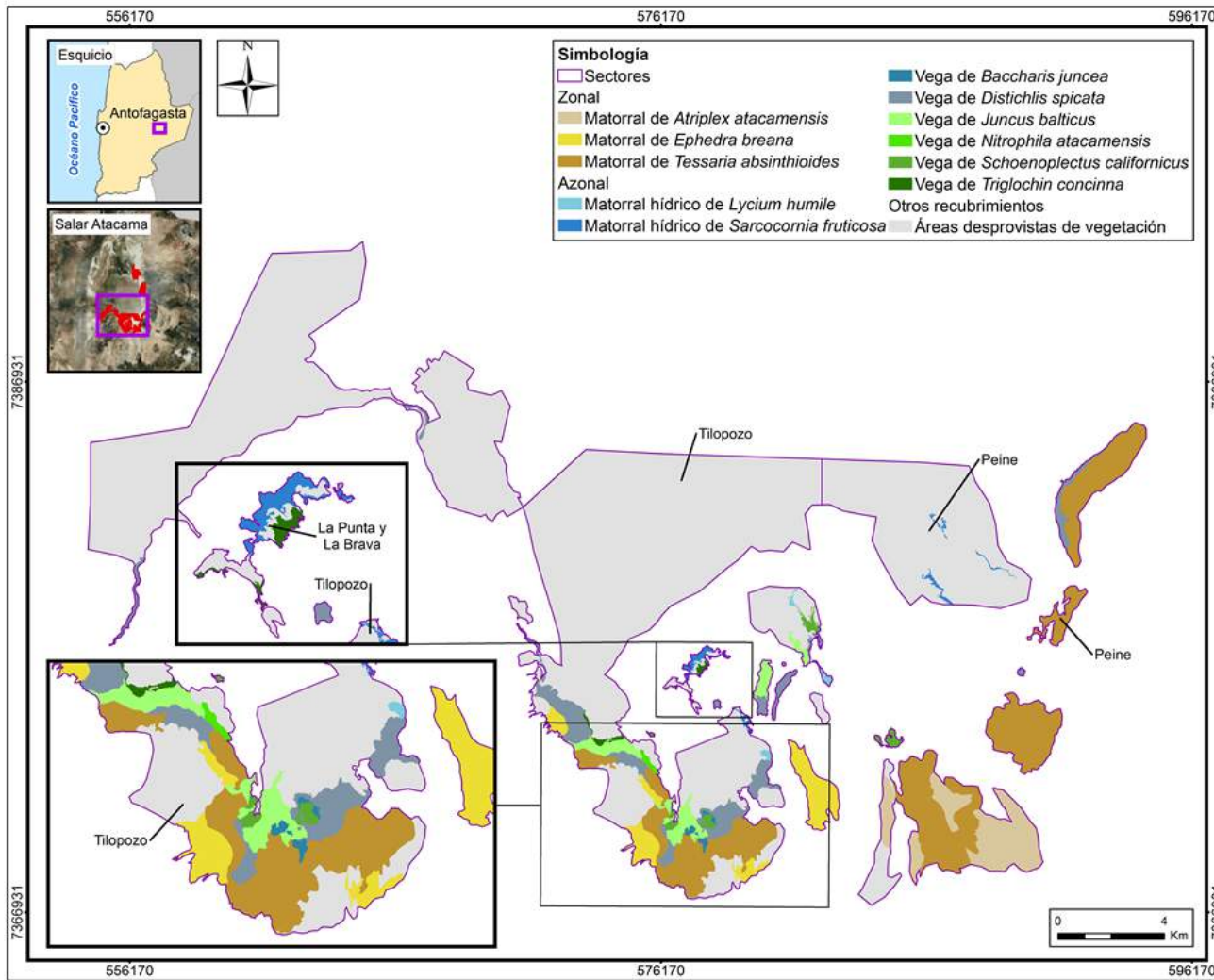
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-9. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-10. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

5.2.1.1.2 Formaciones vegetales

A continuación, como resultado de la campaña de invierno, se describe la vegetación de acuerdo a sus patrones de distribución zonal y azonal, y se añade una descripción general para las unidades correspondientes a otros recubrimientos dentro del área de estudio. En la **Figura N° 5-9** y **Figura N° 5-10**, se observa la distribución de las formaciones vegetales según la COT, en la zona norte (Soncor y Quelana) y sur (Tilopozo, La Punta y La Brava y Peine) del área de estudio.

a) Vegetación Zonal

- *Matorral de Atriplex atacamensis*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex atacamensis* “cachiyuyo”. La cobertura vegetal varía entre muy clara y clara (10 a 50%) para el estrato arbustivo (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de cuatro unidades cartográficas ubicadas en el sector de Peine, abarcando una superficie de 846,4 ha, que representa un 2,6% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral con dominancia de Ephedra breana*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Ephedra breana* “pingo-pingo”. La cobertura vegetal varía entre muy clara y clara (10 a 50%) para el estrato arbustivo (De acuerdo al proceso de mejoramiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 5-20** y en el **Anexo Vegetación y Flora** se presenta un resumen de las coberturas, especies dominantes y representatividad de las formaciones vegetales en función de las unidades cartográficas (polígonos) identificadas en el área de estudio.

Como se observa en la **Tabla N° 5-20**, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega de *Distichlis spicata* (40 unidades) y a su vez, las unidades de esta formación presentan una variación de cobertura vegetal, de escasa a densa (5% a 90%). En contraste, la vega de *Nitrophila atacamensis* y el Matorral – Vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* están representados por una unidad cartográfica en Tilopozo y Soncor, respectivamente. Además, se identificaron áreas desprovistas de vegetación con algún desarrollo de cobertura vegetal, pero con coberturas arbustivas y herbáceas muy escasas (<5%), por lo que se clasificaron dentro de otros recubrimientos, entre ambas se identifican 11 unidades cartográficas en el área de estudio.

Particularmente en Soncor, durante el proceso de actualización de la COT, se realizó la delimitación de la vegetación según este método, dado que durante línea base (Adenda 5 RWL, 2015) este sector se reportó como “Área Soncor”. A partir de esto, en el sector

destaca la principal ocupación de áreas desprovistas de vegetación con 4.993 ha (99,5% del sector), mientras que en la superficie restante de 24,8 ha existen formaciones vegetales azonales de vega y matorral hídrico – vega (**Tabla N° 5-20**).

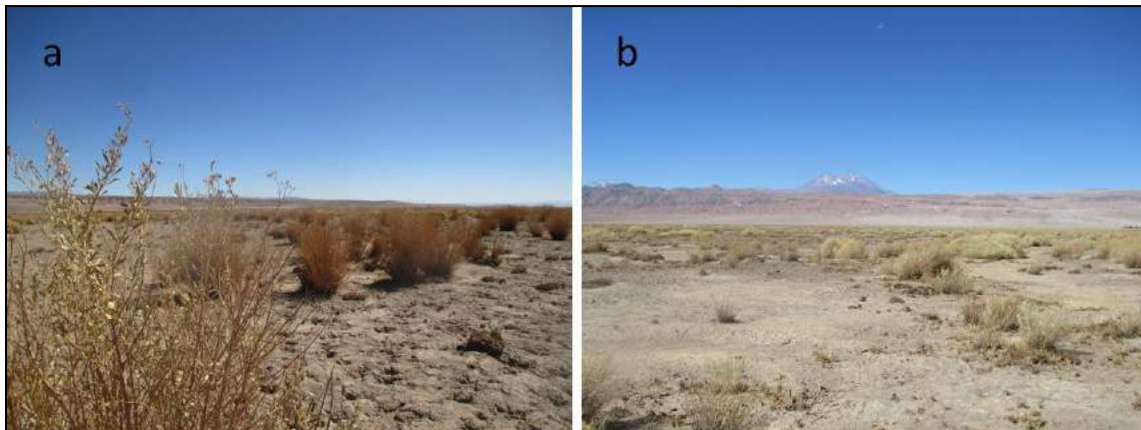
Esta formación se observó en un total de cinco unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 548,6 ha, que representa un 1,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral de Tessaria absinthioides*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Tessaria absinthioides* “brea” y además se registra la especie *Distichlis spicata* como acompañante. La cobertura vegetal varía de escasa a clara (5 a 50%) para el estrato arbustivo y se presenta en algunas unidades un estrato herbáceo con coberturas que podrían alcanzar hasta un 50% (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de 16 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine y Quelana, abarcando una superficie de 3.523,3 ha, que representa un 10,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

Fotografía N° 5-4. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal.



Donde a: *Matorral de Tessaria absinthioides*, y b: *Matorral de Atriplex atacamensis*.
Fuente: Elaboración propia

b) Vegetación Azonal

- *Vega de Baccharis juncea*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Baccharis juncea* “suncho”. La cobertura vegetal varía de poco densa a muy densa (50 a 100%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de cuatro unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 30,0 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal varía de escasa a densa (5 a 90%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de 40 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine, Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 1.021,2 ha, que representa un 3,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Juncus balticus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus* “junquillo”. La cobertura vegetal varía de muy clara a muy densa (25 a 100%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de nueve unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 335,3 ha, que representa un 1,0% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Nitrophila atacamensis*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Nitrophila atacamensis*. La cobertura vegetal es muy clara (10 a 25%) en la única unidad identificada en el área de estudio (**Tabla N° 5-20**), localizada en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 19,4 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Schoenoplectus californicus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* “junco”. La cobertura vegetal varía de escasa a muy

densa (5 a 100%) entre sus unidades, frecuentemente con unidades densas y muy densas (>75%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en un total de 12 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 106,3 ha, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de cuatro unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 43,6 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral hídrico de Lycium humile*

La formación presenta una fisonomía de matorral dominado por una la especie arbustiva *Lycium humile* “jume”, lo que le da la caracterización de matorral hídrico. La cobertura vegetal es muy clara, entre 10 y 25% (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en un total de tres unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 35,6 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral hídrico de Sarcocornia fruticosa*

La formación presenta una fisonomía de matorral distribuida en bordes de lagunas, lo cual le da la caracterización de humedal. Está dominada por la especie arbustiva *Sarcocornia fruticosa* “sosa”, especie halófito que se desarrolla especialmente sobre costras salinas, alcanzando una cobertura vegetal entre escasa y muy clara (5 y 25%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

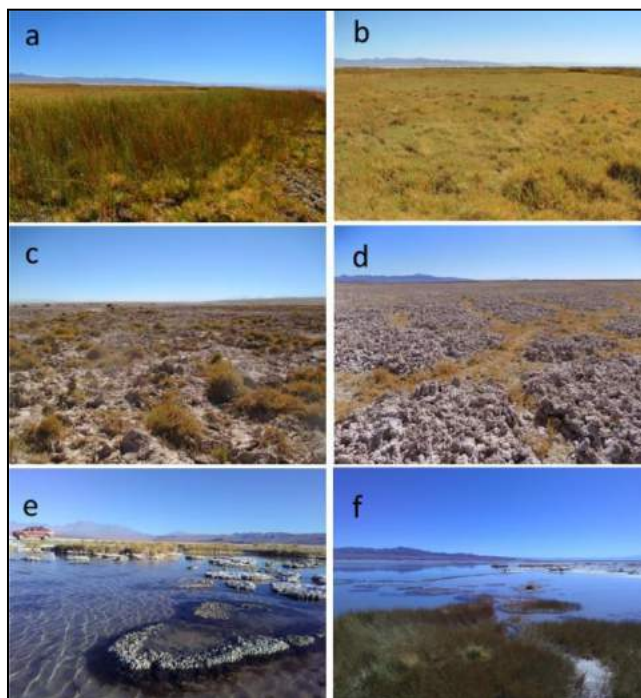
Esta formación se observó en un total de 16 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta, Peine y Quelana, abarcando una superficie de 770,4 ha, que representa un 2,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral – Vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral y un amplio estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo corresponde a muy clara (10 y 25%) y la del estrato herbáceo alcanza una cobertura vegetal poco densa (50 - 75%) (**Tabla N° 5-20**). Esta formación se registra

en una unidad cartográfica ubicada al este del sector de Soncor, abarcando una superficie de 7,8 ha, que representa un 0,02% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

Fotografía N° 5-5. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal.



Donde a: *Vega de Schoenoplectus californicus*; b, c, d: *Vega de Distichlis spicata*; e, f: *Matorral hídrico de Sarcocornia fruticosa*.

Fuente: Elaboración propia

c) Otros recubrimientos

- Áreas desprovistas de vegetación

En el área de estudio, se identificaron dos tipos de formaciones relacionadas a áreas naturales (no intervenidas) sin vegetación, correspondientes a las superficies cubiertas de sal, el salar propiamente tal y áreas denudadas que corresponderían a formaciones sin desarrollo de suelo ni vegetación, por efectos de erosión natural localizadas en los bordes del salar.

Este recubrimiento presenta una superficie de 24.172,3 ha, lo que representa la mayor superficie del área de estudio con un 73,1%, distribuido en casi todos los sectores en 39 unidades cartográficas (**Tabla N° 5-19**). En 11 de estas unidades, cabe destacar la presencia de especies vasculares, para lo cual se identificaron en su caracterización COT con una cobertura vegetal muy escasa, es decir menor a un 5%, con una distribución

heterogénea de estas especies dentro de la unidad, por lo cual se excluyeron como formaciones vegetales (**Tabla N° 5-20**).

En estas 11 unidades, se identificaron nueve unidades con una cobertura muy escasa con especies arbustivas, tales como *Atriplex atacamensis* “cachiyuyo”, *Aloysia deserticola* “rica-rica”, *Ephedra breana* “pingo pingo”, *Huidobria fruticosa* y *Lycium humile* “jume”, localizadas en el sector de Peine y Tilopozo principalmente. En las dos unidades restantes, la cobertura vegetal está representada por la herbácea *Distichlis spicata* “grama salada”, localizadas en el sector de Quelana (**Tabla N° 5-19**).

- Áreas industriales

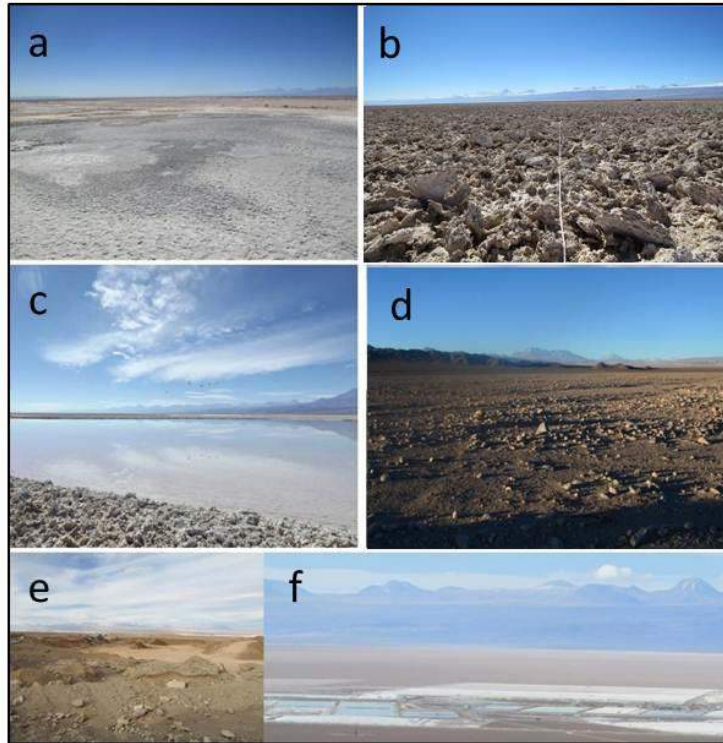
El recubrimiento de áreas industriales está representado por la formación caracterizada como centro industrial que correspondería a las instalaciones de Rockwood Lithium y se añaden unas unidades identificadas como suelos removidos, que son zonas claramente intervenidas identificadas dentro del área de estudio. Este recubrimiento abarca una superficie de 1.245,2 ha, lo que representa un 3,8% del área de estudio, con todas las unidades localizadas en el sector de Tilopozo (**Tabla N° 5-19**).

- Cuerpos de agua

Por otra parte, los cuerpos de agua corresponden a lagunas de distintas superficies, distribuidas en todos los sectores del área de estudio. Abarcan una superficie de 364,6 ha, lo que representa un 1,1% del área de estudio. Particularmente en el sector Soncor, destaca la mayor concentración de la superficie de lagunas con 244,2 ha¹⁰ (67,1% del total; **Tabla N° 5-19**) y en la parte norte, la presencia notable de vegetación acuática al interior de éstas.

¹⁰ Superficie que proviene de fotointerpretación COT, por lo que no es comparable con el valor proveniente del modelo calculado para el monitoreo de áreas lagunares (NDWI).

Fotografía N° 5-6. Fisonomía de otros recubrimientos (sin vegetación) en el área de estudio.



Dónde: a y b) Salares, c) Lagunas, d) áreas denudadas, e) suelos removidos y f) Centros industriales
 Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-7. Vegetación en lagunas al norte del sector Soncor.



Fuente: Descarga desde Google Earth en coordenada: E: 584470 y N: 7424369, de fecha 15 de marzo de 2011, propiedad de Barbosa ©.

5.2.1.2 Resultados del muestreo campaña de verano

5.2.1.2.1 Caracterización de la vegetación en el área de estudio

La caracterización vegetal que se describe a continuación, corresponde a la efectuada en la campaña de monitoreo de verano 2017, sobre los mismos recubrimientos del suelo descritos en la sección anterior.

En la campaña de verano, se registraron tres tipos de recubrimientos de suelo: zonas sin vegetación que ocupan en total el 78,0% de la superficie total del área de estudio (25.807,7 ha); vegetación zonal, que ocupa el 10% de la superficie total (3.292 ha); y vegetación azonal que constituye un 12% de la superficie total (3.970,3 ha). Asimismo, se registran seis recubrimientos de suelo, que en conjunto tienen un total de 33.070,1 hectáreas: áreas desprovistas de vegetación, áreas industriales, cuerpos de agua, humedales, formaciones mixtas de matorral – humedal, y matorrales zonales.

Las áreas desprovistas de vegetación representan el 73,1% de la superficie del área de estudio con 24.172,9 ha y corresponden a áreas denudadas (748,1 ha) y salares (23.424,8 ha). Las áreas industriales representan el 3,8% de la superficie total con 1.245,2 hectáreas, y esta compuestas por centros industriales (1.198,1 ha) y suelos removidos (47,1 ha). Las áreas con vegetación recubren un 22,0% (7.262,4 ha) de la superficie total del área de estudio y se encuentran representadas por los tipos de formaciones zonales de matorrales, y azonales de humedales (vegas) y matorrales (matorral hídrico y formaciones mixtas). En la **Tabla N° 5-21** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, junto a la superficie ocupada por cada uno y su representatividad para la campaña de verano.

En cuanto a la vegetación zonal, el recubrimiento de matorrales ocupa 3.292 hectáreas, que representa un 10% de la superficie total, y está constituido por matorrales representados por ocho formaciones vegetales clasificadas según dominancia y fisonomía. La principal formación zonal de matorral es el Matorral de *Tessaria absinthioides* que ocupa una superficie de 2.106,3 ha (6,4%). Las formaciones de matorrales zonales se distribuyen mayormente en la zona sur del área de estudio, principalmente en los sectores de Peine y Tilopozo.

En cuanto a la vegetación azonal, el recubrimiento de matorrales se encuentra representado por cuatro de formaciones, los matorrales hídricos que abarcan el 1% de la superficie del área de estudio (332,4 hectáreas), las vegas con 1.474,9 hectáreas que representa el 4,5%, las formaciones mixtas matorral – vega con 1.745,2 ha (5,3%), y las formaciones mixtas de matorral hídrico – vega con 409,2 hectáreas con 1,2%. En este tipo de vegetación azonal ocupa 3.970,3 hectáreas un 12,0% del total del área de estudio (ver **Tabla N° 5-21**).

Las formaciones más representativas son los matorrales de *Tessaria absinthioides* con 2.106,3 hectáreas (6,4% del área total), que se presenta en mayor proporción en el sector

Peine (1.422,2 hectáreas); esta especie se adapta a gran diversidad de condiciones edáficas, ya que vive en suelos de textura pesada a liviana, sometida tanto a elevadas como a bajas concentraciones salinas y a diversos regímenes de humedad, en costas marinas o en zonas mediterráneas (Degano,1997), presentándose en este caso en ambientes de borde del cuerpo del salar. Su asociación con *Distichlis spicata* también es representativa del área de estudio con 1.670,6 hectáreas, formando unidades denominadas matorrales – vega, que se distribuyen mayormente en los sectores Peine y Quelana, en ambientes de transición aledaños al cuerpo del salar dando la condición mixta. Finalmente, las vegas de *Distichlis spicata* también se presentan en forma recurrente en el área de estudio ocupando 976,4 hectáreas, principalmente en el sector de Tilopozo y Quelana, en ambientes más salinos y saturados dadas las características halófitas de la especie.

De acuerdo al proceso de seguimiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 5-22** se presenta un resumen de las coberturas, especies dominantes y representatividad de las formaciones vegetales en función de las unidades cartográficas (polígonos) identificadas para esta campaña. Según se observa, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (38 unidades), esta formación presenta una variación de cobertura vegetal de escasa a densa (5% a 90%), le sigue los matorrales de *Tessaria absinthioides* son 12 unidades cartográficas de escasa a poco densa (5% a 75%). Por otro lado, el matorral de *Atriplex imbricata*, la vega de *Phragmites australis*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*, y el matorral – vega de *Ephedra breana* y *Distichlis spicata*, presentan una unidad cartográfica en el área de estudio (ver **Figura N° 5-11 - Figura N° 5-12**).

Tabla N° 5-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, monitoreo verano.

TIPO DE RECUBRIMIENTO RECUBRIMIENTO DE SUELO	Sector Área de Estudio (ha)					TOTAL	
	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Quelana	Soncor	ha	%
Tipo de formación o recubrimiento <i>Formación vegetal</i>							
OTROS RECUBRIMIENTOS	14.386,5	58,2	2.934,1	3.435,5	4.993,5	25.807,7	78,0
AREAS INDUSTRIALES	1.245,2					1.245,2	3,8
Centros industriales	1.198,1					1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					47,1	0,1
AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	13.132,7	18,4	2.862,4	3.410,1	4.749,3	24.172,9	73,1
Áreas denudadas	593,0		155,1			748,1	2,3
Salares	12.539,7	18,4	2.707,3	3.410,1	4.749,3	23.424,8	70,8
CUERPOS DE AGUA	8,6	39,8	71,8	25,4	244,2	389,6	1,2
Lagunas	8,6	39,8	71,8	25,4	244,2	389,6	1,2
VEGETACIÓN ZONAL	1.004,2		2.182,9	104,9		3.292,0	10,0
MATORRALES	1.004,2		2.182,9	104,9		3.292,0	10,0
Matorral con dominancia de Aa			542,8			542,8	1,6
Matorral con dominancia de Ad	8,5		69,5			78,0	0,2
Matorral de Ai			148,5			148,5	0,4
Matorral de Eb	416,5					416,5	1,3
Matorral de Tb	579,2		1.422,2	104,9		2.106,3	6,4
VEGETACIÓN AZONAL	1.663,4	60,3	808,0	1.413,9	24,8	3.970,3	12,0
HUMEDALES	1.120,9	19,1	104,2	213,7	16,9	1.474,9	4,5
Vega con dominancia de bj	19,8		1,5			21,2	0,1
Vega de dp	661,8	2,3	81,6	213,7	16,9	976,4	3,0
vega con dominancia de jb	306,3					306,3	0,9
Vega con dominancia de sca	66,0		21,2			87,1	0,3
Vega de tc	24,5	16,9				41,4	0,1
Vega de ph sca dp	42,5					42,5	0,1
MATORRAL - HUMEDAL	542,5	41,1	703,7	1.200,1	7,8	2.495,4	7,5
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh	80,7		5,3			86,0	0,3
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf	18,2			313,6		331,8	1,0
Matorral - Vega de Tb dp	319,4		687,4	655,9	7,8	1.670,6	5,1
Matorral - Vega de Eb dp	74,6					74,6	0,2
Matorral hídrico de Lh	49,6					49,6	0,2
Matorral hídrico de Sf		41,1	11,0	230,7		282,8	0,9
Total general (ha)	17.054,1	118,5	5.925,0	4.954,2	5.018,2	33.070,1	100%
Total general (%)	51,6%	0,4%	17,9%	15,0%	15,2%		

Tabla N° 5-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto.

RECUBRIMIENTO DE SUELO <i>Formación vegetal</i>	Especies Dominantes	Cobertura vegetal		Unidades Cartográficas	
		LB	H	N°	%
VEGETACIÓN ZONAL					
MATORRALES					
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>	Aa cid Tt	4(3-4)	4	2	1,7
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	Ad Aa Ai cis cid	3(1-3)	4	3	2,5
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	2	1	0,8
<i>Matorral de Eb</i>	Eb	3(2-3)		7	5,8
<i>Matorral de Tb</i>	Tb	4(2-5)		12	9,9
VEGETACIÓN AZONAL					
HUMEDALES					
<i>Vega con dominancia de bj</i>	bj jb dp sca		7(6-7)	4	3,3
<i>Vega de dp</i>	dp		4(2-6)	38	31,4
<i>vega con dominancia de jb</i>	jb dp		4(3-4)	8	6,6
<i>Vega con dominancia de sca</i>	sca bj		5(1-7)	11	9,1
<i>Vega de tc</i>	tc		4(3-4)	3	2,5
<i>Vega de ph sca dp</i>	ph sca dp		6	1	0,8
MATORRAL - HUMEDAL					
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	Lh dp sca jb Sf bj	3(2-4)	4(3-4)	7	5,8
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	Sf dp bj tc pu nia	3	4(3-4)	3	2,5
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	Tb dp	3(2-4)	3(2-5)	8	6,6
<i>Matorral - Vega de Eb dp</i>	Eb dp	2	2	1	0,8
<i>Matorral hídrico de Lh</i>	Lh	3		3	2,5
<i>Matorral hídrico de Sf</i>	Sf	3(2-4)		9	7,4
Total Unidades cartográficas con cobertura vegetal				121	100,0

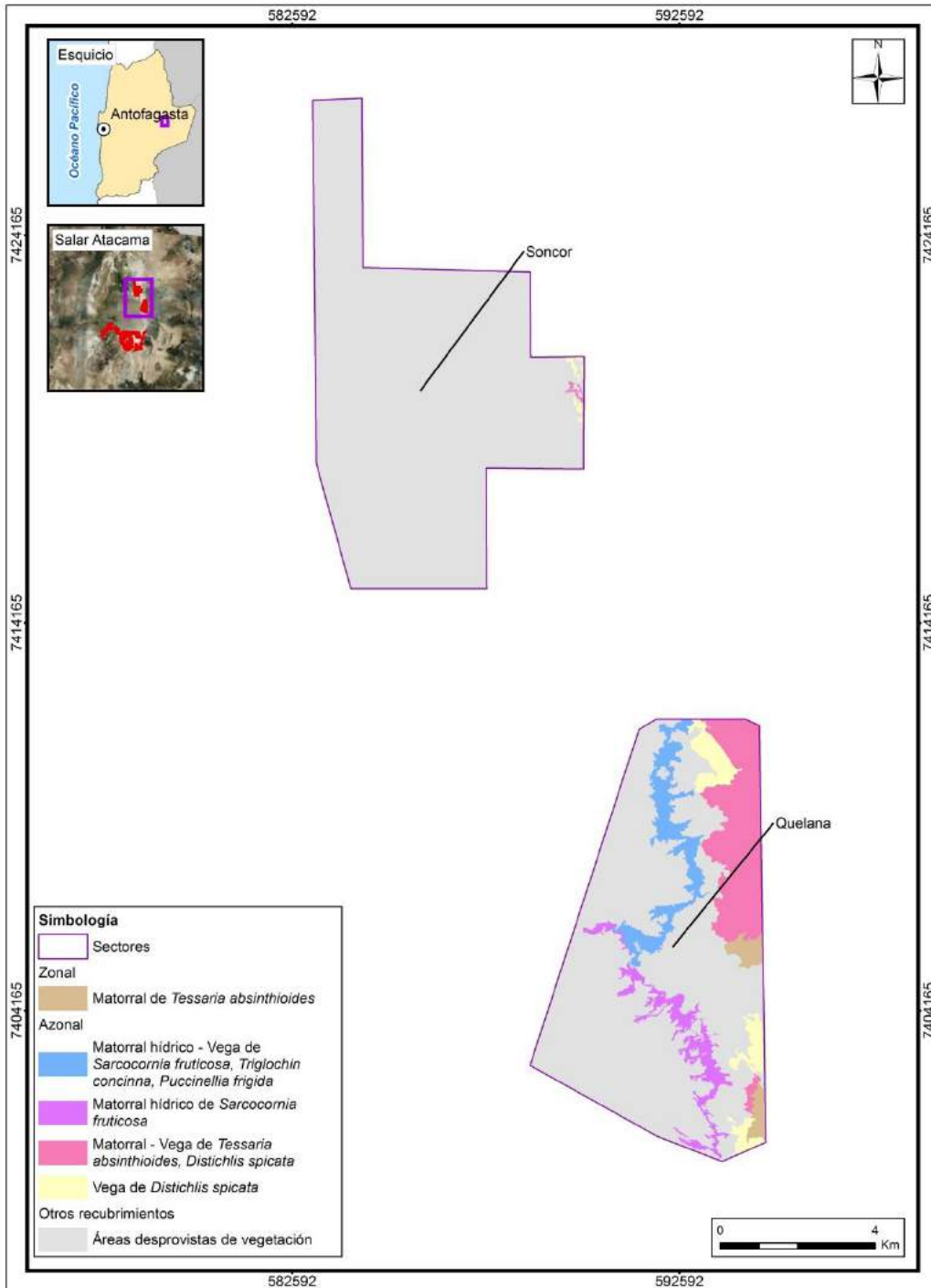
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Dónde:

COT: Carta Ocupación de Tierras					
Cobertura vegetal (%)		Códigos de especies			
		Especies Arbustivas (LB):		Especies Herbáceas (H):	
1	muy escasa (1-5)	Aa	<i>Atriplex atacamensis</i>	bj	<i>Baccharis juncea</i>
2	escasa (5-10)	Ad	<i>Aloysia deserticola</i>	cid	<i>Cistanthe densiflora</i>
3	muy clara (10-25)	Ai	<i>Atriplex imbricata</i>	cis	<i>Cistanthe salsoloides</i>
4	clara (25-50)	Eb	<i>Ephedra breana</i>	dp	<i>Distichlis spicata</i>
5	poco densa (50-75)	Hf	<i>Huidobria fruticosa</i>	jb	<i>Juncus balticus</i>
6	densa (75-90)	Lh	<i>Lycium humile</i>	nia	<i>Nitrophila atacamensis</i>
7	muy densa (>90)	Sf	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	ph	<i>Phragmites australis</i>
		Tb	<i>Tessaria absinthioides</i>	pu	<i>Puccinellia frigida</i>
		Tt	<i>Tiquilia atacamensis</i>	sca	<i>Schoenoplectus californicus</i>
				tc	<i>Triglochin concinna</i>

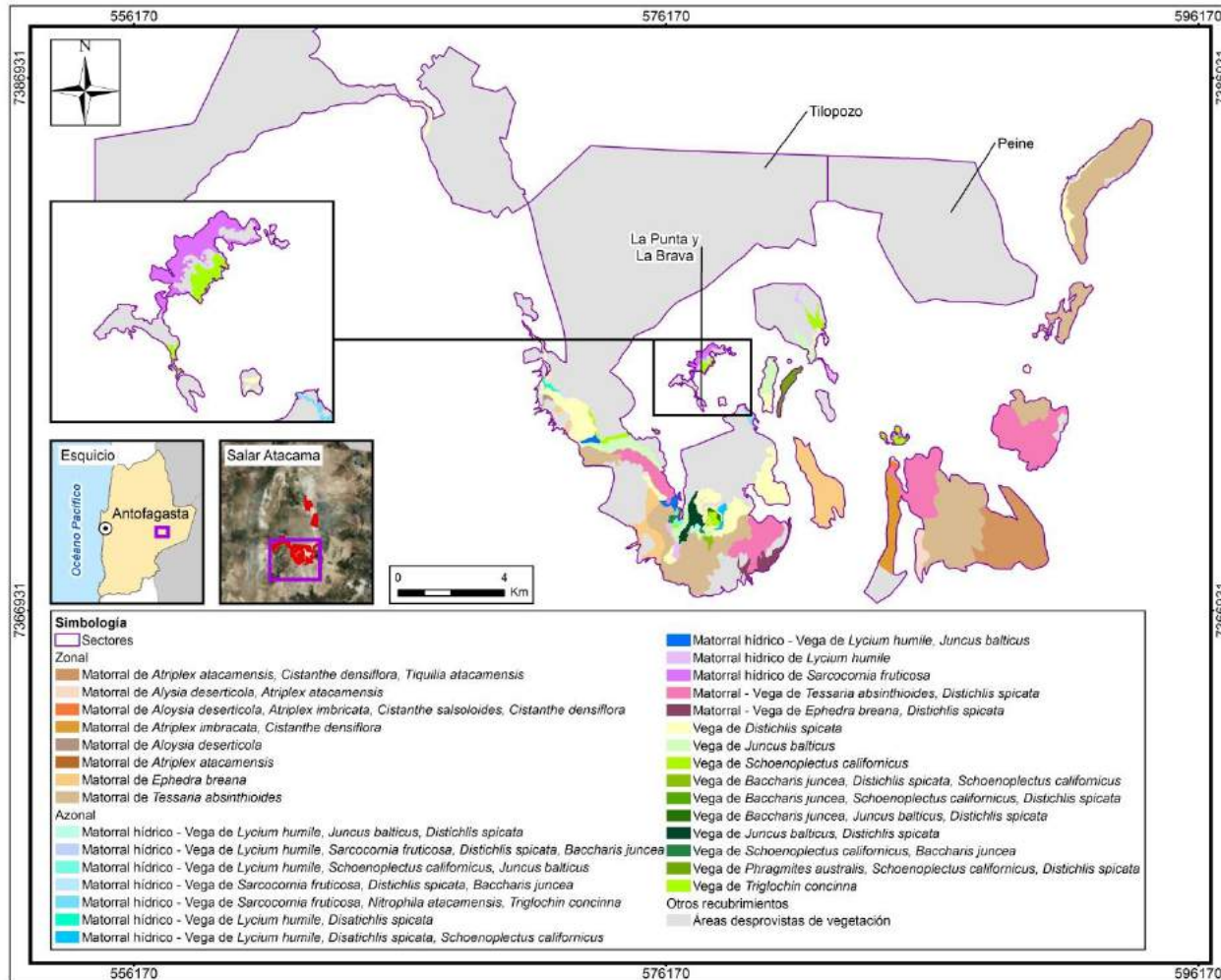
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-11. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio Verano 2017.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio, verano 2017.



Fuente: Elaboración propia

5.2.1.2.2 Formaciones vegetales

A continuación, se describe la vegetación, de acuerdo a sus patrones de distribución zonal y azonal, y se añade una descripción general para las unidades correspondientes a otros recubrimientos dentro del área de estudio. En las **Figura N° 5-11** y **Figura N° 5-12**, se observa la distribución de las formaciones vegetales según la COT, en la zona norte (Soncor y Quelana) y sur (Tilopozo, La Punta y La Brava y Peine) del área de estudio.

Según se explica en la sección 5.1.1.6.1, las distintas unidades vegetales identificadas, fueron agrupadas de acuerdo a la cobertura del tipo biológico y las especies dominantes, con el objeto de facilitar la comprensión de los análisis e interpretación de los resultados. En cada descripción por dominancia se hace un detalle de las formaciones que lo componen su ubicación, superficie y cobertura.

a) Vegetación Zonal

- *Matorral con dominancia de Atriplex atacamensis*

Agrupación vegetal con fisonomía de matorral, presenta una fisonomía con un estrato leñoso bajo dominado por la especie *Atriplex atacamensis* “cachiyuyo”. La cobertura vegetal varía entre muy clara y clara (10 a 50%) para el estrato arbustivo (LB). Está compuesta por dos tipos de formaciones vegetales las que presentan dominancia absoluta de *Atriplex atacamensis* y las que se encuentran asociadas a matorrales bajos de *Tiquilia atacamensis* y la herbácea *Cistanthe densiflora* (ver **Tabla N° 5-23**).

Estas formaciones se observaron en un total de dos unidades cartográficas ubicadas en el sector de Peine, abarcando una superficie de 542,8 ha, que representa un 1,6% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-23. Descripción de las formaciones vegetales de la agrupación vegetal matorral con dominancia de *Atriplex atacamensis*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector	Superficie Total (ha)
			Peine	
<i>Matorral con dominancia de Atriplex atacamensis</i>	LB3	Matorral de Aa	12,0	12,0
	LB4H4	Matorral de Aa cid Tt	530,8	530,8
Total general (ha)			542,8	542,8

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-8. Fisonomía de la agrupación vegetal matorral con dominancia de *Atriplex atacamensis*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo CAC025, sector Peine.

- *Matorral con dominancia de Aloysia deserticola*

Agrupación vegetal con fisonomía de matorral, presenta una fisonomía con un estrato leñoso alto dominado por la especie *Aloysia deserticola* “rica - rica”. La cobertura vegetal varía entre muy escasa y muy clara (5 a 25%) para el estrato arbustivo (LB). Está compuesta por tres tipos de formaciones vegetales las que presentan dominancia absoluta de *Aloysia deserticola* y las que se encuentran asociadas a matorrales de *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata*, y a las herbáceas *Cistanthe densiflora* y *Cistanthe salsoloides* (ver **Tabla N° 5-24**).

Estas formaciones se observaron en un total de tres unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo y Quelana, abarcando una superficie de 78,0 ha, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-24. Descripción de las formaciones vegetales de la agrupación vegetal matorral con dominancia de *Aloysia deserticola*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector		Superficie Total (ha)
			Tilopozo	Quelana	
<i>Matorral con dominancia de Aloysia deserticola</i>	LB1	Matorral de Ad	8,5		8,5
	LB3	Matorral de Ad Aa		60,1	60,1
	LB3H4	Matorral de Ad Ai cis cid		9,3	9,3
Total general (ha)			8,5	69,5	78,0

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-9. Fisonomía de la agrupación vegetal matorral con dominancia de *Aloysia deserticola*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo CAC026, sector Peine.

- *Matorral de Atriplex imbricata*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso medio dominado por la especie *Atriplex imbricata*. La cobertura vegetal para el estrato arbustivo es muy claro (10-25%), y escaso para el herbáceo (5-10%) con la presencia de la especie *Cistanthe densiflora* (**Tabla N° 5-21**). Se desarrolla en ambientes rocosos, en laderas medias de exposición sur.

Esta formación se observó en una unidad cartográfica ubicada en el sector de Peine, abarcando una superficie de 148,5 ha, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-10. Fisonomía de la formación vegetal de matorral de *Atriplex imbricata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS026, sector Peine.

- *Matorral de Ephedra breana*

Formación vegetal con fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Ephedra breana* “pingo-pingo”. La cobertura vegetal varía entre escasa y muy clara (5 a 25%) para el estrato arbustivo (**Tabla N° 5-25**).

Esta formación se observó en un total de siete unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 416,5 ha, que representa un 1,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-25. Descripción de la formación vegetal de matorral de *Ephedra breana*, en el área de influencia.

Formación vegetal	Cobertura vegetal	Sector	Superficie Total (ha)
		Tilopozo	
<i>Matorral de Ephedra breana</i>	LB2	283,5	283,5
	LB3	133,0	133,0
Total general (ha)		416,5	416,5

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-11. Fisonomía de la formación vegetal de matorral de *Ephedra breana*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo CAC018, sector Tilopozo.

- *Matorral de Tessaria absinthioides*

Formación vegetal con fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo - medio dominado por la especie arbustiva *Tessaria absinthioides* “brea”. La cobertura vegetal varía de escasa a poco densa (5 a 75%) para el estrato arbustivo (**Tabla N° 5-26**).

Esta formación se observa en un total de 12 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine y Quelana, abarcando una superficie de 2.106,3 ha, que representa un 6,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-26. Descripción de la formación vegetal de matorral de *Tessaria absinthioides*, en el área de influencia.

Formación vegetal	Cobertura vegetal	Sector			Superficie Total (ha)
		Tilopozo	Peine	Quelana	
<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	LB2			57,7	57,7
	LB3		602,3	47,2	649,4
	LB4	576,7	819,9		1.396,6
	LB5	2,5			2,5
Total general (ha)		579,2	1.422,2	104,9	2.106,3

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-12. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo CAC028, sector Peine.

b) Vegetación Azonal

- *Vega con dominancia de Baccharis juncea*

Agrupación vegetal con fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Baccharis juncea* “suncho”. La cobertura vegetal varía de densa a muy densa (75 a 100%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-27**). Presenta asociaciones con especies como *Juncus Balticus*, *Distichlis spicata*, y *Schoenoplectus californicus*.

Estas formaciones se observaron en un total de cuatro unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 21,2 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-27. Descripción de la formación vegetal de vega con dominancia de *Baccharis juncea*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector		Superficie Total (ha)
			Tilopozo	Peine	
<i>Vega con dominancia de Baccharis juncea</i>	H6	Vega de bj jb dp	7,5		7,5
		Vega de bj sca dp		1,5	1,5
	H7	Vega de bj dp sca	11,1		11,1
		Vega de bj sca dp	1,1		1,1
Total general (ha)			19,8	1,5	21,2

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-13. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de *Baccharis juncea*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo CAC015, sector Tilopozo.

- *Vega de Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de escasa a densa (5 a 90%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-28**).

Esta formación se observó en un total de 38 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine, Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 976,4 ha, que representa un 3,0% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-28. Descripción de la formación vegetal de vega de *Distichlis spicata*, en el área de influencia.

Formación vegetal	Cobertura vegetal	Sector					Superficie Total (ha)
		Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Quelana	Soncor	
<i>Vega de Distichlis spicata</i>	H2	94,7					94,7
	H3	281,8	2,3	75,1	213,7	9,3	582,2
	H4	245,1				7,6	252,7
	H5	38,6					38,6
	H6	1,6		6,5			8,1
Total general (ha)		661,8	2,3	81,6	213,7	16,9	976,4

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-14. Fisonomía de la formación vegetal de vega de *Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS010, sector Tilopozo.

- *Vega con dominancia de Juncus balticus*

Agrupación vegetal con fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (25 a 50%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-29**). Se presenta en asociaciones con *Distichlis spicata*.

Esta formación se observó en un total de ocho unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 306,3 ha, que representa un 0,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-29. Descripción de la formación vegetal de vega con dominancia de *Juncus balticus*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector	Superficie Total (ha)
			Tilopozo	
<i>Vega con dominancia de Juncus balticus</i>	H3	Vega de jb	116,6	116,6
	H4	Vega de jb	131,0	131,0
		Vega de jb dp	58,6	58,6
Total general (ha)			306,3	306,3

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-15. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de *Juncus balticus*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo CAC001, sector Tilopozo.

- *Vega con dominancia de Schoenoplectus californicus*

Agrupación vegetal con fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* “junco”. La cobertura vegetal varía de muy escasa a

muy densa (1 a 100%), frecuentemente con unidades densas y muy densas (>75%) en asociaciones con *Baccharis juncea* (ver **Tabla N° 5-30**).

Esta formación se observó en un total de 11 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 87,1 ha, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-30. Descripción de la formación vegetal de vega con dominancia de *Schoenoplectus californicus*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector		Superficie Total (ha)
			Tilopozo	Peine	
Vega con dominancia de <i>Schoenoplectus californicus</i>	H1	Vega de sca	13,0		13,0
	H2	Vega de sca	8,6		8,6
	H5	Vega de sca	2,7		2,7
	H6	Vega de sca	8,1		8,1
		Vega de sca bj	2,3		2,3
	H7	Vega de sca	23,3	21,2	44,4
		Vega de sca bj	8,0		8,0
Total general (ha)			66,0	21,2	87,1

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-16. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de *Schoenoplectus californicus*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS012, sector Tilopozo.

- *Vega de Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-31**).

Esta formación se observó en un total de dos unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 41,4 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-31. Descripción de la formación vegetal de vega de *Triglochin concinna*, en el área de influencia.

Formación vegetal	Cobertura vegetal	Sector		Superficie Total (ha)
		Tilopozo	La Punta y La Brava	
<i>Vega de Triglochin concinna</i>	H3	24,5	3,3	27,8
	H4		13,6	13,6
Total general (ha)		24,5	16,9	41,4

Fuente: Elaboración propia

- *Vega de Phragmites australis, Schoenoplectus californicus, y Distichlis spicata.*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo medio dominado por la especie *Phragmites australis*. La cobertura vegetal es densa (75 – 90%), en la única unidad identificada en el área de estudio (**Tabla N° 5-21**), localizada en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 45,2 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**). Forma asociaciones con especies como *Schoenoplectus californicus*, y *Distichlis spicata*.

Fotografía N° 5-17. Fisonomía de la formación vegetal de vega de *Phragmites australis*, *Schoenoplectus californicus*, y *Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS020, sector Tilopozo.

- *Matorral hídrico de *Lycium humile**

La formación presenta una fisonomía de matorral dominado por la especie arbustiva *Lycium humile*. La cobertura vegetal es muy clara, entre 10 y 25% (**Tabla N° 5-21**).

Esta formación se observó en una unidad cartográfica ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 49,6 ha, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**); se establece en sustratos salinos saturados.

Fotografía N° 5-18. Fisonomía de la formación vegetal de matorral hídrico de *Lycium humile*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS021, sector Tilopozo.

- *Matorral hídrico de Sarcocornia fruticosa*

La formación presenta una fisonomía de matorral. Está dominada por la especie arbustiva *Sarcocornia fruticosa*, alcanzando una cobertura vegetal entre escasa y clara (5 y 50%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-32**).

Esta formación se observó en un total de nueve unidades cartográficas ubicadas en los sectores de La Punta y la Brava, Peine y Quelana, abarcando una superficie de 282,8 ha, que representa un 0,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**). Se presenta en mayor proporción en el sector Quelana, desarrollándose al borde de los cuerpos de agua.

Tabla N° 5-32. Descripción de la formación vegetal de matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa*, en el área de influencia.

Formación vegetal	Cobertura vegetal	Sector			Superficie Total (ha)
		La Punta y La Brava	Peine	Quelana	
<i>Matorral hídrico de Sarcocornia fruticosa</i>	LB2			98,6	98,6
	LB3	41,1		132,1	173,2
	LB4		11,0		11,0
Total general (ha)		41,1	11,0	230,7	282,8

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-19. Fisonomía de la formación vegetal de matorral hídrico *Sarcocornia fruticosa* en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS018, sector La Punta y La Brava.

- *Matorral – Vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral y un amplio estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 a 50%), y la del estrato herbáceo entre escasa y poco densa (5 - 75%) (**Tabla N° 5-33**). Esta formación se registra en ocho unidades cartográficas ubicadas en los sectores Tilopozo, Peine, Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 1.670,6 ha, que representa un 5,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-33. Descripción de la formación vegetal *matorral – vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata*, en el área de influencia.

Formación vegetal	Cobertura vegetal	Sector				Superficie Total (ha)
		Tilopozo	Peine	Quelana	Soncor	
<i>Matorral - Vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata</i>	LB2H3			18,6		18,6
	LB3H3	196,3	390,5			586,8
	LB3H4			637,3		637,3
	LB3H5				7,8	7,8
	LB4H2	62,0				62,0
	LB4H3	61,1	296,9			358,0
Total general (ha)		319,4	687,4	655,9	7,8	1.670,6

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-20. Fisonomía de la formación vegetal *matorral – vega de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS016, sector Tilopozo.

- *Matorral – Vega de Ephedra breana y Distichlis spicata*¹¹.

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral de *Ephedra breana* y un amplio estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura es escasa tanto para el estrato leñoso, como el herbáceo (5 – 10%), en la única unidad identificada en el área de estudio localizada en el sector Tilopozo. Posee una superficie de 74,6 hectáreas, que representa un 0,2% del área de estudio total. (Tabla N° 5-22)

Fotografía N° 5-21. Fisonomía de la formación vegetal de matorral – vega de *Ephedra breana* y *Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS014, sector Tilopozo.

- *Matorral hídrico – Vega con dominancia de Lycium humile*

Agrupación vegetal con fisonomía mixta de matorral hídrico con dominancia de *Lycium humile*, en asociación a especies de vegas como son *Juncus balticus*, *Schoenoplectus californicus*, *Distichlis spicata*, y *Baccharis juncea*; y a otras leñosas como *Sarcocornia fruticosa*.

¹¹ Si bien la especie *Ephedra breana* es considerada como componente de las formaciones zonales, y se clasifica como tal en las descripciones de vegetación de este estudio; debido a la naturaleza del estrato donde se desarrolla en asociación con *Distichlis spicata*, se mantendrá una proporción de estos matorrales descritos como un matorral – humedal de características azonales.

La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 a 50%), y la del estrato herbáceo entre muy clara y clara (10 - 50%) (**Tabla N° 5-34**). Esta formación se registra en siete unidades cartográficas ubicadas en los sectores Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 86,0 ha, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-34. Descripción de la formación vegetal *matorral hídrico – vega con dominancia de Lycium humile*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector		Superficie Total (ha)
			Tilopozo	Peine	
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lycium humile</i>	LB2H3	Matorral hídrico - Vega de Lh jb	12,5		12,5
	LB2H4	Matorral hídrico- Vega de Lh jb dp	10,1		10,1
		Matorral hídrico- Vega de Lh sca jb	14,3		14,3
	LB3H3	Matorral hídrico- Vega de Lh dp	8,6		8,6
		Matorral hídrico- Vega de Lh Sf dp bj	-	5,3	5,3
	LB3H4	Matorral hídrico- Vega de Lh jb	18,7		18,7
LB4H4	Matorral hídrico- Vega de Lh dp sca	16,5		16,5	
Total general (ha)			80,7	5,3	86,0

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-22. Fisonomía de la formación vegetal *matorral hídrico – vega con dominancia de Lycium humile*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS013, sector Tilopozo.

- *Matorral hídrico – Vega con dominancia de Sarcocornia fruticosa*

Agrupación vegetal con fisonomía mixta de matorral hídrico dominado por la especie *Sarcocornia fruticosa*, en asociación a especies herbáceas de vegas como son *Nitrophila atacamensis*, *Triglochin concinna*, *Baccharis juncea*, *Puccinellia frigida*, y *Distichlis spicata*.

La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de muy clara a clara (10 a 50%), al igual que el estrato herbáceo (**Tabla N° 5-35**). Esta formación se registra en tres unidades cartográficas ubicadas en los sectores Tilopozo y Quelana, abarcando una superficie de 331,8 ha, que representa un 1,0% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Tabla N° 5-35. Descripción de la formación vegetal *matorral hídrico – vega con dominancia de Sarcocornia fruticosa*, en el área de influencia.

Agrupación según dominancia	Cobertura vegetal	Formación vegetal	Sector		Superficie Total (ha)
			Tilopozo	Quelana	
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sarcocornia fruticosa</i>	LB3H3	Matorral - Vega de Sf nia tc	13,8		13,8
		Matorral - Vega de Sf tc pu		313,6	313,6
	LB3H4	Matorral - Vega de Sf dp bj	4,4		4,4
Total general (ha)			18,2	313,6	331,8

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-23. Fisonomía de la formación vegetal *matorral hídrico – Vega con dominancia de Sarcocornia fruticosa*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo JLS028, sector Quelana.

5.2.2 FLORA Y VEGETACIÓN

5.2.2.1 Resultados del muestreo campaña de invierno

5.2.2.1.1 Formaciones vegetales

En la **Tabla N° 5-36**, se presentan los tipos de vegetación identificados en cada una de las transectas durante la campaña de invierno 2016.

Cabe destacar que, por problemas de accesibilidad, no fue posible registrar la transecta T14 que se localiza en un área desprovista de vegetación (costra salina) en el sector de Soncor (Laguna Barros Negros). Es importante recordar que a esta zona se ingresa con apoyo del guardaparque de CONAF de la Reserva Nacional Los Flamencos.

Tabla N° 5-36. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo.

TIPO DE FORMACIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIÓN VEGETAL	ESPECIE(S) ACOMPAÑANTE(S)	TRANSECTAS
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	<i>Juncus balticus</i> , <i>Lycium humile</i>	T08; T09; T20; T21; T22; T26; T27; T28
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	<i>Distichlis spicata</i> , <i>Lycium humile</i>	T13; T18; T30; T31
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	<i>Baccharis juncea</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T01; T02; T03; T04; T19; T29
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	<i>Nitrophila atacamensis</i> , <i>Puccinellia frigida</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T10*; T11*
Matorral	Azonal	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	<i>Nitrophila atacamensis</i> , <i>Puccinellia frigida</i> , <i>Triglochin concinna</i>	T12*; T15*; T16*; T17*
Matorral	Zonal	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>	T05; T06; T07; T23; T24; T25
Sin vegetación/Salar		Área desprovista de vegetación	-	T14*

Dónde: *: Transectas control vegetación.

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetales, en la **Tabla N° 5-37**, se presentan las principales características de las transectas para la campaña de invierno, tanto de vegetación (riqueza, formación COT asociada, especies dominantes y grado de alteración) como 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° 5-24**, **Fotografía N° 5-25**, **Fotografía N° 5-26**, **Fotografía N° 5-27**, **Fotografía N° 5-28**, **Fotografía N° 5-29** y **Fotografía N° 5-30**.

Tabla N° 5-37. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 1 (invierno 2016), en cada subsector.

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	Peine	T08	H3	dp	No saturado	>80%	1	2
		T09	H3	dp	Saturado	>80%	1	1
	Tilopozo	T20	H5	dp	No saturado	>80%	1	1
		T21	H2	dp	No saturado	>80%	1	2
		T22	H3	dp	No saturado	>80%	1	3
		T26	H3	dp	No saturado	>80%	1	1
		T27	H3	dp	No saturado	10-30%	1	1
		T28	H3	dp	No saturado	>80%	1	1
Riqueza total en formación vegetal								4
Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	H4	jb	No saturado	>80%	1	2
	Tilopozo	T18	H4	jb	No saturado	>80%	1	3
		T30	H4	jb	No saturado	>80%	1	2
		T31	H3	jb	No saturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	H7	sca	Sobresaturado	<10%	1	4
		T02	H7	sca	Saturado	<10%	1	4
		T03	H7	sca	Saturado	<10%	1	2
		T04	H7	sca	No saturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T19	H7	sca	No saturado	<10%	1	3
		T29	H7	sca	Sobresaturado	<10%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	H3	tc	No saturado	>80%	1	3
	La Punta	T11	H4	tc	Sobresaturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	La Punta	T12	LB3	Sf	No saturado	>80%	1	3
	Aguas de Quelana	T15	LB3	Sf	Saturado	50-80%	1	4
		T16	LB3	Sf	Saturado	>80%	1	1
		T17	LB3	Sf	Sobresaturado	>80%	1	1
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	LB4	Tb	No saturado	<10%	1	1
		T06	LB4	Tb	No saturado	<10%	1	2
		T07	LB4	Tb	No saturado	<10%	1	1
	Tilopozo	T23	LB4	Tb	No saturado	50-80%	1	1
		T24	LB4	Tb	No saturado	50-80%	1	2
		T25	LB4	Tb	No saturado	>80%	1	2
	Riqueza total en formación vegetal							
Área desprovista de vegetación	Soncor	T14	ADV	-	-	-	-	-

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras		
Coberturas (%):	Tipo Biológico:	Especies:
2: escasa (5-10)	LB: Leñoso Bajo (arbustivo)	dp: <i>Distichlis spicata</i>
3: muy clara (10-25)	H: Herbáceo	jb: <i>Juncus balticus</i>
4: clara (25-50)	Otras coberturas COT:	sca: <i>Schoenoplectus americanus</i>
5: poco densa (50-75)	ADV: Áreas desprovistas de vegetación	tc: <i>Triglochin concinna</i>
6: densa (75-90)	Grado de Alteración:	Sf: <i>Sarcocornia fruticosa</i>
7: muy densa (>90)	1: Vegetación en estado natural	Tb: <i>Tessaria absinthioides</i>

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-24. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata*, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-25. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus*, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-26. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus*, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-27. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna*, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-28. Fisonomía de matorral de *Sarcocornia fruticosa*, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-29. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides*, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-30. Área desprovista de vegetación en sector Soncor, en transecta de estudio.



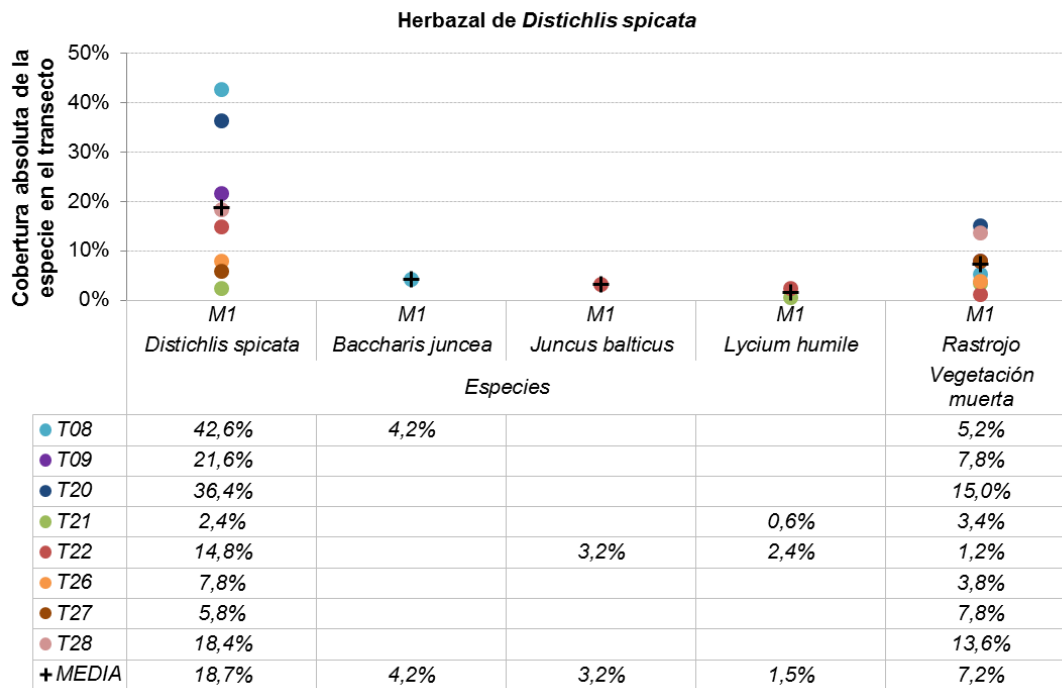
Fuente: Elaboración propia

5.2.2.1.2 Composición y cobertura

5.2.2.1.2.1 Cobertura absoluta de especies

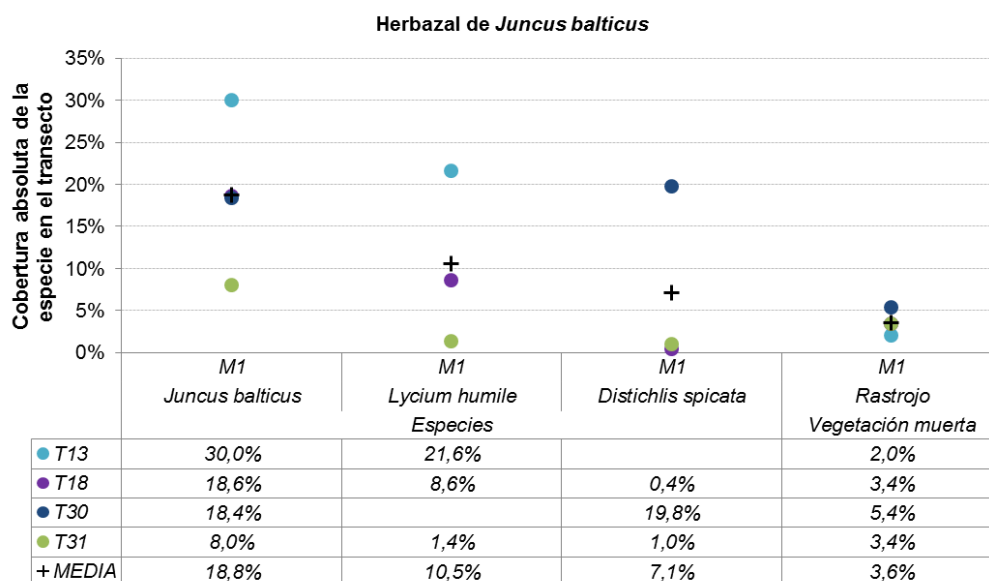
La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 1 (invierno), se observa por transecta en los siguientes seis gráficos, ordenados según las seis formaciones vegetales.

Figura N° 5-13. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de herbazal de *Distichlis spicata*.



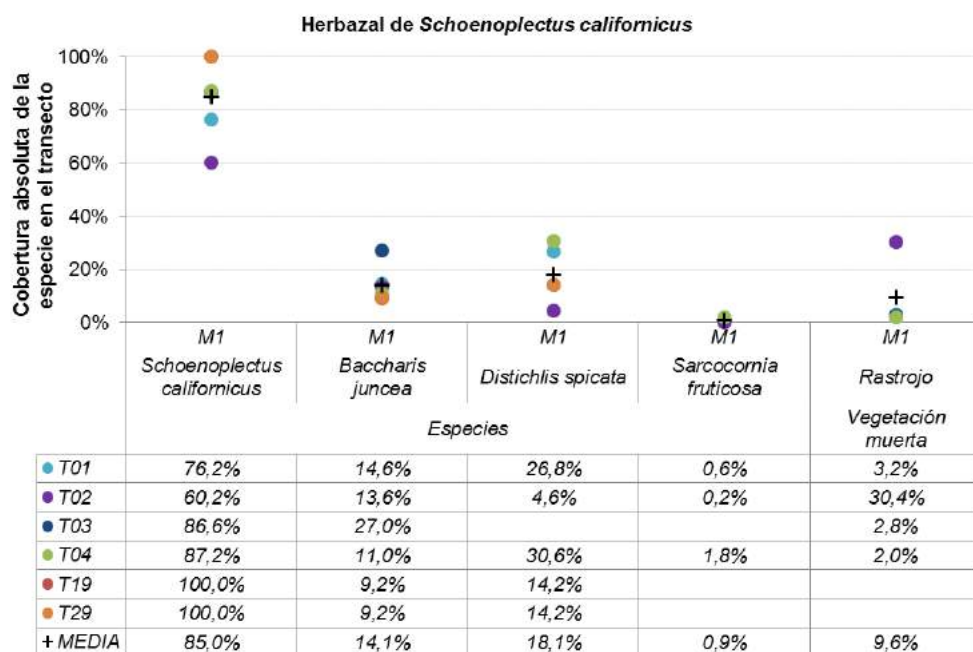
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-14. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de herbazal de *Juncus balticus*.



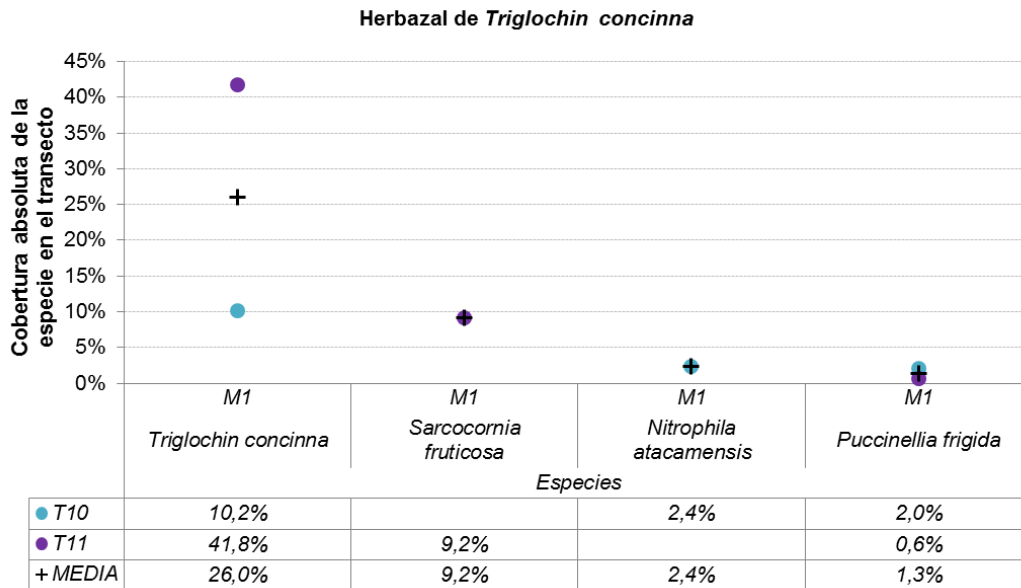
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo y 1, en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus*.



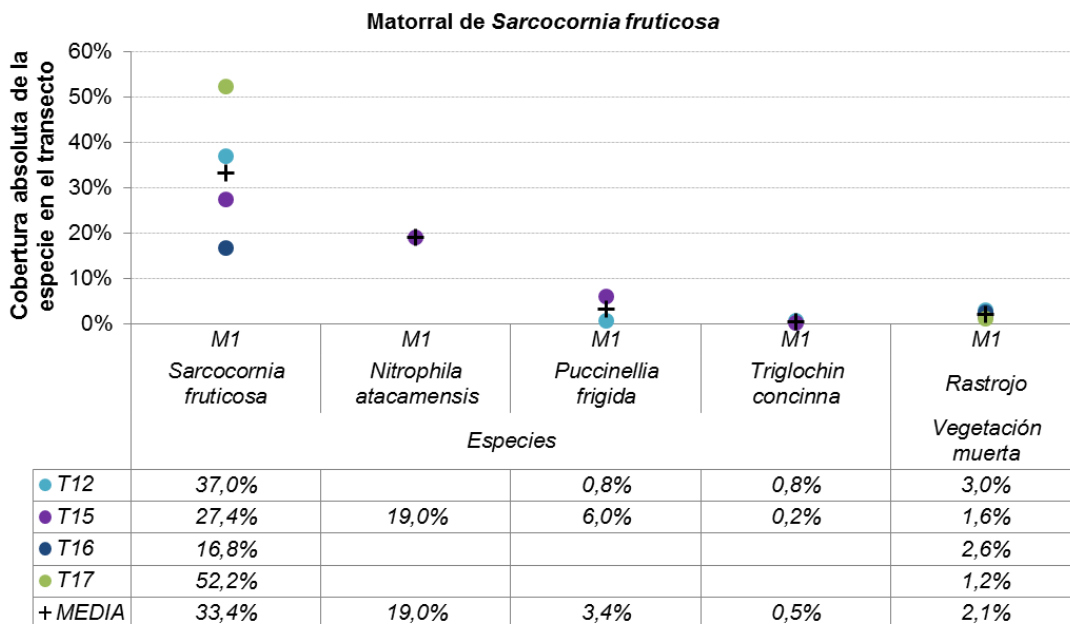
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de herbazal de *Triglochin concinna*.



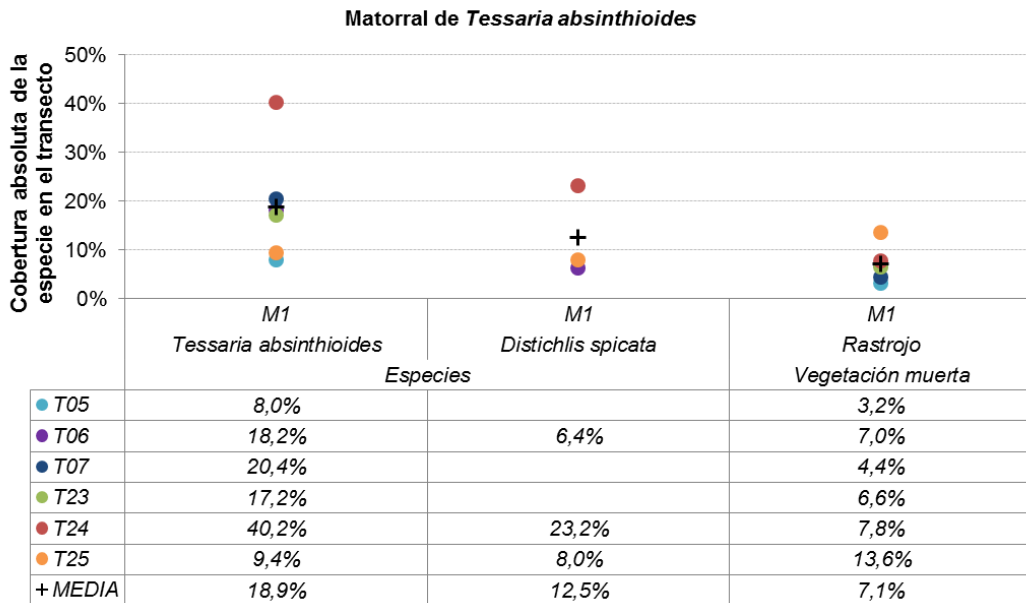
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de matorral de *Sarcocornia fruticosa*.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 1, en la formación de matorral de *Tessaria absinthioides*.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los resultados presentados, destaca la especie *Schoenoplectus californicus* como aquella especie dominante de mayor cobertura absoluta en sus transectas, alcanzando un 100% de cobertura en dos de ellas (T19 y T29), ver **Figura N° 5-15**. En contraste, la especie *Juncus balticus* presentó la menor cobertura máxima entre las especies dominantes, alcanzando un máximo de 30% en la transecta T13, y un promedio de cobertura de 18,8% (**Figura N° 5-14**).

En cuanto a las especies acompañantes de mayor frecuencia dentro de las formaciones vegetales, destacan las especies *Distichlis spicata* y *Baccharis juncea* en el herbazal de *S. californicus* con coberturas máximas cercanas al 30% (**Figura N° 5-15**).

Entre las especies acompañantes con menor frecuencia, la especie *Nitrophila atacamensis* (registrada en dos transectas; T10 y T15) alcanzó un máximo de cobertura de 19,0% en el matorral de *Sarcocornia fruticosa* y un mínimo de 2,4% de cobertura en el herbazal de *Triglochin concinna*. La especie *Puccinellia frigida* registrada en estas mismas formaciones vegetales (en cuatro transectas; T10, T11, T12 y T15), registró la menor cobertura absoluta con un mínimo de 0,6% en la transecta T11, y un máximo de 6,0% en la transecta T15 (**Figura N° 5-16** y **Figura N° 5-17**).

5.2.2.1.2.2 Cobertura y riqueza de transectas

En la **Tabla N° 5-38**, se presentan las coberturas absolutas y promedio, además de la riqueza para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de invierno 2016 (Monitoreo 1).

En el Monitoreo 1, se observa que la transecta T04 alcanza la mayor cobertura absoluta, con un 130,6% y casi todas las transectas correspondientes a esta formación presentan coberturas absolutas superiores al 100%, que se explican por la presencia de más de una especie acompañante con coberturas altas, además de la especie dominante que presenta siempre coberturas absolutas de 100% o muy cercanas a este valor, exceptuando la transecta T02 con una cobertura absoluta de 78,6% (**Tabla N° 5-38; Figura N° 5-15**). En esta formación, los valores de cobertura promedio se observan altos con respecto a las otras formaciones vegetales, entre un 20 y 57% aproximadamente.

El herbazal de *Distichlis spicata* presenta los valores más bajos de cobertura absoluta por transectas. El valor mínimo se presenta en la transecta T21, con un 3,0% de cobertura absoluta y una cobertura promedio de 1,5%. Otras transectas en esta formación, como T26 y T27, presentan coberturas inferiores al 8%, correspondiente a la cobertura de una especie en cada transecta (**Tabla N° 5-38**).

La vegetación del lugar no se destaca por presentar una alta riqueza de especies vasculares, donde la riqueza por transecta es entre una y cuatro especies. En las transectas T15, T02, T04 y T01 se presentó una riqueza de cuatro especies, localizados la primera transecta en un matorral de *Sarcocornia fruticosa*, y los demás en un herbazal de *Schoenoplectus californicus*. El resto de las transectas presentan una riqueza de una a tres especies de flora vascular.

Por otra parte, en la **Tabla N° 5-38** se presentan las coberturas muertas detectadas por transecta, donde se observa que el herbazal de *Triglochin concinna* es la única formación donde no se observó cobertura muerta, la cual corresponde a una de las formaciones con un mayor contenido de humedad en el suelo.

En cuanto a las otras formaciones vegetales, en todas las transectas se detectó algún porcentaje de cobertura muerta, variando desde un mínimo de 1,2% en dos transectas (T17 y T22), hasta un máximo de 30,4% en un herbazal de *Schoenoplectus californicus* (T02). Este valor máximo de cobertura muerta en la formación de *S. californicus* es el único valor que se observa más alto en comparación al resto de las transectas, ya que la mayoría presenta menos de un 8% de rastrojos y en tres transectas se registra una cobertura muerta entre 13 y 15%, ver **Tabla N° 5-38**.

Por último, en la **Tabla N° 5-38** también se observa la cobertura de los otros recubrimientos que se registran en las transectas, donde destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de suelo desnudo es alto, en comparación al recubrimiento vegetal, exceptuando al herbazal de *Schoenoplectus californicus*. El detalle de las coberturas de los otros recubrimientos por transecta se presenta a continuación.

Tabla N° 5-38. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 1.

Tipo de formación	Formación vegetal	Sub - sector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta	Promedio	Rastrojos/muerta	Otros recubrimientos	
Herbazal	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	118,2%	29,6%	3,2%	0,8%	4
			T02	78,6%	19,7%	30,4%	-	4
			T03	113,6%	56,8%	2,8%	-	2
			T04	130,6%	32,7%	2,0%	1,0%	4
		Tilopozo	T19	123,4%	41,1%	-	-	3
			T29	123,4%	41,1%	-	-	3
	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	51,6%	25,8%	2,0%	61,2%	2
		Tilopozo	T18	27,6%	9,2%	3,4%	70,6%	3
			T30	38,2%	19,1%	5,4%	63,4%	2
			T31	10,4%	3,5%	3,4%	86,2%	3
	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	Peine	T08	46,8%	23,4%	5,2%	51,0%	2
			T09	21,6%	21,6%	7,8%	70,6%	1
		Tilopozo	T20	36,4%	36,4%	15,0%	48,6%	1
			T21	3,0%	1,5%	3,4%	93,6%	2
			T22	20,4%	6,8%	1,2%	80,8%	3
			T26	7,8%	7,8%	3,8%	88,4%	1
			T27	5,8%	5,8%	7,8%	86,4%	1
			T28	18,4%	18,4%	13,6%	68,0%	1
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	14,6%	4,9%	-	85,4%	3	
	La Punta	T11	51,6%	17,2%	-	54,6%	3	
Matorral	Matorral de <i>Sarcocornia</i>	Quelana	T12	38,6%	12,9%	3,0%	59,4%	3
		Quelana	T15	52,8%	13,2%	2,0%	52,6%	4

Tipo de formación	Formación vegetal	Sub - sector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta	Promedio	Rastrojos/muerta	Otros recubrimientos	
	<i>fruticosa</i>		T16	16,8%	16,8%	2,6%	80,6%	1
			T17	52,2%	52,2%	1,2%	46,6%	1
	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	8,0%	8,0%	3,2%	88,8%	1
			T06	24,6%	12,3%	7,0%	70,0%	2
			T07	20,4%	20,4%	4,4%	75,2%	1
		Tilopozo	T23	17,2%	17,2%	6,6%	76,2%	1
			T24	63,4%	31,7%	7,8%	44,4%	2
			T25	17,4%	8,7%	13,6%	69,8%	2

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.1.2.3 Cobertura de otros recubrimientos en transectas

En la **Tabla N° 5-39** se puede observar en detalle las coberturas absolutas de los otros recubrimientos por transectas, los cuales están asociados a las características del sustrato donde se desarrolla la vegetación, tales como costra salina, agua superficial, suelo terroso entre otros.

Como se había mencionado anteriormente, destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de suelo desnudo es alto, en comparación al recubrimiento vegetal (**Tabla N° 5-39**).

Cabe señalar que las transectas que presentaron agua superficial en su superficie corresponden a tres formaciones vegetales (**Tabla N° 5-38**); herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, ambas formaciones localizadas en bordes o cercanas a sistemas lagunares y por otra parte, aunque con una menor cobertura, también se registró en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, formación vegetal hidrófila que se desarrolla en suelos húmedos, algunos de ellos sobre suelos sobresaturados (**Tabla N° 5-37**).

Tabla N° 5-39. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 1.

Tipo de formación	Formación vegetal	Sub - sector	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Sustrato Terroso	Cobertura total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
Herbazal	<i>Herbazal de Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	0,8%	-	-	-	-	-	0,8%
			T02	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T03	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T04	-	1,0%	-	-	-	-	1,0%
		Tilopozo	T19	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T29	-	-	-	-	-	-	0,0%
	<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	La Punta	T13	-	61,2%	-	-	-	-	61,2%
		Tilopozo	T18	-	70,6%	-	-	-	-	70,6%
			T30	-	63,4%	-	-	-	-	63,4%
			T31	-	86,2%	-	-	-	-	86,2%
	<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	Peine	T08	-	51,0%	-	-	-	-	51,0%
			T09	-	70,6%	-	-	-	-	70,6%
		Tilopozo	T20	-	48,6%	-	-	-	-	48,6%
			T21	-	93,6%	-	-	-	-	93,6%
			T22	-	80,8%	-	-	-	-	80,8%
			T26	-	-	-	-	88,4%	-	88,4%
			T27	-	-	-	-	86,4%	-	86,4%
			T28	-	68,0%	-	-	-	-	68,0%
<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	42,0%	43,4%	-	-	-	-	85,4%	
	La Punta	T11	10,8%	27,6%	16,2%	-	-	-	54,6%	
Matorral		<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>	T12	-	59,4%	-	-	-	-	59,4%
	Quelana		T15	12,4%	-	3,4%	36,8%	-	-	52,6%
			T16	-	2,2%	4,0%	74,4%	-	-	80,6%
	T17	10,2%	-	6,0%	30,4%	-	-	46,6%		
	<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	-	-	-	-	-	88,8%	88,8%
T06	-		-	-	-	-	70,0%	70,0%		
T07	-		-	-	-	-	75,2%	75,2%		

Tipo de formación	Formación vegetal	Sub - sector	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Sustrato Terroso	Cobertura total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
		Tilopozo	T23	-	-	-	-	76,2%	-	76,2%
			T24	-	-	-	-	44,4%	-	44,4%
			T25	-	-	-	-	69,8%	-	69,8%

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.1.2.4 Cobertura promedio y composición del sector

En la **Tabla N° 5-40** se observan los valores promedios de cobertura por subsector, donde destaca el subsector de Peine con la mayor cobertura de vegetación (62,5%).

El sector de Soncor no presenta cobertura vegetal, ya que se encuentra sobre una costra salina y corresponde a un área desprovista de vegetación. Por otra parte, el subsector La Brava tiene el menor valor de cobertura absoluta, entre los subsectores con vegetación, con un 14,6% que representa una formación parchosa de vegetación correspondiente a un herbazal de *Triglochin concinna* que se desarrolla en bordes de lagunas (**Tabla N° 5-40**).

Los subsectores La Punta, Quelana y Tilopozo presentan valores similares entre ellos, con coberturas promedio entre 36,6% y 47,3% (**Tabla N° 5-40**).

Por otro lado, se entrega la cobertura promedio de la vegetación muerta, donde se observa un valor máximo en el subsector Peine, con un 7,3%, seguido del subsector Tilopozo con 6,1%, de cobertura muerta. Los subsectores de La Punta y Aguas de Quelana registran menos de un 2% de rastrojos, mientras que el subsector de La Brava no registró cobertura muerta (**Tabla N° 5-40**).

Finalmente, la riqueza de especies por subsector se observa entre tres y seis especies vasculares, exceptuando a sector Soncor que no registra vegetación o individuos de flora (**Tabla N° 5-40**). Además, en la **Tabla N° 5-41**, se puede observar la composición de las especies presentes por subsector, señalando su riqueza por subsector.

Tabla N° 5-40. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, en Monitoreo 1.

Sub-sector	Transectas en el sub-sector	Promedio de la cobertura absoluta por sub-sector		Riqueza (No. de especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	
La Brava	1	14,6%	-	3
La Punta	3	47,3%	1,7%	5
Peine	9	62,5%	7,3%	5
Aguas de Quelana	3	40,6%	1,9%	4
Soncor	1	-	-	-
Tilopozo	14	36,6%	6,1%	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 5-41. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 1.

Especie	Sub-sector Área de estudio				
	La Brava	La Punta	Peine	Aguas de Quelana	Tilopozo
<i>Baccharis juncea</i> (Cass.) Desf.			x		x
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene			x		x
<i>Juncus balticus</i> Willd.		x			x
<i>Lycium humile</i> Phil.		x			x
<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.	x			x	
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M.Johnst.	x	x		x	
<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) Scott		x	x	x	
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják			x		x
<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.			x		x
<i>Triglochin concinna</i> Davy	x	x		x	
Riqueza total por subsector	3	5	5	4	6

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Resultados del muestreo campaña de verano

5.2.2.2.1 Formaciones vegetales

Los tipo de vegetación identificados en cada una de las transectas durante la campaña de verano (Monitoreo 2), corresponden a las mismas formaciones vegetales que fueron registradas en el Monitoreo 1, las que se presentan en la **Tabla N° 5-42**.

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetales, en la **Tabla N° 5-42** se presentan las principales características de las transectas para la campaña de verano, tanto de la vegetación (riqueza, formación COT asociada, especies dominantes y grado de alteración) como del terreno (humedad del suelo y salinidad).

La fisonomía de las formaciones vegetales observadas en la campaña de verano se pueden observar en las siguientes fotografías **Fotografía N° 5-31**, **Fotografía N° 5-32**, **Fotografía N° 5-33**, **Fotografía N° 5-34**, **Fotografía N° 5-35** y **Fotografía N° 5-36**, en las cuales se puede apreciar el mayor vigor de la cobertura vegetal observado en esta campaña.

Por otra parte, cabe mencionar, que al igual que en el Monitoreo 1 de invierno, no se pudo registrar la transecta T14 por problemas de accesibilidad, la que se localiza en un área desprovista de vegetación (costra salina) en el sector de Soncor (Laguna Barros Negros).

Tabla N° 5-42. Resumen de la validación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 2, en cada subsector.

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	Peine	T08	H3	dp	Sobresaturado	>80%	1	2
		T09	H3	dp	No saturado	>80%	1	1
	Tilopozo	T20	H5	dp	No saturado	>80%	1	2
		T21	H2	dp	No saturado	>80%	1	2
		T22	H3	dp	Saturado	>80%	1	3
		T26	H3	dp	No saturado	>80%	1	1
		T27	H3	dp	No saturado	10-30%	1	1
		T28	H4	dp	No saturado	>80%	1	1
Riqueza total en formación vegetal								5
Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	H4	jb	Saturado	>80%	1	2
	Tilopozo	T18	H4	jb	No saturado	>80%	1	2
		T30	H4	jb	No saturado	>80%	1	3
		T31	H4	jb dp	Saturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	H7	sca	Sobresaturado	10-30%	1	4
		T02	H7	sca	Saturado	<10%	1	4
		T03	H7	sca	Sobresaturado	<10%	1	3
		T04	H7	sca	Sobresaturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T19	H7	sca	Saturado	<10%	1	3
		T29	H7	sca	Sobresaturado	<10%	1	3
		Riqueza total en formación vegetal						
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	H3	tc	No saturado	>80%	1	3
	La Punta	T11	H4	tc	Sobresaturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	La Punta	T12	LB3	Sf	Saturado	>80%	1	3
	Aguas de Quelana	T15	LB3	Sf	Saturado	>80%	1	4
		T16	LB3	Sf	Saturado	>80%	1	1
		T17	LB3 H3	Sf tc pu	Sobresaturado	>80%	1	1

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Riqueza total en formación vegetal								4
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	LB4	Tb	No saturado	>80%	1	1
		T06	LB4	Tb	No saturado	<10%	1	2
		T07	LB4	Tb	No saturado	10-30%	1	1
	Tilopozo	T23	LB4	Tb	No saturado	>80%	1	1
		T24	LB4	Tb	No saturado	>80%	1	2
		T25	LB4	Tb	No saturado	>80%	1	2
Riqueza total en formación vegetal								2
Área desprovista de vegetación	Soncor	T14	ADV	-	-	-	-	-

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras		
Coberturas (%):	Tipo Biológico:	Especies:
2: escasa (5-10)	LB: Leñoso Bajo (arbustivo)	dp: <i>Distichlis spicata</i>
3: muy clara (10-25)	H: Herbáceo	jb: <i>Juncus balticus</i>
4: clara (25-50)	Otras coberturas COT:	sca: <i>Schoenoplectus americanus</i>
5: poco densa (50-75)	ADV: Áreas desprovistas de vegetación	tc: <i>Triglochin concinna</i>
6: densa (75-90)	Grado de Alteración:	pu: <i>Puccinellia frigida</i>
7: muy densa (>90)	1: Vegetación en estado natural	Sf: <i>Sarcocornia fruticosa</i>
		Tb: <i>Tessaria absinthioides</i>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados estacionales presentados en la **Tabla N° 5-42**, se observa que el herbazal de *Schoenoplectus californicus* alcanza la mayor cobertura vegetal de acuerdo a la caracterización COT, con más del 90% de cubrimiento. Las otras formaciones vegetales presentan en general coberturas medias, entre muy claras (10-25%) y claras (25-50%), exceptuando dos transectas en el herbazal de *Distichlis spicata*, con una transecta de cobertura escasa (T21; 5-10%) y otra con cobertura poco densa (T20; 50-75%).

Con respecto a las características físicas del terreno, se observa que la formación de *Tessaria absinthioides* se desarrolla en suelos no saturados y en su mayoría sobre una superficie salina con más del 80% de afloramientos salinos, a excepción de dos transectas con menos de un 30% de afloramientos salinos y con una textura más terrosa, ver **Tabla N° 5-42**.

En cuanto al grado de alteración, todas las transectas visitadas se observan en una “vegetación en estado natural”, ver **Tabla N° 5-42**.

Con respecto a la riqueza, se observa entre una a cuatro especies en las transectas, y al observar la riqueza por formación vegetal se obtiene un máximo de cinco especies de flora vascular en el herbazal de *Distichlis spicata*, seguido de cuatro especies en tres formaciones vegetales, tres especies en una formación y un mínimo de dos especies en el matorral de *T. absinthioides* (**Tabla N° 5-42**).

Por último, cabe destacar que la transecta T14 del sector Soncor (Laguna Barros Negros) se localiza sobre un área desprovista de vegetación, la cual fue visitada en terreno en el Monitoreo Base 0 y se corroboró que es la única transecta sin vegetación y tampoco presenta especies aisladas.

Fotografía N° 5-31. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en verano, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-32. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en verano, en transectas de estudio.



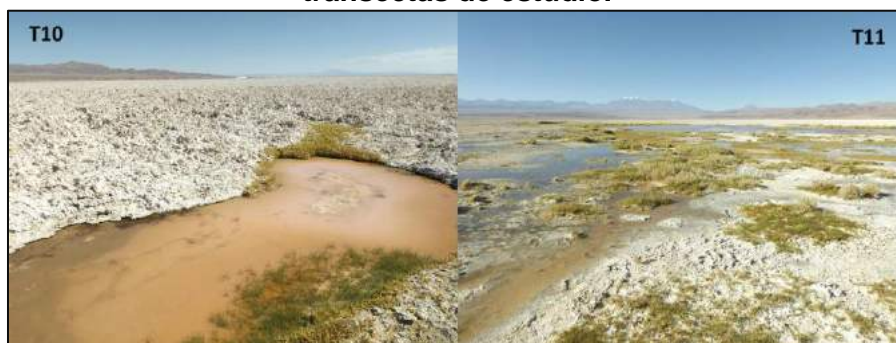
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-33. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en verano, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-34. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en verano, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-35. Fisonomía de matorral de *Sarcocornia fruticosa* en verano, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-36. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en verano, en transectas de estudio.



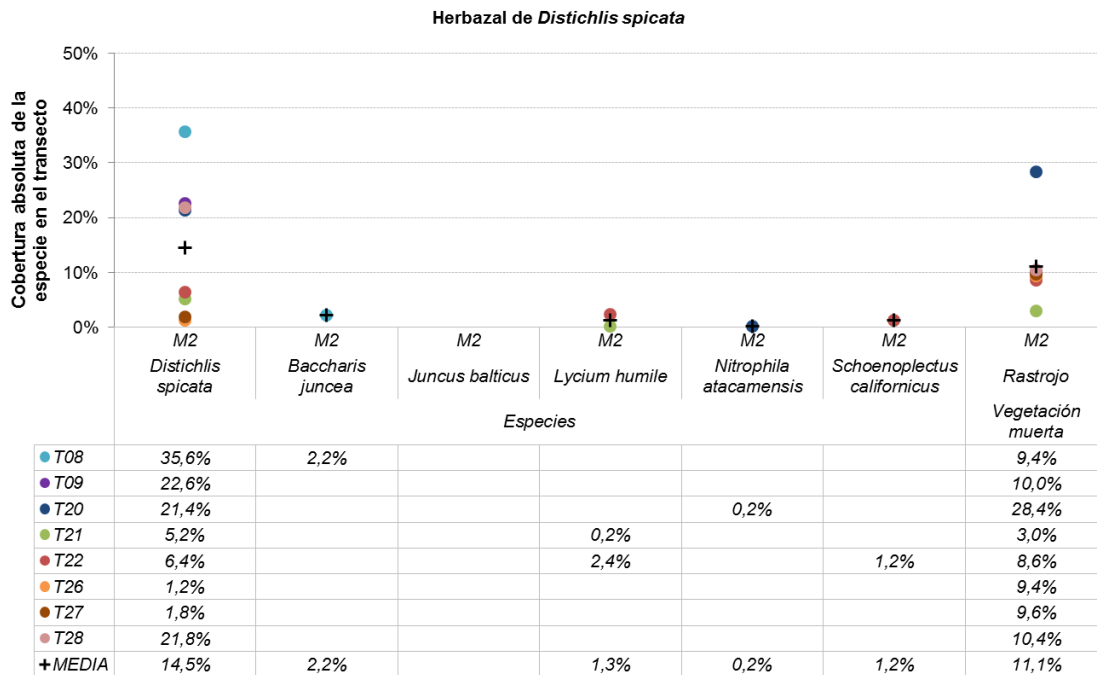
Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2.2 Composición y cobertura

5.2.2.2.2.1 Cobertura absoluta de especies

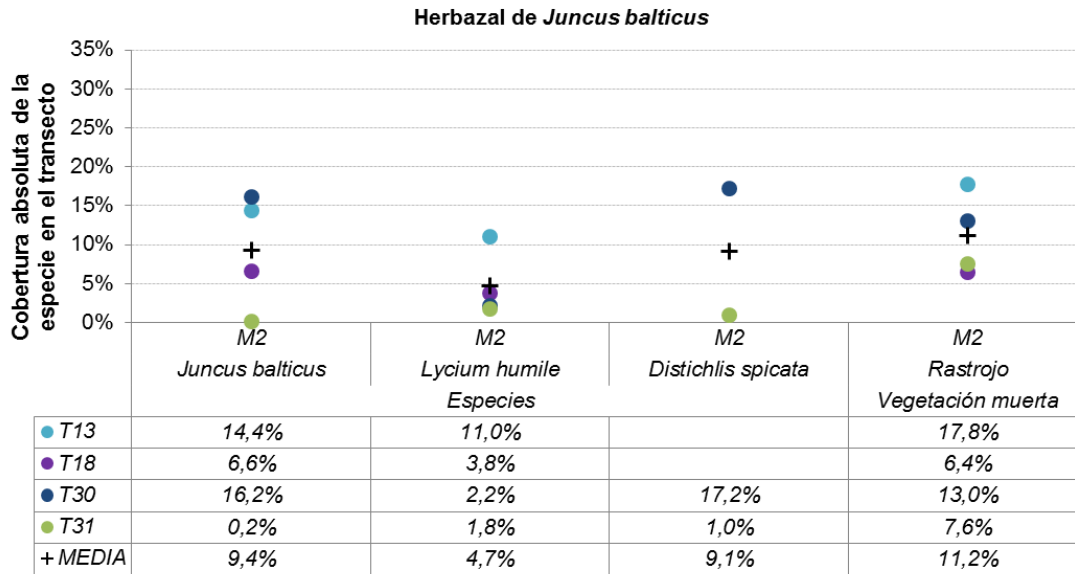
La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 2, se observa por transecta en los siguientes gráficos, ordenados según las seis formaciones vegetales.

Figura N° 5-19. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de herbazal de *Distichlis spicata*.



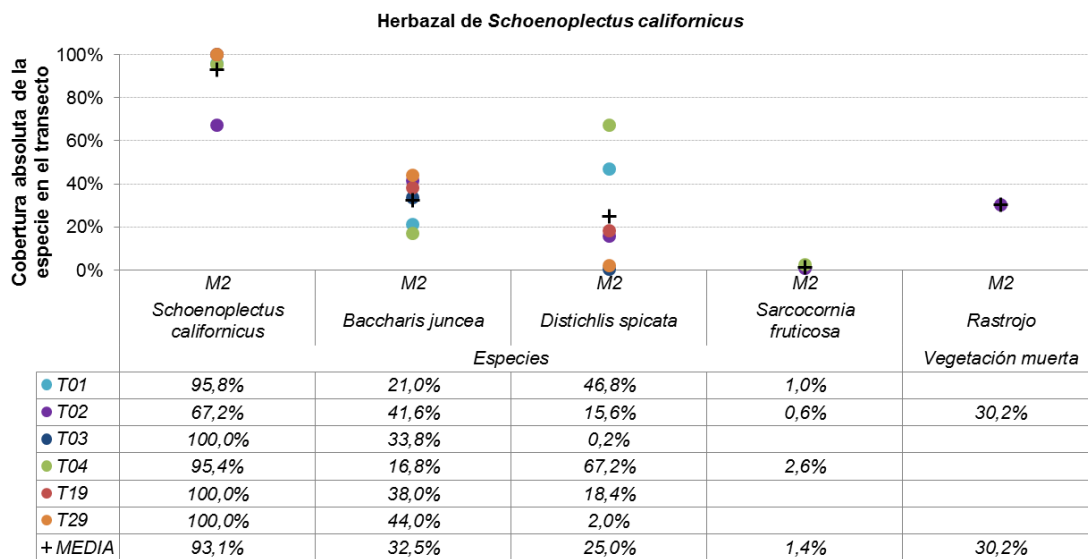
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 2, en la formación de herbazal de *Juncus balticus*.



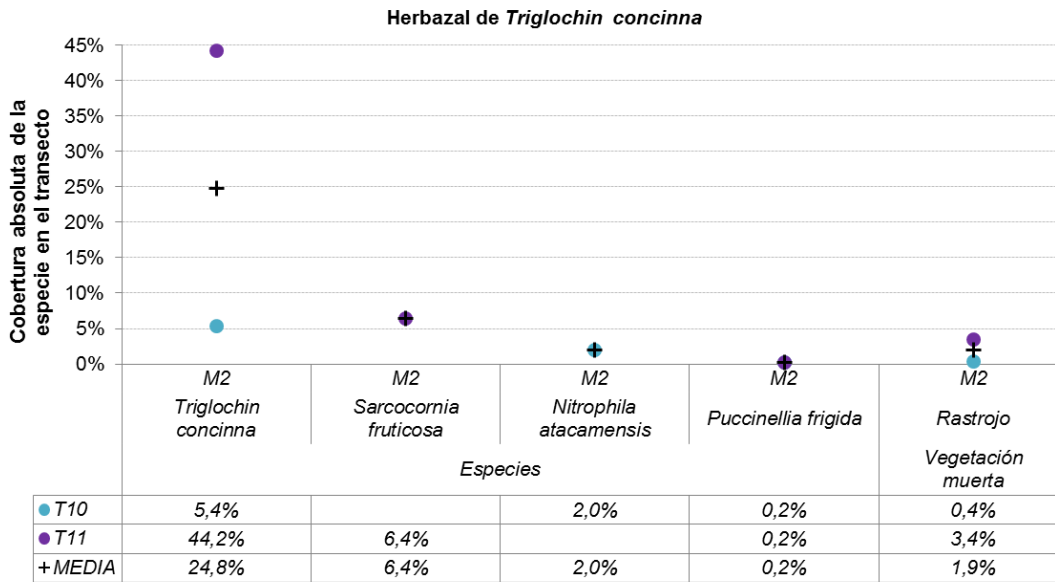
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus*.



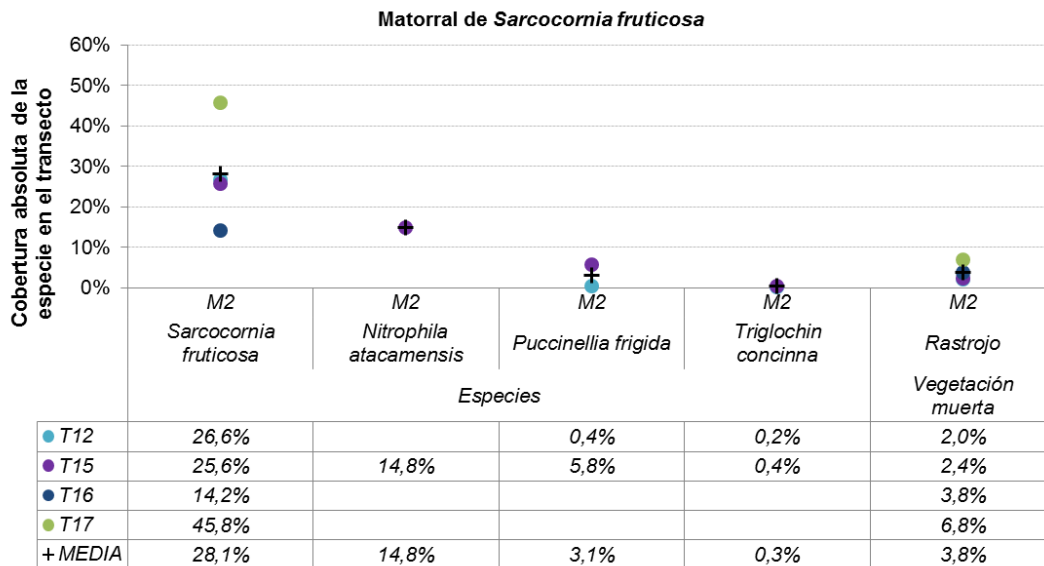
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de herbazal de *Triglochin concinna*.



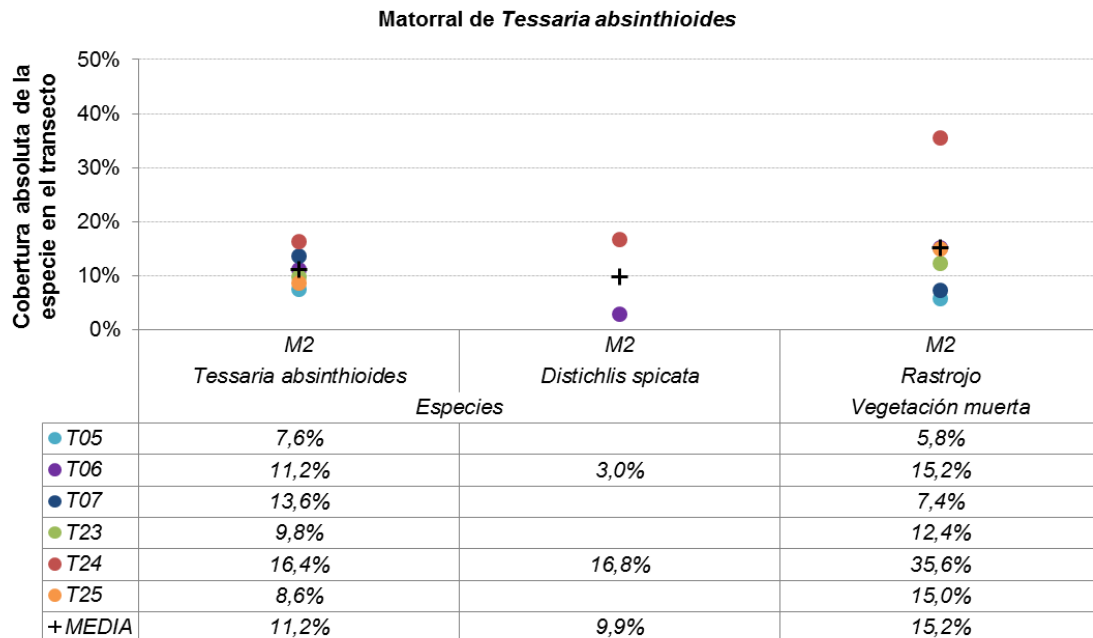
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de matorral de *Sarcocornia fruticosa*.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-24. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de Monitoreo 2, en la formación de matorral de *Tessaria absinthioides*.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del Monitoreo 2, en la **Figura N° 5-21** se observa que la especie *Schoenoplectus californicus* alcanza la mayor cobertura absoluta, con un 100% en tres transectas (T03, T19 y T29). Además, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con una media de 93,1% observado en la formación dominada por esta especie. Esta especie también se registra en la transecta T22, en una formación de *Distichlis spicata*, aunque con una cobertura (absoluta) mínima de 1,2%, ver **Figura N° 5-19**.

Entre las especies dominantes de menor presencia, destaca la especie arbustiva *Tessaria absinthioides*, la que en las transectas T05 y T25, registra coberturas mínimas de 7,6% y 8,6%, respectivamente y en la transecta T24 un máximo de cobertura absoluta de 16,4%, presentando una cobertura media de 11,2% en la formación, ver **Figura N° 5-24**. Esta especie no se registra en otras transectas de otras formaciones.

La especie *Juncus balticus* también presenta valores de cobertura máxima entre las más bajas de acuerdo a las especies que dominan una formación vegetal, alcanzando un máximo de 16,2% en la transecta T30 y una cobertura (absoluta) mínima de 0,2% en la transecta T31, registrando una cobertura promedio de 9,4% en la formación (**Figura N° 5-20**). Esta especie no se registra en otras transectas de otras formaciones.

Entre las especies acompañantes con menor representatividad dentro de las formaciones se destacan las especies *Nitrophila atacamensis*, *Lycium humile*, y *Puccinellia frigida*.

5.2.2.2.2 Cobertura y riqueza de transectas

En la **Tabla N° 5-43** se presenta las coberturas absoluta y promedio, además de la riqueza para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de verano (Monitoreo 2).

Dentro de los resultados, destacan las transectas del herbazal de *Schoenoplectus californicus*, donde se observan los mayores valores de cobertura por transecta, con más del 100% de cobertura absoluta en todas las transectas de la formación y entre un 31,3 % y un 52,1% de cobertura promedio (**Tabla N° 5-43**). Asimismo, dentro de esta formación sólo una transecta mostró presencia de rastros, a diferencia de las restantes formaciones, donde todos los transectos mostraron algún porcentaje de este.

Por otro lado, y en relación a las transectas en las formaciones vegetales del herbazal de *Triglochin concinna*, matorral de *Sarcocornia fruticosa* y matorral de *Tessaria absinthioides*, generalmente la cobertura de la vegetación (absoluta) no supera el 50%, mayoritariamente sus coberturas son inferiores al 20% (**Tabla N° 5-43**). En estas formaciones, las coberturas promedio por transecta no superan un 17%, a excepción de T17 con una cobertura que iguala la cobertura absoluta de la transecta (45,8%) ya que se registra una única especie (*S. fruticosa*).

Dentro de los resultados también destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de suelo desnudo es alto, en comparación al recubrimiento vegetal, exceptuando al herbazal de *Schoenoplectus californicus*.

Tabla N° 5-43. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 2.

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta ¹²	Promedio	Rastrojos/muerta	Otros recubrimientos	
Herbazal	<i>Herbazal de Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	164,6%	41,2%	-	-	4
			T02	125,0%	31,3%	30,2%	-	4
			T03	134,0%	44,7%	-	-	3
			T04	182,0%	45,5%	-	-	4
		Tilopozo	T19	156,4%	52,1%	-	-	3
			T29	146,0%	48,7%	-	-	3
	<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	La Punta	T13	25,4%	12,7%	17,8%	61,6%	2
		Tilopozo	T18	10,4%	5,2%	6,4%	83,8%	2
			T30	35,6%	11,9%	13,0%	56,4%	3
			T31	3,0%	1,0%	7,6%	89,4%	3
	<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	Peine	T08	37,8%	18,9%	9,4%	54,6%	2
			T09	22,6%	22,6%	10,0%	67,4%	1
		Tilopozo	T20	21,6%	10,8%	28,4%	50,0%	2
			T21	5,4%	2,7%	3,0%	91,6%	2
			T22	10,0%	3,3%	8,6%	82,4%	3
			T26	1,2%	1,2%	9,4%	89,4%	1
			T27	1,8%	1,8%	9,6%	88,6%	1
T28			21,8%	21,8%	10,4%	67,8%	1	
<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	7,6%	2,5%	0,4%	92,2%	3	
	La Punta	T11	50,8%	16,9%	3,4%	49,0%	3	

¹² Los porcentajes por sobre el 100% corresponden al intercepto de individuos en diferentes estratos.

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta ¹²	Promedio	Rastrojos/muerta	Otros recubrimientos	
Matorral	<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>	Quelana	T12	27,2%	9,1%	2,0%	71,2%	3
			T15	46,6%	11,7%	2,4%	55,6%	4
			T16	14,2%	14,2%	3,8%	82,0%	1
			T17	45,8%	45,8%	6,8%	47,4%	1
	<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	7,6%	7,6%	5,8%	86,6%	1
			T06	14,2%	7,1%	15,2%	70,6%	2
			T07	13,6%	13,6%	7,4%	79,0%	1
		Tilopozo	T23	9,8%	9,8%	12,4%	77,8%	1
			T24	33,2%	16,6%	35,6%	34,0%	2
			T25	16,4%	8,2%	15,0%	69,2%	2

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2.3 Cobertura de otros recubrimientos en transectas

En la **Tabla N° 5-44**, se puede observar en detalle las coberturas absolutas de los otros recubrimientos por transectas, los cuales están asociados a las características del sustrato donde se desarrolla la vegetación, tales como costra salina, agua superficial, suelo terroso entre otros.

Con respecto a esta cobertura, destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de otros recubrimientos es igual o por sobre el 50%, exceptuando todas las transectas del herbazal de *Schoenoplectus californicus* que tienen un 100% de cobertura vegetal y tres transectas con valores entre 34% y 49% (T11, T17 y T24). El sustrato principal registrado en otros recubrimientos es la costra salina.

Por último, cabe señalar que las transectas que presentaron agua superficial en su superficie corresponden al herbazal de *Triglochin concinna* en la transecta T10 con un 33,4% de cobertura absoluta y un 7,6% en la transecta T08 en un herbazal de *Distichlis spicata* (**Tabla N° 5-44**). Cabe mencionar, que la transecta T10 se localiza cercana a sistemas lagunares (La Brava) y este cubrimiento de agua superficial se trata de un pequeño cuerpo de agua y, por otro lado, la transecta T08 no se asocia a lugares húmedos, sin embargo se observó sobre suelos sobresaturados en este monitoreo de verano, probablemente por las lluvias estivales ocurridas previo al monitoreo (**Tabla N° 5-42**).

Tabla N° 5-44. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 2.

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M2 (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
Herbazal	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T02	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T03	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T04	-	-	-	-	-	-	0,0%
		Tilopozo	T19	-	-	-	-	-	-	0,0%
			T29	-	-	-	-	-	-	0,0%
	<i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	-	61,6%	-	-	-	-	61,6%
		Tilopozo	T18	-	83,8%	-	-	-	-	83,8%
			T30	-	56,4%	-	-	-	-	56,4%
			T31	-	89,4%	-	-	-	-	89,4%
	<i>Distichlis spicata</i>	Peine	T08	7,6%	47,0%	-	-	-	-	54,6%
			T09	-	67,4%	-	-	-	-	67,4%
		Tilopozo	T20	-	50,0%	-	-	-	-	50,0%
			T21	-	91,6%	-	-	-	-	91,6%
			T22	-	82,4%	-	-	-	-	82,4%
			T26	-	89,4%	-	-	-	-	89,4%
			T27	-	2,2%	-	-	-	86,4%	88,6%
			T28	-	67,8%	-	-	-	-	67,8%
<i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	33,4%	58,8%	-	-	-	-	92,2%	
	La Punta	T11	-	23,2%	5,6%	20,2%	-	-	49,0%	
Matorral	<i>Matorral de</i>	La Punta	T12	-	71,2%	-	-	-	71,2%	

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M2 (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	Quelana	T15	-	55,6%	-	-	-	-	55,6%
			T16	-	82,0%	-	-	-	-	82,0%
			T17	-	47,4%	-	-	-	-	47,4%
	<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	-	86,6%	-	-	-	-	86,6%
			T06	-	70,6%	-	-	-	-	70,6%
			T07	-	-	-	-	-	79,0%	79,0%
		Tilopozo	T23	-	77,8%	-	-	-	-	77,8%
			T24	-	34,0%	-	-	-	-	34,0%
			T25	-	-	-	-	69,2%	-	69,2%

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2.4 Cobertura promedio y composición del sector

En la **Tabla N° 5-45** se observan los valores promedios de cobertura por subsector, donde destaca el subsector de Peine con la mayor cobertura de vegetación (77,9%). Además, en la **Tabla N° 5-46**, se puede observar la composición de las especies presentes por subsector, señalando su riqueza por subsector.

El subsector La Brava tiene el menor valor de cobertura absoluta entre los sectores con vegetación, con un 7,6% que representa una formación parchosa de vegetación correspondiente a un herbazal de *Triglochin concinna* que se desarrolla en bordes de lagunas. Este es el único sector con vegetación que no registra cobertura muerta, ver **Tabla N° 5-45**.

Los subsectores La Punta, Quelana y Tilopozo presentan valores similares entre ellos, con coberturas promedio entre 33,8% y 35,5% y a su vez, una cobertura muerta entre 4,3 y 11,4% (**Tabla N° 5-45**).

El sector de Soncor no presenta cobertura vegetal, ya que se encuentra sobre una costra salina y corresponde a un área desprovista de vegetación.

Con respecto a los valores promedio registrados, se puede mencionar que el subsector de Tilopozo es el que presenta mayor heterogeneidad de formaciones vegetales, y mayor variabilidad de coberturas. Por otro lado, en el sector de Quelana sólo se desarrolla la formación de matorral de *Sarcocornia fruticosa*.

Finalmente, la riqueza de especies por subsector se observa entre tres y siete especies vasculares, exceptuando a sector Soncor que no registra vegetación o individuos de flora (**Tabla N° 5-45**).

Tabla N° 5-45. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, para el Monitoreo 2.

Sub-sector	Transectas en el sub-sector	Promedio de la cobertura absoluta por sub-sector		Riqueza
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	(No. de especies)
La Brava	1	7,6%	-	3
La Punta	3	34,5%	7,7%	5
Peine	9	77,9%	8,7%	5
Quelana	3	35,5%	4,3%	4
Soncor	1	-	-	-
Tilopozo	14	33,8%	11,4%	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 5-46. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 2.

Especie	Sub-sector Área de estudio				
	La Brava	La Punta	Peine	Aguas de Quelana	Tilopozo
<i>Baccharis juncea</i> (Cass.) Desf.			x		x
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene			x		x
<i>Juncus balticus</i> Willd.		x			x
<i>Lycium humile</i> Phil.		x			x
<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.	x			x	x
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M.Johnst.	x	x		x	
<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) Scott		x	x	x	
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják			x		x
<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.			x		x
<i>Triglochin concinna</i> Davy	x	x		x	
Riqueza total por subsector	3	5	5	4	7

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 DISTRIBUCION Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL-NDVI

De acuerdo con el Anexo N°2, Adenda 5 RWL (2015), se destaca que los resultados obtenidos en este proceso representan la cobertura vegetal y su grado de vigorosidad, o bien, vegetación activa, sólo en verano de 2017, dada la frecuencia anual de medición a través de este método.

Según los valores obtenidos en base a la metodología descrita en la sección 5.1.3.4, los resultados de la superficie de vegetación activa por formación vegetal correspondiente a cada sector se detallan en la **Tabla N° 5-47** y se grafican en el **Anexo Vegetación Y Flora**.

Tabla N° 5-47. Superficies de vegetación activa (NDVI) en base a la COT por sector.

SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE (ha)	
		COT - NDVI	VEGETACIÓN ACTIVA
La Punta y La Brava	Matorral hídrico de Sf	41,1	8,6
	Vega de dp	2,3	0,1
	Vega de tc	16,9	4,1
Total La Punta y La Brava		60,3	12,8
Tilopozo de Sector (La Punta-la Brava)	Matorral - Vega de Eb dp	74,6	23,7
	Matorral - Vega de Tb dp	319,4	118,0
	Matorral de Ad	8,5	0,8
	Matorral de Eb	416,5	73,6
	Matorral de Tb	579,2	172,3
	Matorral hídrico - Vega de Lh dp	8,6	1,7
	Matorral hídrico - Vega de Lh dp sca	16,5	7,3
	Matorral hídrico - Vega de Lh jb	31,3	11,6
	Matorral hídrico - Vega de Lh jb dp	10,1	3,1
	Matorral hídrico - Vega de Lh sca jb	14,3	5,4
	Matorral hídrico - Vega de Sf dp bj	4,4	1,2
	Matorral hídrico - Vega de Sf nia tc	13,8	3,9
	Matorral hídrico de Lh	49,6	12,4
	Vega de bj dp sca	11,1	4,2
	Vega de bj jb dp	7,5	2,4
	Vega de bj sca dp	1,1	0,5
	Vega de dp	661,8	41,3
	Vega de jb	247,6	63,9
	Vega de jb dp	58,6	8,2
	Vega de ph sca dp	42,5	10,3
Vega de sca	55,7	28,0	

SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE (ha)	
		COT - NDVI	VEGETACIÓN ACTIVA
	Vega de sca bj	10,3	5,1
	Vega de tc	24,5	1,6
Total Tilopozo		2.667,6	600,4
Peine	Matorral - Vega de Tb dp	687,4	152,6
	Matorral de Aa	12,0	3,4
	Matorral de Aa cid Tt	530,8	102,9
	Matorral de Ad Aa	60,1	18,2
	Matorral de Ad Ai cis cid	9,3	1,2
	Matorral de Ai cid	148,5	65,4
	Matorral de Tb	1.422,2	287,5
	Matorral hídrico - Vega de Lh Sf dp bj	5,3	1,2
	Matorral hídrico de Sf	11,0	10,5
	Vega de bj sca dp	1,5	0,4
	Vega de dp	81,6	13,3
	Vega de sca	21,2	20,3
Total Peine		2.990,9	677,1
Soncor	Matorral - Vega de Tb dp	7,8	4,3
	Vega de dp	16,9	3,3
Total Soncor		24,8	7,6
Quelana	Matorral - Vega de Tb dp	655,9	241,7
	Matorral de Tb	104,9	16,3
	Matorral hídrico - Vega de Sf tc pu	313,6	103,8
	Matorral hídrico de Sf	230,7	27,2
	Vega de dp	213,7	4,9
Total Quelana		1.518,8	393,8
TOTAL		7.262,4	1.691,8

Fuente: Elaboración propia

La vegetación activa calculada a partir del NDVI, corresponde a 1.691,8 ha, superficie que representa un 23,3% de la superficie de la COT. Esta diferencia de superficie se debe a que este índice responde a múltiples factores, donde su principal aporte es generar una idea del conjunto acerca del estado general de la vegetación. Entre las variables que se relacionan con el NDVI, se pueden describir: índice de área foliar, contenido de agua en la hoja, flujo neto de CO₂, radiación fotosintética activa absorbida por la planta, productividad neta de la vegetación, cantidad de lluvia recibida por la vegetación, dinámica fenológica, evapotranspiración potencial (Gonzaga, 2014); todo lo anterior se suma a la discriminación de los datos en base a los umbrales determinados y la cobertura de cada formación determinada por la COT.

6 FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2016 y verano 2017 para el componente ambiental biota, subcomponente Fauna de vertebrados, 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 Rockwood Lithium, 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 periodos reportados en el presente informe se enmarcan entre los días 22 y 26 de agosto de 2016, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, y entre los días 27 al 31 de marzo de 2017, correspondiente al monitoreo semestral de verano.

El presente informe de monitoreo correspondiente a la primera y segunda campaña de seguimiento semestral, se enmarca en la implementación del Plan de Seguimiento Ambiental del Proyecto en la etapa de construcción del Proyecto (campaña invierno 2016) y operación del Proyecto (campaña verano 2017), según los alcances comprometidos en el acápite 7 de la RCA RE N°21/2016 y Plan de Manejo Biótico del Proyecto (Anexo 2 Adenda 5 EIA).

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 2016 y verano de 2017, con resultados de monitoreo y/o línea de base previos, para establecer posibles desviaciones.

6.1 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.1 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° 6-1**). 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 los 2.304 a los 2.312 msnm.

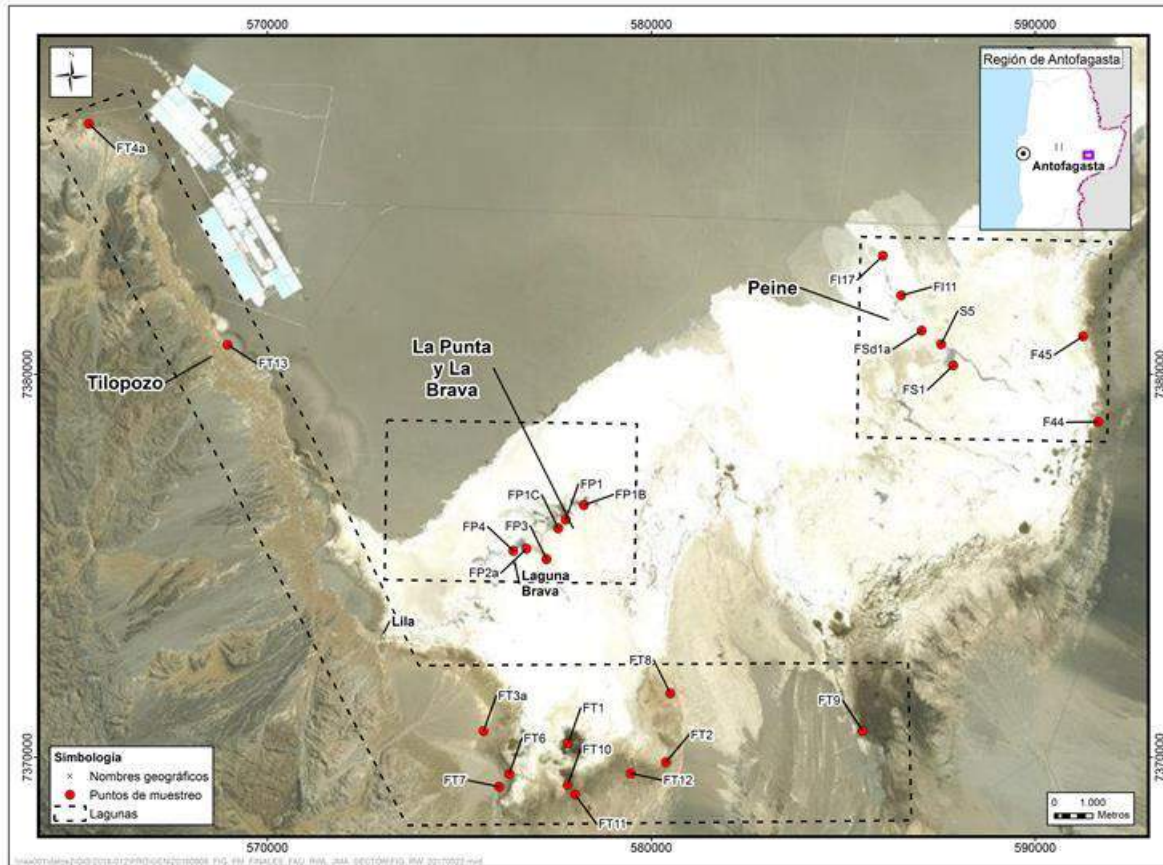
Para el área específica de estudio, y analizando los datos de muestreos de línea base (PMB, 2015), los que se resumen en varias campañas (desde 2006 a 2015), se ha registrado una riqueza acumulada de 62 especies de vertebrados, de las cuales 49 corresponden a Aves (79%), 10 especies a Mamíferos (16,1%), dos a reptiles (3,2%) y una de anfibio (1,6%). Del total, se determinaron 16 especies en alguna categoría de conservación, ocho clasificadas como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicopterus jamesi*, *Chroicocephalus serranus*, *Rhea pennata tarapacensis*, *Vultur gryphus*, *Ctenomys fulvus*, *Lama guanicoe*), una como Rara (*Liolaemus constanzae*) y dos categorizadas como En Peligro (*Liolaemus fabiani*, *Vicugna vicugna*) y una alta proporción de especies nativas, siendo solo *Liolaemus fabiani* representante como especie endémica 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, 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 otras 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° 6-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y su división en tres sectores (líneas discontinuas), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta.



Fuente: Elaboración Propia

6.1.2 Ubicación de puntos muestreo

En las campañas de monitoreo, se revisaron 25 puntos de muestreo, de los cuales 16 son los establecidos en RCA correspondientes a los considerados en campañas previas (PMB 2015, aunque algunos fueron reubicados levemente, de modo de seguir siendo representativo del ambiente, pero en condiciones más apropiadas de muestreo (más accesible, con mejor ubicación para censar, no tan cerca de la presencia y actividad humana), a los que se agregaron otros nueve puntos (nuevos, de carácter voluntario), de modo de representar todos los ambientes presentes en el área de estudio (Figura N° 6-1) y poder contar con un mejor levantamiento de información de fauna del área. La ubicación de los puntos (en coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso19) se detalla en las Tabla N° 6-1, Figura N° 6-2 y en **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres** . Todos los puntos son fijos, debiendo mantenerse en los monitoreos sucesivos.

En relación al esfuerzo de muestreo, se efectuaron 25 transectos (uno en cada punto de muestreo), nueve estaciones de trapeo de micromamíferos, 12 estaciones con trampas cámara, cinco muestreos de rapaces nocturnas y dos muestreos nocturnos de anfibios (detalle de ubicación y caracterización en **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres** y Figura N° 6-2).

Tabla N° 6-1. Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo (PM) de fauna, Salar de Atacama. Región de Antofagasta. Sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19.

PM	Coordenadas propuestas		Coordenadas Finales		Sector	Subsector	Ambiente	Transecto fauna				Voluntario
	Este	Norte	Este	Norte				Anf	Rep	Ave	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 <i>Tessaria</i>	No	Si	Si	Si	-
F45	591.246	7.380.993	591.248	7.380.993	Peine	Peine terrestre	Matorral <i>Tessaria</i>	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	-
FP3	-	-	577.271	7.375.175	La Punta y La Brava	La Brava	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X

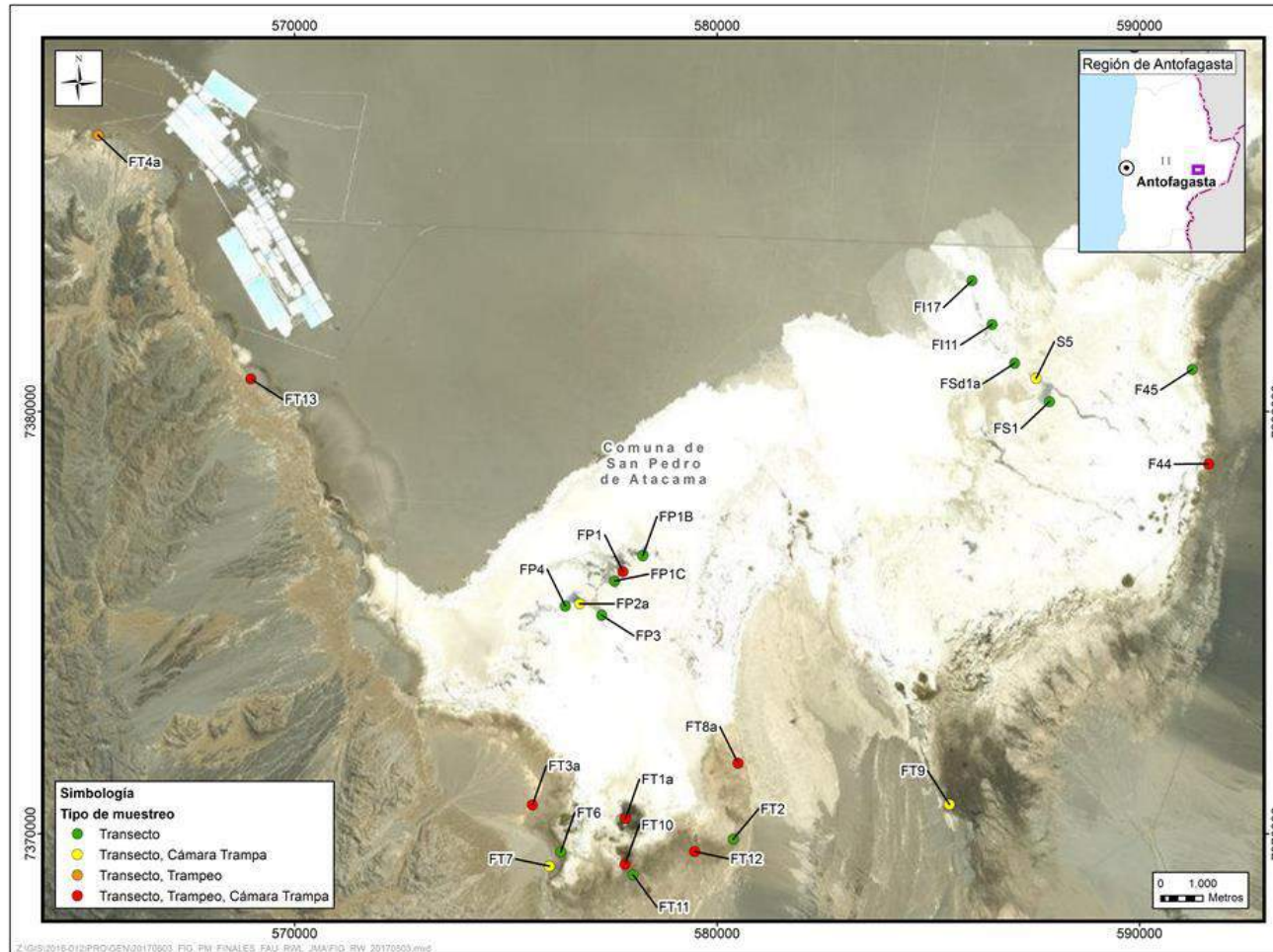
PM	Coordenadas propuestas		Coordenadas Finales		Sector	Subsector	Ambiente	Transecto fauna				Voluntario
	Este	Norte	Este	Norte				Anf	Rep	Ave	Mam	
FP4	-	-	576.403	7.375.395	La Punta y la Brava	La Brava	Humedal Salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FT10	577.822	7.369.282	577.822	7.369.282	Tilopozo	Tilopozo	Humedal herbazal	Si	Si	Si	Si	-
FT1a	577.841	7.370.458	577.830	7.370.368	Tilopozo	Tilopozo	Humedal herbazal	Si	Si	Si	Si	-
FT11	578.010	7.369.030	578.010	7.369.030	Tilopozo	Tilopozo	Matorral <i>Tessaria</i>	No	Si	Si	Si	-
FT2	580.379	7.369.871	580.379	7.369.871	Tilopozo	Tilopozo	Matorral <i>Tessaria</i>	No	Si	Si	Si	-
FT3a	575.689	7.371.561	575.626	7.370.684	Tilopozo	Tilopozo	Matorral <i>Ephedra</i>	No	Si	Si	Si	-
FT6	576.296	7.369.572	576.296	7.369.572	Tilopozo	Tilopozo	Matorral <i>Tessaria</i>	No	Si	Si	Si	-
FT7	576.027	7.369.223	576.027	7.369.223	Tilopozo	Tilopozo	Matorral <i>Ephedra</i>	No	Si	Si	Si	-
FT8a	580.508	7.371.630	580.492	7.371.669	Tilopozo	Tilopozo	Herbazal <i>Distichlis</i>	No	Si	Si	Si	-
FT12	-	-	579.466	7.369.580	Tilopozo	Tilopozo	Herbazal <i>Distichlis</i>	No	Si	Si	Si	X
FT9	585.499	7.370.694	585.499	7.370.694	Tilopozo	Tilopozo	Matorral <i>Tessaria</i>	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 1: 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)

Fuente: Elaboración Propia

Los puntos de muestreo se agruparon en tres sectores: a) La Punta y La Brava (con seis puntos); b) Peine, en las lagunas Salada, Saladita e Interna (con cinco puntos), además de 2 puntos en ambiente terrestre (siete puntos en total) y c) Tilopozo (12 puntos; Figura N° 6-1). 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 dos estaciones de muestreo ubicados en humedales dulceacuícolas (pozas) de Tilopozo (**Fotografía N° 6-1 y 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° 6-2. Localización de puntos de monitoreo del componente biótico fauna en el área de estudio, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 6-1. Ambientes del área de estudio. A) Humedal Salar (arriba; izquierda); B) Humedal Pajonal (arriba, derecha); C) Herbazal (abajo, izquierda); D) Matorral (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia

6.1.3 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.

6.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

6.1.4.1 Tipos de muestreo

El presente estudio consideró cuatro tipos de muestreo para relevar la fauna vertebrada terrestre de acuerdo a lo establecido en el Plan de Seguimiento de la RCA (Fotografía N° 6-2). 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 silvestre vertebrada. Estos muestreos complementarios corresponden a: trampeo de roedores y marsupiales, muestreo nocturno 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.

6.1.4.2 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 las 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 son específicos según la especie a detectar:

- Trampeo de roedores y marsupiales: Según la disponibilidad de refugios y rastros (huellas y fecas).
- Playback de aves: 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).

6.1.4.3 Muestreo de terreno

A fin de caracterizar el componente fauna, describir 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 en el 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.

Seguidamente, 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 los sectores de La Punta y La Brava, y Salada, Saladita e Interna), Humedal Pajonal (dos puntos, en Tilopozo), Área desprovista de vegetación (con un punto, en costra salina, sector Tilopozo), Herbazal (con dos puntos, sector Tilopozo), Matorral (con ocho puntos, seis en sector Tilopozo, y dos en sector Peine) y quebrada con vegetación (un punto, sector 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.

6.1.4.4 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).

6.1.4.4.1 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 play-back. 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 especie (inicialmente, se reprodujeron dos especies potenciales: *Pleurodema thaul* y *Rhinella spinulosa*).

6.1.4.4.2 Muestreo de Reptiles

Se estableció la composición, riqueza, abundancia relativa y frecuencia a través de transectos de largo de 200 metros por seis metros de ancho, en los cuales se registraron los individuos presentes en ambos lados de la línea de proyección. Los muestreos se realizaron en 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.

6.1.4.4.3 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 (m² de superficie), en los cuales se registraron los individuos presentes a ambos lados de la línea de proyección, o en estaciones 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 play-back (respuesta a grabaciones). La reproducción fue por 30 segundos con espera de respuesta por 30 a 60 segundos, de las cinco especies posibles (lechuza, tucúquere, pequén, chuncho y gallina ciega), y se efectuaron al menos tres repeticiones sucesivas.

6.1.4.4.4 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, en los cuales se registraron los individuos presentes en ambos lados de la línea de proyección para la detección de directa 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, edentados¹³ y a la familia chinchillidae del orden de los roedores como una categoría intermedia (mesomamíferos) y se consideraron como macromamíferos a los carnívoros, artiodáctilos (camélidos y venados) y perisodáctilos (equinos). En los transectos se incluyen registros de cuevas activas de roedores fosoriales (ej. *Ctenomys fulvus*).

¹³Si bien no han sido registrados dentro del área de estudio son parte del listado potencial (Iriarte, 2008).

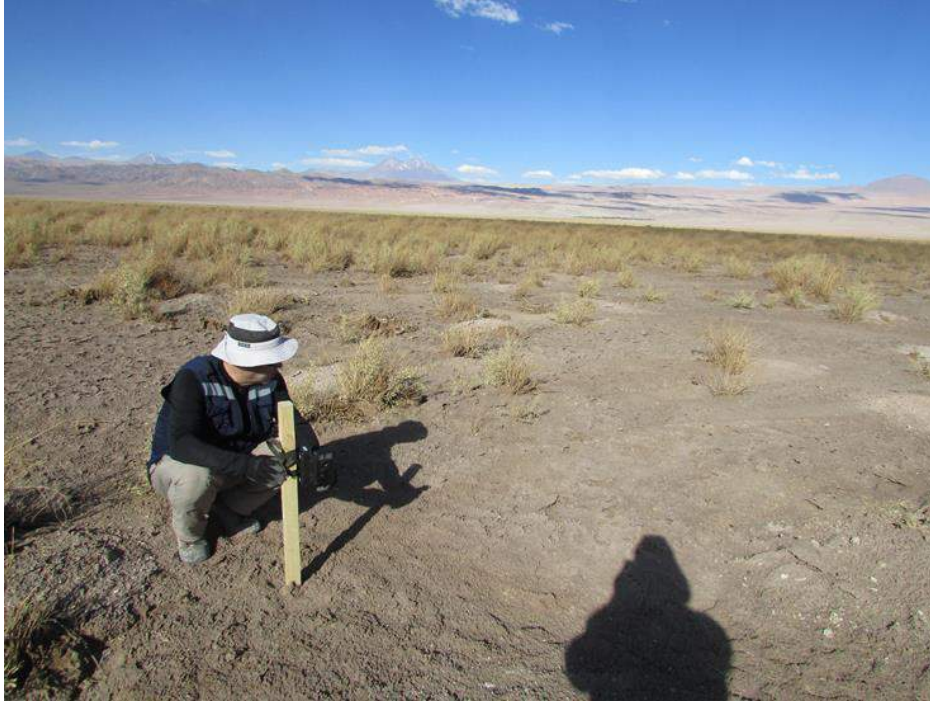
Como complemento para macromamíferos (y especialmente carnívoros), se utilizaron cámaras trampa, utilizando atractores olfativos. Las cámaras trampa se ubicaron en lugares estratégicos cercanos a las lagunas y en los distintos ambientes (Fotografía N° 6-2).

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° 6-3**). 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 corresponden a: marsupiales, quirópteros (murciélagos) y roedores (excepto familia Chinchillidae). Sin embargo, de este grupo, los 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° 309 del 17 de junio de 2016, que se adjunta en el **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**.

Fotografía N° 6-2. Instalación de cámara trampa con atrayente olfativo.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 6-3. Trampa tipo Sherman cebada y etiquetada.

Fuente: Elaboración Propia

6.1.4.5 Trabajo en gabinete post terreno**6.1.4.5.1 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.

6.1.4.5.2 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.

6.1.4.5.3 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:

$$\text{Riqueza de especies} = \sum_{i=1}^n sp_i$$

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.

6.1.4.5.4 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)¹⁴. Esta información fue extraída del listado de fauna potencial realizado previo al terreno y complementada, cuando fuese necesario, mediante la misma metodología.

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 de Medio Ambiente, el que incluye las siguientes categorías:

- **Nativas**: son aquellas 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,

¹⁴ 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).

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).

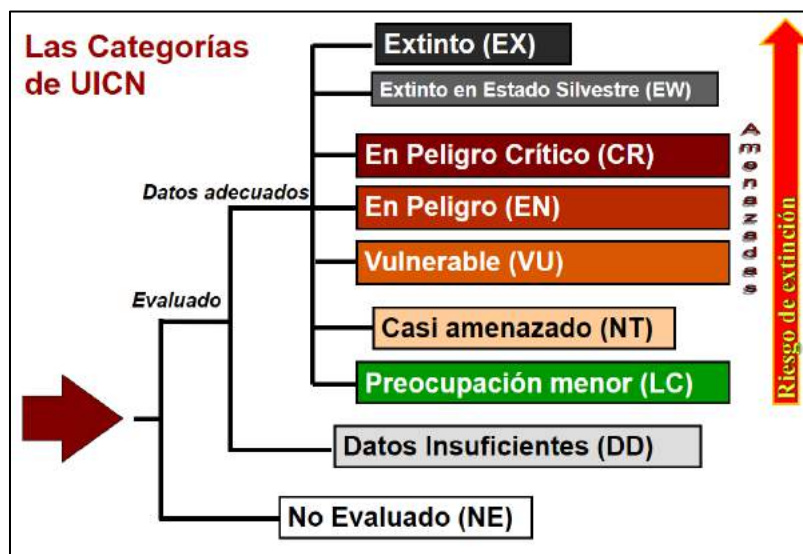
Las categorías de conservación de cada una de las especies, fueron determinadas según los criterios de clasificación definidos en el MINSEGPRES (2005) y sus decretos supremos asociados posteriores, donde se listan las especies clasificadas y su categoría de conservación. Estos corresponden a: D.S. N°151/2007, 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. N°19/2012, D.S. N°13/2013, D.S. N°52/2014, D.S. N° 38/2015 y D.S N°16/2016 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 (V), incluyéndose, además, las especies clasificadas Casi Amenazada (NT)¹⁵. El resto de las categorías, se consideran de menor riesgo de extinción o como “*sin amenaza*”.

En la Figura N° 6-3, 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.

¹⁵Para 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).

Figura N° 6-3. Categorías de conservación de la UICN.



Fuente: Modificado de UICN (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 (V, 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 y López-Callejas (1992); y Cofré y Marquet, (1999). Las categorías utilizadas en estos documentos fueron 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 y 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: densidades poblacionales reducidas (S), beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B) o benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (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 a la determinación de las especies consideradas como monumentos naturales de Chile, se sigue lo establecido en el D.S. N° 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) 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) 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 BSE¹⁶ (5%). Los rangos de valores para la categorización en base al índice de riesgo son: 76-100: máximo; 50-75: alto; 25-49: medio y 0-24: 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.

6.1.4.5.5 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 cociente 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 cociente 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 a un esfuerzo de muestreo (número de trampas-noche). En estos casos se calculó el Índice de Densidad Relativa (IDR), como:

$$IDR (\%) = (\text{Número de individuos capturados} / \text{Esfuerzo de muestreo}) * 100$$

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.

6.1.4.5.6 Frecuencia

La frecuencia (F) puede ser expresada de forma relativa como una razón o un porcentaje, se calcula como el cociente 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:

¹⁶ Criterios de protección de especies: B: especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: especie con densidades poblacionales reducidas; E: especie catalogada benéfica para el equilibrio de los ecosistemas naturales (SAG, 1998).

$$F = \frac{PM_{sp}}{PM_{total}}$$

En esta medida de abundancia 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.

6.1.4.5.7 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 a 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 dendrograma. 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.

6.1.5 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, play back), 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.

6.1.6 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 entre el 22 al 26 de agosto de 2016, mientras que el traspaso de los datos a digital, su orden en base de datos y su análisis se realizó entre el 28 de agosto al 8 de septiembre de 2016.

El muestreo y medición de cada parámetro se efectuó para el monitoreo de verano entre el 27 al 31 de marzo de 2017, mientras que el traspaso de los datos a digital, su orden en base de datos y su análisis se realizó entre el 03 de abril al 05 de mayo de 2017.

6.2 RESULTADOS

6.2.1 Resultados del muestreo campaña de invierno

6.2.1.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, y en esta primera campaña de monitoreo, se registraron 22 especies, con dos especies de reptiles, 15 especies de aves y cinco mamíferos (**Tabla 6-1**).

De las 22 especies de fauna detectadas, 10 se encuentran clasificadas en categoría de conservación, correspondientes a dos reptiles, cuatro aves y cuatro mamíferos. El Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue reemplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores) asigna a tres de estas especies alguna categoría de conservación; otras cinco especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); y las dos especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Cofré & Marquet (1999).

Del total de 10 especies en categoría de conservación, seis se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro (una especie) y Vulnerable (cinco especies). Por otra parte, cuatro especies se catalogan sin amenaza (precautorias; **Tabla 6-1**).

Por su parte, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 19 de las 22 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de densidades poblacionales reducidas, beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria 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 6-1**).

Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, ninguna de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural (**Tabla 6-1**).

De acuerdo a su origen geográfico, 21 especies de las 22 detectadas (95,4%) se clasifican como nativas (tres de ellas son especies endémicas de Chile) y una especie es introducida, *Equus asinus* (burro; **Tabla 6-1**).

Tabla 6-1. Lista Sistemática de especies de fauna registrados en la primera campaña de monitoreo (invierno 2016), en el Salar de Atacama, área de Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. Se indica además, la presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
REPTILIA											
SQUAMATA											
TROPIDURIDAE											
<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	R	¹ SE	-	E	N	B	44,35			X
<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	EN	² SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILES									1	1	1
AVES											
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15	X	X	
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco chileno	V	¹ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	V	³ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Flamenco de James o Parina chica	V	¹ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
<i>Circus cinereus</i>	Vari ceniciento	S/EC	BE	-	N	S	A	18,35			X
CHARADRIIFORMES											
RECURVIROSTRIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X	X	
CHARADRIIDAE											
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	S/EC	BS	-	N	N	A	10,85	X	X	
SCOLOPACIDAE											
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X		
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35		X	
LARIDAE											
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	V	¹ S	-	N	S	A	48,65	X	X	
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	S/EC	-	-	N	N	A	7,5			X
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
TYRANNIDAE											
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca rojiza	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
HIRUNDINIDAE											
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	S/EC	BE	-	N	N	A	10,85		X	
MOTACILLIDAE											
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		X
TOTAL RIQUEZA AVES									9	9	5
MAMMALIA											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<i>Abrothrix andina</i>	Ratón andino	NP ⁵	E	-	N	N	M	11,15			X
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Ratón orejudo amarillo	NP ⁵	S	-	N	N	M	11,15	X		X
CTENOMYIDAE											
<i>Ctenomys fulvus</i>	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	V ¹	S	-	E	N	B	73,65		X	X
CARNIVORA											
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ⁴	E	-	N	N	A	3,65		X	X
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-		X	X
TOTAL RIQUEZA MAMIFEROS									1	3	5

EC (estado de conservación): LC: preocupación menor; R: rara; EN: en peligro; NP: sin prioridad inmediata; V: vulnerable; S/EC.: Sin estado de conservación. **Referencias EC:** 1: D.S. N°5/1998 MINAGRI; 2: D.S. N°52/2014 MMA; 3: D.S. N°38/2015 MMA; 4: D.S. N°33/2011 MMA; 5: Cofré & Marquet 1999.

BSE: S: condición de densidades poblacionales reducidas; B: condición beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; E: condición beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas. 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.

EH (Especialista de hábitat): S: si; N: no

M (movilidad): B: baja; M: media; A: alta. **IR:** índice de riesgo. Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, dos especies son clasificadas con movilidad media, y por último 17 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla 6-1**).

En relación a las especies especialistas de hábitat, 10 especies se consideran especialistas, como la Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y nueve aves (de humedal; **Tabla 6-1**).

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), cuatro se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto, otras cuatro se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio, y por último 12 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo. Para la especie introducida (n = 1) no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla 6-1**).

Del análisis por sector, la riqueza es similar en todos ellos, aunque con diferente composición. En el sector La Punta y La Brava, la riqueza total es de 11 especies (con un reptil, nueve aves y un mamífero); en Peine, la riqueza total es de 13 especies (con un reptil, nueve aves y tres mamíferos), mientras que el sector Tilopozo presentó también once especies, pero distribuidas en un reptil, cinco aves y cinco mamíferos (**Tabla 6-1**).

Por otro lado, considerando las especies y su presencia en cada sector, ninguna especie se encuentra en los tres sectores, estando algunas restringidas a ambientes acuáticos (la mayoría de las aves acuáticas) y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (detalle en **Tabla 6-1**).

6.2.1.2 Análisis por clase

El análisis por cada clase de vertebrado es el siguiente:

6.2.1.2.1 Anfibios

En el caso de los anfibios, no se detectaron especies en los dos puntos de Tilopozo en que se realizó muestreo nocturno. Sin embargo, en el muestreo de playback se escuchó una vocalización que pudiera corresponder a alguna especie de anfibio (aunque no correspondió a ninguna de las dos especies de anfibios potenciales), pero por no tener la certeza del registro y por ser época de invierno, se espera ratificar la presencia e identificación de la especie en la próxima campaña de verano.

6.2.1.2.2 Reptiles

Del total de 22 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto, dos corresponden a reptiles (9,1%), ambas del Orden Squamata y de la familia Tropiduridae (**Tabla 6-1**).

Ambas especies de reptiles se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación. Una especie, la Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), se clasifica como En peligro, mientras que la Lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en la categoría Rara (**Tabla 6-1**; Fotografía N° 6-4).

Los dos reptiles registrados son endémicos de Chile, presentan baja movilidad, densidades poblacionales reducidas y se encuentran catalogadas como benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales, y una es especialista de hábitat: la Lagartija de Fabián, asociada a bordes de salares (**Tabla 6-1**). En cuanto al índice de riesgo de las especies de reptiles registradas, la Lagartija de Fabián presenta un IR máximo (83,35) mientras que la Lagartija de Constanza presenta un IR medio (44,35; **Tabla 6-1**).

En relación a su presencia en los sectores, es interesante mencionar que ambas especies parecen segregarse: mientras que la Lagartija de Fabián se encuentra en el borde de salares, la Lagartija de Constanza se ubica más bien en sectores terrestres de Tilopozo (**Tabla 6-1**).

Fotografía N° 6-4. Reptiles del área de estudio. Liolaemus constanzae (superior) y Liolaemus fabiani (inferior).



Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.2.3 Aves

Del total de 22 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto, 15 corresponden a aves (68,2%), las que se distribuyen en seis órdenes y 12 familias (**Tabla 6-1; Fotografía N° 6-5**)

Del total de aves registradas en el área de estudio, cuatro (26,7%) se encuentran en categoría de conservación, y corresponden a la Gaviota andina y las tres especies de flamencos, consideradas como especies Vulnerables (**Tabla 6-1**).

En relación a la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las 15 especies, 13 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que las dos restantes no tienen ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que nueve especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, siete especies presentan densidades poblacionales reducidas, y siete especies son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla 6-1**). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural.

En relación al origen, todas las especies son nativas, mientras que nueve especies se consideran especialistas de hábitat (de humedales). De las 15 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al riesgo que presentan las especies, tres especies presentan un índice de riesgo alto (los flamencos), otras tres un índice medio y todo el resto poseen bajo riesgo (**Tabla 6-1**).

Por otra parte, comparando los sectores, ambos sectores de salares (La Punta y La Brava, y Peine) son los de mayor riqueza, presentando nueve especies, seguido del sector Tilopozo, con sólo cinco especies (todas terrestres; **Tabla 6-1**).

Fotografía N° 6-5. Aves del área de estudio. Playero de Baird (arriba, izquierda), Parina grande (arriba, derecha), Pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y Gaviota andina (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.2.4 Mamíferos

Del total de 22 especies de fauna detectadas en el área de estudio, cinco corresponden a mamíferos (22,7%), las que se distribuyen en tres órdenes y cuatro familias (**Tabla 6-1; Fotografía N° 6-6, Fotografía N° 6-7**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, cuatro (80,0%) se encuentran en categoría de conservación, y corresponden al Tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), considerada como especie Vulnerable, el Zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), catalogado como de Preocupación Menor, y el Ratón Andino (*Abrothrix andinus*) junto con el Ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*), considerados sin prioridad (**Tabla 6-1**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las cinco especies, cuatro se encuentran en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que dos especies presentan densidades poblacionales reducidas y otras dos son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla 6-1**). Ninguna de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural.

En relación al origen, cuatro de las especies son nativas, una de ellas es endémica de Chile (El Tuco-tuco de Atacama), y otra es introducida (el Burro). Por otro lado, ninguna especie se considera especialista de hábitat. Dos especies presentan movilidad alta, otras dos movilidad media, y una movilidad baja (el Tuco-tuco de Atacama), y en cuanto al riesgo que presentan las especies, una especie presenta un índice de riesgo alto (el Tuco-tuco de Atacama), y otras tres un índice bajo (**Tabla 6-1**).

Por otra parte, comparando los sectores, ambos sectores con lagunas (Sector La Punta y La Brava, y Sector Peine), corresponden a los de menor riqueza, presentando sólo una especie a tres especies, mientras que el sector Tilopozo, presenta la mayor riqueza de mamíferos, con cinco especies (todas terrestres; **Tabla 6-1**).

Fotografía N° 6-6. Macromamíferos del área de estudio. Zorro culpeo, en cámara trampa (arriba), burro (abajo).



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 6-7. Micromamíferos del área de estudio. Tuco-tuco de Atacama (arriba), liberación de Lauchón orejado amarillo (abajo).



Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.3 Composición por ambiente

Para los reptiles, casi todos los ambientes presentan una especie: los ambientes terrestres de Tilopozo presentan sólo a la Lagartija de Constanza, y en el humedal salar sólo se encuentra la Lagartija de Fabián, mientras que en el área desprovista de vegetación y en el matorral de Peine no se registra ninguna especie (**Tabla 6-2**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra mayoritariamente en el humedal salar, con 11 especies (casi todas acuáticas), la que triplica la riqueza del humedal pajonal (con sólo tres especies), seguido por la quebrada con vegetación (con dos especies), mientras que en el herbazal y matorral se registra sólo una especie (**Tabla 6-2**). Por otra parte, y al igual que con los reptiles, no se registraron aves en el área desprovista de vegetación ni en el matorral de Peine.

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes terrestres, ya que las cinco especies se encuentran en el matorral de Tilopozo y el humedal pajonal, seguido por la quebrada con vegetación y el matorral de Peine (con tres especies) y el herbazal, con dos especies (**Tabla 6-2**). Por otra parte, los ambientes con menor riqueza de mamíferos son el humedal salar (con dos especies en total), y el área desprovista de vegetación (costra salina), sin especies (**Tabla 6-2**).

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal salar, con 14 especies en total (un reptil, 11 aves y dos mamíferos), lo que representa un 63,6% de toda la fauna registrada, seguido por el humedal pajonal, con nueve especies (un reptil, tres aves y cinco mamíferos), el matorral (con siete especies), la quebrada con vegetación (seis especies) y el herbazal (cuatro especies). El área desprovista de vegetación no presenta ninguna especie (**Tabla 6-2**).

En general, los ambientes de menor riqueza son en su mayoría, un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza, ya que, por una parte, también se encuentran en dichos estos últimos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas.

Tabla 6-2. Especies de fauna registrados por ambiente. Primera campaña de monitoreo (invierno 2016), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector. El listado de las especies sigue a la Tabla.

CLASE Nombre común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	Área desprovista de vegetación	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza					X	X	X	X
Lagartija de Fabián	X	X						
AVES								
Pato juarjual	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X	X						
Vari ceniciento						X	X	
Caití	X	X						
Chorlo de la puna	X	X						
Playero de Baird	X							
Pollito de mar tricolor		X						
Gaviota Andina	X	X						
Tórtola					X	X		
Tijeral común								X
Dormilona de nuca rojiza								X
Golondrina de dorso negro		X						
Bailarín chico común	X					X		
MAMMALIA								
Ratón andino						X	X	X
Ratón orejado amarillo	X				X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
Zorro culpeo		X	X		X	X	X	X
Burro			X			X	X	
TOTAL POR AMBIENTE	11	11	3	0	4	9	7	6

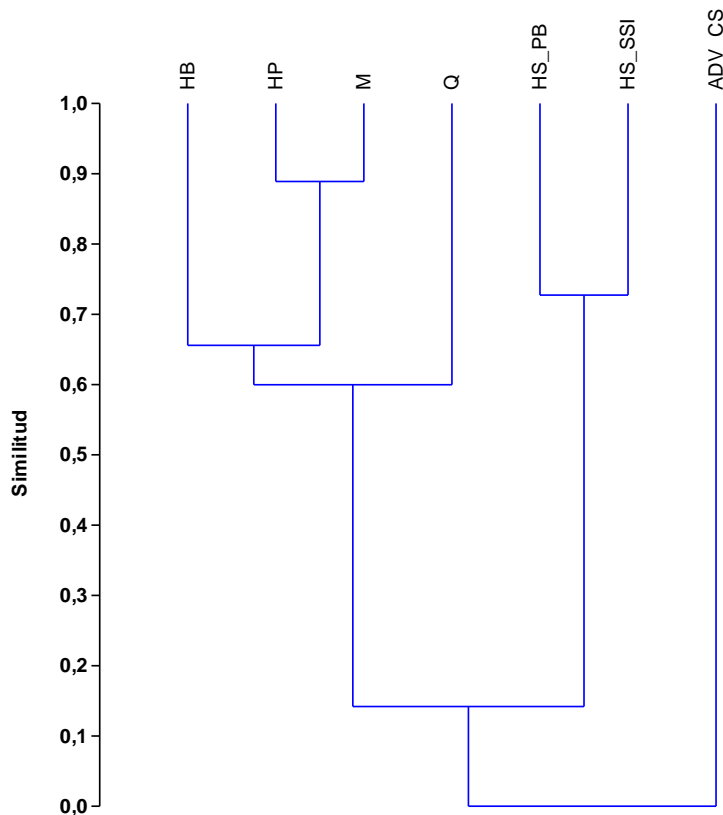
Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.4 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla 6-2**, se obtiene el fenograma de similitud de fauna (**Figura N° 6-4**).

Según la similitud, se forman tres agrupaciones: primero, el área desprovista de vegetación representa el control, ya que por no presentar especies, no tiene similitud con el resto; luego, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar, sobre un 72% de similitud (La Punta y La Brava por una parte, Salada, Saladita e Interna, por otra), y finalmente, un grupo de los cuatro ambientes terrestres, dentro de los cuales los más similares son el humedal pajonal con el matorral (a un 89% de similitud), a los que luego se asocia el herbazal (65%) y la quebrada (cerca de 60%; **Figura N° 6-4**).

Figura N° 6-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes.



Abreviaturas de ambientes: **HS_PB:** Humedal salar la Punta y la Brava; **HS_SSI:** Humedal salar Salada, Saladita e Interna; **ADV_CS:** área desprovista de vegetación (costra salina); **HB:** herbazal; **HP:** humedal pajonal; **M:** matorral; **Q:** quebrada.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.5 Abundancia y Frecuencia

En el caso de las dos especies de reptiles, la especie más abundante fue la Lagartija de Fabián, con nueve ejemplares avistados, lo que representa un 56,3% de abundancia relativa, mientras que la Lagartija de Constanza representa un 43,7%, con siete individuos (**Tabla 6-3**). En el caso de la frecuencia, el patrón se invierte, ya que la Lagartija de Constanza fue la más frecuente, registrada en cinco de los 25 puntos de muestreo, lo que representa un 20% de frecuencia relativa, mientras que la Lagartija de Fabián tuvo un 16% (**Tabla 6-3**).

En relación a las aves censadas, las especies más abundantes fueron la Parina grande, con 262 ejemplares (59,5% de abundancia relativa), el Flamenco chileno (65 individuos, lo que representa un 14,8%), la Parina chica (n = 39; 8,9%), el Chorlo de la puna (n = 20; 4,5%) y el Caití (n = 15; 3,4%), mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja, variando entre uno a siete ejemplares (Tabla 5-3). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el Chorlo de la puna (en ocho puntos, con un 32% de frecuencia), el Flamenco chileno (siete puntos; 28%), el Caití (seis puntos; 24%) y la Parina grande (cinco puntos, 20%), mientras que el resto de las especies son poco frecuentes, variando entre uno a tres puntos (4% a 12% de frecuencia; **Tabla 6-3**). Cabe destacar que se observó conducta de cortejo grupal (baile nupcial) en las especies de flamencos, pero aún no se observó actividad reproductiva propiamente tal.

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue el Burro, con ocho ejemplares, además de 5 puntos con registros indirectos, lo que representa un 24% de frecuencia, seguido por el Zorro culpeo, con seis individuos en seis puntos (la mayoría en trampas cámara) y registros indirectos en otros tres puntos, por lo que su frecuencia es de 36% (**Tabla 6-3**). En el caso del Tuco-tuco de Atacama, fue registrado mayoritariamente por evidencia indirecta (cuevas activas) en siete puntos, con una frecuencia de 28% (**Tabla 6-3**).

Tabla 6-3. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Primera campaña de monitoreo (invierno 2016), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. El listado de las especies sigue a la Tabla 6-1.

CLASE Nombre común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	7	43,7	5/25	20,0
Lagartija de Fabián	9	56,3	4/25	16,0
TOTAL REPTILES	16	100	-	-
AVES				
Pato juarjual	7	1,6	3/25	12,0
Flamenco chileno	65	14,8	7/25	28,0
Flamenco andino o Parina grande	262	59,5	5/25	20,0
Flamenco de James o Parina chica	39	8,9	3/25	12,0
Vari ceniciento	2	0,5	2/25	8,0
Caití	15	3,4	6/25	24,0
Chorlo de la puna	20	4,5	8/25	32,0
Playero de Baird	5	1,1	2/25	8,0
Pollito de mar tricolor	4	0,9	2/25	8,0
Gaviota Andina	6	1,4	3/25	12,0
Tórtola	6	1,4	2/25	8,0
Tijeral común	1	0,2	1/25	4,0
Dormilona de nuca rojiza	1	0,2	1/25	4,0
Golondrina de dorso negro	3	0,7	2/25	8,0
Bailarín chico común	4	0,9	2/25	8,0
TOTAL AVES	440	100	-	-
MAMMALIA				
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	7X	-	7/25	28,0
Zorro culpeo	6 + 3X	-	9/25	36,0
Burro	8 +5X	-	6/25	24,0

La X indica presencia indirecta.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.6 Abundancia por ambiente (Densidad)

En cuanto a la abundancia relativa por ambiente (y estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentan la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal, con 2,0 individuos/transecto (con dos puntos de muestreo en Tilopozo), seguido por la quebrada con vegetación, con 1,0 individuos/transecto (aunque con un solo punto de muestreo), y el humedal salar, con 0,8 individuos/transecto (en 11 puntos de muestreo), mientras que los ambientes con menor abundancia relativa fueron el herbazal, con 0,5 ind/transecto (en dos puntos), el matorral (con 0,1 ind/transecto, en ocho puntos) y el área desprovista de vegetación, sin ejemplares (en un punto, detalles en **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

En el caso de las aves, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, con 38,9 individuos/transecto, valor mucho mayor al siguiente ambiente, el humedal pajonal, con 3,0 ind/transecto, seguido de la quebrada con vegetación (2,0 ind/transecto), mientras que el resto de los ambientes poseen una abundancia muy baja, variando desde 1,5 ind/transecto (en herbazal), hasta 0,1 ind/transecto (en matorral), en tanto que el área desprovista de vegetación no registró ningún ejemplar (**Anexo Fauna de 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 trampeados, de las dos especies registradas, el Ratón orejudo amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en cuatro de los seis ambientes, y con un IDR variando entre 1,7% (en humedal pajonal) a 11,7% (en quebrada) en los ambientes en que se encontró (dos a siete ejemplares), mientras que el Ratón andino fue registrado en tres ambientes, variando entre un IDR = 0,8% (en matorral) a un 3,3% (en quebrada; **Tabla 6-4**). En herbazal y área desprovista de vegetación no hubo capturas.

Tabla 6-4. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trapeados. Primera campaña de monitoreo (invierno 2016), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta.

Nombre común	ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)											
	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	0/60	0	0/60	0	0/120	1,7	2/120	0,8	1/120	3,3	2/60
Ratón orejudo amarillo	3,3	2/60	0	0/60	0	0/120	1,7	2/120	1,7	2/120	11,7	7/60

Donde: IDR = (N° Individuos / trampa-noche)*100; N / TR = N° Individuos totales trapeados / N° 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

6.2.2 Resultados del muestreo campaña de verano

6.2.2.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, y en esta segunda campaña de monitoreo, se registraron 27 especies, con dos especies de reptiles, 19 especies de aves y seis mamíferos (**Tabla 6-5**).

De las 27 especies de fauna detectadas, 12 se encuentran clasificadas en categoría de conservación, correspondientes a dos reptiles, cinco aves y cinco mamíferos. 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) asigna a cuatro de estas especies alguna categoría de conservación; otras seis especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); y las dos especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Cofré & Marquet (1999).

Del total de 12 especies en categoría de conservación, ocho se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro (dos especies) y Vulnerable (seis especies). Por otra parte, cuatro especies se catalogan sin amenaza (precautorias; **Tabla 6-5**).

Por su parte, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 24 de las 27 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de densidades poblacionales reducidas, beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria 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 6-5**).

Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, ninguna de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural (**Tabla 6-5**).

De acuerdo a su origen geográfico, 26 especies de las 27 detectadas (96,3%) se clasifican como nativas (tres de ellas son especies endémicas de Chile) y una especie es introducida, *Equus asinus* (burro; **Tabla 6-5**).

Tabla 6-5. Lista Sistemática de especies de fauna registrados en la segunda campaña de monitoreo (verano 2017), en el Salar de Atacama, área de Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. Se indica además, la presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
REPTILIA											
SQUAMATA											
TROPIDURIDAE											
<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	R	¹ SE	-	E	N	B	44,35			X
<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	EN	² SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILES									1	1	1
AVES											
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15	X	X	
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco chileno	V	¹ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	V	³ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Flamenco de James o Parina chica	V	¹ SE	-	N	S	A	65,35		X	
CHARADRIIFORMES											
RECURVIROSTRIDAE											
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X	X	
CHARADRIIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	S/EC	BS	-	N	N	A	10,85	X	X	
SCOLOPACIDAE											
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35	X	X	
LARIDAE											
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	V	¹ S	-	N	S	A	48,65	X		
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	S/EC	-	-	N	N	A	7,5			X
FALCONIFORMES											
FALCONIDAE											
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	V	¹ BSE	-	N	N	A	37			X
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Geositta maritima</i>	Minero chico	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
TYRANNIDAE											
<i>Agriornis montanus</i>	Mero gaucho	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Lessonia oreas</i>	Colegial del norte	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
MOTACILLIDAE											
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		X
PELECANIFORMES											
ARDEIDAE											
<i>Ardea alba</i>	Garza grande	S/EC	B	-	N	S	A	16,65	X		
TOTAL RIQUEZA AVES									11	8	8
MAMMALIA											
ARTIODACTYLA											
CAMELIDAE											
<i>Lama guanicoe</i>	Guanaco	EN ⁴	S	-	N	N	A	56,65			X
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<i>Abrothrix andina</i>	Ratón andino	NP ⁵	E	-	N	N	M	11,15		X	X
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Ratón orejudo amarillo	NP ⁵	S	-	N	N	M	11,15		X	X
CTENOMYIDAE											
<i>Ctenomys fulvus</i>	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	V ¹	S	-	E	N	B	73,65		X	X
CARNIVORA											
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ⁴	E	-	N	N	A	3,65			X
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-			X
TOTAL RIQUEZA MAMIFEROS									0	3	6

EC (estado de conservación): LC: preocupación menor; R: rara; EN: en peligro; NP: sin prioridad inmediata; V: vulnerable; S/EC.: Sin estado de conservación. **Referencias EC:** 1: D.S. N°5/1998 MINAGRI; 2: D.S. N°52/2014 MMA; 3: D.S. N°38/2015 MMA; 4: D.S. N°33/2011 MMA; 5: Cofré & Marquet 1999.

BSE: S: condición de densidades poblacionales reducidas; **B:** condición beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; **E:** condición beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas. 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.

EH (Especialista de hábitat):S: si; N: no

M (movilidad):B: baja; M: media; A: alta

IR: índice de riesgo

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, dos especies son clasificadas con movilidad media, y por último 22 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla 6-5**).

En relación a las especies especialistas de hábitat, 10 especies se consideran especialistas, como la Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y nueve aves (de humedal; **Tabla 6-5**).

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), cinco se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto, otras cinco se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio, y por último 15 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo. Para la especie introducida (n = 1) no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla 6-5**).

Del análisis por sector, la riqueza es mayor en Tilopozo, con 15 especies (un reptil, ocho aves y seis mamíferos), seguido por La Punta y La Brava, con 12 especies (un reptil y 11 aves), mientras que Peine (presenta 12 especies (un reptil, ocho aves y tres mamíferos; **Tabla 6-5**).

Por otro lado, considerando las especies y su presencia en cada sector, ninguna especie se encuentra en todos, estando algunas restringidas a ambientes acuáticos (la mayoría de las aves acuáticas) y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (como los mamíferos, detalle en **Tabla 6-5**).

6.2.2.2 Análisis por clase

El análisis por cada clase de vertebrado es el siguiente:

6.2.2.2.1 Anfibios

En el caso de los anfibios, no se detectaron especies en los dos puntos de Tilopozo en que se realizó muestreo nocturno, a pesar que el muestreo se realizó en verano (con condiciones climáticas más apropiadas). Sin embargo, hay un registro posterior de posible avistamiento de renacuajos, no en las pozas, sino que, en los canales con vegetación acuática, de modo que se espera ratificar la presencia e identificación de alguna especie potencial en las próximas campañas.

6.2.2.2.2 Reptiles

Del total de 27 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto, dos corresponden a reptiles (7,4%), ambas del Orden Squamata y de la familia Tropicuridae (**Tabla 6-5**).

Ambas especies de reptiles se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación. Una especie, la Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), se clasifica como En peligro, mientras que la Lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en la categoría Rara (**Tabla 6-5**).

Los dos reptiles registrados son endémicos de Chile, presentan baja movilidad, densidades poblacionales reducidas y se encuentran catalogadas como benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales, y una es especialista de hábitat: la Lagartija de Fabián, asociada a bordes de salares (**Tabla 6-5**). En cuanto al índice de riesgo de las especies de reptiles registradas, la Lagartija de Fabián presenta un IR máximo (83,35) mientras que la Lagartija de Constanza presenta un IR medio (44,35; **Tabla 6-5**).

En relación a su presencia en los sectores, es interesante mencionar que ambas especies parecen segregarse: mientras que la Lagartija de Fabián se encuentra en el borde de salares, la Lagartija de Constanza se ubica más bien en sectores terrestres de Tilopozo (**Tabla 6-5**).

6.2.2.2.3 Aves

Del total de 27 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto, 19 corresponden a aves (70,4%), las que se distribuyen en siete órdenes y 12 familias (**Tabla 6-5; Fotografía N° 6-8**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, cinco (26,3%) se encuentran en categoría de conservación, y corresponden a la Gaviota andina, el Halcón peregrino y las tres especies de flamencos, consideradas como especies Vulnerables (**Tabla 6-5**).

En relación a la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las 19 especies, 17 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que las dos restantes no tienen ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que 13 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, ocho especies presentan densidades poblacionales reducidas, y ocho especies son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla 6-5**). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural.

En relación al origen, todas las especies son nativas, mientras que nueve especies se consideran especialistas de hábitat (de humedales). De las 19 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al riesgo que presentan las especies, tres especies presentan un índice de riesgo alto (los flamencos), otras cinco un índice medio y todo el resto poseen bajo riesgo (**Tabla 6-5**).

Por otra parte, comparando los sectores, el de La Punta y La Brava presenta la mayor riqueza, con 11 especies (todas acuáticas), seguida por Peine (Salada, Saladita e interna), con ocho especies (también acuáticas), al igual que el sector Tilopozo (casi todas terrestres; **Tabla 6-5**).

Fotografía N° 6-8. Aves del área de estudio. Garza grande (arriba, izquierda), Parina grande (arriba, derecha), Pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y Flamenco chileno (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.2.4 Mamíferos

Del total de 27 especies de fauna detectadas en el área de estudio, seis corresponden a mamíferos (22,2%), las que se distribuyen en tres órdenes y cinco familias (**Tabla 6-5; Fotografía N° 6-9**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, cinco (83,3%) se encuentran en categoría de conservación, y corresponden al Guanaco (*Lama guanicoe*), catalogado como especie En Peligro, el Tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), considerada como especie Vulnerable, el Zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), catalogado como de Preocupación Menor, y el Ratón Andino (*Abrothrix andinus*) junto con el Ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*), considerados sin prioridad (**Tabla 6-5**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las seis especies, cinco se encuentran en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que tres especies presentan densidades poblacionales reducidas y otras dos son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla 6-5**). Ninguna de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural.

En relación al origen, cinco de las especies son nativas (una de ellas es endémica de Chile, El Tuco-tuco de Atacama), y otra es introducida (el Burro). Por otro lado, ninguna especie se considera especialista de hábitat. Tres especies presentan movilidad alta, otras dos movilidad media, y una movilidad baja (el Tuco-tuco de Atacama), y en cuanto al riesgo que presentan las especies, dos especies presentan un índice de riesgo alto (el Tuco-tuco de Atacama y el Guanaco), y otras tres un índice bajo (**Tabla 6-5**).

Por otra parte, comparando los sectores, ambos sectores con lagunas (La Punta y La Brava, y Peine), corresponden a los de menor riqueza, variando entre ninguna (La Punta y La Brava) a tres especies (Peine, en ambiente de matorral), mientras que el sector Tilopozo, presenta la mayor riqueza de mamíferos, con seis especies (**Tabla 6-5**).

Fotografía N° 6-9. Mamíferos del área de estudio. Chululo o Tuco tuco de Atacama (arriba), y Burros (abajo).



Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.3 Composición por ambiente

Para los reptiles, algunos de los ambientes terrestres de Tilopozo presentan sólo a la Lagartija de Constanza, y en el humedal salar sólo se encuentra la Lagartija de Fabián, mientras que en el área desprovista de vegetación, el matorral de Peine, el herbazal y la quebrada no se registra ninguna especie (**Tabla 6-6**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra mayoritariamente en el humedal salar (agrupando la Punta y la Brava con Salada, Saladita e Interna), con 12 especies (casi todas acuáticas), la que triplica la riqueza del humedal pajonal (con sólo cuatro especies), seguido por la quebrada con vegetación (con tres especies), mientras que en el matorral de Tilopozo se registra sólo una especie (**Tabla 6-6**). Por otra parte, no se registraron aves en el herbazal, en el matorral de Peine y en el área desprovista de vegetación.

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes terrestres, ya que cuatro especies se encuentran en el matorral de Tilopozo, seis en el humedal pajonal, seguido por el herbazal y el matorral de Peine (con tres especies) y la quebrada con vegetación, con dos especies (**Tabla 6-6**). Por otra parte, los ambientes con menor riqueza de mamíferos son el humedal salar y el área desprovista de vegetación (costra salina), sin especies (**Tabla 6-6**).

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal salar, con 13 especies en total (un reptil y 12 aves), lo que representa un 48,1% de toda la fauna registrada, seguido por el humedal pajonal, con 11 especies (un reptil, cuatro aves y seis mamíferos), el matorral de Tilopozo (con seis especies), la quebrada con vegetación (cinco especies) y el herbazal y matorral de Peine (tres especies). El área desprovista de vegetación no presenta ninguna especie (**Tabla 6-6**).

En general, los ambientes de menor riqueza son en su mayoría, un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza, ya que, por una parte, también se encuentran en dichos estos últimos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas.

Tabla 6-6. Especies de fauna registrados por ambiente. Segunda campaña de monitoreo (verano 2017), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector. El listado de las especies sigue a la Tabla 6-5.

CLASE Nombre común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	Área desprovista de vegetación	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza						X	X	
Lagartija de Fabián	X	X						
AVES								
Pato juarjual	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica		X						
Caití	X	X						
Chorlo de la puna	X	X						
Playero de Baird	X	X						
Pollito de mar tricolor	X	X						
Gaviota Andina	X							
Tórtola						X		
Halcón peregrino*								
Tijeral común								X
Minero común							X	
Minero chico								X
Mero gaucho						X	X	
Dormilona chica						X		
Colegial del norte	X							
Bailarín chico común	X					X		
Garza grande	X							
MAMMALIA								
Guanaco						X	X	
Ratón andino			X		X	X		

CLASE Nombre común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	Área desprovista de vegetación	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
Ratón orejudo amarillo			X		X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
Zorro culpeo					X	X		X
Burro						X	X	
TOTAL POR AMBIENTE	12	9	3	-	3	11	6	5

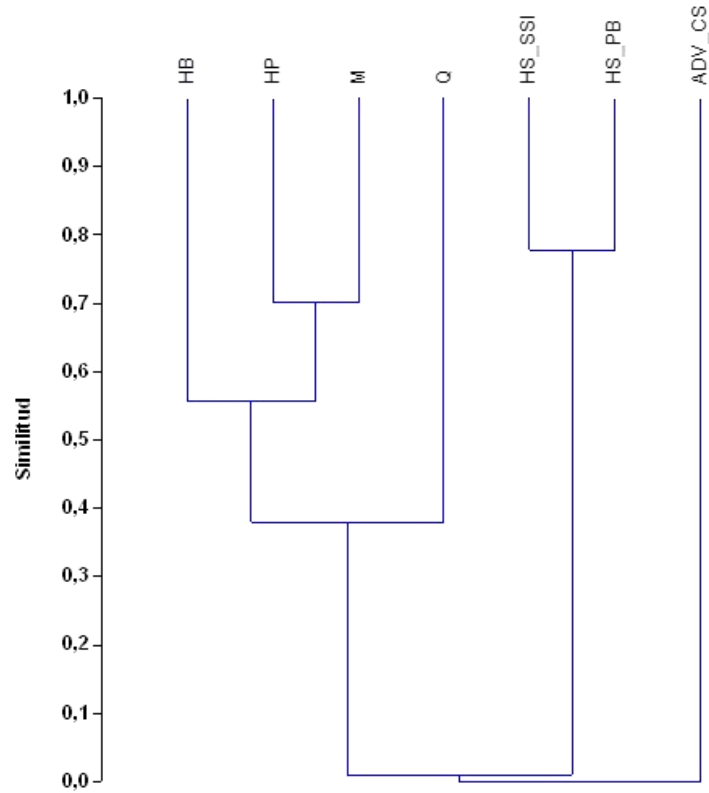
Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.4 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla 6-6**, se obtiene el fenograma de similitud de fauna (**Figura N° 6-5**).

Según la similitud, se forman tres agrupaciones: primero, el área desprovista de vegetación representa el control, ya que por no presentar especies, no tiene similitud con el resto; luego, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar, sobre un 78% de similitud (La Punta y La Brava por una parte, Salada, Saladita e Interna, por otra), y finalmente, un grupo de los cuatro ambientes terrestres, dentro de los cuales los más similares son el humedal pajonal con el matorral (cerca de un 70% de similitud), a los que luego se asocia el herbazal (56%) y la quebrada (cerca de 38%; **Figura N° 6-5**).

Figura N° 6-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes.



Abreviaturas de ambientes: **HS_PB:** Humedal salar la Punta y la Brava; **HS_SSI:** Humedal salar Salada, Saladita e Interna; **ADV_CS:** área desprovista de vegetación (costra salina); **HB:** herbazal; **HP:** humedal pajonal; **M:** matorral; **Q:** quebrada.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.5 *Abundancia y Frecuencia*

En el caso de las dos especies de reptiles, la especie más abundante fue la Lagartija de Fabián, con 11 ejemplares avistados, lo que representa un 52,4% de abundancia relativa, mientras que la Lagartija de Constanza representa un 47,6%, con 10 individuos (**Tabla 6-7**). En el caso de la frecuencia, el patrón se acentúa, ya que la Lagartija de Fabián fue la más frecuente, registrada en siete de los 25 puntos de muestreo, lo que representa un 28% de frecuencia relativa, mientras que la Lagartija de Constanza tuvo un 12% (**Tabla 6-7**).

En relación a las aves censadas, las especies más abundantes fueron la Parina grande, con 92 ejemplares (31,5% de abundancia relativa), el Flamenco chileno (46 individuos, lo que representa un 15,7%), el Pollito de mar tricolor (n = 44; 15,1%), el Chorlo de la puna (n = 26; 8,9%), el Playero de Baird (n = 23; 7,9%), el Caití (n = 14; 4,8%), el Minero chico (n = 12; 4,1%) y la Parina chica (n = 11; 3,8%), mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja, variando entre uno a cinco ejemplares (Tabla 2-8). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el Chorlo de la puna (en 10 puntos, con un 40% de frecuencia), el Playero de Baird (nueve puntos; 36%), el Flamenco chileno (ocho puntos; 32%), el Pollito de mar tricolor (siete puntos; 28%) y la Parina grande (seis puntos, 24%), mientras que el resto de las especies son poco frecuentes, variando entre uno a cuatro puntos (4% a 16% de frecuencia; **Tabla 6-7**). Cabe destacar que no se observó ninguna conducta reproductiva en las especies de flamencos.

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue el Burro, con ocho ejemplares, además de 5 puntos con registros indirectos, lo que representa un 24% de frecuencia, seguido por el Tuco-tuco de Atacama, el que fue registrado mayoritariamente por evidencia indirecta (cuevas activas) en seis puntos, además de cuatro ejemplares observados en otro punto, por lo que tiene una frecuencia de 28%, mientras que del Zorro culpeo se observaron tres individuos en tres puntos (todos en trampas cámara), por lo que su frecuencia es de 12% (**Tabla 6-7**).

Tabla 6-7. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Segunda campaña de monitoreo (verano 2017), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. El listado de las especies sigue a la Tabla 6-5.

CLASE Nombre común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	10	47,6	3/25	12,0
Lagartija de Fabián	11	52,4	7/25	28,0
TOTAL REPTILES	21	100,0	-	-
AVES				
Pato juarjual	4	1,37	3/25	12,0
Flamenco andino o Parina grande	92	31,51	6/25	24,0
Flamenco chileno	46	15,75	8/25	32,0
Flamenco de James o Parina chica	11	3,77	2/25	8,0
Vari ceniciento	-	-	-	-
Caití	14	4,79	4/25	16,0
Chorlo de la puna	26	8,90	10/25	40,0
Playero de Baird	23	7,88	9/25	36,0
Pollito de mar tricolor	44	15,07	7/25	28,0
Gaviota Andina	3	1,03	2/25	8,0
Tórtola	1	0,34	1/25	4,0
Halcón peregrino	2	0,68	1/25	4,0
Tijeral común	2	0,68	1/25	4,0
Minero chico	12	4,11	1/25	4,0
Minero común	1	0,34	1/25	4,0
Mero gaucho	2	0,68	2/25	8,0
Dormilona de nuca rojiza	-	-	-	-
Dormilona chica	1	0,34	1/25	4,0
Colegial del norte	2	0,68	2/25	8,0
Golondrina de dorso negro	-	-	-	-
Bailarín chico común	5	1,71	2/25	8,0
Garza grande	1	0,34	1/25	4,0
TOTAL AVES	292	100,0	-	-
MAMMALIA				
Guanaco	2X	-	2/25	8,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	4+6X	-	7/25	28,0
Zorro culpeo	3	-	3/25	12,0
Burro	8+5X	-	6/25	24,0

La X indica presencia indirecta.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.6 Abundancia por ambiente (Densidad)

En cuanto a la abundancia relativa por ambiente (y estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentan la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal, con 4,0 individuos/transecto (con dos puntos de muestreo en Tilopozo), seguido por el humedal salar, con 1,0 individuos/transecto (en 11 puntos de muestreo) y el matorral, con 0,25 individuos/transecto (en ocho puntos de muestreo), mientras que los ambientes con menor abundancia relativa fueron el herbazal, con 0,0 ind/transecto (en dos puntos), junto con el área desprovista de vegetación y la quebrada (en un punto, detalles en **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

En el caso de las aves, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, con 24,5 individuos/transecto (en 11 puntos), seguido por la quebrada con vegetación, con 15,0 ind/transecto (aunque con un solo punto), valores mucho mayores al siguiente ambiente, el humedal pajonal, con 2,0 ind/transecto, seguido del matorral (0,1 ind/transecto), en tanto que el área desprovista de vegetación y el herbazal no registraron ningún ejemplar (**Anexo Fauna de 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 trampeados, de las dos especies registradas, el Ratón orejudo amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en cuatro de los seis ambientes, y con un IDR variando entre 3,3% (en humedal pajonal y en herbazal) a 9,2% (en matorral) en los ambientes en que se encontró (cuatro a 11 ejemplares), mientras que el Ratón andino fue registrado en tres ambientes, variando entre un IDR = 0,8% (en matorral y humedal pajonal) a un 1,7% (en herbazal; **Tabla 6-8**). En humedal salar y área desprovista de vegetación no hubo capturas.

Tabla 6-8. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Segunda campaña de monitoreo (verano 2017), Rockwood Lithium, Región de Antofagasta.

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	0/60	0	0/60	1,7	2/120	0,8	1/120	0,8	1/120	0	0/60
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	0	0/60	3,3	4/120	3,3	4/120	9,2	11/120	6,7	4/60

Donde: **IDR** = (N° Individuos / trampa-noche) *100; **N / TR** = N° Individuos totales trampeados / N° 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

7 TAPETES MICROBIANOS

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos a partir del primer monitoreo semestral de invierno 2016 y monitoreo campaña de verano 2017, 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.

Es importante señalar que, los monitoreos de invierno 2016 y verano 2017, éste último posterior a la estación de lluvias estivales, corresponden a las primeras campañas de monitoreo anual del subcomponente tapetes microbianos, y a su vez a los primeros registros que se tendrán de ellos. 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 sub componente y que son objeto de seguimiento, corresponden a 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 para los días **24, 25 y 26 de agosto de 2016 y 28, 29 y 30 de marzo de 2017**, fechas entre las que se llevó a cabo las campañas en terreno de los monitoreos de invierno 2016 y verano 2017 de esta variable respectivamente. Es importante señalar que el compromiso de seguimiento del PMB, señala que la campaña de verano debe realizarse después de las primeras lluvias (invierno altiplánico), razón por la cual ésta debió postergarse unas semanas durante marzo 2017, debido a frente meteorológico acontecido en marzo que impidió el acceso al Salar.

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 Salada, Saladita, Interna, La Punta, La Brava y Tilopozo, a través de la caracterización de la estructura del tapete microbiano respecto a la pigmentación de las capas de microorganismos, con una frecuencia de monitoreo semestral.

7.1 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1.1 Descripción del Área de Estudio

El área de monitoreo para tapetes microbianos corresponde al sector sur del Salar de Atacama, y considera 2 sistemas lagunares a monitorear:

- 1) Peine, conformada por laguna Salada, Saladita e Interna.
- 2) La Punta y La Brava

Adicionalmente, y de forma voluntaria y complementaria a la evaluación en estos sistemas, se consideró la inspección y registro en el Sistema de Tilopozo (3).

Las condiciones ambientales extremas que caracterizan estos sistemas lagunares, como por ejemplo, alta radiación solar, extremas fluctuaciones de temperatura, elevados cambios de salinidad, contribuyen al desarrollo de ecosistemas microbianos extremos, particularmente, tapetes microbianos (Rothschild y Mancinelly, 2001; Dupraz y Visscher, 2005). El estudio de estos ecosistemas bentónicos en el área de estudio es escaso en comparación a investigaciones realizadas en otros sistemas lagunares del Salar de Atacama. En este contexto, recientemente se ha detectado en la Laguna La Brava el desarrollo de discretas comunidades microbianas extremófilas tales como tapetes microbianos y microbialitos (Farías *et al.*, 2014). Según el estudio, los tapetes analizados exhiben una morfología de tipo “culebra” y se disponen sumergidos a pocos centímetros del agua. Los grupos taxonómicos predominantes pertenecen al phylum *Proteobacteria* (*Rhodospirillales* y *Syntrophobacterales*) (Farias *et al.*, 2014). En general, los tapetes microbianos y microbialitos de sistemas hipersalinos se caracterizan por la predominancia del phylum *Bacteroidetes* (Ley *et al.* 2006; Green *et al.*, 2008; Baumgarther *et al.*, 2009; Visscher *et al.*, 2010). Análogamente, el grupo *Bacteroidete* fue dominante en muestras de agua y sedimento de lagos hipersalinos de altura en los Andes (Demergasso *et al.*, 2004, 2008, 2010; Dorador *et al.*, 2007).

En lagunas del Salar de Atacama, como Tebenquiche y Chaxa, se ha detectado la presencia extensiva de tapetes microbianos coloreados rojo-púrpura en la superficie del sedimento (Thiel *et al.*, 2010). Estos tapetes presentan una distribución de agregación

dada las condiciones variables del sistema (Demergasso *et al.*, 2008). Los sedimentos húmedos del borde lagunar podrían, particularmente, corresponder al hábitat preferido de estas comunidades fotótrofas.

Las investigaciones de la microbiología del Salar de Atacama están relacionadas principalmente con temas de diversidad microbiana (Dorador *et al.*, 2009) o resistencia a arsénico (Lara *et al.*, 2012) y existen escasos estudios sobre la distribución, tipología y estructura de comunidades de tapetes microbianos (Albarracín *et al.*, 2015). Al respecto, Demergasso *et al.* (2003) describieron tapetes microbianos en el Salar de Lllamará, desierto de Atacama, ellos distinguieron tres tipos diferentes donde los microorganismos predominantes variaban de acuerdo con la capa del tapete; es decir, las capas fototróficas oxigénicas estaban formadas por diatomeas, cianobacterias unicelulares (*Cyanothece* y *Synechococcus* spp.) y cianobacterias filamentosas (*Microcoleus* sp. y *Oscillatoria* sp.), mientras que las capas fotótrofas anoxigénicas estaban constituidas por *Chromatium* y *Thiocapsa* spp. También en el Salar de Lllamará, un estudio reciente realizado por Rasuk *et al.* (2014) describen un caso especial de tapetes microbianos litificados como biohermas con forma de domos de yeso. Los domos parcialmente sumergidos en el agua, presentan una diversidad microbiana dependiente de la temporada (invierno / verano). Su diversidad se compone principalmente de proteobacterias (*Alphaproteobacteria* y *Gammaproteobacteria*), *Bacteroidetes* y *Verrucomicrobia*.

7.1.2 Ubicación de Puntos Muestreo

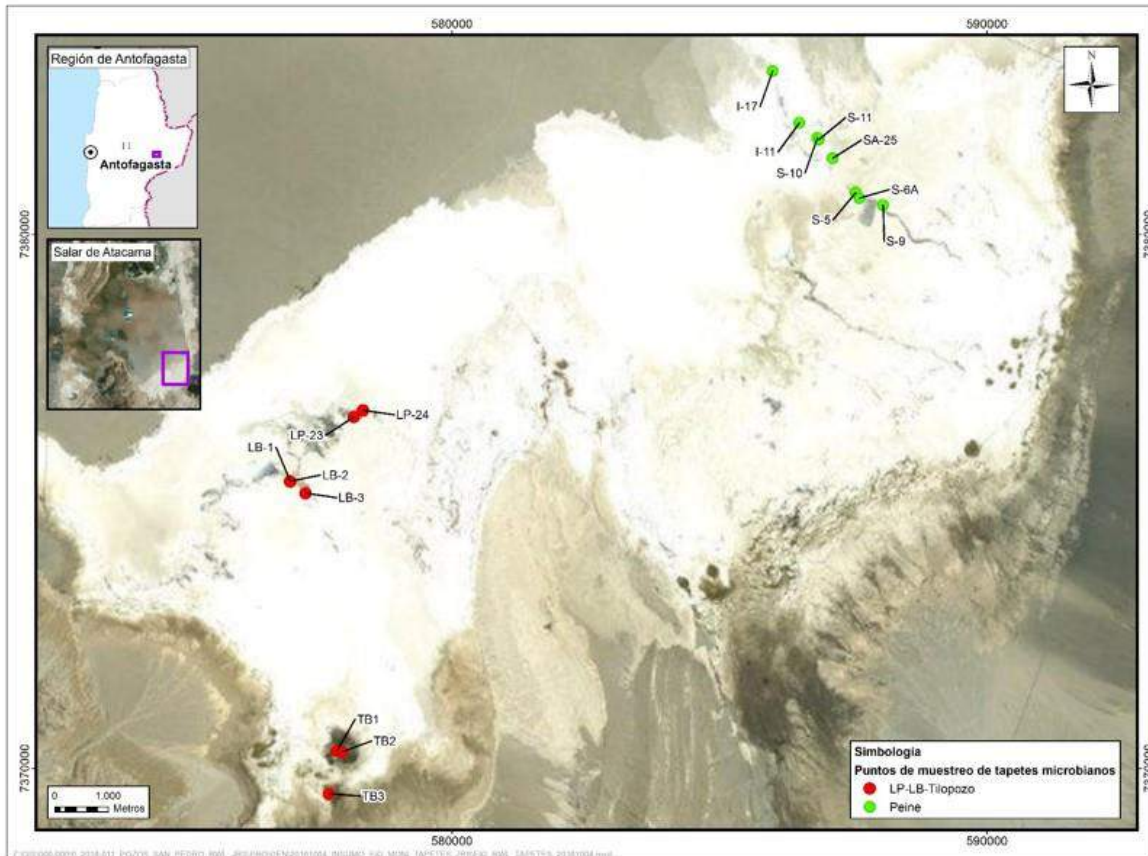
Se seleccionaron 16 puntos de muestreo, 6 más que los mínimos definidos en la RCA del proyecto. En base al examen visual de localización de tapetes microbianos y con el fin de levantar información sobre esta materia, se determinaron los puntos adicionales de monitoreo a lo señalado por el Plan de Manejo 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, contrario a los puntos S-5 y S-10 respectivamente y el punto LB-3, en tanto, se incorporó con el objetivo de aumentar la calidad de monitoreo del componente microbiano. Los puntos I-17 y LB-2 de Peine y sector La Punta-La Brava, respectivamente, fueron relocalizadas para lograr una mejor accesibilidad para localizar los sitios de interés y aumentar la calidad de monitoreo.

Para el sistema de Tilopozo se incorporan también voluntariamente por parte del proyecto tres puntos de muestreo, identificados como **TB1**, **TB2** y **TB3**, con el objetivo de detectar o descartar presencia de tapetes microbianos en los tres cuerpos de agua registrados en

el sector Tilopozo, y en el caso de registrar presencia, evaluarla e incorporar esta información al análisis.

La **Figura N° 7-1** presenta la localización actual de los puntos de muestreo y la **Tabla N° 7-1** identifica las referencias de esta ubicación.

Figura N° 7-1. Localización de los puntos de muestreo en el área de estudio del Proyecto



Fuente: Cedrem Consultores.

Tabla N° 7-1. Puntos de medición y control fijo para Tapetes Microbianos en el área de estudio, Salar de Atacama.

Sector	Punto de Monitoreo Fijo	Coordenadas Originales UTM WGS 84 Huso 19		Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19	
		Norte	Este	Norte	Este
Sector Peine	S-5	7.380.789	587.547	7.380.789	587.547
	S-6A*	7.380.684	587.618	7.380.684	587.618
	S-9	7.380.551	588.061	7.380.551	588.061
	SA-25	7.381.430	587.117	7.381.430	587.117
	S-10	7.381.812	586.833	7.381.812	586.833
	S-11*	7.381.778	586.859	7.381.778	586.859
	I-11	7.382.095	586.494	7.382.095	586.494
	I-17**	7.382.940	586.058	7.383.061	585.995
Sector La Punta y La Brava	LP-23	7.376.584	578.169	7.376.584	578.169
	LP-24	7.376.709	578.347	7.376.709	578.347
	LB-1	7.375.376	576.985	7.375.376	576.985
	LB-2**	7.375.494	576.782	7.375.378	576.978
	LB-3	7.375.157	577.270	7.375.157	577.270
Sector Tilopozo	TB1*	7.370.329	577.852	7.370.329	577.852
	TB2*	7.370.316	577.952	7.370.316	577.952
	TB3*	7.369.526	577.705	7.369.526	577.705

*: estaciones nuevas – voluntarias

**: estaciones relocalizadas

7.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Los parámetros utilizados para identificar el estado y evolución de las variables ambientales corresponden a:

- la caracterización del perfil pigmentario laminar de los tapetes microbianos,
- determinación de la presencia de Microbialitos y Evaporitas, y su seguimiento en el tiempo.

Al respecto, la comunidad que conforma el tapete microbiano se conceptualiza como los microorganismos que forman capas cohesivas en la superficie de sustratos sólidos en la interface agua-sedimento y ocasionalmente sedimento-aire (Guerrero et al., 1992, 2002).

7.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

Se observa la presencia de microbialito, evaporita y tapete microbiano. Luego, se recolectan las muestras de tapetes microbianos, las que se colectan a través de testigos de PVC de 5 cm de diámetro y 20 cm de largo para muestras de sedimento (Demergasso *et al.*, 2003) y con una espátula estéril en secciones aproximadamente de 10 cm x 10 cm para el caso de tapetes superficiales expuestos (Castell, 2010). La manipulación de las muestras se realiza utilizando guantes de nitrilo estériles y guantes de goma.

Para cada punto de monitoreo se toman muestras en triplicado. Posteriormente se realiza *in situ* el conteo y caracterización pigmentaria de las laminaciones estratificadas que presenta cada tapete. Complementariamente se determina el espesor total de cada tapete a través de una regla milimetrada de precisión y se toman fotos con referencia métrica de los tapetes más representativos. Los datos obtenidos se registran en una ficha tipo de monitoreo de cada laguna (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Aguas**).

Adicionalmente, se obtienen datos de los parámetros físico-químicos de turbidez, temperatura, pH, oxígeno y conductividad de la columna de agua de cada laguna. Estos análisis fueron realizados por la ETFA ANAM (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Aguas**). El parámetro radiación solar se determina a partir de los registros diarios de la estación meteorológica de Rockwood Lithium, el cual fue incorporado como una variable necesaria de registrar.

Respecto al análisis y procesamiento de los datos, se utilizan estadísticos descriptivos como el promedio y la mediana. De acuerdo a esto se elabora una descripción gráfica de la coloración laminar de las muestras examinadas.

Para efectos de caracterización de la estructura pigmentaria de los tapetes y análisis de los resultados se establecieron criterios de identificación de zonas macroscópicas pigmentadas de acuerdo a la estructura laminar distintiva de tapetes microbianos. La clasificación de macro-zonas se elabora según zonación teórica propuesta por Riding y Awramik (2000) y Konhauser (2007):

- Macro-zona sub-superficial, representada por la capa más superficial del tapete hasta la presencia de una capa de coloración verde.
- Macro-zona intermedia, comprendida desde la subcapa que sigue a la capa verde hasta una subcapa de pigmentación rosada-púrpura.
- Macro-zona profunda, configurada por el conjunto de subcapas posteriores a la capa púrpura-rosada.

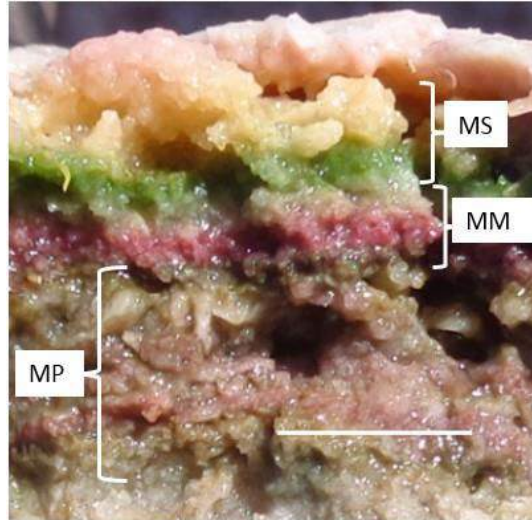
Cabe destacar que cada zona macroscópica está formada a su vez por un número variable de laminaciones. La clasificación de macro-zonas se esquematiza en la **Figura N° 7-2** y en la **Fotografía N° 7-1** como ejemplo de un tapete.

Figura N° 7-2. Zonación macroscópica utilizada para la caracterización de pigmentación laminar de tapetes microbianos en el área de estudio, elaborada de acuerdo a la zonación teórica de un tapete microbiano según las descripciones en Riding y Awramik (2000) y Konhauser (2007).



Fuente: (Tomado de Rodríguez-Aranda y Sanz-Montero, 2015).

Fotografía N° 7-1. Tapete microbiano del sitio S-9 que muestra laminaciones pigmentadas observadas, en planicies del margen externo de Laguna Salada. Se indican las macro-zonas presentes: sub-superficial (MS), intermedia (MM), profunda (MP) (marca de escala=10 mm).



Fuente: Elaboración propia

7.1.5 Materiales y Equipos Utilizados

Los materiales utilizados son los siguientes: equipo GPS Garmin Etrex Legend HCx, cámara digital compacta Sony Cybershot 16.1, testigos de PVC de 5 cm de diámetro y 20 cm de largo, espátulas de metal, regla milimetrada de precisión, guantes de nitrilo estériles y guantes de goma.

7.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

El muestreo se llevó a cabo los días:

- Campaña de invierno: 24, 25 y 26 de agosto 2016;
- Campaña de verano: 28, 29 y 30 de marzo de 2017.

La caracterización de las capas pigmentadas de los tapetes microbianos se realizó *in situ* y se registró en la Ficha tipo para cada Sistema lagunar (**Ver Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Aguas**). El análisis de los datos se desarrolló en gabinete luego de finalizar el monitoreo.

7.2 RESULTADOS

7.2.1 Resultados Campaña Invierno 2016

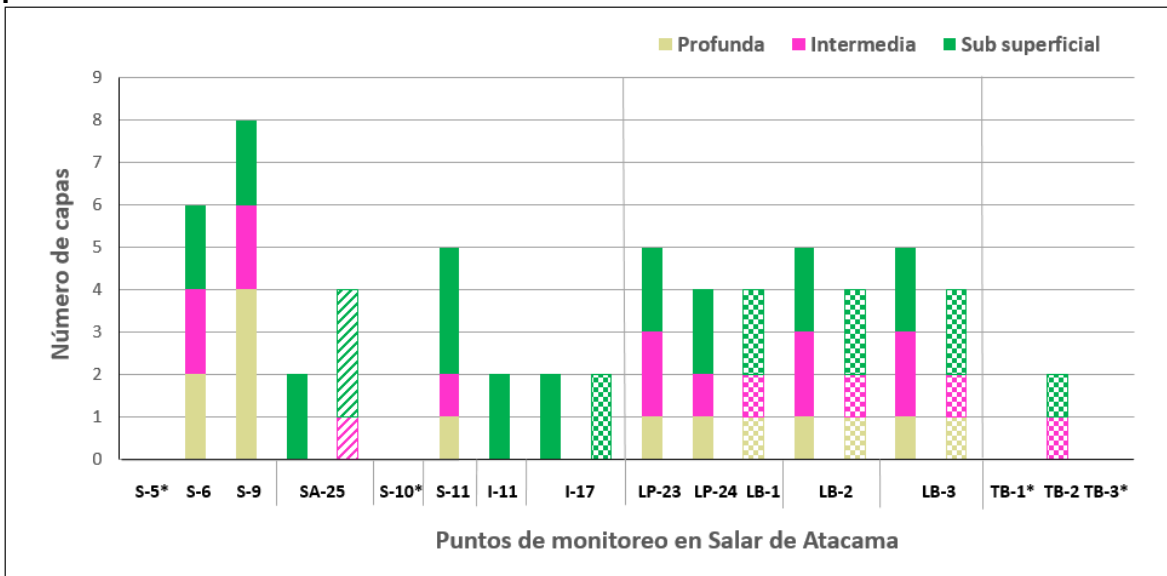
Se analizaron *in situ* muestras de 16 puntos de monitoreo distribuidos en el sistema Peine y sistema La Punta-La Brava y Tilopozo. Conforme a esto se detectó la presencia de tapetes microbianos en 12 puntos de monitoreo (75%). Por otro lado, a través de la identificación visual desde el borde lagunar, se registró la presencia de microbialitos en 4 puntos de monitoreo (I-11, LP-23, LP-24, LB-1) y ausencia de evaporitas (**Tabla N° 7-15**).

Respecto a la zonación macroscópica, descrita anteriormente, se determinaron 3 tipos de tapetes presentes en el área de estudio: el primer tipo se caracterizó por presentar las tres macro-zonas pigmentarias, corresponde también al tapete de mayor frecuencia (66%), respecto a los 12 puntos de muestreo que exhibieron presencia de esta comunidad. En general, este tipo de tapete fue predominante en el Sistema Peine, La Punta y La Brava. El segundo tipo se distingue por la presencia de dos macro-zonas: sub-superficial y media. El tercer tipo de tapete, en tanto, presentó solamente una macro-zona sub-superficial.

En la **Figura N° 7-3**, se observa el registro de los tapetes microbianos en cada punto de monitoreo y la estructura de capas pigmentadas, es decir, el número promedio de capas en macrozonas: Sub-superficial, Intermedia y Profunda. Las estaciones que indican asterisco (*) no registraron presencia de tapetes. La mayoría de los tapetes microbianos

se observaron en planicies expuestas del borde lagunar (Barra con relleno sólido), sin embargo, en algunas estaciones se registraron también tapetes sumergidos parcialmente o totalmente bajo el agua (Barra con trama de cuadrados) y tapetes de base vegetal (Barra con trama de líneas). Las barras divisorias indican las estaciones por sector, de izquierda a derecha, Sistema Peine, Sector La Punta-La Brava, y Sector Tilopozo.

Figura N° 7-3. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos según identificación de macro-zonas pigmentadas, los datos graficados corresponden a valores promedio.



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

En relación a la cantidad de capas estratificadas, el sector que presentó mayor número correspondió a Peine, específicamente Laguna Salada (S-9) (**Figura N° 7-3**). Por el contrario, los sectores que exhibieron una estratificación sencilla con menor número de capas fueron Tilopozo (TB-2), Sector Peine, Laguna Saladita (tapete superficial SA-25) y Laguna Interna (tapete superficial I-17).

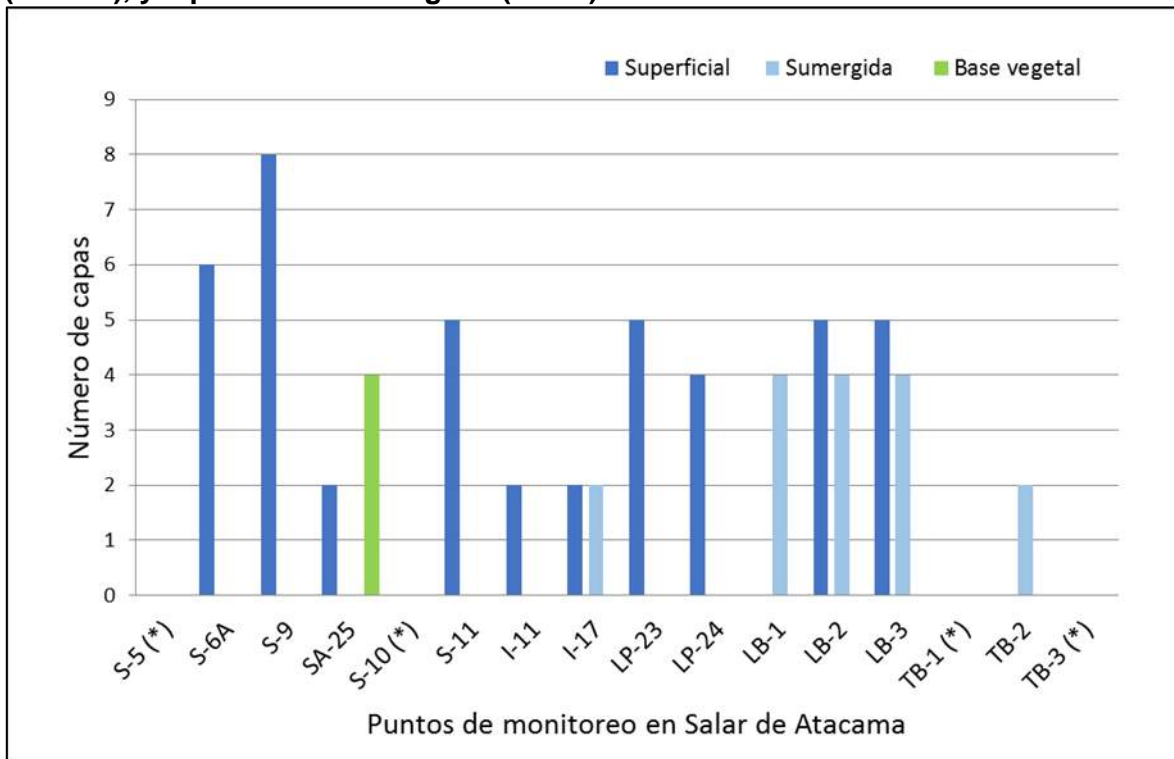
Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de las tres zonas y consistencia en la macro-estructura morfológica se detectaron también en el Sector de Peine, específicamente en Laguna Salada (S-6A, S-9) y Laguna Saladita (S-11), y en Sector La Punta-La Brava, en Laguna La Brava (LB-1).

Contrariamente, los tapetes más deteriorados en cuanto a consistencia estructural se detectaron en Tilopozo (TB-2), del mismo modo, aquellos que exhibieron apariencia principalmente deshidratada se identificaron en el Sector Peine, Laguna Saladita (tapete superficial SA-25) y Laguna Interna (tapete superficial I-17).

En la **Figura N° 7-4** se observa el número de capas pigmentadas en tapetes microbianos registrados. Las estaciones que indican asterisco no registraron presencia de tapetes. En el área de estudio se detectaron principalmente tapetes en planicies expuestas del margen superficial de la laguna (Barra color azul), al mismo tiempo en algunas estaciones se identificaron tapetes sumergidos parcialmente o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde).

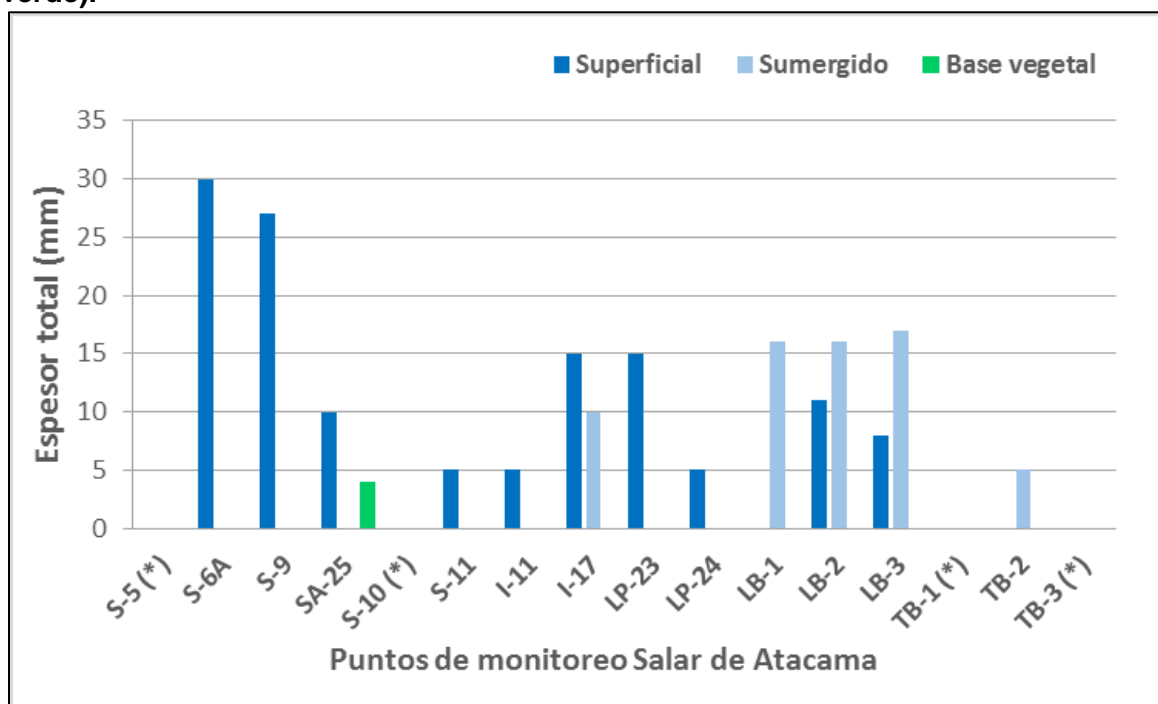
Referente a la dimensión del espesor de tapete, los de mayor espesor se encontraron en el Sistema Peine (10 a 30 mm) y los de menor espesor en el Sector Tilopozo (3 a 6 mm). La **Figura N° 7-5** muestra los valores de espesor de tapetes sumergidos en planicies expuestas del borde superficial lagunar (Barra color azul), también de tapetes sumergidos parcialmente o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde).

Figura N° 7-4. Distribución del número de capas de tapetes microbianos presentes en los puntos de monitoreo, los datos corresponden a valores promedio. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste), y tapetes de base vegetal (verde).



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

Figura N° 7-5. Espesor de tapetes microbianos analizados en el área de estudio. Los valores corresponden al valor máximo de espesor obtenido por punto de monitoreo. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (Barra color azul), sumergidos (Barra color celeste) y de base vegetal (Barra color verde).



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

A continuación, se presenta el detalle para cada punto de monitoreo en los tres sistemas evaluados, Peine (Salada, Saladita e Interna), La Punta - La Brava y Tilopozo (vegas).

7.2.1.1 Sector Peine, Laguna Salada

7.2.1.1.1 Punto de Monitoreo S-5

Este sector se caracteriza por presentar un borde lagunar quebradizo, irregular y con escasa extensión de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-2**). En esta área no se observó desarrollo de tapetes microbianos, tanto en el borde superficial externo como en el borde interno de la laguna, la **Fotografía N° 7-3** muestra la ausencia de tapetes en el borde interno de la laguna a una profundidad variable de 18 a 25 cm.

Fotografía N° 7-2. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-3. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada. Se observa ausencia de tapetes microbianos (marca de escala = 10mm).



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.2 Punto de Monitoreo S-6A

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde de la Laguna Salada, alterada por evidentes huellas humanas (**Fotografía N° 7-4**). A su vez, no se detectó el desarrollo de tapetes en muestras de sedimentos según se observa en la Fotografía N° 7-6. Los tapetes observados presentaron un espesor que fluctuó entre 10 y 30 mm. Exhibieron estratificación de tres macro-zonas, continuidad de las capas y

consistencia estructural (**Fotografía N° 7-5**). La **Fotografía N° 7-2**, indica la descripción de las capas observadas, distribución vertical y pigmentación, para cada muestra.

En las macro-zonas se observan variaciones de pigmentación. En la macro-zona sub-superficial existe alternancia de pigmentación, amarillo o naranjado, predominando la coloración amarilla, la laminación verde en tanto es similar en la muestra 1 y 2, pero varía en intensidades de coloración en la muestra 3. En la macro-zona intermedia se observó variación en el número de capas. Al respecto, en las muestras 1 y 2 se distingue una capa blanca, ausente en la muestra 3. Respecto a la capa rosada, presentó transición de intensidades de coloración, específicamente en la muestra 1, y fue apenas perceptible en la muestra 3, con espesor muy fino, intenso y no continuo. En la macro-zona profunda, la pigmentación es variable, se observó coloración naranja-café, verde opaco, gris, amarillo pálido o bien rosado-gris. La muestra 3 destaca respecto a esta macro-zona, ya que las capas exhiben mayor espesor y en discretas zonas superiores existe mezcla entre capas. En general, los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura medianamente granulosa, hidratada, de aspecto brillante y cristalino.

Fotografía N° 7-4. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, se observan evidentes huellas humanas en el borde lagunar.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-5. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-6. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-2. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas de tapetes microbianos, Punto S-6A, Laguna Salada.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación
Sub-superficial	Amarillo	Amarillo	Naranja
	Verde	Verde	Verde claro Verde oscuro
Intermedia	Blanco	Rosado	Púrpura
	Rosado Púrpura	Blanco	
Profunda	Naranjado-café	Verde opaco	Naranjado-café
			Verde-opaco
	Gris	Naranjado claro	Naranja-claro Rosado-gris
Total capas	6	6	8

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.3 Punto de Monitoreo S-9

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde de la laguna, que contrariamente al punto S-6A presenta una superficie no alterada por huellas humanas (**Fotografía N° 7-7**). Los tapetes analizados presentaron un espesor variable de 18 a 27 mm. Al igual que el punto S-6A es característico la estratificación de las tres macro-zonas, continuidad de las capas y consistencia estructural. La **Tabla N° 7-3** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación de los tapetes reconocidos. En las macro-zonas se observan variaciones de pigmentación. En el estrato sub-superficial, capa 1, existe alternancia de dos variedades de coloración, amarilla o naranjada. En el estrato intermedio, por otro lado, se puede observar además de la capa rosada una capa blanca común en las tres muestras, pero que distingue especialmente en la muestra 3, ya que presenta un espesor muy grueso (~30% del espesor del tapete) respecto a las demás muestras (**Fotografía N° 7-8**). En la zona profunda la pigmentación es variable entre las muestras, siendo común la capa verde-opaca y café-morado.

Los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura similar a los tapetes del punto S-6A, medianamente fina, uniforme, hidratada, de aspecto brillante y cristalino.

Fotografía N° 7-7. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-8. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = 7 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-3. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación
Sub-superficial	Amarillo	Naranjado	Amarillo
	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Blanco	Blanco	Blanco
	Rosado	Rosado	Rosado
		Púrpura	
Profunda	Verde opaco	Verde oscuro	Verde opaco
	Blanco	Verde opaco	Café claro
	Café-morado	Café claro	Verde opaco
	Verde opaco	Café-morado	Café-morado
	Blanco		
Total Capas	9	9	8

Fuente: Elaboración propia

En general, es importante destacar las características, especialmente, de intensidad y variación de pigmentación, estratificación continua y consistente de los tapetes microbianos observados particularmente en este sistema lagunar, Peine.

Cabe destacar que en algunas muestras de este sector de Peine (S-6A, S-9) se observó la estratificación de tapetes anteriores de mayor profundidad, los cuales no fueron considerados en el análisis debido a que probablemente pueden corresponder a tapetes sin actividad metabólica.

7.2.1.2 Sector Peine, Laguna Saladita

7.2.1.2.1 Punto de Monitoreo SA-25

Este sitio se distingue por presentar una superficie plana, borde oscuro con presencia de formaciones esferoidales y vegetación acuática (**Fotografía N° 7-9**). Las muestras obtenidas provienen del borde superficial costero de la Laguna. El borde interno de la laguna no presentó desarrollo de tapetes microbianos según se observa en la **Fotografía N° 7-10**.

Las muestras superficiales analizadas presentaron 2 capas pigmentadas, naranjada y verde respectivamente, de aspecto deshidratado, espesor variable de 8 a 10 mm,

continuas, de cohesión variable, textura medianamente fina, con escaso brillo y de consistencia quebradiza (**Fotografía N° 7-11**). La **Tabla N° 7-4** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación.

En la zona superficial más próxima al borde de la laguna, se observaron formaciones esferoidales (**Fotografía N° 7-12**) en las cuales se reconocieron tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-13**). Éstos se caracterizaron por presentar un espesor variable de 6 y 7 mm, 2 macro-zonas de estratificación, y estructurarse particularmente sobre una base vegetal.

La caracterización de estos tapetes se describe en la **Tabla N° 7-5**. El estrato sub-superficial presenta una capa verde amarillo que gradualmente cambia a una coloración verde más intensa. En la capa siguiente la pigmentación rosada se presenta discontinua y variable en la intensidad. En la zona inferior del tapete se observan algunas raíces entremezcladas. Estos tapetes de base vegetal, por otro lado, exhiben una textura granular, brillante e hidratada.

Fotografía N° 7-9. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita.



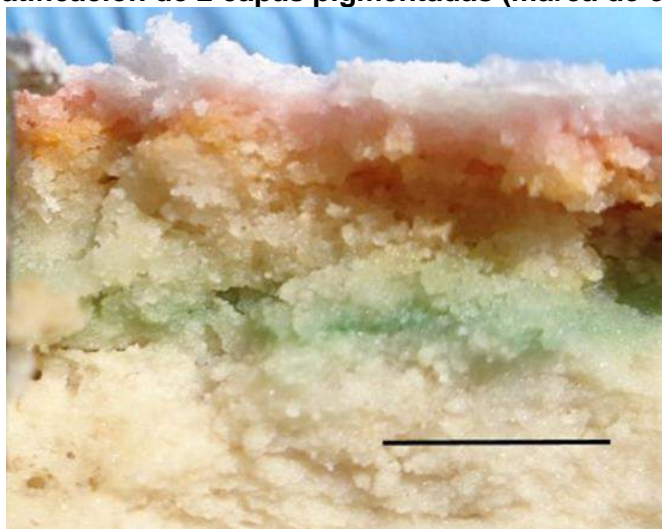
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-10. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-11. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25. Se observa la estratificación de 2 capas pigmentadas (marca de escala = 7 mm).



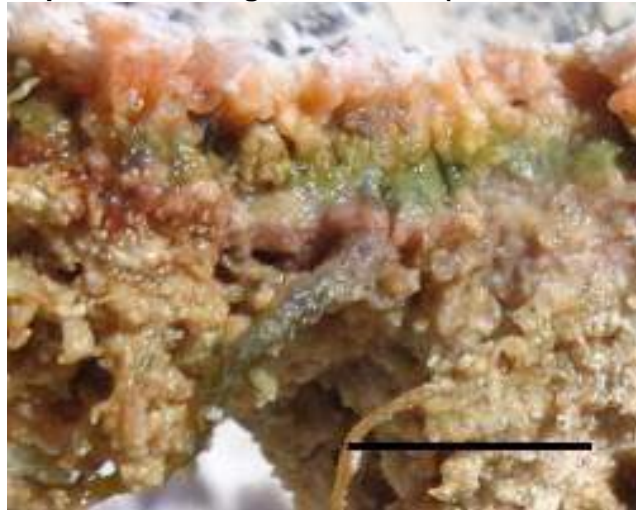
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-12. Formaciones esféricas de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-13. Tapete microbiano de base vegetal presente en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-4. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos superficiales, y principales coloraciones distribuidos en el Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja
	Verde
Total capas	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-5. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal en el Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja
	Verde-amarillo
	Verde
Intermedia	Rosado
Total capas	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.2 Punto de Monitoreo S-10

El área se caracteriza por presentar una costra salina elevada de gran espesor y una vegetación acuática extendida en el borde lagunar. En este punto (**Fotografía N° 7-14**) no se detectó el desarrollo de tapetes microbianos tanto en el borde interno como externo de la laguna (**Fotografía N° 7-15**).

Fotografía N° 7-14. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-15. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.3 Punto de Monitoreo S-11

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta ubicada dentro de la Laguna Saladita (isla), que exhibe una coloración blanca con bordes rosados (**Fotografía N° 7-16**). Los tapetes analizados presentaron un espesor aproximado de 5 mm. Es característica la consistencia estructural de los tapetes, aunque existe una estratificación de las tres macro-zonas y continuidad de las capas (**Fotografía N° 7-17**), en algunos sectores del tapete no es continua la disposición de las láminas, observándose zonas de mezcla (**Fotografía N° 7-18**). La **Tabla N° 7-6** indica la descripción general de los tapetes estratificados, distribución vertical y pigmentación. Respecto a la textura de tapete, presenta una particular superficie de tipo “cuero”, compacta, estable, brillante y homogénea.

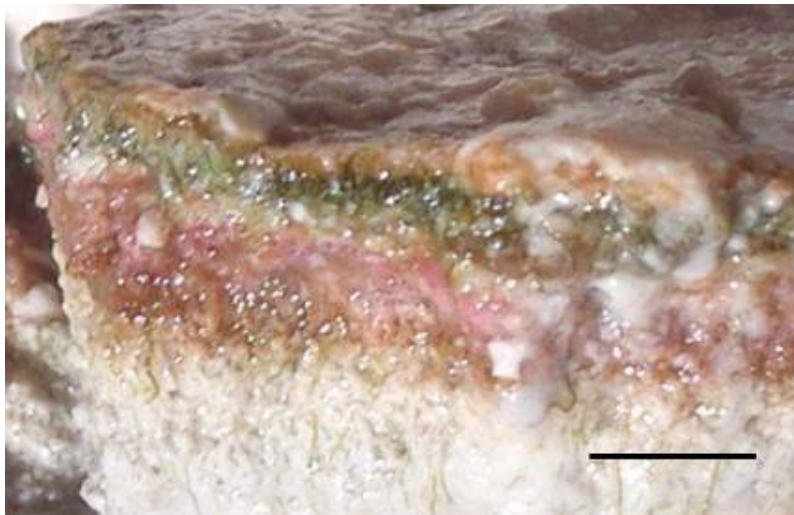
Los tapetes detectados en Laguna Saladita, de distribución superficial, se caracterizan por presentar escasa laminación y morfología homogénea de pigmentación. Solamente la estación S-11 constituye un sector que presenta tapetes mejor estructurados con láminas de pigmentación intensa y variable.

Fotografía N° 7-16. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.



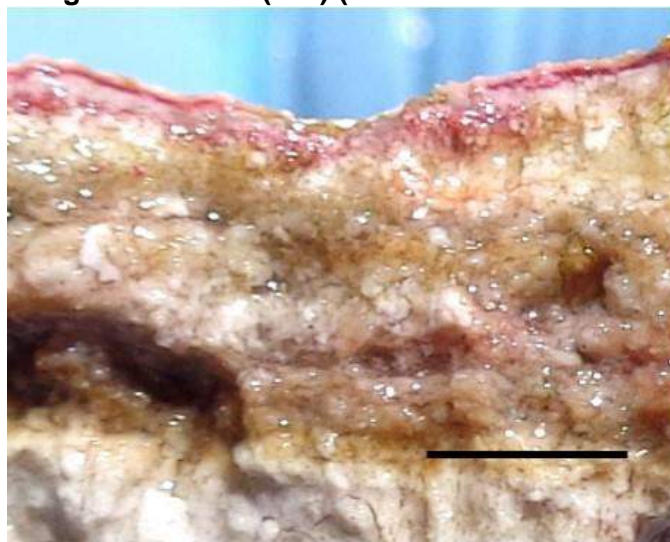
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-17. Tapete microbiano del sector S-11, en borde superficial interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-18. Tapete microbiano del sector S-11, en borde superficial interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-6. Descripción general de la distribución vertical, estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.

Macro-zonas	Muestra 1 y 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación
Sub-superficial	Naranja	Naranja
	Verde	
	Verde claro	Verde
Intermedia	Rosado	Blanco
		Rosado
Profunda	Café	Café
		Café claro
Total capas	5	6

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3 Sector Peine, Laguna Interna

7.2.1.3.1 Punto de Monitoreo I-11

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta, cercana al límite del borde lagunar (**Fotografía N° 7-19**), la superficie no presenta vegetación y se distinguen algunos microbialitos próximos. El borde interno de la laguna no presentó desarrollo de tapetes microbianos según se observa en la **Fotografía N° 7-20**. Las muestras superficiales analizadas presentaron 2 capas pigmentadas definidas con un espesor total aproximado de 4 a 5 mm, de textura irregular y dispuestas continuamente, de coloración naranja y verde respectivamente (**Fotografía N° 7-21**). En el estrato inferior, se observó discretamente algunas zonas de pigmentación rosada claro. La **Tabla N° 7-7** indica la descripción general de las capas. Adicionalmente, se reconocieron sub capas de mayor profundidad en las muestras analizadas, las cuales pueden corresponder a tapetes antiguos que no presentan actividad metabólica.

Fotografía N° 7-19. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-20. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-21. Muestra del borde superficial de Laguna Interna, sector I-11. Se observa la estratificación de 2 capas pigmentadas (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-7. Descripción de la configuración laminar, distribución vertical y coloración de tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja
	Verde
Total capas	2

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3.2 Punto de Monitoreo I-17

Las muestras obtenidas provienen tanto de un área expuesta como sumergida (profundidad aproximada 2 cm), caracterizada por presentar una superficie plana, carente de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-22**), con flujos de agua superficiales próximos. Las muestras superficiales analizados muestran la presencia de 2 capas definidas de color naranja y verde respectivamente, con un espesor total de 10 a 15 mm (**Fotografía N° 7-23**). Se observa además, una zona ligeramente rosada debajo de la capa verde.

Las muestras sumergidas exhibieron 2 capas definidas que presentaron un espesor total de 8 a 10 mm, de pigmentación naranja/amarilla y verde respectivamente. Debajo de estas capas se extiende una zona ligeramente rosada y posteriormente una ligera subcapa profunda de color café.

La **Tabla N° 7-8** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación.

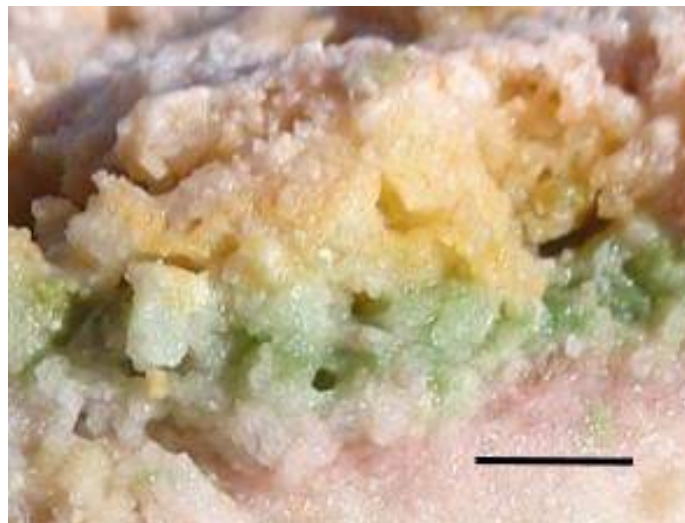
En este sistema, por lo tanto, distingue solamente la macro-zona sub-superficial, cuyas capas muestran un estado deteriorado, con una textura similar a los tapetes superficiales de laguna Saladita, de consistencia quebradiza, apariencia deshidratada y escaso brillo.

Fotografía N° 7-22. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-23. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna (marca de escala = 7 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-8. Descripción de la estructura laminar en muestras del borde superficial y sedimento de Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.

Macro-zonas	Muestras superficiales Pigmentación	Muestras sedimento Pigmentación	
Sub-superficial	Naranja Verde	Naranja	Amarillo
Total capas	2	2	

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4 Sector La Punta-La Brava (Laguna La Punta)

7.2.1.4.1 Punto de Monitoreo LP 23

Esta zona se caracterizó por la presencia de vegetación terrestre y acuática, escasa presencia de aves, desarrollo de microbialitos y flujos de agua superficiales próximos (**Fotografía N° 7-24**). La presencia de tapetes microbianos se observó solamente en una planicie del borde lagunar y no en el sedimento del borde interno (**Fotografía N° 7-25**). En general los tapetes presentaron una morfología heterogénea respecto al espesor laminar, el cual fluctuó entre 5 a 15 mm (**Fotografía N° 7-26** y **Fotografía N° 7-27**). A su vez, se distinguen dos zonaciones macroscópicas comunes, sub-superficial e intermedia, la macro-zona profundo se distingue solo en la muestra N°2 y N°3. La **Tabla N° 7-9** indica la distribución vertical y pigmentación laminar. Referente a la textura de los tapetes, que es particularmente variable, algunos exhiben un aspecto suave, maleable, brillante y medianamente uniforme otro tipo de textura corresponde a una granulosa, compacta, con brillo en los estratos inferiores y de aspecto seco en los estratos superiores que a su vez presentan mayor rugosidad.

Fotografía N° 7-24. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.



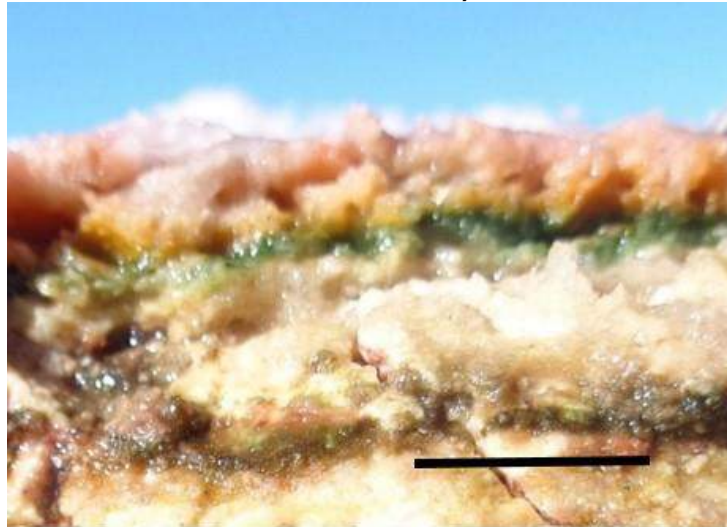
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-25. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



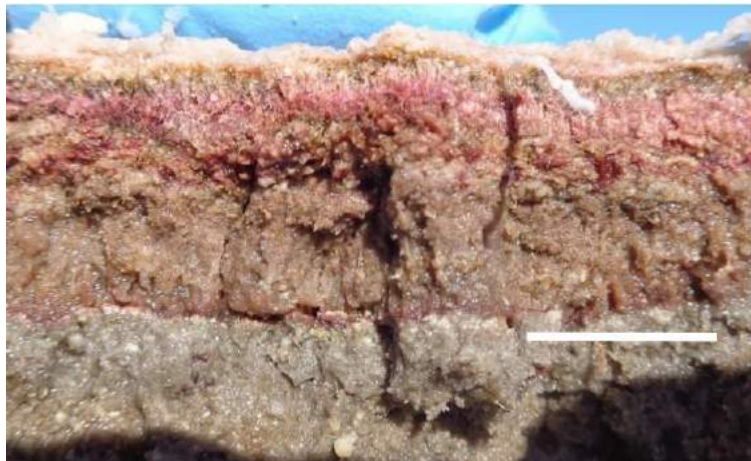
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-26. Tapete microbiano del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala = 7 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-27. Tapete microbiano del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala = 10 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-9. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación
Sub-superficial	Naranjado	Naranjado	Naranjado
	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Blanco	Blanco	Blanco
	Rosado	Rosado	Rosado
Profunda	Sin capas	Verde oscuro opaco	Café-morado
		Blanco	
Total capas	4	6	5

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4.2 Punto de Monitoreo LP- 24

Esta área posee una superficie con escasa vegetación terrestre y acuática, distingue la presencia de microbialitos. Los tapetes microbianos en este sector (**Fotografía N° 7-28**) se observaron solamente en el borde de la laguna, en muestras de sedimento no se detectó desarrollo de tapetes (**Fotografía N° 7-29**). El espesor total fue de 5 mm. Respecto a la organización de estratificación, se identificaron las tres macro-zonas. La macro-zona sub-superficial se presentó cubierta por una costra salina irregular relativamente gruesa (5 mm). La primera capa, de aspecto irregular, presentó pigmentación naranjada y la subcapa siguiente una coloración verde ligero, en la macro-zona media se observó una tercera subcapa de coloración rosada. La macro-zona profunda se caracterizó por una laminación regular y homogénea de coloración café claro (**Fotografía N° 1-30**).

En general, la textura del tapete es granulosa, suave y brillante. Cabe mencionar que la presencia de tapetes en este sitio fue escasa.

En la **Tabla N° 7-10** se esquematizan las características descritas.

Fotografía N° 7-28. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-29. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-30. Tapete microbiano del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-10. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja
	Verde
Intermedia	Rosado
Profunda	Café claro
Total capas	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.5 Sector La Punta-La Brava (Laguna La Brava)

7.2.1.5.1 Punto de Monitoreo LB-1

En esta área se distinguen flujos de agua superficiales y presencia de microbialitos. Los tapetes microbianos fueron detectados en la borde interno de la laguna, distribuyéndose parcialmente sumergidos (**Fotografía N° 7-31**). La profundidad del agua intersticial donde se colectaron las muestras fue de 5 a 10 mm. Cabe destacar la constante presencia de tapetes microbianos en esta zona. Referente al espesor laminar total, los valores fluctuaron de 8 a 16 mm. De acuerdo a la estratificación laminar observada, dos macro-zonas son las más comunes entre las muestras, sub-superficial e intermedia, cuyas características se exponen en la **Fotografía N° 7-11**. En el estrato sub-superficial se observa que algunos tapetes no presentan la capa naranjada, esto es una característica especial del lugar, si se considera que todos los tapetes revisados anteriormente presentan esta capa. También es muy característico de este sitio, la apariencia estructural

de los tapetes presentes, que describe una morfología convexa de formación esferoidal, de escaso espesor, sutilmente adherida al sedimento y que poseen además una superficie con textura de cuero (**Fotografía N° 7-32 y Fotografía N° 7-33**). Aunque estos tapetes tipo cuero (dermiformes) presentan escasa laminación, se caracterizan por presentar una estructura sólida con pigmentación intensa, y principalmente una elevada abundancia.

Fotografía N° 7-31. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-1, Laguna La Brava.



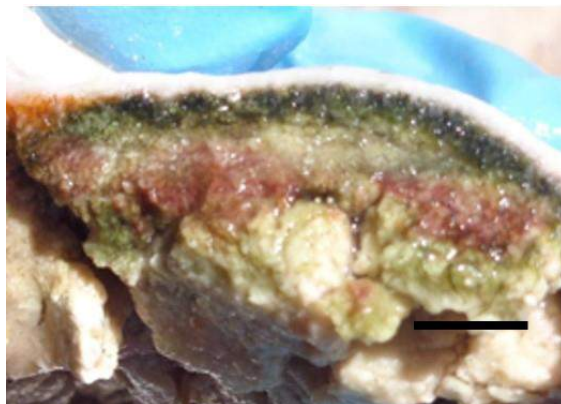
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-32. Vista lateral tapete microbiano tipo dermiforme en Punto LB-1, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-33. Tapete microbiano de tipo dermiforme del sector LB-1, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-11. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos parcialmente sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	Muestra 4 Pigmentación
Sub-superficial	Verde	Verde	Naranjado	Naranjado
	Verde claro		Verde	Amarillo
Intermedia	Blanco	Rosado	Rosado	Rosado
	Rosado			
Profunda	Sin capas	Naranjado	Café claro	Sin capas
		Café claro		
Total capas	4	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.5.2 Punto de Monitoreo LB-2

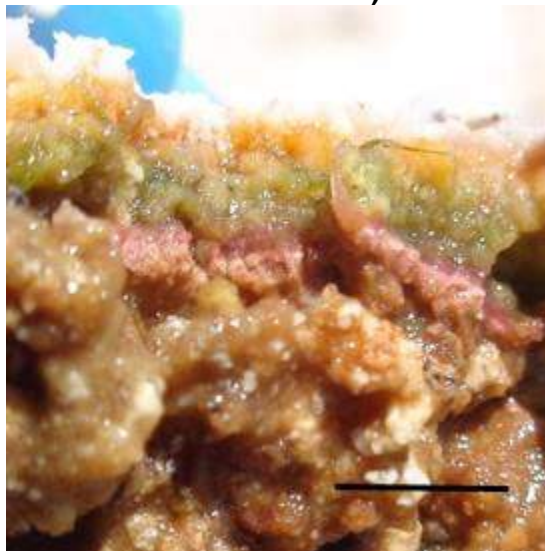
El área presenta características similares al punto LB-1 (**Fotografía N° 7-34**) se observa la distribución de tapetes en el borde interno lagunar y una menor abundancia de tapetes descritos en LB-1, de morfología tipo dermiforme. Los tapetes fueron colectados a una profundidad intersticial de 8 a 12 mm, se consideraron también tapetes del borde superficial. Éstos exhibieron una morfología plana, de textura medianamente granular, mucilaginoso, brillante y uniforme (**Fotografía N° 7-35**). Los valores de espesor laminar fluctuaron entre 7 a 16 mm. Se distinguen las tres macro-zonas, cuyas características de laminación se describen en la **Tabla N° 7-12**.

Fotografía N° 7-34. Área de muestreo de tapetes en Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-35. Tapete microbiano sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-12. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Tapetes sumergidos		Tapete superficial
	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Verde claro	Verde claro
Intermedia	Rosado	Rosado	Blanco
			Rosado
Profunda	Café claro	Sin capas	Café claro
Total capas	4	3	5

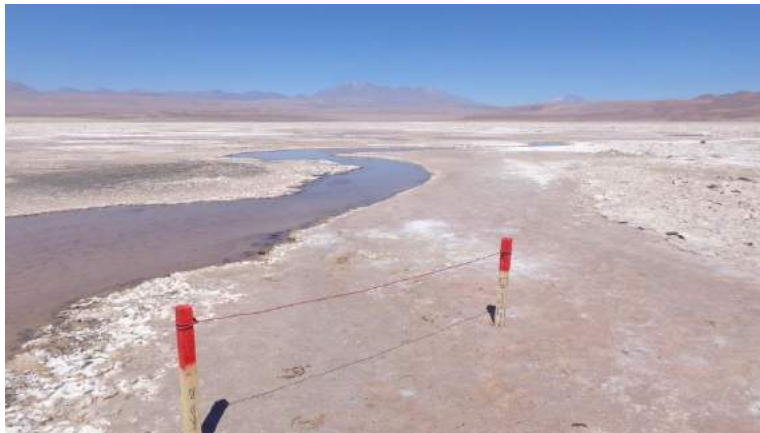
Fuente: Elaboración propia

7.2.1.5.3 Punto de Monitoreo LB-3

Este sector se caracterizó por presentar flujos superficiales de agua someros y escasa vegetación acuática (**Fotografía N° 7-36**). No se observó presencia de tapetes sumergidos parcialmente, percibidos en los sectores anteriores (LB-1, LB-2). Pero, si se detectó otro tipo de tapete en el borde interno lagunar, desde donde posteriormente se colectaron las muestras. Los tapetes exhibieron un espesor variable de 8 a 17 mm y una estructura laminar continua distribuida en tres macro-zonas (Tabla N° 7-13). En general, la lámina naranja se observó escasamente y el máximo de capas registradas fue de 5. La morfología de los tapetes es similar, en general, es compacta y regular, medianamente granular y uniforme, de aspecto hidratado y brillante (**Fotografía N° 7-37**).

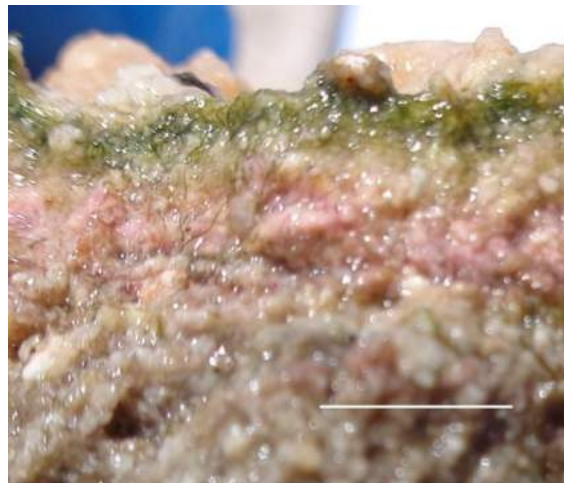
Cabe señalar que en la zona expuesta también se observó desarrollo de tapetes. Los tapetes expuestos se caracterizaron por presentar tres macro-zonas, en la zona sub-superficial presentaron una capa naranja y una capa verde, en la macro-zona intermedia una capa blanca y capa rosada púrpura, mientras que en la macro-zona profunda una capa café oscuro conspicua. El espesor de las capas fluctuó entre 7 y 8 mm y presentó una consistencia estructural débil.

Fotografía N° 7-36. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-37. Tapete microbiano sumergido Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-13. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Tapetes sumergidos			Tapete superficial
	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	Pigmentación
Sub-superficial	Verde	Verde	Naranjado	Naranjado
	Verde claro		Verde claro	Verde claro
Intermedia	Rosado	Blanco	Rosado	Blanco
		Rosado		Rosado
Profunda	Café- morado	Café	Café	Café oscuro
			Café claro	
Total capas	4	4	5	5

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.6 Sector Tilopozo

Este sector presenta abundantes formaciones vegetales, cuerpos de agua profundos y superficiales, asociados a una variada biota. La presencia del componente tapete microbiano en esta área fue muy escasa, detectándose solo en un punto (TB-2) de los tres definidos para el monitoreo.

7.2.1.6.1 Punto de Monitoreo TB-1

Este sistema se caracteriza por presentar una laguna translúcida, con vegetación flotante distal, fauna íctica y gran desarrollo de vegetación terrestre (**Fotografía N° 7-38**). Luego de realizar una inspección visual del sector para evaluar la presencia de tapetes microbianos asociados a este sistema se tomaron muestras de sedimento, que indicaron la ausencia de tapetes microbianos en este sector (**Fotografía N° 7-39**).

Fotografía N° 7-38. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-39. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.6.2 Punto de Monitoreo TB-2

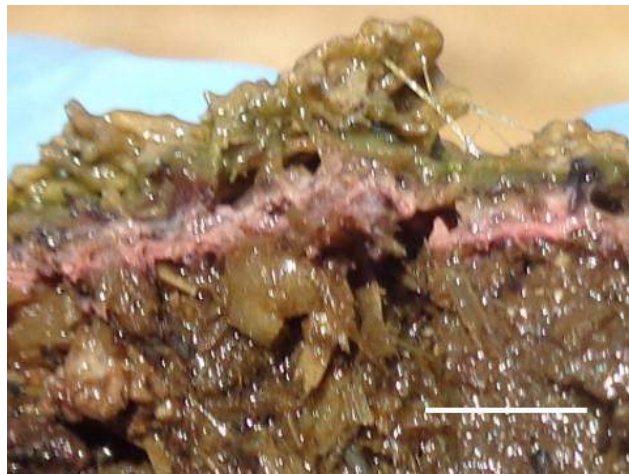
Esta zona presentó un cuerpo de agua somero asociado a vegetación acuática y terrestre. Una superficie externa con abundantes residuos orgánicos próximos y madrigueras (**Fotografía N° 7-40**). Las muestras de tapetes se tomaron a partir del sedimento de la zona central del sistema acuático. Los tapetes presentaron débil consistencia y estratificación (**Fotografía N° 7-41**). El espesor total fue de 5 mm y es característico una estructura de macro-zona sub-superficial y una intermedia. La **Tabla N° 7-14** señala la caracterización de la organización laminaria. Las dos capas, de coloración verde y rosada respectivamente, presentaron una coloración medianamente intensa, de continuidad frágil. La textura de estos tapetes fue pastosa, hidratada y escasamente compacta.

Fotografía N° 7-40. Punto de Monitoreo TB-2, Vegas de Tilopozo. Estacas instaladas para monitoreo de tapetes microbianos (flecha amarilla).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-41. Tapete microbiano observado en sector TB-2, Tilopozo (escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-14. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos parcialmente sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Tilopozo.

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Verde
Intermedia	Rosado
Total capas	2

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.6.3 Punto de Monitoreo TB-3

Este sitio presenta una poza profunda de aguas transparentes y vegetación flotante, con abundante fauna íctica y formaciones vegetacionales en los bordes distales, además el área circundante exhibe algunas madrigueras y fauna asociada (**Fotografía N° 7-42**). También se observó un sistema de bombeo emplazado a un costado de la poza.

A partir de muestras de sedimento colectados en este sistema se determinó la ausencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-43**).

Fotografía N° 7-42. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-43. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.7 Registro de microbialitos y evaporitas

A través de la identificación visual realizada en terreno, se registró la presencia de microbialitos en 4 puntos de monitoreo (I-11, LP-23, LP-24, LB-1) (**Fotografía N° 7-44**) y ausencia de evaporitas (**Tabla N° 7-15**).

Tabla N° 7-15. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama.

Punto de Monitoreo	Registro visual	
	Microbialito	Evaporita
S-5	-	-
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 ; - = Ausencia

**Fotografía N° 7-44. Ejemplo de microbialito observado en laguna La Brava (LB-1)
(Invierno 2016)**

Fuente: Elaboración Propia

7.2.1.8 Parámetros fisicoquímicos

Los datos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en este estudio se resumen en la **Tabla N° 7-16**.

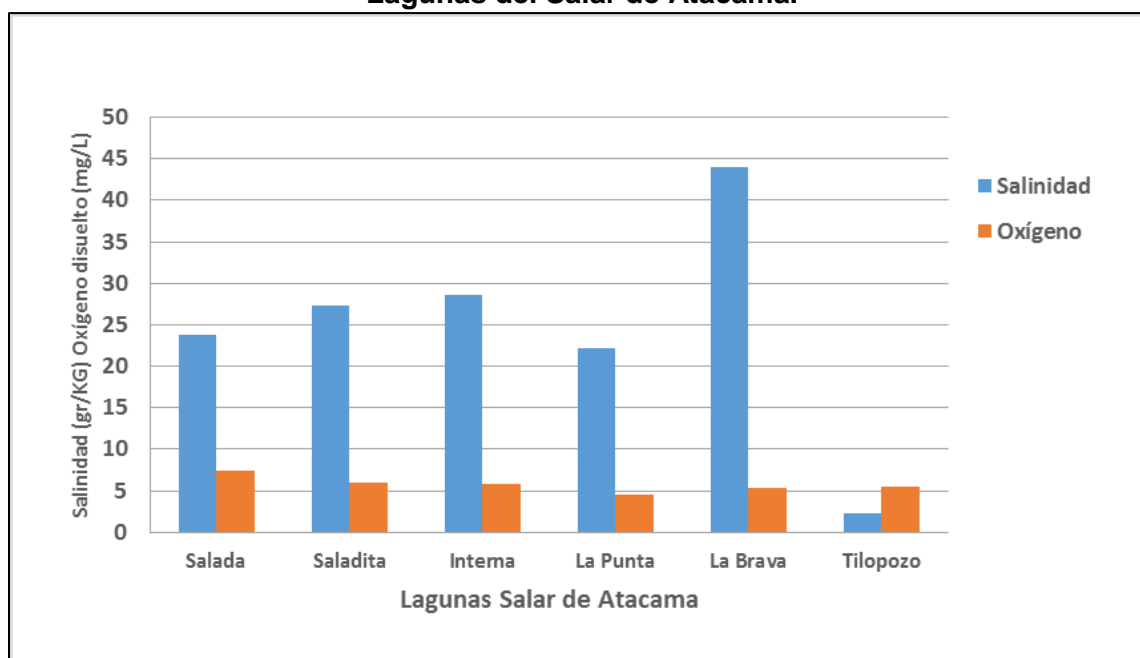
Respecto a la salinidad el valor máximo se observó en La Laguna La Brava (57,1 gr/Kg) y el mínimo en el Sector Tilopozo (2,2 gr/Kg). Este parámetro es fundamental en la dinámica de ecosistemas de tapetes microbianos, el cual se relaciona con la actividad microbiana fotosintética y procesos de consumo de oxígeno.

Respecto al oxígeno disuelto analizado, el valor máximo se detectó en el Sector de Tilopozo TB-2 (9,6 mg/L) y el mínimo en Laguna La Brava y Tilopozo (3,4 mg/L). La temperatura fluctuó entre 4, 4 °C a 25,7°C. Respecto al pH el mayor valor (9,0) y menor valor (7,5) se presentó en el sector Tilopozo. En relación al parámetro de turbiedad el valor máximo se registró en Laguna Saladita (187 UNT) y el valor mínimo en Laguna La Punta (1,42 UNT). Respecto a la radiación esta presentó valores máximos de 2,73 MJ/m² y 2,85 MJ/m².

Los valores promedios de salinidad en el sistema Peine aumentan desde Laguna Salada hasta Laguna Interna, el oxígeno disuelto de manera inversa disminuye de Laguna Salada a Laguna Interna, como se observa en la **Figura N° 7-6**.

Tabla N° 7-16. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama (E.M. = Estación Meteorológica, registro de radiación solar total).

Salar de Atacama Sector	Estación Monitoreo	Hora	Oxígeno mg/L	pH	Temperatura °C	Conductividad µS/cm	Salinidad gr/Kg	Turbiedad UNT	Radiación Solar Total Salar de Atacama E.M.	
									Hora	MJ/m ²
Sector Peine	S-5	10:40	7,4	8,8	11,1	42600	27,1	27,6	10:00	1,753483
	S-6a	12:20	7,0	8,5	19,3	39100	24,6	154	11:00	2,272249
	S-9	11:40	7,9	8,3	17,3	32100	19,7	6,19	12:00	2,678246
	SA-25	13:40	5,4	8,5	15,5	42200	26,8	17,8	14:00	2,738271
	S-10	14:45	5,3	8,5	20,9	42400	27	187	15:00	2,42407
	S-11	15:11	7,3	8,6	21,6	44000	28,1	16,8	15:00	2,42407
	I-11	16:00	5,9	8,6	19,7	43600	27,8	31,5	16:00	1,902943
	I-17	17:40	5,6	8,6	21,3	46100	29,5	21,7	17:00	1,241722
Sector La Punta y La Brava	LP-23	9:50	4,4	8,8	9,9	34300	21,2	2,94	10:00	1,788468
	LP-24	10:30	4,7	8,8	9,4	37500	23,2	1,42	11:00	2,297945
	LB-1	12:20	3,4	8,6	12,5	81800	55,8	4,01	12:00	2,704155
	LB-2	13:00	4,4	8,6	17,1	83400	57,1	3,85	13:00	2,855926
	LB-3	13:51	8,1	8,6	21,8	31200	19	2,55	14:00	2,760319
Sector Tilopozo	TB1	16:30	3,6	7,6	25,6	4370	2,3	1,69	16:00	1,921054
	TB2	16:50	9,6	9	25,7	4690	2,5	4,05	16:00	1,921054
	TB3	17:40	3,4	7,5	4,4	4280	2,2	4,37	17:00	1,253053

Figura N° 7-6. Gráfico de parámetros de salinidad y oxígeno disuelto promedio en Lagunas del Salar de Atacama.

Fuente: Elaboración propia

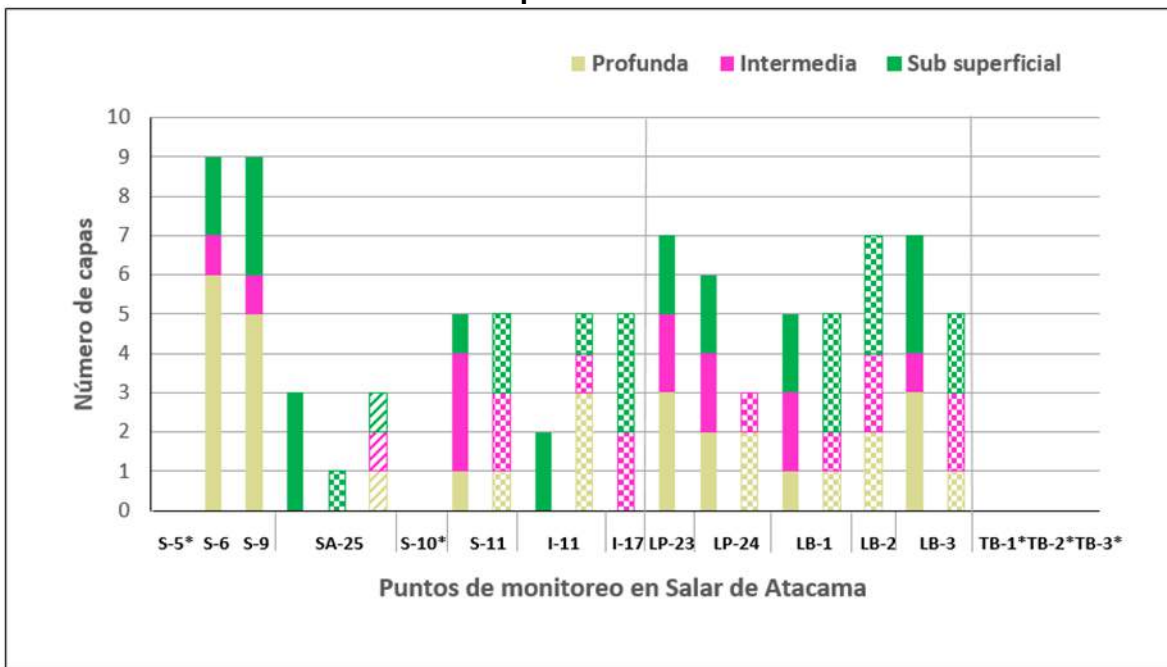
7.2.2 Resultados Campaña Verano 2017 (post- lluvias estivales)

Al igual que para la campaña de invierno, se analizaron *in situ* muestras de 16 puntos de monitoreo distribuidos en el sistema Peine, La Punta, La Brava y Tilopozo. Conforme a esto se detectó la presencia de tapetes microbianos en 11 puntos de monitoreo (68,8%). Por otro lado, a través de la identificación visual desde el borde lagunar, se registró la presencia de microbialitos en 4 puntos de monitoreo (I-11, LP-23, LP-24, LB-1) (**Tabla N° 7-30**).

Respecto a la zonación macroscópica, se registraron 3 tipos de tapetes en el área de estudio: el primer tipo presentó las tres macro-zonas pigmentarias y corresponde también al tapete de mayor frecuencia (91%), en relación a los 11 puntos de muestreo señalados anteriormente. En general, este tipo de tapete fue predominante en el Sistema Peine, La Punta y La Brava. El segundo tipo exhibió la presencia de dos macro-zonas y fue detectado en el Sector Peine, Laguna Interna (I-17) y Sector La Punta-La Brava, Laguna La Punta (LP-24). En Laguna Interna los tapetes exhibieron una zona sub-superficial y una zona intermedia. En Laguna La Punta los tapetes presentaron una zona intermedia y una profunda. El tercer tipo de tapete, en tanto, presentó simplemente una macro-zona sub-superficial, registrado en el Sector Peine, Laguna Saladita y Laguna Interna.

En la **Figura N° 7-7** se observa el registro de los tapetes microbianos en cada punto de monitoreo y la estructura de capas de pigmentación, es decir, el número de capas promedio en macrozonas: Sub-superficial, Intermedia, Profunda. Las estaciones que indican asterisco (*) no registraron presencia de tapetes. Los tapetes microbianos se observaron en planicies expuestas del borde lagunar (Barra con relleno sólido). También se registraron tapetes sumergidos parcialmente o totalmente bajo el agua (Barra con trama de cuadrados) y tapetes de base vegetal (Barra con trama de líneas). Las barras divisorias indican las estaciones por sector, de izquierda a derecha, Sector Peine, Sector La Punta-La Brava, y Sector Tilopozo.

Figura N° 7-7. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos según identificación de macro-zonas pigmentadas, los datos graficados corresponden a valores promedio.



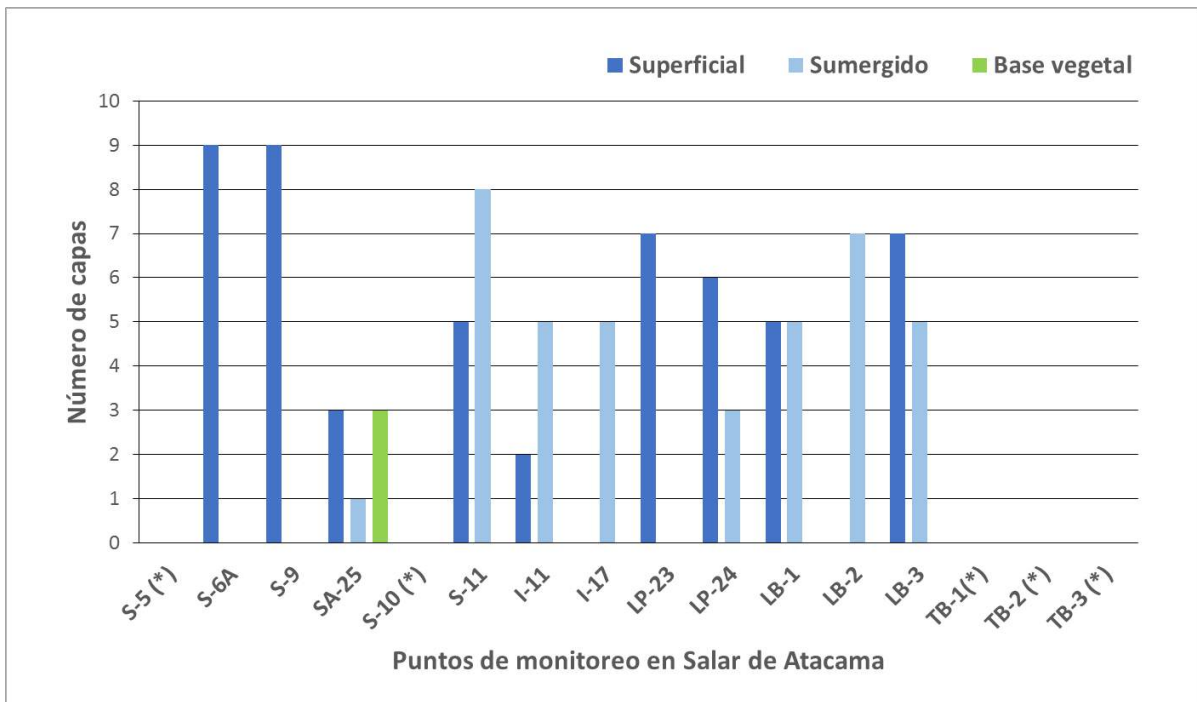
(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

En relación a la cantidad de capas estratificadas, el sector que presentó mayor número correspondió a Laguna Salada (S-6A y S-9) (**Figura N° 7-8**). Por el contrario, Laguna Saladita fue el sector que exhibió una estratificación sencilla con menor número de capas (SA-25-SU). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de las tres macrozonas y consistencia en la estructura se detectaron en Laguna Saladita (S-11) Laguna La Brava (LB-1) y Laguna Salada (S-6A, S-9). Contrariamente, los tapetes con poca consistencia estructural se detectaron en La Punta (Lp-24 sedimento), también se registraron tapetes con apariencia deshidratada, especialmente en Laguna Interna (tapete superficial I-11).

En la **Figura N° 7-8** se observa el número de capas pigmentadas en tapetes microbianos presentes en las estaciones de monitoreo. Las estaciones que indican asterisco no registraron presencia de tapetes. En el área de estudio se detectaron tapetes en planicies expuestas del margen de la laguna (Barra color azul), al mismo tiempo se identificaron tapetes sumergidos parcial o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde).

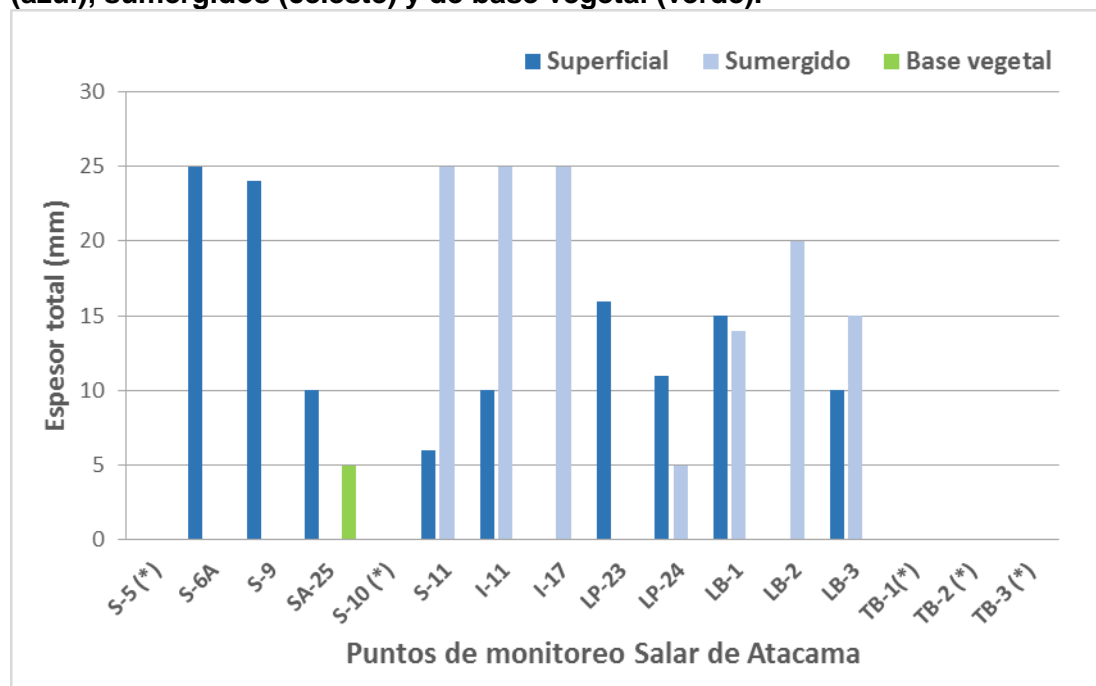
Referente a la dimensión del espesor de tapete, los de mayor espesor (25 mm) se encontraron en el Sector Peine (S-6A, S-11, I-11, I-17), y los de menor espesor también en este sector (4 mm, tapete superficial)(< 0,5 mm, tapete sumergido), en Laguna Saladita (SA-25). La **Figura N° 7-9** muestra los valores de espesor de tapetes en planicies expuestas del borde lagunar (Barra color azul), tapetes sumergidos parcial o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde). En el gráfico de espesor, SA-25 no incluye tapete sumergido (<0,5 mm).

Figura N° 7-8. Distribución del número de capas en tapetes microbianos presentes en los puntos de monitoreo, los datos corresponden a valores promedio. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste), y tapetes de base vegetal (verde).



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

Figura N° 7-9. Espesor de tapetes microbianos analizados en el área de estudio. Los valores corresponden al valor máximo de espesor obtenido por punto de monitoreo. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste) y de base vegetal (verde).



(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

A continuación, se presenta el detalle para cada punto de monitoreo en los tres sistemas evaluados, Peine (Salada, Saladita e Interna), La Punta - La Brava y Tilopozo (vegas).

7.2.2.1 Sector Peine, Laguna Salada

7.2.2.1.1 Punto de Monitoreo S-5

Este sector presentó escasa extensión de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-45**) y ausencia de tapetes microbianos, tanto en el borde superficial externo como en el borde interno de la laguna (sedimento sumergido) (**Fotografía N° 7-46**).

Fotografía N° 7-45. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada.

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-46. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada. Se observa ausencia de tapetes microbianos

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.1.2 Punto de Monitoreo S-6A

El sector presenta una planicie expuesta en el borde de la Laguna, con una intensa pigmentación oscura superficial y alterada con marcas de huellas humanas (**Fotografía N° 7-47**). No se detectó el desarrollo de tapetes en muestras de sedimentos según se observa en la **Fotografía N° 7-49**. Los tapetes observados en el borde lagunar presentaron un espesor que fluctuó entre 15 y 25 mm, con estratificación de tres macrozonas, continuidad de las capas y consistencia estructural (**Fotografía N° 7-48**). La **Tabla N° 7-17**, indica la descripción de las capas observadas, distribución vertical y pigmentación, para cada muestra.

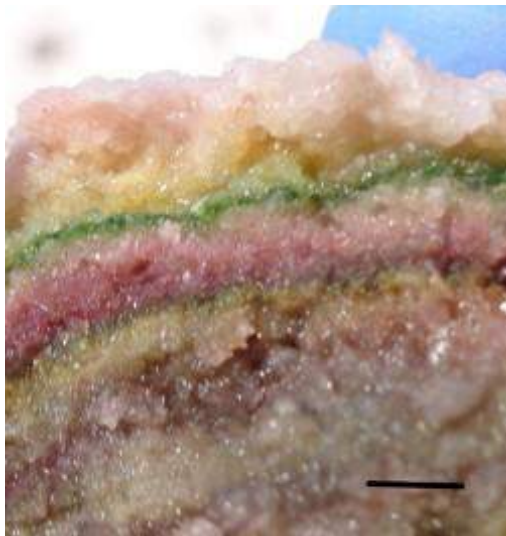
En las macro-zonas se observan variaciones de pigmentación. En la macro-zona sub-superficial existe alternancia de pigmentación, amarilla o naranjada y predominio de coloración verde con diferentes intensidades. En la macro-zona intermedia se observó variación de intensidades de coloración rosada-púrpura, específicamente en la muestra 1. En la macro-zona profunda, la pigmentación es muy variable (4 a 8 capas), se observó diferentes intensidades de pigmentación verde y café, coloración rosado gris presente en las 3 muestras. En general, los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura medianamente granulosa, hidratada, compacta, de aspecto brillante y cristalino.

Fotografía N° 7-47. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-48. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-49. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-17. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas de tapetes microbianos, Punto S-6A, Laguna Salada.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación
Sub-superficial	Amarillo	Verde	Naranja
	Verde claro		Verde
	Verde oscuro		Verde opaco claro
Intermedia	Rosado claro	Rosado	Rosado oscuro
	Púrpura		
Profunda	Verde opaco oscuro	Naranja claro	Café oscuro
	Café-verde	Verde opaco claro	Café verde
		Verde opaco	
	Verde-amarillo	Verde-amarillo	Rosado gris
		Verde	
	Rosado gris	Rosado gris	
		Café oscuro	Gris
Gris	Café claro		
Total capas	10	10	8

Fuente: Elaboración propia

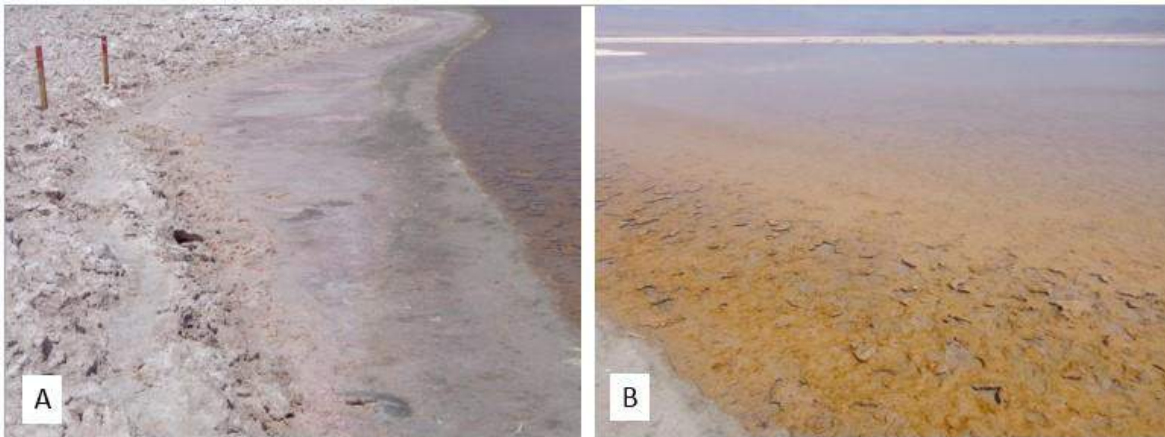
7.2.2.1.3 Punto de Monitoreo S-9

Esta área corresponde a una planicie expuesta del borde de la laguna, que contrariamente al punto S-6A mantiene una superficie no alterada por huellas humanas (**Fotografía N° 7-50 (A)**). Destaca la presencia de zonas oscuras discretas en el borde más inferior de la planicie, además de la presencia de una extensa capa de tapetes suspendida en la columna de agua próxima al borde lagunar (**Fotografía N° 7-50 (B)**). A su vez, no se observó la presencia de tapetes estratificados en muestras de sedimento (**Fotografía N° 7-51**). Los tapetes analizados (**Fotografía N° 7-52**) presentaron un espesor variable de 12 a 24 mm. Al igual que el punto S-6A es característico la estratificación de tres macro-zonas, continuidad de las capas y consistencia estructural. La **Tabla N° 7-18** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación de los tapetes reconocidos. En las macro-zonas se observan variaciones de pigmentación. En el estrato sub-superficial, existen variedades de coloración verde, amarillo o naranja. En el estrato intermedio, por otro lado, se puede observar predominancia de la capa. La zona profunda presenta, a su vez, una pigmentación muy variable de capas, registrándose entre 2 a 8 láminas.

Los tapetes observados presentan una textura similar a los tapetes del punto S-6A, medianamente fina, uniforme, hidratada, de aspecto brillante y cristalino. También se

observan tapetes con una textura menos granulosa, poco uniforme y de consistencia frágil.

Fotografía N° 7-50. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-51. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-52. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = 7 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-18. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	
Sub-superficial	Verde amarillo	Naranja	Naranja	
	Verde opaco claro	Verde	Verde	
	Amarillo	Amarillo		
Intermedia	Púrpura	Púrpura	Blanco	
			Púrpura	
Profunda	Café oscuro	Verde oscuro	Café oscuro	
	Verde opaco oscuro		Café claro	
			Café claro	Blanco
			Café morado	Rosado
				Café
			Café oscuro	Verde opaco claro
		Rosado gris		
	Café claro	Naranjado claro		
Total capas	6	9	12	

Fuente: Elaboración propia

En general, los tapetes detectados en Laguna Salada destacan por características de intensidad y variación de pigmentación, estratificación continua y consistente.

7.2.2.2 Sector Peine, Laguna Saladita

7.2.2.2.1 Punto de Monitoreo SA-25

Esta área presenta una superficie plana (**Fotografía N° 7-53**), con borde oscuro que posee formaciones esferoidales y vegetación acuática. Las muestras obtenidas provienen del borde superficial costero de la laguna y sedimento sumergido. En el sedimento se detectó una ligera mono-capa verde sub-superficial (**Fotografía N° 7-54**), el espesor aproximado fue < 0,5 mm.

Las muestras superficiales analizadas presentaron de 3 a 4 capas pigmentadas, rosada, naranjada, amarillo y verde, de aspecto deshidratado, continuas, de cohesión variable, textura medianamente fina, con escaso brillo y de consistencia quebradiza (**Fotografía N° 7-55**). El espesor de los tapetes superficiales fluctuó entre 4 a 10 mm. La **Tabla N° 7-19** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación.

En la zona superficial más próxima al borde de la laguna, se observaron formaciones esferoidales en las cuales se reconocieron tapetes microbianos. Éstos se caracterizaron

por presentar 3 macro-zonas de estratificación, espesor de 5 mm, y establecerse especialmente sobre una base vegetal (**Fotografía N° 7-56 y Fotografía N° 7-57**).

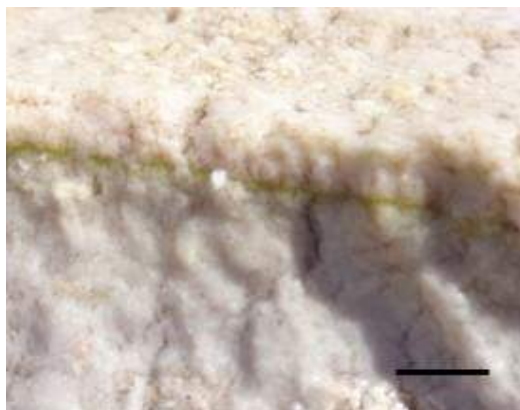
La caracterización de estos tapetes se describe en la **Tabla N° 7-20**. El estrato sub-superficial presenta una capa verde, la capa siguiente de pigmentación rosada se presenta discontinua. En la zona profunda del tapete se observa una capa de coloración café. Estos tapetes exhiben una textura granular, brillante e hidratada.

Fotografía N° 7-53. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita.



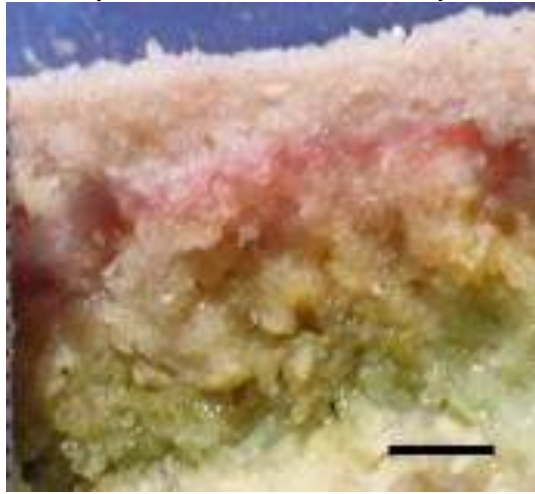
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-54. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita. Se observa la presencia de una ligera mono-capa verde sub-superficial (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía N° 7-55. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25.
(marca de escala = 2 mm).**



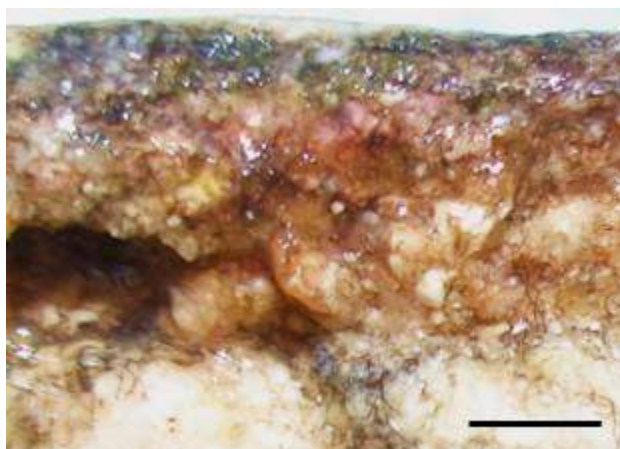
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-56. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25 (marca de escala = 5 cm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-57. Tapete microbiano asociado a formaciones vegetacionales en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-19. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos superficiales, y principales coloraciones distribuidos en el Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	Sedimento Pigmentación
Sub-superficial	Rosado	Rosado	Rosado	Verde opaco
	Naranjado	Amarillo	Naranjado	
	Amarillo			
	Verde	Verde amarillo	Verde	
Total capas	4	3	3	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-20. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal en el Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Verde
Intermedia	Rosado
Profunda	Café
Total capas	3

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2.2 Punto de Monitoreo S-10

El área exhibe una costra salina elevada, de gran espesor y vegetación acuática extendida en el borde lagunar. En este punto (**Fotografía N° 7-58**) no se detectó el desarrollo de tapetes microbianos tanto en el sedimento como borde externo de la laguna (**Fotografía N° 7-59**).

Fotografía N° 7-58. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-59. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2.3 Punto de Monitoreo S-11

El área de monitoreo presenta una planicie expuesta, ubicada a pocos metros del borde lagunar (isla), que exhibe una coloración blanca con bordes rosados intensos (**Fotografía N° 7-60**). Los tapetes observados en áreas sumergidas de esta planicie presentaron un espesor de 9 mm, estratificación de tres macro-zonas y consistencia estructural (**Fotografía N° 7-61**). En las macro-zonas distinguen capas sub-superficiales verde/verde claro; capas intermedias de coloración rosada/púrpura, y capa profunda de color café (**Tabla N° 7-21**). Adicionalmente, se detectaron tapetes sumergidos con estructura de pigmentación diferente con predominio de capas verde, café y ausencia de capa rosada (**Fotografía N° 7-62**). Exhibieron además, un espesor de 25 mm. En algunos sectores se observó tapetes sumergidos de aspecto deshidrato, escasamente pigmentados y carentes de pigmentación púrpura (**Fotografía N° 7-63**). La **Tabla N° 7-22** indica la estructura laminar de estos tapetes, debido a su débil pigmentación pueden corresponder a tapetes metabólicamente no activos. También se observó tapetes superficiales en la planicie expuesta cuyas características pigmentarias se presentan en la **Tabla N° 7-22**. El espesor que presentaron fue 6 mm.

En general, la textura de los tapetes es plana, tipo “cuero”, compacta, estable y homogénea.

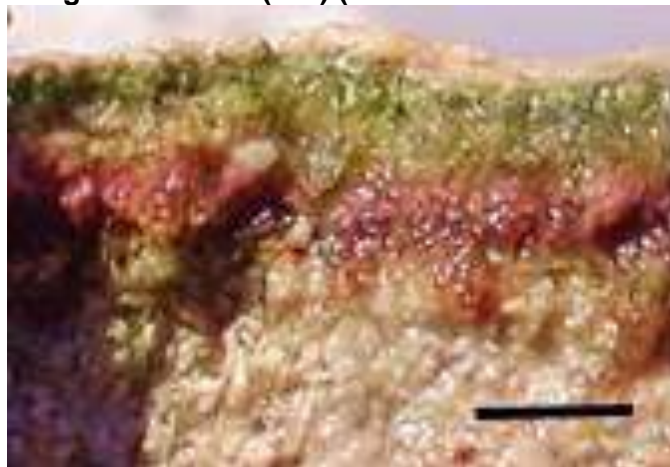
Los tapetes detectados en Laguna Saladita se caracterizan por presentar menos capas pigmentadas en comparación a los tapetes de Laguna Salada. La estación S-11 destaca por presentar tapetes bien estructurados con láminas de pigmentación intensa y variable.

Fotografía N° 7-60. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.



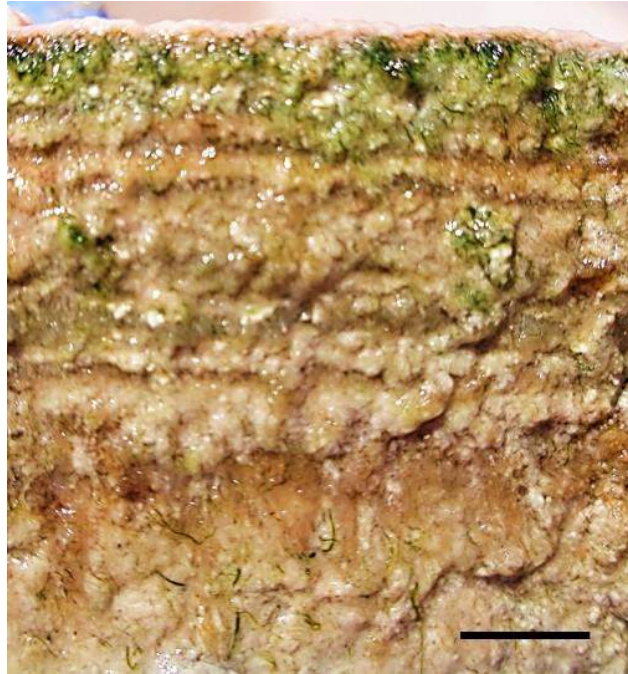
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-61. Tapete microbiano del sector S-11, en borde sumergido interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 4 mm).



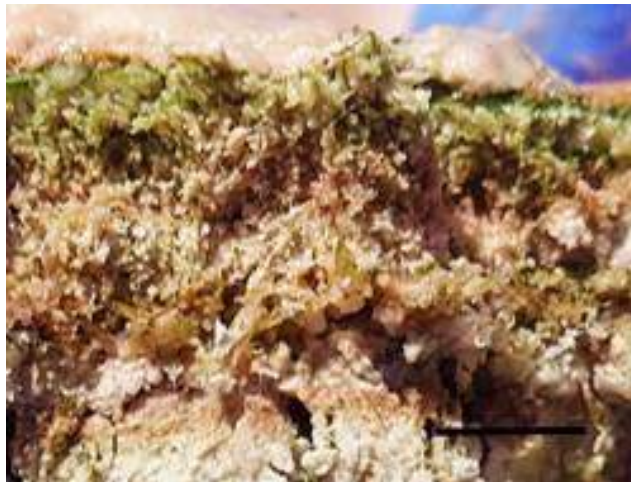
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-62. Tapete microbiano sumergido del sector S-11, Laguna Saladita (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-63. Tapete microbiano sumergido del sector S-11, que exhibe débil pigmentación, Laguna Saladita (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-21. Descripción general de la estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.

Macro-zonas	Tapetes sumergidos			Tapete superficial
	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	Pigmentación
Sub-superficial	Verde	Verde	Verde oscuro	Verde
	Verde claro	Verde claro	Amarillo claro Verde claro	
Intermedia	Rosado	Rosado	Blanco	Blanco
	Púrpura	Púrpura		Rosado Púrpura
Profunda	Café verde	Café verde	Café oscuro	Café naranjado oscuro
			Café claro	
			Café oscuro	
			Café claro	
			Verde amarillo	
			Blanco	
			Café	
			Blanco	
Café				
Total capas	5	5	13	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-22. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano del sector S-11, que exhibe débil pigmentación, en planicie sumergida interno de Laguna Saladita (isla)

Macro-zonas	Pigmentación
Sub-superficial	Verde oscuro fino
	Verde claro
Profunda	Café
	Blanco gris
	Café
	Gris
	Café
Total capas	7

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3 Sector Peine, Laguna Interna

7.2.2.3.1 Punto de Monitoreo I-11

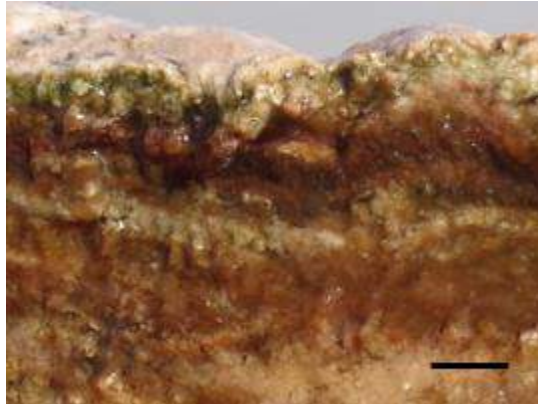
Corresponde a una planicie expuesta, cercana al límite del borde lagunar (**Fotografía N° 7-64**), carente de vegetación y con presencia de algunos microbialitos próximos. El borde interno de la laguna presentó desarrollo de tapetes microbianos, con capas de pigmentación verde en la zona sub-superficial, púrpura en la zona intermedia y café en estrato profundo (**Fotografía N° 7-65**). El espesor aproximado fue entre 15 y 25 mm. Estos tapetes exhiben una textura interna granular, de aspecto brillante. También se detectaron tapetes superficiales que presentaron 2 capas pigmentadas sub-superficiales con débil pigmentación naranjada y verde, con espesor aproximado de 10 mm, de textura irregular (**Fotografía N° 7-66**). La **Tabla N° 7-23** indica la descripción general de las capas. Paralelamente se reconocieron sub capas de mayor profundidad en las muestras analizadas, las cuales pueden corresponder a tapetes antiguos.

Fotografía N° 7-64. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.



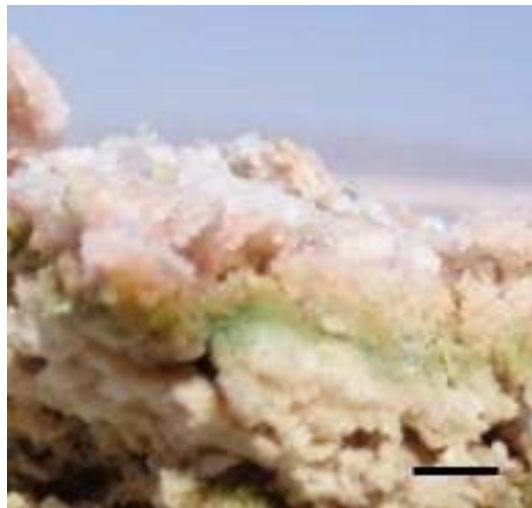
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-65. Tapete microbiano en borde sumergido del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-66. Margen superficial de Laguna Interna, sector I-11. Se observa débil estratificación de capas pigmentadas (marca de escala = 4 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-23. Descripción de la configuración laminar, distribución vertical y coloración de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.

Macro-zonas	Tapete superficial	Tapete sumergido
	Pigmentación	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja claro	Verde
	Verde claro	
Intermedia	Sin capas	Púrpura
Profunda	Sin capas	Café oscuro
		Blanco
		Café
Total capas	2	5

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3.2 Punto de Monitoreo I-17

Esta zona se caracterizó por presentar una superficie plana, con sistemas de canales próximos, presencia de aves y carente de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-67**). Las muestras obtenidas provienen de un área sumergida (profundidad aproximada de 2 a 5 cm), debido al aumento del nivel de agua en el punto de monitoreo. Las muestras analizadas muestran la presencia de 2 macro-zonas, Sub-superficial e Intermedia. Se distinguen de 2 a 4 capas en la zona Sub-superficial y de 1 a 3 capas en la zona Intermedia. En esta última, distingue una capa rosada presente en todas las muestras (**Fotografía N° 7-68**). Además, estos tapetes presentaron una textura interna granular y espesor total que fluctuó entre 20 a 25 mm. La **Tabla N° 7-24** indica la distribución vertical y pigmentación de las capas presentes.

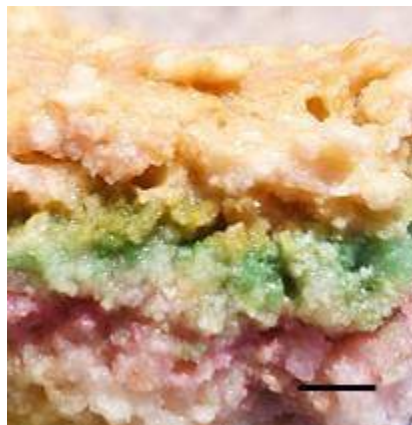
Los tapetes detectados en Laguna Interna se caracterizan por presentar menos capas pigmentadas en comparación a los tapetes de Laguna Salada. Destaca la estación I-17 por la distribución constante de tapetes.

Fotografía N° 7-67. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-68. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna (marca de escala = 4 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-24. Tabla Descripción de la estructura laminar en muestras del borde superficial y sedimento de Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.

Macro-zona	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación
Sub-superficial	Naranjado claro	Naranjado	Naranjado
		Blanco	Blanco
	Verde claro	Verde amarillo	Verde amarillo
		Verde	Verde
Intermedia	Rosado	Rosado	Blanco
			Rosado
			Rosado claro
Total capas	3	5	7

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.4 Sector La Punta-La Brava (Laguna La Punta)**7.2.2.4.1 Punto de Monitoreo LP-23**

Esta zona se caracterizó por la presencia de vegetación terrestre y acuática, presencia de aves y cursos de agua superficiales próximos (**Fotografía N° 7-69**). La presencia de tapetes microbianos se detectó solamente en una planicie del borde lagunar y no en el sedimento del borde interno (**Fotografía N° 7-70**). En general los tapetes presentaron una morfología heterogénea (**Fotografía N° 7-71**), el espesor total fluctuó entre 9 a 16 mm. A su vez, se distingue la presencia de las tres zonaciones macroscópicas, entre las cuales destaca la macro-zona intermedia que exhibe una intensa pigmentación rosada y, por otro lado, la zona profunda sobresale por el número de capas presentes que van desde 2 a 7 láminas. La **Tabla N° 7-25** indica la distribución vertical y pigmentación laminar. Referente a la textura de los tapetes, exhiben un aspecto granular y compacto.

Fotografía N° 7-69. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.



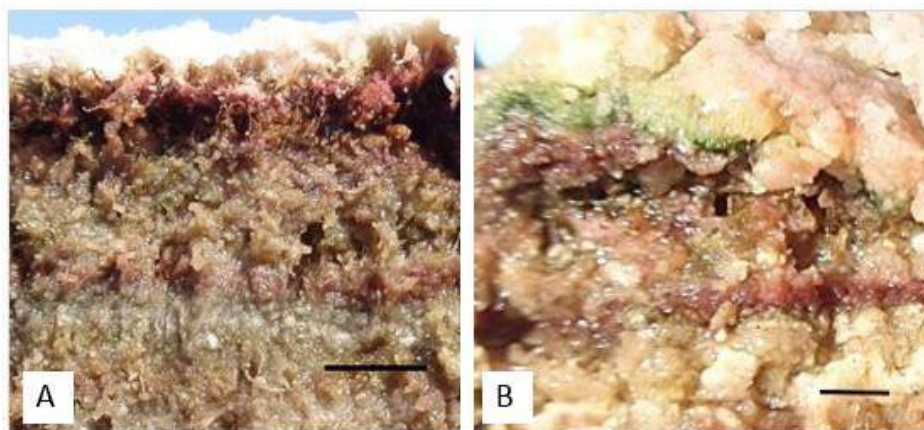
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-70. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-71. Tapetes microbianos del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 5 mm (A); 2 mm (B)).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-25. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	Muestra 4 Pigmentación
Sub-superficial	Naranja claro	Rosado claro	Verde opaco claro	Naranja
	Verde opaco claro	Verde opaco claro		Verde claro
				Verde oscuro
Intermedia	Rosado	Rosado	Rosado	Púrpura
			Púrpura	Café oscuro
				Púrpura
Profunda	Café morado	Café morado	Verde opaco oscuro	Café oscuro
	Naranja claro	Naranja claro	Naranja claro	
			Rosado claro	
			Verde opaco claro	
			Blanco	
			Verde opaco claro	
Rosado claro				
Total capas	5	5	10	7

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.4.2 Punto de Monitoreo LP-24

Esta área posee una superficie con escasa vegetación terrestre y acuática, presencia de aves y microbialitos (**Fotografía N° 7-72**). Los tapetes microbianos se observaron en el borde de la laguna (**Fotografía N° 7-74**) y en el sedimento (**Fotografía N° 7-73**). Los tapetes del borde lagunar presentaron tres macro-zonas. La zona sub-superficial presentó capas de pigmentación naranjada y verde, en la zona Intermedia distinguen capas rosada/púrpura. La macro-zona profunda se caracterizó por láminas de color verde (**Tabla N° 7-26**) En general, la textura de los tapetes es rugosa y granular. El espesor aproximado fue de 11 a 8 mm.

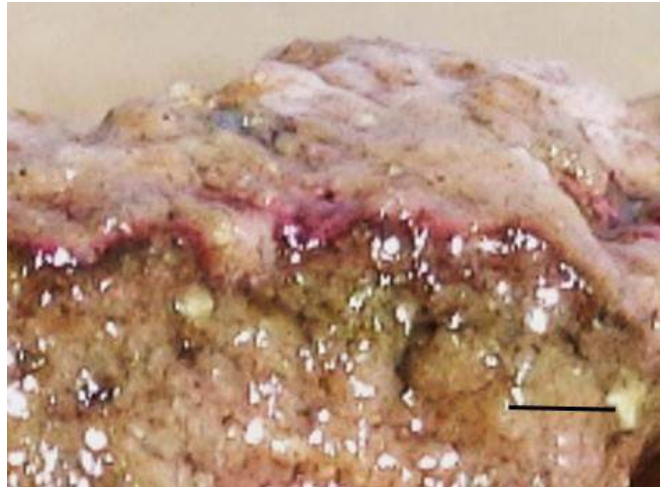
En el sedimento distingue la presencia de una capa rosada dispuesta sobre capas verdes (**Tabla N° 7-26**), con textura rugosa y espesor aproximado de 5 mm.

Fotografía N° 7-72. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta



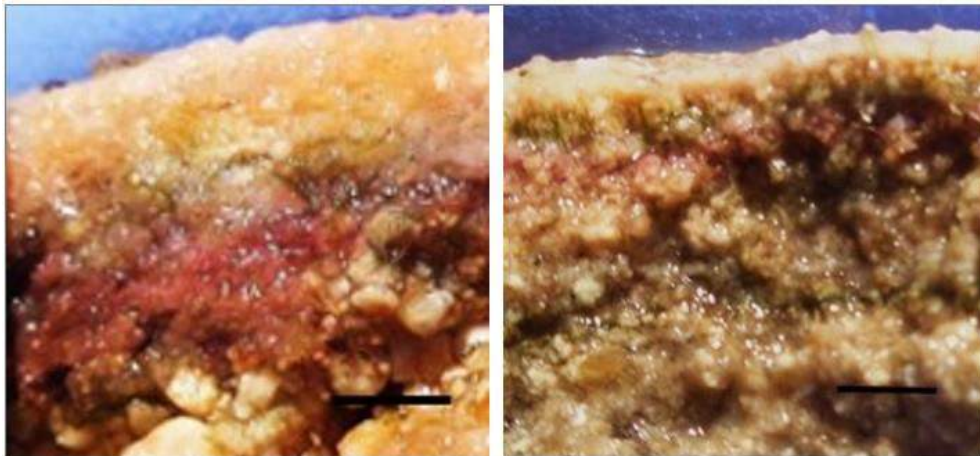
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-73. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-74. Tapetes microbianos del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 3 mm)



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-26. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Tapetes superficiales		Sedimento
	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja claro	Naranja claro	Blanco
	Verde opaco	Verde opaco	
Intermedia	Blanco	Rosado	Rosado
	Púrpura		
Profunda	Verde opaco oscuro	Verde claro	Verde oscuro
		Blanco	Verde opaco oscuro
		Verde opaco oscuro	
Total capas	5	6	3

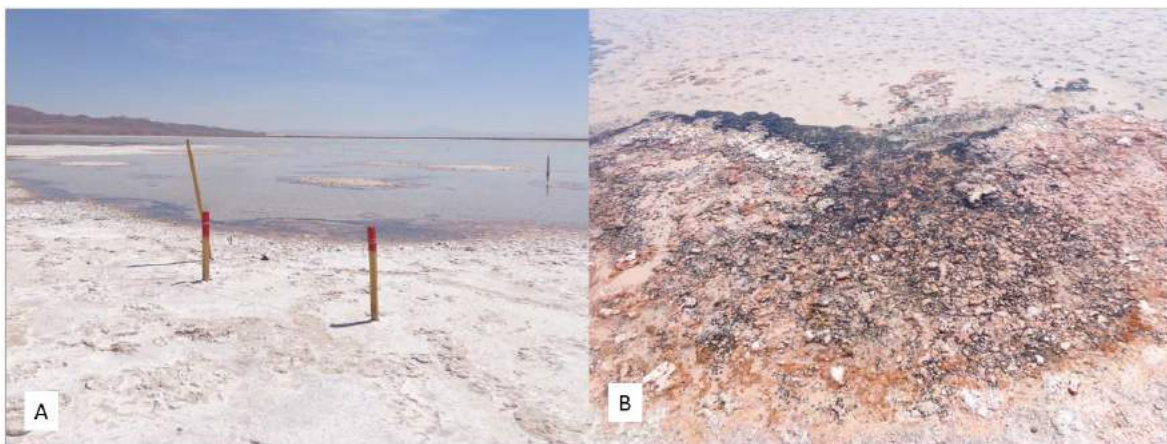
Fuente: Elaboración propia

7.2.2.5 Sector La Punta-La Brava (Laguna La Brava)**7.2.2.5.1 Punto de Monitoreo LB-1**

En esta área (**Fotografía N° 7-75 (A)**) se distinguen flujos de agua superficiales, presencia de microbialitos y aves. Los tapetes microbianos fueron detectados en el borde interno de la laguna, distribuyéndose parcialmente sumergidos y sumergidos, se consideraron también tapetes del borde superficial. La profundidad del agua donde se colectaron las muestras fue de 11 a 14 mm. Cabe destacar la distribución constante de tapetes microbianos en este punto de monitoreo (**Fotografía N° 7-75 (B)**). Referente al espesor laminar total, los valores fluctuaron de 10 a 14 mm. Respecto a la estratificación laminar, se observó la presencia de tres macro-zonas. La macro-zona Sub-superficial presentó capas principalmente verdes y la macro-zona Intermedia exhibió evidentes láminas de color púrpura/rosado (**Fotografía N° 7-77**) (**Tabla N° 7-27**). La estructura de los tapetes observados fue de tipo convexa, esferoidal, escaso espesor, sutilmente adherida al sedimento y superficie con textura de cuero (**Fotografía N° 2-75**). Aunque estos tapetes presentan escasa laminación, se caracterizan por presentar una estructura sólida con pigmentación intensa y distribución constante.

Los tapetes observados en el borde superficial se caracterizaron por presentar tres macro-zonas, cuyas características de laminación se describen en la **Tabla N° 7-27**. El espesor de los tapetes fluctuó entre 11 y 15 mm, presentaron una textura rugosa, granular, uniforme y compacta.

Fotografía N° 7-75. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-1 (A), Laguna La Brava. Zona donde se visualiza distribución constante de tapetes (B).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-76. Vista lateral tapete microbiano en Punto LB-1, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-77. Tapete microbiano del sector LB-1, Laguna La Brava (marca de escala = 4 mm).

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-27. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Tapetes sumergidos			Tapete superficial
	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	Pigmentación
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja	Verde oscuro
	Verde claro	Verde oscuro		
	Verde oscuro	Verde claro	Verde oscuro	Verde claro
	Amarillo			
Intermedia	Púrpura	Rosado	Rosado claro	Rosado claro
			Púrpura	Púrpura
Profunda	Café	Sin capas	Café	Naranja-café
Total capas	6	4	5	5

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.5.2 Punto de Monitoreo LB-2

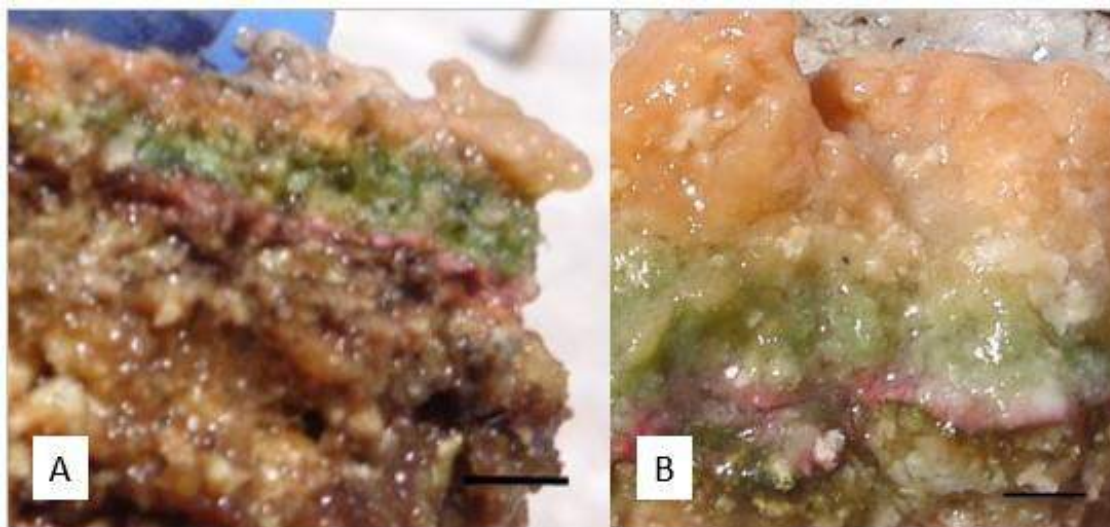
El área presenta escasa vegetación y características similares al punto LB-1 (**Fotografía N° 7-78 (A)**) exhibiendo una distribución de tapetes en el borde interno lagunar parecido a lo observado en LB-1 (**Fotografía N° 7-78 (B)**). Los tapetes fueron colectados a una profundidad intersticial de 2 a 7 mm. Éstos exhibieron una morfología plana, de textura medianamente granular, brillante y uniforme (**Fotografía N° 7-79 A y B**). Los valores de espesor laminar fluctuaron entre 13 a 20 mm. Se distinguen las tres macro-zonas, cuyas características de laminación se describen en la **Tabla N° 7-28**.

Fotografía N° 7-78. Área de muestreo de tapetes en Punto de Monitoreo LB-2 (A), Laguna La Brava. Zona donde se visualizan distribución de tapetes microbianos (B).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-79. Tapetes microbianos sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 5 mm (A); 6 mm (B)).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-28. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Muestra 3 Pigmentación	
Sub-superficial	Naranjado	Naranjado	Naranjado	
	Amarillo	Verde oscuro	Verde oscuro	
	Verde claro	Verde claro	Verde claro	
Intermedia	Blanco	Rosado	Blanco	
	Rosado	Púrpura	Rosado	
Profunda	Verde oscuro	Café	Café	Café
	Verde opaco	Amarillo	naranjado	
		Café claro		
Total capas	7	8	6	

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.5.3 Punto de Monitoreo LB-3

Este sector se caracterizó por presentar flujos superficiales de agua someros y escasa vegetación acuática (**Fotografía N° 7-80**). Se detectaron tapetes en el borde interno lagunar. Estos tapetes exhibieron un espesor de 13 y 15 mm, se observó una estructura laminar distribuida en tres macro-zonas (**Tabla N° 7-29**). La morfología de los tapetes es compacta y regular, medianamente granular y uniforme, de aspecto hidratado (**Fotografía N° 7-81**). Adicionalmente, se reconocieron sub capas en la macro-zona profunda de las muestras analizadas, las cuales pueden corresponder a capas de tapetes antiguos.

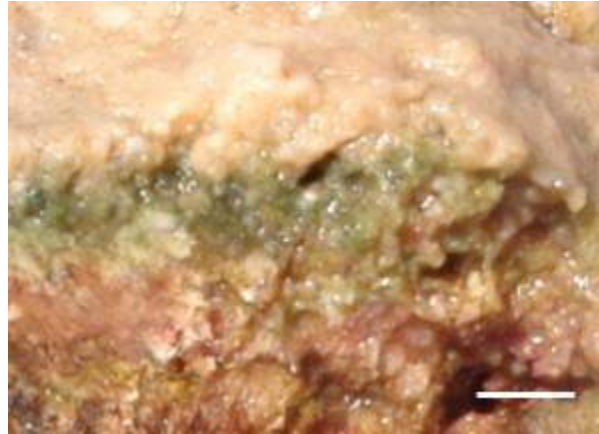
En la zona expuesta también se detectaron tapetes (**Fotografía N° 7-82**), los cuales se caracterizaron por presentar tres macro-zonas, cuyas características se observan en la **Tabla N° 7-29**. El espesor de los tapetes fue de 10 mm y exhibieron textura granular con consistencia estructural débil.

Fotografía N° 7-80. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.



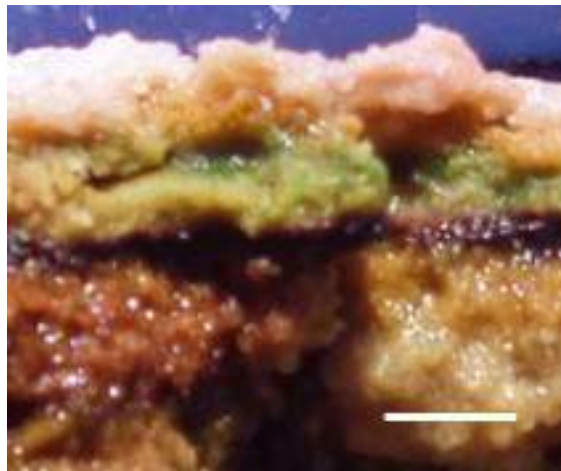
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-81. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 3 mm)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-82. Tapetes microbianos expuestos en Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala=3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-29. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Tapetes sumergidos		Tapete superficial	
	Muestra 1 Pigmentación	Muestra 2 Pigmentación	Pigmentación	
Sub-superficial	Verde oscuro	Verde	Naranja	
	Verde claro		Verde	
	Café claro		Verde opaco claro	
Intermedia	Púrpura	Blanco	Rosado claro	
		Rosado		
Profunda	Café naranja	Café naranja oscuro	Negro	
			Café naranja	Café
			Café oscuro	
Total capas	5	4	7	

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.6 Sector Tilopozo

Este sector presenta abundante vegetación, cuerpos de agua profundos asociados a una variada biota. La presencia del componente tapete microbiano en esta área no se registró en ninguno de los tres puntos de monitoreo definidos.

7.2.2.6.1 Punto de Monitoreo TB-1

Este sistema se caracteriza por presentar una laguna translúcida, fauna íctica y gran desarrollo de vegetación terrestre (**Fotografía N° 7-83**). Luego de realizar una inspección visual del sector para evaluar la presencia de tapetes microbianos asociados a este sistema se tomaron muestras de sedimento, que indicaron la ausencia de tapetes microbianos en este sector (**Fotografía N° 7-84**).

Fotografía N° 7-83. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-84. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.

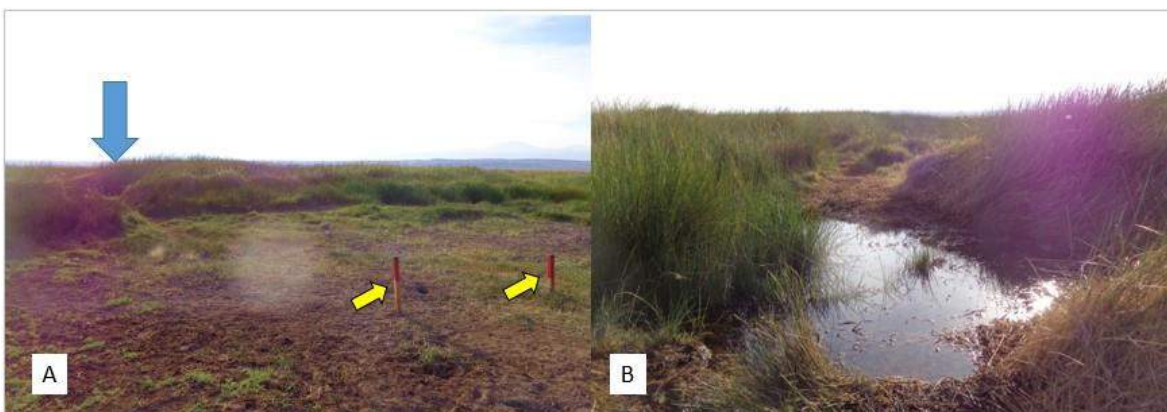


Fuente: Elaboración propia

7.2.2.6.2 Punto de Monitoreo TB-2

Esta zona presentó un cuerpo de agua somero de poca extensión (**Fotografía N° 7-85 (B)**), dispuesto a pocos metros de la zona cercana a las estacas de monitoreo de tapetes (**Fotografía N° 7-85 (A)**), zona inundada anteriormente y que se observó desecada en verano. Se tomaron muestras de sedimento de la poza detectada. Estas muestras no mostraron presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-86**). El área se caracterizó por presentar abundante vegetación terrestre, mamíferos (presencia de un burro y madrigueras de animales fosoriales), residuos orgánicos, e insectos.

Fotografía N° 7-85. Punto de Monitoreo TB-2 (A), Vegas de Tilopozo. Localización de toma de muestra (B) (flecha azul en A). Estacas instaladas para monitoreo de tapetes microbianos (flecha amarilla en A).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-86. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.6.3 Punto de Monitoreo TB-3

Este sitio presentó una poza profunda de aguas transparentes con fauna íctica y formaciones vegetacionales en los bordes distales, además el área circundante exhibe algunas madrigueras y fauna asociada (**Fotografía N° 7-87**). También se observó un sistema de bombeo emplazado a un costado de la poza.

A partir de muestras de sedimento colectados en este sistema se determinó la ausencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-88**).

Fotografía N° 7-87. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-88. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.7 Registro de microbialitos y evaporitas

A través de la identificación visual realizada en terreno, se registró la presencia de microbialitos en 4 puntos de monitoreo (I-11, LP-24 y LB-1) y ausencia de evaporitas (Tabla N° 7-30).

Tabla N° 7-30. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama.

Punto de Monitoreo	Registro visual	
	Microbialito	Evaporita
S-5	-	-
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 ; - = Ausencia

**Fotografía N° 7-89. Ejemplo de microbialito observado en laguna La Brava (LB-1)
(Verano 2017)**

Fuente: Elaboración Propia

7.2.2.8 Parámetros físico-químicos

Los datos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en este estudio se resumen en la **Tabla N° 7-31**. Respecto a la salinidad el valor máximo se observó en Laguna La Brava (81,4 gr/Kg) y el mínimo en el Sector Tilopozo (2,2 gr/Kg).

Respecto al oxígeno disuelto analizado, los valores máximo y mínimo se detectaron en el Sector La Punta-La Brava, 34 mg/L y 0,7 mg/L. En relación a la temperatura, ésta fluctuó entre 14,2°C a 33,0°C. Respecto al pH el mayor valor (8,4) y menor valor (7,0) se presentó en el sector de La Punta-La Brava y Tilopozo, respectivamente. Referente al parámetro de turbiedad el valor máximo se registró en el Sector Peine, Laguna Salada (40 UNT) y el valor mínimo en Tilopozo (0,35 UNT). Respecto a la radiación esta presentó un valor máximo de 2,98 MJ/m².

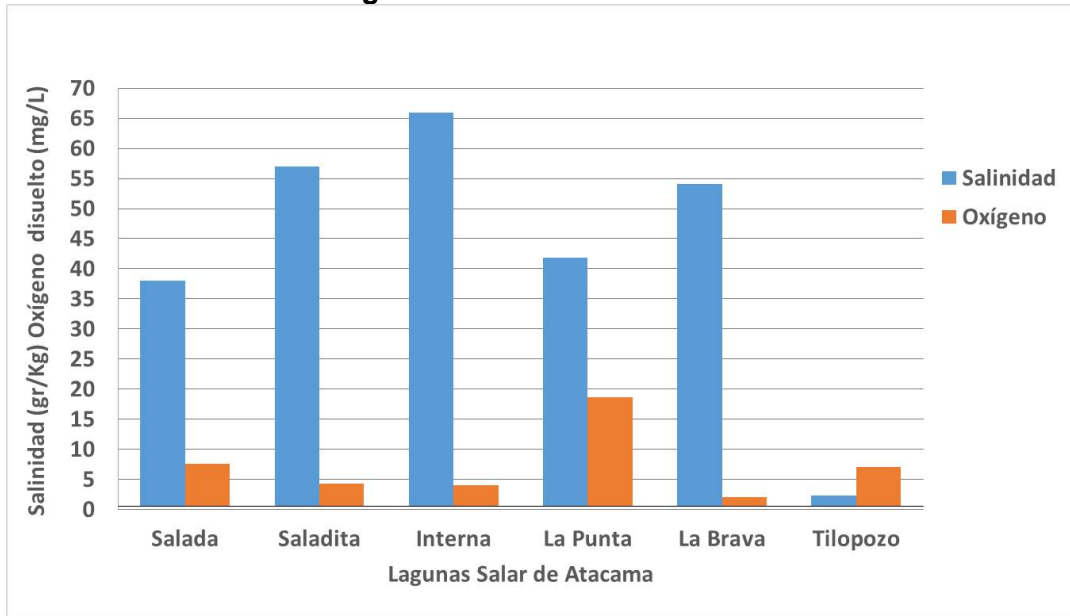
Los valores promedios de salinidad y oxígeno de los sistemas lagunares se observan en la **Figura N° 7-10**. En el sistema Peine los valores salinidad aumentan desde Laguna Salada hasta Laguna Interna.

Tabla N° 7-31. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama (E.M. = Estación Meteorológica, registro de radiación solar total).

Salar de Atacama Sector	Estación Monitoreo	Hora	Oxígeno mg/L	pH	Temperatura °C	Conductividad µs/cm	Salinidad gr/Kg	Turbiedad UNT	Radiación Solar Total Salar de Atacama E.M.	
									Hora	MJ/m ²
Sector Peine	S-5	13:40	6,4	8,3	26,3	68900	46,8	2,0	13:00	2,755867
	S-6a	13:54	6,2	8,3	31,0	60000	40,0	40	14:00	2,981025
	S-9	14:31	10,0	8,2	33,0	42400	27,2	4,0	14:00	2,981025
	SA-25	12:45	3,4	8,2	20,2	80000	55,9	6,4	12:00	2,441398
	S-10	11:30	4,5	8,3	16,8	79300	55,3	8,4	11:00	1,81991
	S-11	12:10	5,0	8,2	20,3	84500	59,8	32	12:00	2,441398
	I-11	10:55	3,6	8,2	14,7	80100	56,1	2,5	11:00	1,81991
	I-17	10:10	4,5	8,1	14,2	97100	75,6	2,6	10:00	1,123054
Sector La Punta y La Brava	LP-23	11:29	34,0	8,3	22,5	58700	39,1	26	11:00	1,958888
	LP-24	12:05	1,1	8,4	17,4	66100	44,7	1,3	12:00	2,46324
	LB-1	13:32	0,7	8,0	25,9	108100	81,4	1,2	13:00	2,84156
	LB-2	13:55	1,3	8,1	31,3	83800	59,2	2,4	14:00	2,977309
	LB-3	14:26	4,2	8,2	30,6	34800	21,8	2,2	14:00	2,977309
Sector Tilopozo	TB-1	9:00	16,9	6,9	22,9	4300	2,3	0,35	9:00	0,302065
	TB-2	9:30	2,6	7,0	24,4	4310	2,3	1,9	9:00	0,302065
	TB-3	11:35	1,5	7,0	25,1	4230	2,2	0,55	11:00	1,706125

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 7-10. Gráfico de parámetros de salinidad y oxígeno disuelto promedio en Lagunas del Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia

8 SUELO O SUSTRATO

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2016 y verano 2017, para la subcomponente ambiental suelo – sustrato.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan esta subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a características físicas y químicas del suelo, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto.

El periodo reportado en el presente informe Anual se enmarca entre los días 08 y 13 de agosto de 2016, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, llamado en adelante Monitoreo 1 (M1), como también la campaña de verano, realizada entre los días 5 y 10 de Abril del 2017, denominada en adelante Monitoreo 2 (M2).

Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada** por encargo del Titular del Proyecto. Apoyado para análisis físico-químico de las muestras de suelo, por dos laboratorios que cuentan con acreditación ETFA, un terceros acreditado ante la Comisión Nacional de Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y del Servicio agrícola y Ganaderos, y el último (y cuarto) que corresponde al laboratorio de física de suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile.

El objetivo del seguimiento es observar y analizar la variación de los parámetros edafológicos monitoreados (conductividad eléctrica, salinidad, pH, nutrientes, humedad, conductividad hidráulica (permeabilidad), materia orgánica y textura, en el marco de la etapa de construcción y operación del proyecto.

8.1 MATERIALES Y MÉTODOS

8.1.1 Descripción del área de estudio

El área coincide con el denominado Núcleo del Salar de Atacama, que corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales.

Los suelos del 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).

El tipo de suelo Entisol, se caracteriza por su carencia de horizontes bien desarrollados, poco evolucionados debido a la aridez de la zona, y por su alto contenido salino y pH elevado. Pueden ser suelos jóvenes que no han tenido tiempo de desarrollarse o viejos, en sentido geológico, pero que no han desarrollado horizontes por corresponder a materiales resistentes a la meteorización. Se presentan virtualmente en todos los climas sobre superficies fisiográficas recientes, ya se trate de empinadas pendientes sujetas a intensa erosión o sobre planos de sedimentación en donde se han depositado los materiales recién transportados (CADE-IDEPE 2004).

También pueden encontrarse sobre superficies fisiográficas antiguas, en donde por la intervención del hombre se ha destruido el perfil del suelo o bien, cuando se trata de materiales resistentes que no han permitido su desarrollo (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.

8.1.2 Ubicación de puntos muestreo

Para el seguimiento se consideraron los 14 puntos de muestreo de suelo - sustrato, definidos en el proyecto (EIA-Adenda 5) de los cuales seis (6) se localizan en el sector de Tilopozo, cuatro (4) en el sector La Punta – La Brava, (de éstos tres (3) en La Punta y uno (1) en La Brava), y cuatro (4) en Peine (**Figura N° 8-1** y **Tabla N° 8-1**).

Una vez efectuada la visita preliminar a terreno, con el objetivo de que hubiera coherencia entre el muestreo de suelo y vegetación, se reubicaron muy cerca de los mismos, pero con el fin de establecer las mejores áreas de trabajo para el objetivo mencionado, quedan como se presentan en **Tabla N° 8-1**.

El criterio de reubicación de los puntos de muestreo, no cambia el objetivo del PMB ni los puntos, considera dos aspectos fundamentales: a) La presencia de vegetación y flora monitoreada en el Plan de Manejo Biótico y el tipo de suelo, considerando la distribución de las transectas del monitoreo de vegetación y flora, seleccionando siempre el sitio lo más próximo a ésta, pero considerando no intervenir el área monitoreada por el componente vegetación-flora, y b) seleccionar 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, el punto de muestreo se seleccionó en función del suelo de mayor representatividad en el área.

En la **Tabla N° 8-1** se presentan las coordenadas (UTM) de los 14 puntos de muestreo del PMB.

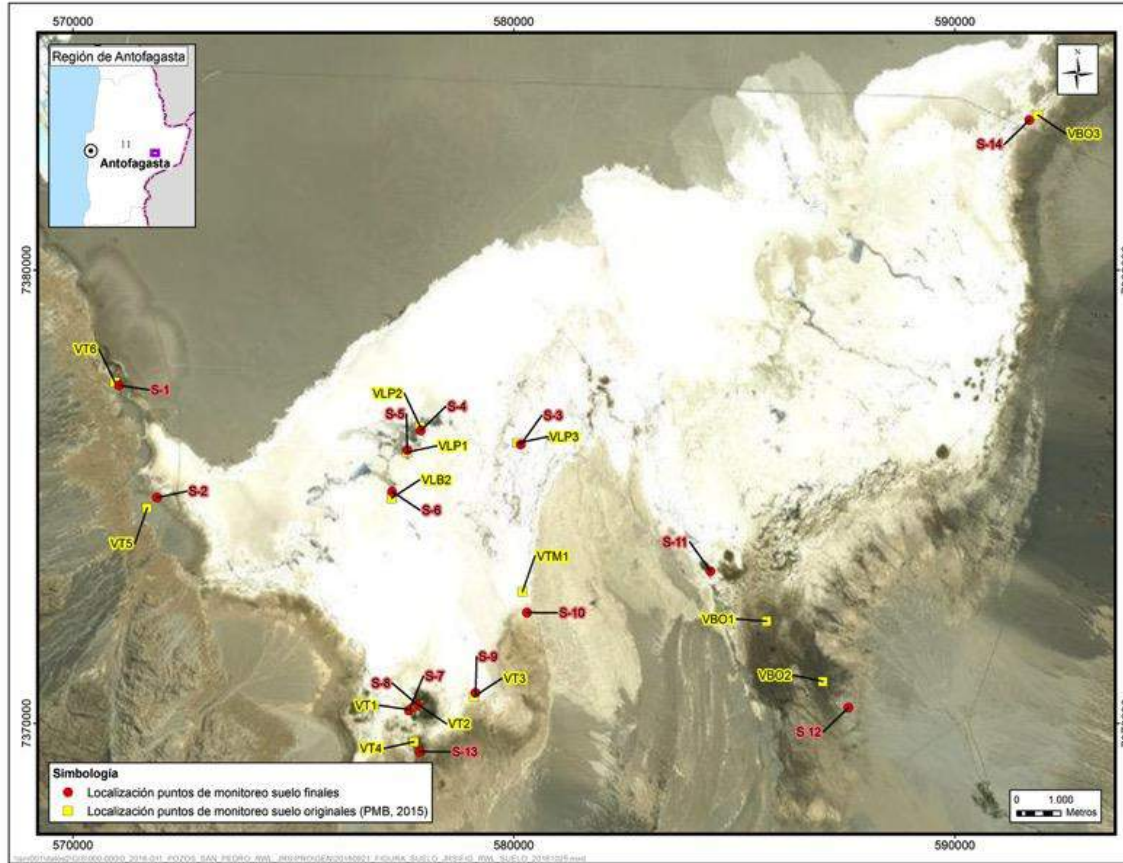
Cabe señalar y considerar que los puntos de muestreo de suelo son variables en el tiempo, dado que, como se describe en método de muestreo, se extrae una calicata, y el área de extracción para el Monitoreo 1, ya fue alterada, y las muestras del Monitoreo 2 fueron tomadas en sectores sin intervención 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 sea la mínima posible. Aun cuando, las coordenadas determinadas mediante navegador GPS son mayores, esto debido al margen de error normal propio del instrumento utilizado.

Tabla N° 8-1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S), originales, Monitoreos 1 y 2, puntos de muestreo suelo.

Sector	Código Original Punto Muestreo suelos (PMB, 2015)	ID punto de muestreo final suelos PMB	Coordenadas UTM (WGS 84) Posición original		Coordenadas UTM (WGS 84) posición final.	
Tilopozo	VT1	S 7	577.638	7.370.303	577.628	7.370.028
Tilopozo	VT2	S 8	577.837	7.370.400	577.831	7.370.399
Tilopozo	VT3	S 9	579.093	7.370.589	579.132	7.370.673
Tilopozo	VT4	S 13	577.733	7.369.597	577.870	7.369.378
Tilopozo	VT5	S 2	571.685	7.374.751	571.909	7.374.983
Tilopozo	VT6	S 1	570.952	7.377.529	571.048	7.377.456
La Punta	VLP1	S 5	577.574	7.375.983	577.586	7.376.028
La Punta	VLP2	S 4	577.878	7.376.549	577.889	7.376.463
La Punta	VLP3	S 3	580.088	7.376.183	580.159	7.376.154
La Brava	VLB2	S 6	577.320	7.374.972	577.240	7.375.111
Peine	VB01	S 11	585.736	7.372.255	584.461	7.373.360
Peine	VB02	S 12	587.006	7.370.925	587.586	7.370.350
Peine	VB03	S 14	591.885	7.383.418	591.689	7.383.312
Peine	VTM1	S 10	580.196	7.372.908	580.299	7.372.443

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 8-1. Localización original y final de calicatas de monitoreo del componente físico – Suelo en el área de estudio, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración Propia

8.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

En la **Tabla N° 8-2** se presentan los parámetros a caracterizar para evaluar el estado y evolución del componente suelo.

Tabla N° 8-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo

Parámetro	Unidad medida
Conductividad eléctrica	uS/cm
Salinidad	mg/kg
Materia orgánica	%
pH	Unidades de pH
Nitrógeno (N)	mg/kg
Fósforo (P)	mg/kg
Potasio (K)	mg/kg
Humedad	%
Conductividad hidráulica (permeabilidad)	cm/h
Textura	---

8.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

8.1.4.1 Metodología *in situ*

En terreno, en cada uno de los puntos de muestreo, se realizan calicatas de una profundidad mínima de 70 cm - excepto en aquellos casos que por presencia de una limitante propia del suelo no sea posible. Posteriormente se delimitan los estratos u horizontes que conforman el perfil, seleccionando en términos generales los dos primeros para tomar las muestras, excepto en aquellos casos en los cuales la potencia del estrato u horizonte superficial, fuese inferior a un mínimo que no permitiese la toma de muestra (inferior a 5 cm) o que estuviese conformado mayoritariamente por sales. En caso de interceptar el nivel freático, se registra su profundidad.

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 efectuó una

delimitación de los horizontes o estratos del perfil y se tomó la muestra en aquellos suelos que presentan un desarrollo pedogenético, esto determina que en algunos casos las muestras fueron tomada a diferentes profundidades y no aquellas señaladas en el PMB, pero manteniendo el número de muestras por punto.

Una vez definidos los horizontes o estratos, durante el Monitoreo 1, se procedió a coleccionar 500 grs. de suelo para enviar al laboratorio. Finalmente, para el análisis de conductividad hidráulica - permeabilidad (metodología de permeámetro de carga constante) se tomaron 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 (**Fotografía N° 8-1**). Este volumen de suelo fue extraído de manera tal que no se afectara la densidad de las muestras, es decir, manteniendo las condiciones originales de terreno.

Durante el Monitoreo 2, para los análisis de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), humedad y Materia Orgánica (MO), se tomó muestras de 1000 grs. cada una en cada punto de monitoreo, en frascos de vidrio identificados y almacenados en forma adecuada. Para los análisis de textura y salinidad, se tomó 500 grs. de suelo embalado y etiquetado, de acuerdo a los protocolos del laboratorio.

8.1.4.2 Análisis de laboratorio

Para realizar los análisis de las muestras de suelo, durante el Monitoreo 1, se contó con el apoyo de tres laboratorios, dos de los cuales se encuentran acreditados como empresa ETFA por la SMA (SGS e Ingeniería DICTUC) (**Ver Anexo Acreditaciones SMA empresas ETFAs y Anexo Suelos o Sustrato**), y el tercero correspondiente al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Para el Monitoreo 2, se realizó con 4 laboratorios, dos de los cuáles se encuentran acreditados como ETFA; ALS Life Sciences Chile y SGS. Los otros dos corresponden a la Universidad de Chile y AGROLAB, laboratorio específico para análisis de suelo, el cual 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 Suelos o Sustrato**).

En la **Tabla N° 8-3** se indican las metodologías utilizadas para determinar los distintos parámetros evaluados en esta subcomponente.

Tabla N° 8-3. Parámetros evaluados y método de análisis. Componente Suelo.

Parámetro	Laboratorio	Invierno 2016	Verano 2017	Método de análisis
Conductividad eléctrica (uS/cm)	DICTUC	X		CNA Método 5.0 of.2007 à Ministerio de Agricultura. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 5.0 Conductividad Eléctrica. 2007
	ALS		X	Soil and Land Survey Handbook, Method 4A 1: Electrical Conductivity, 1992.
Materia orgánica (%)	DICTUC	X		INIA Método 7.1 Of. 2006 à Instituto de Investigación Agropecuaria. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 7.1 Oxidación con dicromato en medio ácido y determinación colorimétrica del cromato reducido. 2006
	SGS		X	Método de Análisis de Suelos 7.2, INIA 2006
pH	DICTUC	X		CNA Método 4.0 Of. 2007 à Ministerio de Agricultura. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 4.0 pH. 2007
	ALS		X	Soil and Land Survey Handbook, Method 3A 1: Soil pH, 1992.
Salinidad (mg/kg base seca)	DICTUC	X		CNA Método 5.0 of.2007 à Ministerio de Agricultura. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 5.0 Conductividad Eléctrica. 2007
	AGROLAB		X	Extracto de saturación y determinación por espectrofotometría de absorción atómica con lantano. Procedimiento de CNA - Método 4.2-Ca,Mg,K,Na
Fósforo (mg/kg)	SGS	X		I-ENV-LAB-277 basado Método de Análisis de Suelo 6.1.INIA 2006
			X	-ENV-LAB-206 Basado en SM 4500-P C Ed.22, 2012
	AGROLAB		X	Extracción con solución de bicarbonato de sodio 0,5 mol/L a pH 8,5 y determinación colorimétrica del azul de molibdeno. Procedimiento de CNA - Método 6.1-P
Nitrógeno (mg/kg)	SGS	X		14.2 Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos de Chile (CNA), extraíble en KCL
			X	I-ENV-LAB-258 basado en método de Análisis de Suelos INIA, SM 4500-Norg B, 4500-NH3 D, Ed.22, 2012

Parámetro	Laboratorio	Invierno 2016	Verano 2017	Método de análisis
	AGROLAB		X	Digestión Kjeldahl modificada. Procedimiento de CNA - Método 14.1-N
Potasio (mg/kg)	SGS	X		I-ENV-LAB-277 basado Método de Análisis de Suelo 4.1.INIA 2006, SM 3120B, Ed.22, 2012
			X	I-ENV-LAB-116 basado en EPA 3050, SM 3111B Ed.22, 2012
	AGROLAB		X	Extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH 7,0 y determinación por espectrofotometría de absorción atómica con lantano. Procedimiento de CNA - Método 4.1-Ca,Mg,K,Na
Conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h)	Fac. Agronomía - U. de Chile	X	X	Permeámetro de carga constante
Humedad (%)	SGS	X	X	I-ENV-LAB-102 basado en método de Análisis de Suelos. INIA 2006
Textura	SGS	X		I-ENV LBA-272 basado Protocolo de métodos de análisis para suelos y Lodos 10. SAG 2007
	AGROLAB		X	Método físico (SAG, 2007)

Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes Tablas, se indica la denominación o categoría, de acuerdo a los valores de los parámetros definidos para el monitoreo edáfico. Sin embargo, es necesario señalar que estos rangos están orientados a los cultivos agrícolas y no a las plantas silvestres, sólo se presentan como referencia.

Tabla N° 8-4. Valores de Materia orgánica (%)

Categoría	Rango
Muy bajo	≤ 0,9
Bajo	1,0 - 1,9
Normal	2 - 2,5
Alto	2,6 - 3,5
Muy alto	> 3,6

Fuente: Sierra y Rojas 1985

Tabla N° 8-5. Interpretación del pH

Categoría	Rango
Extremadamente ácido	< 4,5
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5
Medianamente ácido	5,6 - 6,0
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5
Neutro	6,6 - 7,3
Medianamente básico	7,4 - 7,8
Moderadamente básico	7,9 - 8,4
Ligeramente alcalino	8,5 - 9,0
Alcalino	9,1 - 10,0
Fuertemente alcalino	> 10,0

Fuente: Rioja Molina A. (2002)

Tabla N° 8-6. Categorías de Salinidad.

Categoría	Conductividad eléctrica uS/cm
No salino	0 – 2.000
Ligeramente salino	2.000 – 4.000
Salino	4.000 – 8.000
Muy salino	8.000 – 16.000
Extremadamente salino	> 16.000

Fuente: Sierra, Césped y Osorio (2001)

Tabla N° 8-7. Niveles de Fosforo (mg/kg)

Categoría	Rango
Muy bajo	≤ 5,0
Bajo	5,1 a 10
Medio	10,1 a 20
Alto	20,1 -a 30
Muy alto	≥ 30,1

Fuente Bernier, R. 2000.

Tabla N° 8-8. Niveles de Nitrógeno (mg/kg)

Categoría	Rango
Muy bajo	0 - 10
Bajo	10,1 - 20
Medio	20,1 - 40
Alto	40,1 - 60
Muy alto	> 60

Fuente: Bernier, R. 2000.

Tabla N° 8-9. Niveles de Potasio (mg/kg)

Categoría	Rango
Muy bajo	0 - 50
Bajo	51 - 100
Medio	101 - 150
Adecuado	151 – 800
Alto	> 800

Fuente: Agrolab -Rosita Espinoza Gerente Técnico-Comunicación personal 2017

Tabla N° 8-10. Rangos de conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h)

Velocidad	Rango
Muy baja	< 0,0036
Baja	0,0036 ≤ 0,036
Moderadamente baja	0,036 ≤ 0,360
Moderadamente alta	0,360 ≤ 3,6
Alta	3,6 ≤ 36
Muy alta	≥ 36

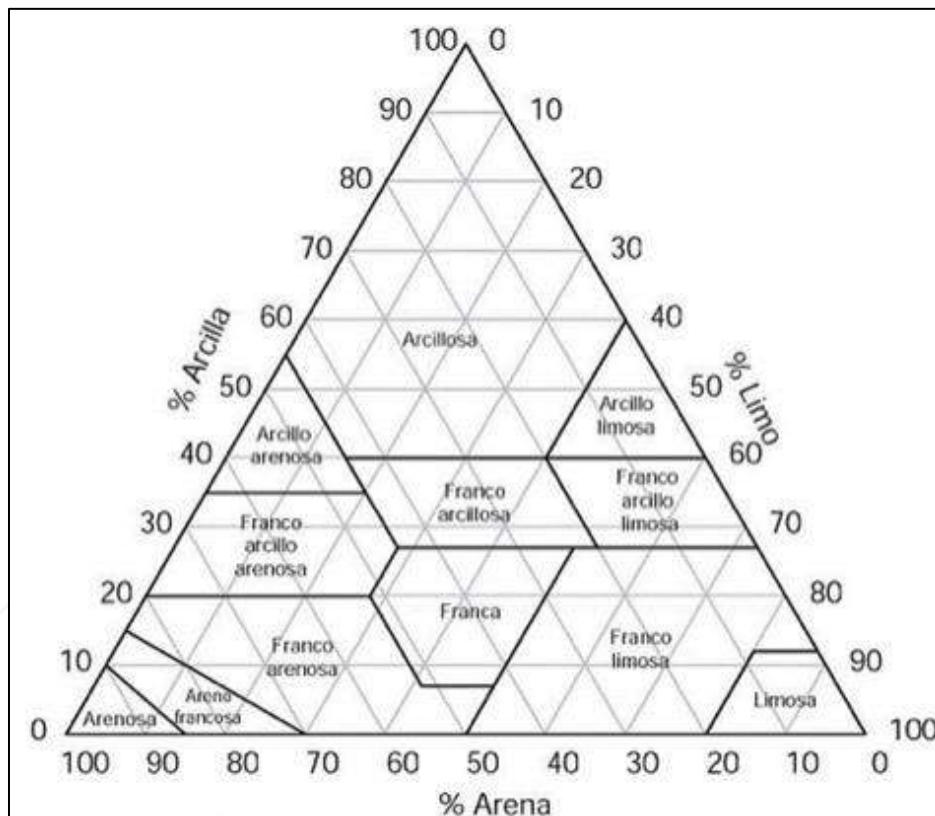
Fuente: USDA. 2012

Tabla N° 8-11. Tamaño de partículas que determina la textura del suelo

Clasificación	Rango del diámetro de partículas	
	mm	µm
Arena muy gruesa	2-1	2000-1000
Arena gruesa	1,0- 0,5	1000-500
Arena media	0,5 - 0,25	500-250
Arena fina	0,25 - 0,1	250-100
Arena muy fina	0,1 - 0,05	100-50
Limo grueso	0,05 - 0,02	50-20
Limo fino	0,02 – 0,002	20-2
Arcilla	<0,002	<2

Fuente: USDA 2012.

Figura N° 8-2. Clases texturales del suelo.



Fuente: Soil Survey Staff. 1993.

8.1.5 Materiales y equipos utilizados

a) Materiales

Para la confección de las calicatas se utilizó:

- Pala
- Picota
- Chuzo

La extracción de las muestras se realizó utilizando:

- Cuchillo
- Pala jardinera
- Espátula

El almacenamiento de las muestras se realizó en:

- Bolsas de plástico
- Envases de vidrio (500 o 1000 grs)
- Tubos de PVC (**Fotografía N° 8-1**)

Fotografía N° 8-1. Materiales utilizados para extraer muestras de suelo para conductividad hidráulica (permeabilidad).



Fuente: Elaboración Propia

El transporte de las muestras a los laboratorios se realizó en cajas de plástico, siendo enviadas vía transporte terrestre.

8.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

La campaña de invierno (Monitoreo 1), se realizó entre los días 9 y 13 de agosto del 2016. Las muestras para análisis de humedad, textura, nitrógeno, fósforo y potasio, se ingresaron al laboratorio de SGS-Calama, el día 13 de agosto del 2016. Para los análisis de conductividad eléctrica, materia orgánica, pH y salinidad, las muestras fueron ingresadas a los laboratorios del DICTUC el día 19 de agosto de 2016.

En igual fecha, las muestras para análisis de conductividad hidráulica, fueron entregadas al Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, la diferencia entre la fecha de colecta y entrega a laboratorio se debe a los tiempos requeridos para el traslado de las muestras de Calama a Santiago.

La campaña de verano (Monitoreo 2), se realizó entre los días 5 y 10 de abril del 2017. Las muestras para análisis de humedad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, se ingresaron al laboratorio de SGS-Calama, el día 10 de abril del 2017. En cuanto a las muestras de nutrientes, éstas también fueron enviadas a AGROLAB para su análisis.

Para los análisis de salinidad y textura, además de nitrógeno, fósforo y potasio, las muestras fueron ingresadas a AGROLAB el día 14 de abril del 2017, como también las muestras fueron entregadas en ALS para análisis de pH y Conductividad Eléctrica. En igual fecha, las muestras para análisis de conductividad hidráulica, ingresaron al Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile.

8.2 RESULTADOS

8.2.1 Resultados campaña de invierno

8.2.1.1 Caracterización suelos

La caracterización de los suelos en los diferentes puntos de muestreos, se realiza considerando tanto información de terreno, como de los resultados obtenidos a través de los análisis de laboratorios. A continuación, se presenta una descripción de los suelos por sector para cada punto de muestreo, ver **Figura N° 2-2. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio.**

a) Sector de Tilopozo

a-1) *Punto de Muestreo S 1 (VT6)*

Suelo de topografía ligeramente plana, con escasa pedregosidad superficial y vegetación en manchones de *Distichlis spicata*, los cuales se presentan dispersos en forma heterogénea en el área (**Fotografía N° 8-2**).

Fotografía N° 8-2. Vista general punto de muestreo S 1. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Este suelo presenta en superficie un horizonte salino, duro de una potencia de 11 cm. Bajo éste se presenta otro de potencia de 13 cm (11 – 24 cm, que corresponde a S 1-1) de textura arenosa (), con una humedad que asciende a 9%, y con valores de NPK de 22 mg/kg, 1,6 mg/kg y 2.647,4 mg/kg, es decir, medio, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-12**).

La materia orgánica es muy baja (0,98%), con una conductividad eléctrica de 10.740 uS/cm, correspondiendo a un suelo muy salino, donde la cantidad de sales es de 30.625 mg/kg, de pH ligeramente alcalino (8,68), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 34,3 cm/h, lo que determina que la velocidad promedio de infiltración es alta (**Tabla N° 8-12**).

En profundidad (24 -74 cm, que corresponde a S 1-2), se presenta un horizonte de textura areno francosa (**Fotografía N° 8-3**), con una humedad que asciende a 14,3%, donde el NPK se encuentra en valores de 8 mg/kg, 1,7 mg/kg y 1.643,9 mg/kg, es decir, muy bajo, muy bajo y alto respectivamente. Este horizonte presenta un 0,854% de materia orgánica (muy bajo) un pH moderadamente básico (8,39), ligeramente salino (C.E. 2.490 uS/cm), con una cantidad de sales de 6.400 mg/kg (**Tabla N° 8-12**).

La conductividad hidráulica (permeabilidad) de este horizonte asciende a 22 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración es alta (**Tabla N° 8-12**).

Tabla N° 8-12. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Invierno 2016.

Punto muestreo	-	S 1-1	S 1-2
Profundidad (cm)	0 - 11	11 - 24	24 - 74
C. E. (uS/cm)	-	10.740	2.490
MO (%)	-	0,982	0,854
pH	-	8,68	8,39
Salinidad (mg/kg)	-	30.625	6.400
N (mg/kg)	-	22	8
P (mg/kg)	-	1,6	1,7
K (mg/kg)	-	2.647,4	1.639,9
Permeabilidad (cm/h)	-	34,3	22,0
Humedad (%)	-	8,9	14,3
Textura	-	Arenoso	Areno francosa

Fotografía N° 8-3. Vista general perfil punto de muestreo S 1, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

a-2) Punto de Muestreo S 2 (VT5)

Suelo que corresponde a terrenos planos, sin pedregosidad superficial y con vegetación conformando manchones de *Distichlis spicata*, heterogéneamente distribuidos (**Fotografía N° 8-4**).

Fotografía N° 8-4. Vista general punto de muestreo S 2. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil de suelo que presenta en superficie (0 a 23 cm, S2-1) un estrato salino con inclusiones limo arenosas de hasta 2 cm de potencia (**Fotografía N° 8-5**), cuya textura corresponde a franca, con una humedad que asciende a 14,5%, y con valores de NPK de 18 mg/kg, 3,4 mg/kg y 4.184,7 mg/kg, es decir, bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,949 %), suelo muy salino (C.E. 12.020 uS/cm), y la concentración de sales es de 34.250 mg/kg, y de pH ligeramente alcalino (8,5), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 868,5 cm/h lo que determina que la velocidad de infiltración promedio es muy alta (**Tabla N° 8-13**).

Bajo este primer horizonte se presenta un segundo horizonte entre los 23 y 68 cm (S 2-2) (**Fotografía N° 8-5**), de textura franca, con una humedad que asciende a 19,6%, donde el NPK se encuentra en valores de 7 mg/kg, 2,2 mg/kg y 1.128,7 mg/kg, equivalente a valores muy bajo, muy bajo y alto respectivamente. Este horizonte presenta un 0,655 % de materia orgánica (muy bajo), un pH moderadamente básico (8,15), suelo salino (C.E. 4.340 uS/cm) y una concentración de sales de 11.550 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 766,4 cm/h, equivalente a un suelo que presenta una velocidad de infiltración muy alta.

A partir de los 68 cm, se observa un estrato salino arenosos grueso, extremadamente duro (**Fotografía N° 8-5**).

Tabla N° 8-13. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 2-1	S 2-2	-
Profundidad (cm)	0 - 23	23 - 68	68 y más
C. E. (uS/cm)	12.020	4.340	-
MO (%)	0,949	0,655	-
pH	8,47	8,15	-
Salinidad (mg/kg)	34.250	11.550	-
N (mg/kg)	18	7	-
P (mg/kg)	3,4	2,2	-
K (mg/kg)	4.184,7	1.128,7	-
Conductividad hidráulica (cm/h)	868,5	766,4	-
Humedad (%)	14,5	19,6	-
Textura	Franco	Franco	-

Fotografía N° 8-5. Vista general perfil punto de muestreo S 2, invierno 2016.**a-3) Punto de Muestreo S 7 (VT1)**

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y la cobertura de la vegetación es inferior a 75%, constituida principalmente por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-6**).

Fotografía N° 8-6. Vista general punto de muestreo S 7. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

El perfil de este suelo está conformado en superficie por un estrato salino entre los 0 a 5 cm, bajo este se presenta otro, entre los 5 a 20 cm (S 7-1) (**Fotografía N° 8-7**), cuya textura es franca, con una humedad de 55,3%, y los nutrientes (NPK) se presentan en 8, 4 y 3.619 mg/kg., es decir, muy bajo, muy bajo y alto. La materia orgánica es muy alta (4,993%) cuya explicación está dada por que es el área de mayor acumulación de restos

vegetales como también alta presencia de raíces, el pH es ligeramente alcalino (8,55), suelo muy salino (C.E. 11.670 uS/cm), determinado por una concentración de sales que asciende a 33.100 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 536,8 cm/h, determinando que el suelo presente una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-14**).

Entre los 20 a 45 cm. (S7-2) y más, se presenta un horizonte franco (**Fotografía N° 8-7**), duro; cuya humedad asciende a 53,3% los nutrientes (NPK) presentan valores que asciendes a 9, 1,5 y 841,6 mg/kg., equivalente a valores muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es baja (1,995%), ligeramente alcalino (pH 8,66), ligeramente salino (C.E. 3.160 uS/cm), y una concentración de sales que asciende a 8.300 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 39,8 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-14**).

Tabla N° 8-14. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Invierno 2016.

Punto muestreo	-	S 7-1	S 7-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 20	20 - 45
C. E. (uS/cm)	-	11.670	3.160
MO (%)	-	4,993	1,995
pH	-	8,55	8,66
Salinidad (mg/kg)	-	33.100	8.300
N (mg/kg)	-	8	9
P (mg/kg)	-	4	1,5
K (mg/kg)	-	3.619	841,6
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	536,8	39,8
Humedad (%)	-	55,3	53,3
Textura	-	Franco	Franco

Fotografía N° 8-7. Vista general perfil punto de muestreo S 7, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

a-4) Punto de Muestreo S 8 (VT2)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial, nivel freático a los 47 cm. y con una cobertura vegetal muy densa, destacando la presencia de *Juncus balticus*, *Schoenoplectus californicus* y en menor proporción *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-8**).

Fotografía N° 8-8. Vista general punto de muestreo S 8. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

En superficie entre los 0 a 21 cm. (S 8-1), se presenta un colchón de raíces (Fotografía N° 8-9.), de textura franca, con una humedad de 73%, y el NPK se encuentran en valores que asciendes a 1, 78,1 y 1.870 mg/kg., es decir, muy bajo, muy alto y alto,

respectivamente. La materia orgánica es muy alta (15,019%), determinada por la abundante presencia de restos vegetales como también raíces funcionales, el pH es moderadamente básico (8,44), salino (5.960 uS/cm) determinado por una concentración de sales que asciende a 16.150 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 186,1 cm/h., es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-15**).

En profundidad se presenta un segundo horizonte (21 – 60 y más; S 8-2), correspondiendo a una sucesión de estratos franco, con abundante presencia de restos vegetales descompuestos y semi descompuestos (Fotografía N° 8-9.) y humedad de un 54,2%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 2, 14,9 y 970,3 mg/kg., es decir, muy bajo, medio y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (5,317%), pH moderadamente básico (8,35), no salino (1.671 uS/cm) determinado por una concentración de sales que asciende a 4.200 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 31,3 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-15**).

Tabla N° 8-15. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 8-1	S 8-2
Profundidad (cm)	0 - 21	21 - 60
C. E. (uS/cm)	5.960	1.671
MO (%)	15,019	5,317
pH	8,44	8,35
Salinidad (mg/Kg)	16.150	4.200
N (mg/kg)	1	2
P (mg/kg)	78,1	14,9
K (mg/kg)	1.870	970,3
Conductividad hidráulica (cm/h)	186,1	31,3
Humedad (%)	73	54,2
Textura	Franco	Franco

Fotografía N° 8-9. Vista general perfil punto de muestreo S 8, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

a-5) Punto de Muestreo S 9 (VT3)

Suelo que presenta en superficie una costra salina, suelta, sin pedregosidad superficial y sin vegetación, de topografía plana. Entre los 0 a 21 cm (S 9-1), se presenta un horizonte conformado por sales (**Fotografía N° 8-10**), suelto, de textura arenosa, con una humedad que asciende a 26,1%, y el NPK se presentan en valores de 2, 68,8 y 1.037,6 mg/kg, respectivamente, siendo considerados muy bajo, muy alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,554%), pH moderadamente básico (8,39), salino (7.200 uS/cm) dada la concentración de sales que asciende a 19.700 mg/kg (**Tabla N° 8-16**).

Para el primer horizonte y considerando que corresponde a una costra (horizonte) conformado mayoritariamente por sales sueltas, y sin desarrollo pedogenético (por lo que no corresponde a suelo en sentido tradicional), no se tomó muestra para determinar conductividad hidráulica (permeabilidad), además, se debe tener en cuenta que presenta nula cohesión de las partículas que lo conforman, las cuales son de gran tamaño, lo que determina que la velocidad de infiltración sea muy alta.

En profundidad se presenta un segundo horizonte (21 a 49 cm, S 9-2), correspondiendo a un horizonte de textura franca (**Fotografía N° 8-10**), extremadamente duro, la humedad es de 50,1%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 3, 1,2 y 1.255,2 mg/kg, considerados muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,098%), pH es moderadamente básico (8,21), ligeramente salino (2.360 uS/cm) determinado por una concentración de sales que asciende a 6.050 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 56,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-16**).

A partir de los 49 cm y hasta los 58 (S 9-3) (**Fotografía N° 8-10.**), se presenta un estrato arenoso fuertemente compactado (duripan), y con presencia de nivel freático a los 50 cm, la conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.270,6 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-16**). En este horizonte los restantes parámetros no fueron evaluados, considerando en primera instancia la RCA, que indica que se deben tomar dos muestras por punto, y en segundo lugar determinar si la presencia del duripan, afectaba la velocidad de infiltración, dado la presencia de un nivel freático.

Tabla N° 8-16. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 9-1	S 9-2	S 9-3
Profundidad (cm)	0 - 21	21 - 49	49 - 58 y más
C. E. (uS/cm)	7.200	2.360	-
MO (%)	0,554	1,098	-
pH	8,39	8,21	-
Salinidad (mg/kg)	19.700	6.050	-
N (mg/kg)	2	3	-
P (mg/kg)	68,8	1,2	-
K (mg/kg)	1.037,6	1.255,2	-
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	56,3	1.270,6
Humedad (%)	26,1	50,1	-
Textura	Arenoso	Franco	-

Fotografía N° 8-10. Vista general perfil punto de muestreo S 9, invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

a-6) Punto de Muestreo S 13 (VT4)

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y cobertura de la vegetación superior a 50%, donde destacan *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-11**).

Fotografía N° 8-11. Vista general punto de muestreo S 13. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un estrato salino entre los 0 a 12 cm. A partir de los 12 hasta los 32 cm (S13-1), existe un horizonte de textura franca muy gravosa (**Fotografía N° 8-12**), cuya humedad es de 31,4%, y los valores de NPK, corresponden a 20, 3,6 y 1.854 mg/kg., siendo bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,181%), el pH es moderadamente básico (8,01), el suelo es salino (C.E. 4.020 uS/cm) debido a la cantidad de sales, la cual asciende a 10.600 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 28,5 cm/h. es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-17**).

Bajo los 32 cm. (S 13-2), existe un horizonte de textura franco limosa (Fotografía N° 8-12.), en el cual la humedad es de 40,1%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 19, 1,6 y 1.723,1 mg/kg., considerados bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (0,418%), el pH es ligeramente alcalino (8,77), suelo no salino (C.E. 1.270 uS/cm), dada la concentración de sales que asciende a 3.150 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 140,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-17**).

Tabla N° 8-17. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Invierno 2016.

Punto muestreo	-	S 13-1	S 13-2
Profundidad (cm)	0 - 12	12 - 32	32 - 52
C. E. (uS/cm)	-	4.020	1.270
MO (%)	-	1,181	0,418
pH	-	8,01	8,77
Salinidad (mg/kg)	-	10.600	3.150
N (mg/kg)	-	20	19
P (mg/kg)	-	3,6	1,6
K (mg/kg)	-	1.854	1.723,1
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	28,5	140,1
Humedad (%)	-	31,4	40,1
Textura	-	Franco	Franco limoso

Fotografía N° 8-12. Vista general perfil punto de muestreo S 13, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

b) Sector La Punta-La Brava

b-1) Punto de Muestreo S 3 (VLP3)

Suelo de topografía plana, en superficie se presenta un estrato salino y con vegetación asociada principalmente a cursos de agua permanentes, donde destacan *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa* (**Fotografía N° 8-13**). El nivel freático se encuentra a los 20 cm (**Fotografía N° 8-15**).

Fotografía N° 8-13. Vista general punto de muestreo S 3. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil que en superficie presenta un horizonte salino de una potencia de 30 cm (0 a 30, S 3-1), suelto, de textura areno francosa (**Fotografía N° 8-14**), con una humedad que alcanza a 48,7% y los valores de NPK son 8, 3,1 y 1.615,7 mg/kg, es decir, valores muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-18**).

La materia orgánica es muy baja (0,972 %), suelo muy salino (C.E. 13.430 uS/cm), la concentración de sales asciende a 38.650 mg/kg, y el pH es moderadamente básico (8,17), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 29,2 cm/h, lo que determina que la permeabilidad del suelo sea alta (**Tabla N° 8-18**).

Bajo el horizonte anterior se presenta un segundo horizonte entre los 30 a 71 cm. (S 3-2) y más (**Fotografía N° 8-14**), cuya textura es franca y la humedad asciende a 54,8%; en este estrato el NPK se encuentra en valores de 3, 2,3 y 1.195,8 mg/kg, considerado muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-18**).

Este horizonte presenta un 0,765 % de materia orgánica (muy bajo), un pH moderadamente básico (7,93), siendo salino (C.E. 6.650 uS/cm), con una concentración de sales de 18.200 mg/kg (**Tabla N° 8-18**).

Para el horizonte S 3-2, durante esta campaña, no fue posible tomar muestras para conductividad eléctrica (permeabilidad), dado que la velocidad de aumento en el nivel del agua en el interior de la calicata, era extremadamente rápida, lo que determinaba que en aproximadamente 5 minutos, el agua alcanzaba su máximo; dado los protocolos para la toma de este tipo muestra, referidos a volumen (130,6 cm³) de suelo sin alteraciones de

sus propiedades; y a que debe ser tomado en sentido perpendicular a la superficie del suelo.

Tabla N° 8-18. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 3-1	S 3-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 71
C. E. (uS/cm)	13.430	6.650
MO (%)	0,972	0,765
pH	8,17	7,93
Salinidad (mg/kg)	38.650	18.200
N (mg/kg)	8	3
P (mg/kg)	3,1	2,3
K (mg/kg)	1.615,7	1.195,8
Conductividad hidráulica (cm/h)	29,2	-
Humedad (%)	48,7	54,8
Textura	Areno francosa	Franco

Fotografía N° 8-14. Vista general perfil punto de muestreo S 3, invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 8-15. Vista general perfil punto de muestreo S 3, nivel freático subsuperficial. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

b-2) Punto de Muestreo S 4 (VLP2)

Corresponde a un suelo de topografía plana y con escasa presencia de agua superficial, la cual ocupa de preferencia sectores deprimidos. La vegetación es muy escasa y constituye poblaciones de *Distichlis spicata*, las cuales se presentan dispersas en el área, con nivel freático a los 4 cm. (**Fotografía N° 8-17**).

Perfil conformado en superficie por un estrato entre los 0 a 4 cm. (**Fotografía N° 8-16**), de textura arenosa gruesa, entre los 4 a 14 cm (S 4-1) el suelo es de textura areno francosa, con una humedad de 24,3%, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 134,6 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta, el NPK se presenta en valores de 6, 1,4 y 2.032,5 mg/kg, es decir muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. En éste la materia orgánica es baja (1,281 %), el pH es ligeramente alcalino (9,03), no salino (C.E. 1.530 uS/cm) y una concentración de sales de 3.850 mg/kg. (**Tabla N° 8-19**).

Entre los 14 a 65 cm. y más (S 4-2) (**Fotografía N° 8-16**), se observa un horizonte de textura areno francosa, con una humedad que asciende a 36,9% y el NPK disponible se presenta en valores de 5, 1,7 y 1.465,4 mg/kg, es decir, muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es baja (1,815%) y el pH ligeramente alcalino (8,81), suelo no salino (C.E. 1.690 uS/cm) y una concentración de sales solubles de 4.250 mg/kg, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 350 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-19**).

Tabla N° 8-19. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Invierno 2016.

Punto muestreo	-	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 - 14	14 - 65
C. E. (uS/cm)	-	1.530	1.690
MO (%)	-	1,281	1,815
pH	-	9,03	8,81
Salinidad (mg/kg)	-	3.850	4.250
N (mg/kg)	-	6	5
P (mg/kg)	-	1,4	1,7
K (mg/kg)	-	2.032,5	1.465,4
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	134,6	350
Humedad (%)	-	24,3	36,9
Textura	Arenosa	Areno francosa	Areno francosa

Fotografía N° 8-16. Vista general perfil punto de muestreo S 4, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 8-17. Vista general perfil punto de muestreo S 4, nivel freático subsuperficial. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

b-3) Punto de Muestreo S 5 (VLP1)

Suelo de topografía plana con presencia de abundante agua en superficie, la vegetación es muy escasa, la que conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, y que se presentan dispersas heterogéneamente en el área (**Fotografía N° 8-18**).

Fotografía N° 8-18. Vista general punto de muestreo S 5. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por un horizonte superficial de 5 cm (S 5-1) (**Fotografía N° 8-19**), de textura arenosa y con una humedad que alcanza al 46,1%. Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 3, 3,6 y 4.198,5 mg/kg, es decir, muy bajo, muy bajo y alto. La

materia orgánica es baja (1,6%), pH ligeramente alcalino (8,6), ligeramente salino (C.E. 3.250 uS/cm), y una concentración de sales que asciende a 8.500 mg/kg (**Tabla N° 8-20**).

Dada la potencia de este horizonte (5 cm.), no fue posible tomar la muestra para conductividad hidráulica, ya que el material de muestreo (tubo PVC) requiere a lo menos 8 cm de potencia del horizonte para extraer una muestra representativa del suelo.

Entre los 5 y 40 cm (S 5-2) se presentan una sucesión de estratos arenosos medios y finos, extremadamente duro, intercalados con arena gruesa cuya potencia varía entre 1 a 3 cm., donde la humedad es de 27,8%, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 2.294 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta, y el NPK se presenta en valores de 4, 1,7 y 2.658,9 mg/kg, es decir, muy bajo, muy bajo y alto. Mientras que, la materia orgánica se encuentra en el rango alto (2,968%), con un pH ligeramente alcalino (8,86), suelo ligeramente salino (C.E. 2.260 uS/cm), y una concentración de sales solubles de 5.800 mg/kg (**Tabla N° 8-20**).

El nivel freático se presenta a 2 cm de profundidad (**Fotografía N° 8-20**).

Tabla N° 8-20. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 40
C. E. (uS/cm)	3.250	2.260
MO (%)	1,6	2,968
pH	8,6	8,86
Salinidad (mg/kg)	8.500	5.800
N (mg/kg)	3	4
P (mg/kg)	3,6	1,7
K (mg/kg)	4.198,5	2.658,9
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	2.294
Humedad (%)	46,1	27,8
Textura	Arenosa	Arenosa

Fotografía N° 8-19. Vista general perfil de suelo punto de muestreo S 5, invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 8-20. Vista general calicata punto de muestreo S 5, nivel freático subsuperficial. Nivel freático a 2 cm. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

b-4) Punto de Muestreo S 6 (VLB2)

Este suelo en el punto de muestreo presenta una costra salina con presencia de limo, dura, sin pedregosidad superficial y vegetación, de topografía suavemente inclinada (**Fotografía N° 8-21**).

Fotografía N° 8-21. Vista general punto de muestreo S 6. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina entre los 0 a 20 cm, dura en superficie y suelta en profundidad (**Fotografía N° 8-22**). A partir de los 20 y hasta los 41 cm (S 6-1), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 60%, y los valores de NPK, corresponden a 3, 4,4 y 5.751,1 mg/kg., es decir, valores muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,4%), el pH es moderadamente básico (8,28), suelo salino (C.E. 7.385 uS/cm), la concentración de sales solubles es de 20.300 mg/kg. y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 71,9 cm/h, es decir, la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-21**).

Bajo los 41 cm. (S 6-2) (**Fotografía N° 8-22**), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 74,3%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 4, 10,1 y 8.762,7 mg/kg, es decir muy bajo, medio y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy alta (5,539%) situación no muy frecuente en el área y cuya explicación se debe a la presencia de abundantes restos vegetales humificados, proveniente de antiguas formaciones vegetales enterradas, probablemente por el aumento violento del nivel del agua (**Tabla N° 8-21**).

Suelo con un pH moderadamente básico (8,08), muy salino (C.E. 13.220 uS/cm) y una concentración de sales que asciende a 38.100 mg/kg. y la conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 29,9 cm/h, lo que determina una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-21**).

Tabla N° 8-21. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Invierno 2016.

Punto muestreo	-	S 6-1	S 6-2
Profundidad (cm)	0 - 20	20 - 41	41 - 67
C. E. (uS/cm)	-	7.385	13.220
MO (%)	-	1,4	5,539
pH	-	8,28	8,08
Salinidad (mg/kg)	-	20.300	38.100
N (mg/kg)	-	3	4
P (mg/kg)	-	4,4	10,1
K (mg/kg)	-	5.751,1	8.762,7
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	71,9	29,9
Humedad (%)	-	60	74,3
Textura	-	Franco	Franco

Fotografía N° 8-22. Vista general perfil punto de muestreo S 6, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Peine

c-1) Punto de Muestreo S 10 (VTM1)

Suelo que presenta una topografía suavemente inclinada y sin vegetación. En superficie se presenta un estrato salino con abundante limo, duro (**Fotografía N° 8-23**).

Fotografía N° 8-23. Vista general punto de muestreo S 10. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina entre los 0 a 7 cm (**Fotografía N° 8-24**), extremadamente duro. A partir de los 7 y hasta los 17 cm (S 10-1), existe un horizonte de textura franca, con una humedad de 15,2%, y los valores de NPK son 22, 8,3 y 2.816,2 mg/kg., es decir, medio, bajo y alto, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (0,791%), el pH es alcalino (9,19), salino (C.E. 6.820 uS/cm) debido a la cantidad de sales solubles, la cual asciende a 18.650 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 493,8 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-22**).

Entre los 17 y 22 cm, se presenta un estrato salino extremadamente duro, motivo por el cual no fue posible realizar la toma de muestra (**Fotografía N° 8-24**).

Bajo los 22 cm. (S 10-2) (**Fotografía N° 8-24**), existe un horizonte de textura franco arcillosa, en el cual la humedad es de 33%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 8, 2,5 y 4.666,4 mg/kg., es decir, muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es normal (2,017%), pH es ligeramente alcalino (8,74), suelo ligeramente salino

(C.E. 3.590 uS/cm), dado la concentración de sales que asciende a 9.450 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica de 0 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy baja (Tabla N° 8-22).

Tabla N° 8-22. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Invierno 2016.

Punto muestreo	-	S 10-1	-	S 10-2
Profundidad (cm)	0 - 7	7 - 17	17 - 22	22 - 60
C. E. (uS/cm)	-	6.820	-	3.590
MO (%)	-	0,791	-	2,017
pH	-	9,19	-	8,74
Salinidad (mg/kg)	-	18.650	-	9.450
N (mg/kg)	-	22	-	8
P (mg/kg)	-	8,3	-	2,5
K (mg/kg)	-	2.816,2	-	4.666,4
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	493,8	-	0
Humedad (%)	-	15,2	-	33
Textura	-	Franco	-	Franco arcilloso

Fotografía N° 8-24. Vista general perfil punto de muestreo S 10, invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

c-2) *Punto de Muestreo S 11 (VB01)*

Terreno suavemente inclinado, sin pedregosidad superficial, con nivel freático permanente a los 17 cm. y con una cobertura de la vegetación que asciende a un 100%, correspondiendo ésta a una pradera dominada principalmente por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-25**).

Fotografía N° 8-25. Vista general punto de muestreo S 11. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por un horizonte superficial entre los 0 a 33 cm (S 11-1) (**Fotografía N° 8-26**), de textura franca, con una humedad que alcanza al 62,8%, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 24,9 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-23**).

Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 12, 4,2 y 1.484,6 mg/kg., es decir, bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (4,463%), con un pH moderadamente básico (8,37), ligeramente salino (C.E. 2.361 uS/cm), y una concentración de sales que asciende a 6.025 mg/kg (**Tabla N° 8-23**).

Entre los 33 a 65 cm (S11-2) (**Fotografía N° 8-26**), se presentan un segundo estrato de textura franca, en el cual la humedad es de 58%, conductividad hidráulica (permeabilidad) de 425,4 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta y el NPK se presenta en valores de 13, 2,8 y 921 mg/kg., considerado bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es alta (3,071), con un pH moderadamente básico (8,42), no salino (C.E. 1.642 uS/cm), determinada por una concentración de sales de 4.100 mg/kg (**Tabla N° 8-23**).

Tabla N° 8-23. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Profundidad (cm)	0 - 33	33 -65
C. E. (uS/cm)	2.361	1.642
MO (%)	4,463	3,071
pH	8,37	8,42
Salinidad (mg/kg)	6.025	4.100
N (mg/kg)	12	13
P (mg/kg)	4,2	2,8
K (mg/kg)	1.484,6	921
Conductividad hidráulica (cm/h)	24,9	425,4
Humedad (%)	62,8	57,8
Textura	Franco	Franco

Fotografía N° 8-26. Vista general perfil punto de muestreo S 11, nivel freático subsuperficial. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

c-3) *Punto de Muestreo S 12 (VB02)*

Suelos de topografía suavemente inclinado, de origen depositacional (aluvional), sin pedregosidad superficial y con un matorral de cobertura clara (25 a 50% de cobertura), destacando como especie principal *Tessaria absinthioides* (**Fotografía N° 8-27**).

Fotografía N° 8-27. Vista general punto de muestreo S 12. Invierno 2016.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por una sucesión de horizontes de texturas gruesas (arenas) tanto en superficie como en profundidad (**Fotografía N° 8-28**), con abundantes gravas y gravillas en todo el perfil.

Entre los 0 a 30 cm. (S 12-1), se puede observar un horizonte conformado por sucesivas depositaciones de materiales con dominancia de textura arenosa, con una humedad de 1,2%, el NPK disponible son 40, 2,1 y 905,3 mg/kg., considerados medio, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-24**). Suelos con materia orgánica muy baja (0,775%), pH ligeramente alcalino (8,58), ligeramente salino (3.970 uS/cm), dado por una concentración de 10.500 mg/kg. de sales solubles. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 10,5 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta.

Entre los 30 y 60 cm (S 12-2), el horizonte es de textura dominante arenosa fina y media, con una humedad de 2,6%, el NPK disponible se presenta en valores de 38, 1,3 y 865,3 mg/kg., es decir, medio, muy bajo y alto, respectivamente. Suelo con materia orgánica baja (1,442%), pH ligeramente alcalino (8,62), suelo muy salino (C.E. 11.890 uS/cm), determinado por una concentración de sal de 33.800 mg/kg., y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 38,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-24**).

Tabla N° 8-24. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 12-1	S 12-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 60
C. E. (uS/cm)	3.970	11.890
MO (%)	0,775	1,442
pH	8,58	8,62
Salinidad (mg/kg)	10.500	33.800
N (mg/kg)	40	38
P (mg/kg)	2,1	1,3
K (mg/kg)	905,3	865,3
Conductividad hidráulica (cm/h)	10,5	38,3
Humedad (%)	1,2	2,6
Textura	Arenosa	Arenosa

Fotografía N° 8-28. Vista general perfil punto de muestreo S 12, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

c-4) Punto de Muestreo S 14 (VB03)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía plana, que presenta en superficie un estrato salino, sin pedregosidad superficial y con vegetación del tipo herbácea, la cual forma agrupaciones de *Distichlis spicata* dispersas heterogéneamente (**Fotografía N° 8-29**).

Fotografía N° 8-29. Vista general punto de muestreo S 14. Invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

En superficie entre los 0 a 28 cm (S 14-1), se presenta un horizonte conformado principalmente por sales (**Fotografía N° 8-30**), suelto, de textura arenosa, cuya humedad asciende a 23,6%, y el NPK se presentan en valores que asciendes a 23, 1 y 677,3 mg/kg., considerados medio, muy bajo y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,385%), pH moderadamente básico (8,39), ligeramente salino (2.800 uS/cm) dada la concentración de sales que asciende a 7.300 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 191,3 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-25**).

Entre los 28 y 45 cm. (S 14-2), existe otro horizonte de textura franco limosa (**Fotografía N° 8-30**), donde la humedad es de 70,4%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 9, 1,4 y 3.993,4 mg/kg., considerados muy bajo, muy bajo y alto (**Tabla N° 8-25**).

Horizonte donde la materia orgánica es normal (2,005%), pH moderadamente básico (8,01), ligeramente salino (2.470 uS/cm) determinado por una concentración de sales que asciende a 6.300 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica de 231 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-25**).

A partir de los 45 cm., se observa un estrato fuertemente compactado con presencia de abundantes sales y el nivel freático se presenta a los 32 cm. (**Fotografía N° 8-30**).

Tabla N° 8-25. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Invierno 2016.

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2	-
Profundidad (cm)	0 - 28	28 - 45	45 y más
C. E. (uS/cm)	2.800	2.470	-
MO (%)	1,385	2,005	-
pH	8,39	8,01	-
Salinidad (mg/kg)	7.300	6.300	-
N (mg/kg)	23	9	-
P (mg/kg)	1	1,4	-
K (mg/kg)	677,3	3.993,4	-
Conductividad hidráulica (cm/h)	191,3	231,0	-
Humedad (%)	23,6	70,4	-
Textura	Arenoso	Franco limoso	-

Fotografía N° 8-30. Vista general perfil punto de muestreo S 14, invierno 2016.

Fuente: Elaboración Propia

8.2.2 Resultados campaña de Verano

8.2.2.1 Caracterización suelos

a) Sector de Tilopozo

a-1) Punto de Muestreo S 1 (VT6)

Suelo de topografía ligeramente plana, con escasa pedregosidad superficial y vegetación en manchones de *Distichlis spicata*, los cuales se presentan dispersos en forma heterogénea en el área (**Fotografía N° 8-31**).

Fotografía N° 8-31. Vista general punto de muestreo S 1. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

Este suelo presenta en superficie un horizonte salino, duro, de una potencia de 10 cm. Bajo éste se presenta otro de potencia de 14 cm (10 – 24 cm, S 1-1) de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-32**), con una humedad que asciende a 13,3%, y con valores de NPK de 19, 9 y 1.965 mg/kg, es decir, bajo, bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-26**).

La materia orgánica es muy baja (<0,1%), con una conductividad eléctrica de 5.620 uS/cm, correspondiendo a un suelo salino, donde la cantidad de sales es de 1.965 mg/kg, el pH es moderadamente básico (8,4), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 30,1 cm/h, lo que determina que la velocidad promedio de infiltración es alta (**Tabla N° 8-26**).

En profundidad (24 -74 cm, S 1-2), se presenta un horizonte de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-32**), con una humedad que asciende a 16,4%, en el cual NPK se

encuentra en valores de 16, 5 y 1.726 mg/kg, es decir, bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Horizonte que presenta porcentaje inferior a 0,1% de materia orgánica (muy bajo), con un pH ligeramente alcalino (8,9), suelo salino (C.E. 4.350 uS/cm), y con 19.908 mg/kg de sales disueltas (**Tabla N° 8-26**).

La conductividad hidráulica (permeabilidad) de este horizonte asciende a 24,7 cm/h, lo que determina una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-26**).

Tabla N° 8-26. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Verano 2017.

Punto muestreo	-	S 1-1	S 1-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10 - 24	24 - 74
C. E. (uS/cm)	-	5.620	4.350
MO (%)	-	< 0,1	< 0,1
pH	-	8,4	8,9
Salinidad (mg/kg)	-	28.728	19.908
N (mg/kg)	-	19	16
P (mg/kg)	-	9	5
K (mg/kg)	-	1.965	1.726
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	30,1	24,7
Humedad (%)	-	13,3	16,4
Textura	-	Franco Arenoso	Franco Arenoso

Fotografía N° 8-32. Vista general perfil punto de muestreo S 1. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

a-2) *Punto de Muestreo S 2 (VT5)*

Suelo que corresponde a terrenos planos, sin pedregosidad superficial y con vegetación que conforma manchones de *Distichlis spicata*, los cuales se presentan distribuidos en forma heterogénea y con abundante salinidad en superficie (**Fotografía N° 8-33**).

Fotografía N° 8-33. Vista general punto de muestreo S 2. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil de suelo que presenta en superficie (0 a 22 cm, S 2-1) un estrato salino con inclusiones de limo arenosas de hasta 2 cm de potencia (**Fotografía N° 8-34**), cuya textura corresponde a franca, con una humedad que asciende a 18%, y con valores de NPK de 25, 6 y 2.147 mg/kg, es decir, medio, bajo y alto, respectivamente. Horizonte en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1 %), suelo salino (C.E. 6.060 uS/cm), y con una concentración de sales solubles de 25.874 mg/kg, pH moderadamente básico (8,2), con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 21,6 cm/h., determinando una velocidad de infiltración promedio alta (**Tabla N° 8-27**).

Bajo este primer horizonte se presenta otro, cuya potencia es de 48 cm (S 2-2) (**Fotografía N° 8-34**), de textura franco arenosa, con una humedad que asciende a 13,2%, donde el NPK se encuentra en valores de 24, 6 y 651 mg/kg, equivalente a valores medio, bajo y adecuado, respectivamente. Este horizonte presenta un porcentaje de materia orgánica inferior a 0,1 % (muy bajo), pH moderadamente básico (8,1), suelo ligeramente salino (C.E. 3.390 uS/cm) y una concentración de sales solubles de 5.640 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 161,5 cm/h, equivalente a un suelo que presenta una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-27**).

A partir de los 70 cm, se observa un estrato salino arenoso grueso, extremadamente duro (**Fotografía N° 8-34**).

Tabla N° 8-27. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Verano 2017.

Punto muestreo	S 2-1	S 2-2	-
Profundidad (cm)	0 - 22	22 - 70	70 y más
C. E. (uS/cm)	6.060	3.390	-
MO (%)	< 0,1	< 0,1	-
pH	8,2	8,1	-
Salinidad (mg/kg)	25.874	5.640	-
N (mg/kg)	25	24	-
P (mg/kg)	6	6	-
K (mg/kg)	2.147	651	-
Conductividad hidráulica (cm/h)	21,6	161,5	-
Humedad (%)	18	13,2	-
Textura	Franco	Franco. Arenoso	-

Fotografía N° 8-34. Vista general perfil punto de muestreo S 2. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

a-3) Punto de Muestreo S-7 (VT1)

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y la cobertura de la vegetación es inferior a 75%, la cual está constituida principalmente por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-35**).

Fotografía N° 8-35. Vista general punto de muestreo S 7. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

El perfil de este suelo está conformado en superficie por un estrato salino entre los 0 a 6 cm., bajo este se presenta un segundo, entre los 6 a 20 cm (S 7-1) (**Fotografía N° 8-36**), de textura franco arcillosa, con una humedad de 47,8%, y los nutrientes (NPK) se presentan en valores que ascienden a 32, 5 y 888,0 mg/kg., es decir, medio, muy bajo y alto. La materia orgánica es baja (1,4%), pH ligeramente alcalino (8,6), suelo ligeramente salino (C.E. 3.630 uS/cm), determinado por una concentración de sales que asciende a 13.801 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 63,6 cm/h, lo que implica una velocidad de infiltración del agua muy alta (**Tabla N° 8-28**).

Entre los 20 a 48 cm. (S 7-2) y más, se presenta un horizonte franco (**Fotografía N° 8-36**), duro; cuya humedad asciende a 54,9% los nutrientes (NPK) presentan valores que asciendes a 30, 6 y 701 mg/kg., equivalente a valores medio, bajo y adecuado, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es alta (2,6%), pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (C.E. 2.120 uS/cm), y una concentración de sales que alcanza los 6.871 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 30 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-28**).

Tabla N° 8-28. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Verano 2017.

Punto muestreo	-	S 7-1	S 7-2
Profundidad (cm)	0 - 6	6 - 20	20 - 48
C. E. (uS/cm)	-	3.630	2.120
MO (%)	-	1,4	2,5
pH	-	8,6	8,3
Salinidad (mg/kg)	-	13.801	6.871
N (mg/kg)	-	32	30
P (mg/kg)	-	5	6
K (mg/kg)	-	888	701
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	63,6	30,0
Humedad (%)	-	47,8	54,9
Textura	-	Franco Arcilloso	Franco

Fotografía N° 8-36. Vista general perfil punto de muestreo S 7. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-4) Punto de Muestreo S-8 (VT2)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial, nivel freático a los 40 cm. y con una cobertura vegetal muy densa, destacando la presencia de *Juncus balticus*, *Schoenoplectus californicus* y en menor proporción *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-37**).

Fotografía N° 8-37. Vista general punto de muestreo S 8. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

En superficie y entre los 0 a 23 cm. (S 8-1), se presenta un colchón de raíces (**Fotografía N° 8-38**), de textura franca, con una humedad de 70,9%, y el NPK se encuentran en valores que de 31, 100 y 2.027 mg/kg., es decir, medio, muy alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (16,2%), la cual está determinada por una abundante presencia de restos vegetales en distinto grado de descomposición, como también raíces activas, el pH es ligeramente alcalino (8,6), suelo salino (7.740 uS/cm) el cual está determinado por una concentración de sales disueltas que asciende a 24.741 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 18,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-29**).

En profundidad se presenta un segundo horizonte (23 - 65 y más, S 8-2), correspondiendo a una sucesión de estratos franco arcillo arenoso, con abundante presencia de restos vegetales descompuestos y semi descompuestos (**Fotografía N° 8-38**) y humedad de un 59,9%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 20, 15 y 519 mg/kg., es decir, bajo, medio y adecuado, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (8,5%), pH ligeramente alcalino (8,5), ligeramente salino (2.510 uS/cm), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 6.999 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 4,3 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-29**).

Tabla N° 8-29. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Verano 2017.

Punto muestreo	S 8-1	S 8-2
Profundidad (cm)	0 - 23	23 - 65
C. E. (uS/cm)	7.740	2.510
MO (%)	16,2	8,5
pH	8,6	8,5
Salinidad (mg/Kg)	24.741	6.999
N (mg/kg)	31	20
P (mg/kg)	100	15
K (mg/kg)	2.027	519
Conductividad hidráulica (cm/h)	18,1	4,3
Humedad (%)	70,9	59,9
Textura	Franco	Franco Arcillo Arenoso

Fotografía N° 8-38. Vista general perfil punto de muestreo S 8. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-5) *Punto de Muestreo S 9 (VT3)*

Suelo que presenta en superficie una costra salina, suelta, sin pedregosidad superficial y sin vegetación, de topografía plana y nivel freático a los 50 cm (**Fotografía N° 8-39**).

Fotografía N° 8-39. Vista general punto de muestreo S 9. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 21 cm. (S 9-1), se presenta un horizonte conformado por sales (**Fotografía N° 8-40**), suelto, de textura franca, con una humedad asciende a 58,7%, y el NPK se presentan en valores de 26, 8 y 1.610 mg/kg, respectivamente, siendo considerados medio, bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,9%), pH moderadamente básico (8,2), suelo salino (4.700 uS/cm), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 14.916 mg/kg (**Tabla N° 8-30**). La permeabilidad corresponde a un valor alto, dada la velocidad de infiltración de 23,1 cm/h.

En profundidad se presenta un segundo horizonte (21 a 55 cm., S 9-2), siendo de textura franca arenosa (**Fotografía N° 8-40**), extremadamente duro, la humedad es de 53,8%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 23, 32 y 1.077 mg/kg, considerados medio, muy alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,9%), pH moderadamente básico (8,2), suelo salino (4.780 uS/cm) determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 10.261 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 47,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-30**).

A partir de los 55 cm y hasta los 61 (**Fotografía N° 8-40**), se presenta un estrato arenoso fuertemente compactado (duripan).

Tabla N° 8-30. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Verano 2017.

Punto muestreo	S 9-1	S 9-2
Profundidad (cm)	0 - 21	21 - 55
C. E. (uS/cm)	4.700	4.780
MO (%)	0,9	0,9
pH	8,2	8,2
Salinidad (mg/kg)	14.916	10.261
N (mg/kg)	26	23
P (mg/kg)	8	32
K (mg/kg)	1.610	1.077
Conductividad hidráulica (cm/h)	23,1	47,3
Humedad (%)	58,7	53,8
Textura	Franco	Franco Arenoso

Fotografía N° 8-40. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-6) Punto de Muestreo S 13 (VT4)

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y cobertura de la vegetación superior a 50%, donde destacan *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, con nivel freático a los 70 cm (**Fotografía N° 8-41**).

Fotografía N° 8-41. Vista general punto de muestreo S 13. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un estrato salino entre los 0 a 12 cm. A partir de los 12 hasta los 32 cm. (S 13-1), existe un horizonte de textura franco arcillo limosa (**Fotografía N° 8-42**), cuya humedad es de 38,2%, y los valores de NPK, son 30, 4 y 1.404 mg/kg., siendo medio, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es ligeramente alcalino (8,5), el suelo es ligeramente salino (C.E. 2.740 uS/cm) esto debido a la cantidad de sales solubles presentes, la cual asciende a 5.253 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 257,8 cm/h. es decir, una velocidad de infiltración muy alta (Tabla N° 8-31).

Entre los 32 y 52 cm. (S 13-2), existe un horizonte de textura franco arcillosa (**Fotografía N° 8-42**), en el cual la humedad es de 33,3%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 29, 3 y 1.262 mg/kg., considerados medio, muy bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,3), suelo no salino (C.E. 1.189 uS/cm), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 4.254 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 295,0 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (Tabla N° 8-31).

Tabla N° 8-31. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Verano 2017.

Punto muestreo	-	S 13-1	S 13-2
Profundidad (cm)	0 - 12	12 - 32	32 - 52
C. E. (uS/cm)	-	2.740	1.189
MO (%)	-	< 0,1	< 0,1

Punto muestreo	-	S 13-1	S 13-2
pH	-	8,5	8,3
Salinidad (mg/kg)	-	5.253	4.254
N (mg/kg)	-	30	29
P (mg/kg)	-	4	3
K (mg/kg)	-	1.404	1.262
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	257,8	295,0
Humedad (%)	-	38,2	33,3
Textura	-	Franco Arcillo Limoso	Franco Arcilloso

Fotografía N° 8-42. Vista general perfil punto de muestreo S 13. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

b) Sector La Punta-La Brava

b-1) Punto de Muestreo S 3 (VLP3)

Suelo de topografía plana, en superficie se presenta un estrato salino y con vegetación asociada principalmente a cursos de agua permanentes, donde destacan *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa* (Fotografía N° 8-43). El nivel freático se encuentra a los 44 cm (Fotografía N° 8-44).

Fotografía N° 8-43. Vista general punto de muestreo 3 (S 3). Verano 2017.

Perfil que en superficie presenta un horizonte salino de una potencia de 30 cm (0 a 30, S 3-1), suelto, de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-44**), con una humedad que alcanza a 54,8% y los valores de NPK son 19, 7 y 1.231 mg/kg, es decir, valores bajo, bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-32**).

La materia orgánica es muy baja (<0,1 %), suelo salino (C.E. 6.740 uS/cm), la concentración de sales solubles asciende a 23.774 mg/kg, y el pH es moderadamente básico (8,0), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 24,2 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración sea alta (**Tabla N° 8-32**).

Bajo el horizonte anterior se presenta otro entre los 30 a 71 cm. (S 3-2) y más (**Fotografía N° 8-44**), cuya textura es franca y la humedad asciende a 58,7%; en este estrato el NPK se encuentra en valores de 18, 6 y 948 mg/kg, considerado bajo, bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-32**).

Este horizonte presenta un porcentaje inferior a 0,1 de materia orgánica (muy bajo), un pH moderadamente básico (8,0), siendo ligeramente salino (C.E. 3.690 uS/cm), con una concentración de sales solubles de 22.619 mg/kg, presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 20,6 cm/h, lo que hace que la velocidad de infiltración sea alta (**Tabla N° 8-32**).

Tabla N° 8-32. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Verano 2017.

Punto muestreo	S 3-1	S 3-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 71
C. E. (uS/cm)	6.740	3.690
MO (%)	< 0,1	<0,1
pH	8,0	8,0
Salinidad (mg/kg)	23.774	22.619
N (mg/kg)	19	18
P (mg/kg)	7	6
K (mg/kg)	1.231	948
Conductividad hidráulica (cm/h)	24,2	20,6
Humedad (%)	54,8	58,7
Textura	Franco Arenoso	Franco

Fotografía N° 8-44. Vista general perfil punto de muestreo S 3. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

b-2) Punto de Muestreo S 4 (VLP2)

Corresponde a un suelo de topografía plana, con presencia de escasa agua en superficie, principalmente en sectores deprimidos y vegetación muy escasa, la cual conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, las cuales se presentan dispersas heterogéneamente y el nivel freático se presenta a los 20 cm (**Fotografía N° 8-45**).

Fotografía N° 8-45. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado en superficie por un estrato entre los 0 a 4 cm. (**Fotografía N° 8-46**), de textura arenosa gruesa, entre los 4 a 14 cm (S 4-1) la textura es franco arenosa, con una humedad de 30,3%, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.820,9 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta, y el NPK se presenta en valores de 28, 8 y 1.508 mg/kg, es decir medio, bajo y alto, respectivamente. En éste, la materia orgánica es normal (2,0 %), el pH es ligeramente alcalino (8,8), ligeramente salino (C.E. 2.920 uS/cm), y una concentración de sales de 14.961 mg/kg., y el suelo presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.820,9 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-33**).

Entre los 14 cm a 65 cm (S 4-2) y más (**Fotografía N° 8-46**), se observa un horizonte de textura franco arenosa, de humedad que asciende a 57,3% y el NPK se presenta en valores que alcanzan a 27, 10, 1.267 mg/kg, es decir, medio, bajo y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es normal (2,3%) y el pH moderadamente básico (8,4), suelo ligeramente salino (C.E. 2.740 uS/cm), determinado por un concentración de sales solubles de 17.273 mg/kg, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 64,1 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-33**).

Tabla N° 8-33. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Verano 2017.

Punto muestreo	-	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 – 14	14 - 65
C. E. (uS/cm)	-	2.920	2.740
MO (%)	-	2,0	2,3
pH	-	8,8	8,4
Salinidad (mg/kg)	-	14.961	17.273
N (mg/kg)	-	28	27
P (mg/kg)	-	8	10
K (mg/kg)	-	1.508	1.267
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	1.820,9	64,1
Humedad (%)	-	30,3	57,3
Textura	Arenosa	Franco Arenoso	Franco Arenoso

Fotografía N° 8-46. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

b-3) Punto de Muestreo S 5 (VLP1)

Suelo de topografía plana, con presencia de agua superficial y vegetación muy escasa que conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, la cuales se presentan dispersas heterogéneamente en el área (**Fotografía N° 8-47**).

Fotografía N° 8-47. Vista general punto de muestreo S 5. Verano 2017.

Suelo constituido por un horizonte superficial de 5 cm (S 5-1) (**Fotografía N° 8-48**), de textura franco arenosa y con una humedad que alcanza al 37,8%. Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 40, 8, 1.948 mg/kg, es decir, medio, bajo y alto. La materia orgánica es baja (1,0%), con un pH ligeramente alcalino (8,6), suelo ligeramente salino (C.E. 3.040 uS/cm), una concentración de sales que asciende a 19.943 mg/kg y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.663,5 cm/h.; la que es considerada muy alta (**Tabla N° 8-34**).

Entre los 5 y 40 cm. (S 5-2) se presentan una sucesión de estratos franco arenoso medio y finos, extremadamente duro, intercalados con arena gruesa cuya potencia varía entre 1 a 3 cm., donde la humedad es de 51,3%, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 631,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta, y el NPK se presenta en valores de 34, 5 y 2.237 mg/kg, es decir, medio, muy bajo y alto. Mientras que, la materia orgánica se encuentra en el rango normal (2,0%), con un pH ligeramente alcalino (8,6), suelo salino (C.E. 4.160 uS/cm), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 18.055 mg/kg (**Tabla N° 8-34**).

El nivel freático se presenta a 4 cm de profundidad.

Tabla N° 8-34. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Verano 2017.

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 40
C. E. (uS/cm)	3.040	4.160
MO (%)	1,0	2,0

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
pH	8,6	8,6
Salinidad (mg/kg)	19.943	18.055
N (mg/kg)	40	34
P (mg/kg)	8	5
K (mg/kg)	1.948	2.237
Conductividad hidráulica (cm/h)	1.663,5	631,3
Humedad (%)	37,8	51,3
Textura	Franco Arenosa	Franco Arenosa

Fotografía N° 8-48. Vista general perfil punto de muestreo S 5. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

c-1) Punto de Muestreo S 6 (VLB2)

Este suelo en el punto de muestreo presenta una costra salina con presencia de limo, dura, sin pedregosidad superficial y vegetación, de topografía suavemente inclinada y con nivel freático a los 33 cm. (**Fotografía N° 8-49**).

Fotografía N° 8-49. Vista general punto de muestreo S 6. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina entre los 0 a 10 cm, dura en superficie y suelta en profundidad (**Fotografía N° 8-50**). A partir de los 10 y hasta los 44 cm. (S 6-1), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 49,6%, y los valores de NPK, corresponden a 37, 25, 5.512 mg/kg., es decir, valores medio, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es alta (2,7%), el pH es moderadamente básico (8,1), muy salino (C.E. 13.250 uS/cm), la cantidad de sales solubles es de 47.986 mg/kg, con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 29,5 cm/h, es decir, la velocidad de infiltración es alta (**Tabla N° 8-35**).

Bajo los 44 cm. (S 6-2) (**Fotografía N° 8-50**), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 69,9%, y los valores de los nutrientes, específicamente NP son 32 y 21 mg/kg, es decir medio y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy alta (9,2%) situación no muy frecuente en el área y cuya explicación se debe a la presencia de abundantes restos vegetales humificados, proveniente de antiguas formaciones vegetales enterradas, probablemente por el aumento violento del nivel del agua (**Tabla N° 8-35**).

El pH es moderadamente básico (7,9), suelo extremadamente salino (C.E. 17.740 uS/cm) y una concentración de sales solubles que asciende a 87.202 mg/kg., con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 23,3 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-35**).

Tabla N° 8-35. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Verano 2017.

Punto muestreo	-	S 6-1	S 6-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10 - 44	44 - 67
C. E. (uS/cm)	-	13.250	17.740
MO (%)	-	2,7	9,2
pH	-	8,1	7,9
Salinidad (mg/kg)	-	47.986	87.202
N (mg/kg)	-	37	32
P (mg/kg)	-	25	21
K (mg/kg)	-	5.512	+
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	29,5	23,3
Humedad (%)	-	49,6	69,9
Textura	-	Franco	Franco

+ No fue posible realizar el análisis por falta de muestra

Fotografía N° 8-50. Vista general perfil punto de muestreo S 6. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Peine

d-1) Punto de Muestreo S 10 (VTM1)

Suelo que presenta una topografía suavemente inclinada y sin vegetación, en superficie se presenta un estrato salino con abundante limo, duro (**Fotografía N° 8-51**).

Fotografía N° 8-51. Vista general punto de muestreo S 10. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina entre los 0 a 10 cm (**Fotografía N° 8-52**), extremadamente duro. A partir de los 10 y hasta los 19 cm (S 10-1), existe un horizonte de textura arcillosa, con una humedad de 31,7%, y en el cual los valores de NPK son 29, 10 y 3.871 mg/kg., es decir, medio, bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,8%), el pH es moderadamente básico (8,3), suelo salino (C.E. 7.700 uS/cm) esto determinado por la concentración de sales solubles, las cuales ascienden a 35.087mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 12,3 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-36**).

Entre los 19 y 24 cm, se presenta un estrato salino extremadamente duro, motivo por el cual no fue posible realizar las mediciones (**Fotografía N° 8-52**).

Bajo los 24 cm. (S 10-2) (**Fotografía N° 8-52**) y hasta los 65, se observa un horizonte de textura arcillosa, en el cual la humedad es de 32,8%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 19, 9, 3.190 mg/kg., es decir, bajo, bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), pH moderadamente básico (8,2), suelo salino (C.E. 5.790 uS/cm), esto dada la concentración de sales solubles que asciende a 30.612 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 5,5 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-36**).

Tabla N° 8-36. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Verano 2017.

Punto muestreo	-	S 10-1	-	S 10-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10- 19	19 - 24	24 - 65
C. E. (uS/cm)	-	7.700	-	5.790
MO (%)	-	0,8	-	< 0,1
pH	-	8,3	-	8,2
Salinidad (mg/kg)	-	35.087	-	30.612
N (mg/kg)	-	29	-	19
P (mg/kg)	-	10	-	9
K (mg/kg)	-	3.871	-	3.190
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	12,3	-	5,5
Humedad (%)	-	31,7	-	32,8
Textura	-	Arcilloso	-	Arcilloso

Fotografía N° 8-52. Vista general perfil punto de muestreo S 10. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

d-2) Punto de Muestreo S 11 (VB01)

Terreno suavemente inclinado, sin pedregosidad superficial, con nivel freático permanente a los 18 cm. y con una cobertura de la vegetación que asciende a un 100%, correspondiendo ésta a una pradera dominada principalmente por *Distichlis spicata* (Fotografía N° 8-53).

Fotografía N° 8-53. Vista general punto de muestreo S 11. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado por un horizonte superficial entre los 0 a 33 cm. (S 11-1) (**Fotografía N° 8-54**), de textura franco limosa, con una humedad que alcanza al 62,3%, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 37,6 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-37**).

Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 33, 14, 673 mg/kg., es decir, medio, medio y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (5,0%), con un pH moderadamente básico (8,4), ligeramente salino (C.E. 2.100 uS/cm), y una concentración de sales que asciende a 9.560 mg/kg (**Tabla N° 8-37**).

Entre los 33 a 69 cm (S 11-2) (**Fotografía N° 8-54**), se presentan un segundo estrato de textura franca, en el cual la humedad es de 56,2%, con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 196,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta, y el NPK se presenta en valores de 31, 9 y 712 mg/kg., considerado medio, bajo y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (4,1%), con un pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (C.E. 3.580 uS/cm), determinada por una concentración de sales solubles que alcanza a los 11.778 mg/kg (**Tabla N° 8-37**).

Tabla N° 8-37. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Verano 2017.

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Profundidad (cm)	0 - 33	33 -69
C. E. (uS/cm)	2.100	3.580
MO (%)	5,0	4,1
pH	8,4	8,3

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Salinidad (mg/kg)	9.560	11.778
N (mg/kg)	33	31
P (mg/kg)	14	9
K (mg/kg)	673	712
Conductividad hidráulica (cm/h)	37,6	196,8
Humedad (%)	62,3	56,2
Textura	Franco Limoso	Franco

Fotografía N° 8-54. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

d-3) Punto de Muestreo S 12 (VB02)

Suelos de topografía suavemente inclinado, de origen depositacional (aluvional), sin pedregosidad superficial y con un matorral de cobertura clara (25 a 50% de cobertura), destacando como especie principal *Tessaria absinthioides* (**Fotografía N° 8-55**).

Fotografía N° 8-55. Vista general punto de muestreo S 12. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por una sucesión de horizontes de texturas gruesas (arenas) tanto en superficie como en profundidad con abundantes gravas y gravillas en todo el perfil (**Fotografía N° 8-56**).

Entre los 0 a 30 cm. (S 12-1), se puede observar un horizonte conformado por sucesivas depositaciones de materiales con dominancia de textura franco limosa, con una humedad de 4,6%, el NPK disponible son 37, 26 y 1.897 mg/kg., considerados medio, alto y alto, respectivamente (Tabla N° 8-38). Suelos con materia orgánica muy baja (inferior a 0,1%), pH ligeramente alcalino (8,7), suelo muy salino (9.320 uS/cm), dado por una concentración de 78.421 mg/kg. de sales solubles. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 221,4 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta.

Entre los 30 y 60 cm (S 12-2), el horizonte es de textura dominante areno francosa, con una humedad de 10,9%, el NPK disponible se presenta en valores de 24, 5 y 600 mg/kg., es decir, medio, muy bajo y adecuado, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (inferior a 0,1%), pH moderadamente básico (8,4), suelo muy salino (C.E. 15.630 uS/cm), determinado por una concentración de sal de 80.413 mg/kg., y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 27,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (Tabla N° 8-38).

Tabla N° 8-38. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Verano 2017.

Punto muestreo	S 12-1	S 12-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 60
C. E. (uS/cm)	9.320	15.630
MO (%)	< 0,1	< 0,1
pH	8,7	8,4
Salinidad (mg/kg)	78.421	80.413
N (mg/kg)	37	24
P (mg/kg)	26	5
K (mg/kg)	1.897	600
Conductividad hidráulica (cm/h)	221,4	27,7
Humedad (%)	4,6	10,9
Textura	Franco Limoso	Areno Francosa

Fotografía N° 8-56. Vista general perfil punto de muestreo S 12. Verano 2017.

Fuente: Elaboración Propia

d-4) Punto de Muestreo S 14 (VB03)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía plana, que presenta en superficie un estrato salino, sin pedregosidad superficial y con vegetación del tipo herbácea, la cual forma agrupaciones de *Distichlis spicata* dispersas heterogéneamente (Fotografía N° 8-57).

Fotografía N° 8-57. Vista general punto de muestreo S 14. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

En superficie entre los 0 a 34 cm (S 14-1), se presenta un horizonte conformado principalmente por sales (**Fotografía N° 8-58**), suelto, de textura franca, cuya humedad asciende a 64,5%, y el NPK se presentan en valores que asciendes a 32, 3 y 1.900 mg/kg., considerados medio, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,3%), pH moderadamente básico (8,3), suelo salino (5.560 uS/cm) esto dado la concentración de sales solubles, la cual asciende a 20.945 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 305,7 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-39**).

Entre los 34 y 55 cm. (S 14-2), existe otro horizonte de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-58**), donde la humedad es de 64,3%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 29, 2 y 1.400 mg/kg., considerados medio, muy bajo y alto (**Tabla N° 8-39**).

La materia orgánica es alta (2,8%), pH moderadamente básico (8,1), suelo salino (6.600 uS/cm) determinado por una concentración de sales que asciende a 22.069 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 124,8 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-39**).

A partir de los 55 cm., se observa un estrato fuertemente compactado con presencia de abundantes sales y el nivel freático se presenta a los 36 cm. (**Fotografía N° 8-58**).

Tabla N° 8-39. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Verano 2017.

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2	-
Profundidad (cm)	0 - 34	34 - 55	55 y más
C. E. (uS/cm)	5.560	6.600	-
MO (%)	1,3	2,8	-
pH	8,3	8,1	-
Salinidad (mg/kg)	20.945	22.069	-
N (mg/kg)	32	29	-
P (mg/kg)	3	2	-
K (mg/kg)	1.900	1.400	-
Conductividad hidráulica (cm/h)	305,7	124,8	-
Humedad (%)	64,5	64,3	-
Textura	Franca	Franco arenoso	-

Fotografía N° 8-58. Vista general perfil punto de muestreo S 14. Verano, 2017.



Fuente: Elaboración Propia

9 LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS)

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2016 y verano de 2017, para el subcomponente ambiental flora y fauna acuática, calidad de aguas y sedimentos, de acuerdo con lo establecido en el 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 Rockwood Lithium, ubicado en la Región de Antofagasta.

Las variables ambientales que caracterizan este componente y que son objeto de seguimiento, corresponden a variables físicas y químicas de agua y sedimentos, además de las variables comunitarias asociadas a macrófitas, fitobentos, fitoplancton, zoobentos, y zooplancton, según lo establecido en la RCA del Proyecto.

Los periodos reportados en el presente informe, corresponden tanto al monitoreo semestral de invierno 2016, el que se desarrolló en terreno entre los días 22 y 26 de agosto de 2016, como a los resultados del monitoreo semestral de verano, realizado entre el 28 y el 30 de marzo de 2017.

El presente informe de monitoreo se enmarca en la implementación del Plan de Manejo Biótico del Proyecto a la fecha en etapa de construcción (monitoreo agosto 2016) y etapa de operación (monitoreo marzo 2017).

Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada y Cienciambiental Consultores S.A.** por encargo del Titular del Proyecto.

El objetivo general de este informe de monitoreo es contrastar las variables medidas durante los estudios previos a la construcción/operación del Proyecto, con aquellos obtenidos durante la etapa de construcción/operación de este mismo, y evaluar su mantención dentro de la variación histórica.

Los objetivos específicos de este informe 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 macrófitas en los puntos de muestreo.

9.1 MATERIALES Y MÉTODOS

9.1.1 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 todo 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 al 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 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 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° 9-1**).

9.1.2 Ubicación de puntos muestreo

En el presente estudio se analizaron *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 (**Tabla N° 9-1; Figura N° 9-1**). Cabe destacar que el PMB señala 12 estaciones, no obstante, con el

fin de cumplir a cabalidad los objetivos y en función de recomendación de los especialistas, se sumaron voluntariamente dos nuevas estaciones, una estación de muestreo en el sector La Brava y una en sector Tilopozo.

Tabla N° 9-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2016 y verano 2017.

Sector	Sub Sector	Estación	Incorporación Voluntaria	Coordenadas invierno 2016 UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)		Coordenadas verano 2017 UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)	
				Este	Norte	Este	Norte
Sector Peine	Salada	S-5		587.551	7.380.785	587.551	7.380.785
	Salada	S-9*		588.084	7.380.520	588.086	7.380.518
	Salada	SA-25		587.114	7.381.447	587.114	7.381.447
	Salada	S-10		586.827	7.381.805	586.827	7.381.805
	Interna	I-11		586.515	7.382.055	586.515	7.382.055
	Interna	I-17		585.996	7.383.052	585.996	7.383.052
Sector La Punta y La Brava	La Punta	LP-24		578.356	7.376.704	578.356	7.376.704
	La Punta	LP-23		578.164	7.376.581	578.164	7.376.581
	La Brava	LB-1		576.677	7.375.474	576.677	7.375.474
	La Brava	LB-2		576.978	7.375.378	576.978	7.375.378
	La Brava	LB-3	X	577.272	7.375.176	577.272	7.375.176
Sector Tilopozo	Tilopozo	TB-1**		577.828	7.370.429	577.837	7.370.331
	Tilopozo	TB-2**		577.973	7.370.194	577.956	7.370.310
	Tilopozo	TB-3	X	577.705	7.369.524	577.705	7.369.524

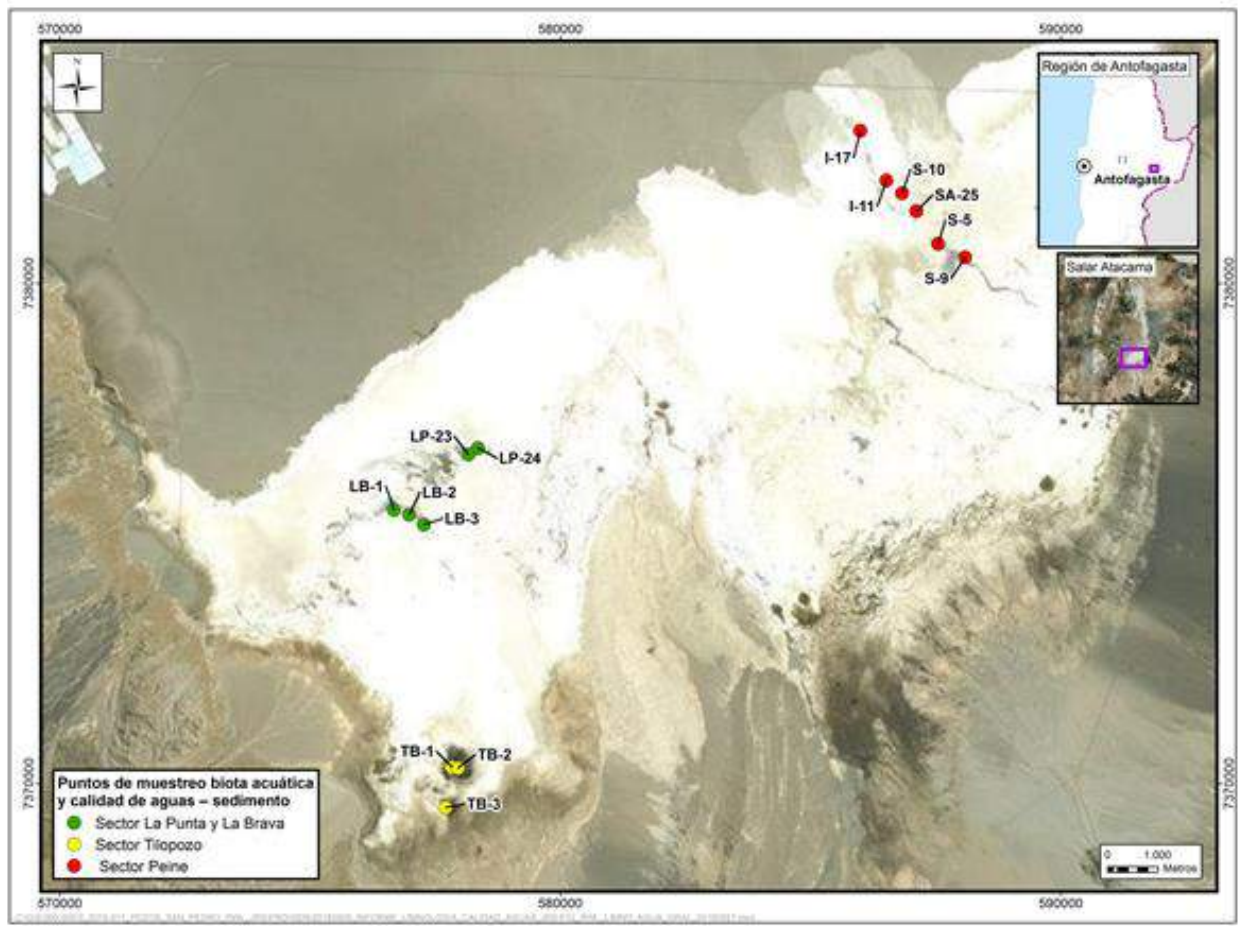
Fuente: Elaboración Propia

*:En el Sector Peine, puntualmente la estación S-9 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.

** : 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 (Ver **Fotografía N° 9-1**).

Se destacan en negrita en la **Tabla N° 9-1**, las dos estaciones nuevas, LB-3 en La Brava y TB-3 en Tilopozo, realizadas voluntariamente 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° 9-1. Localización de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Aguas y Sedimento, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 9-1. 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

9.1.3 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.

Para evaluar el estado y evolución de la calidad de aguas y sedimentos se establecieron diferentes parámetros. En agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad, turbiedad, oxígeno disuelto, clorofila “a”, alcalinidad parcial, alcalinidad total, bicarbonato, carbonatos, cloruro, nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total Kjeldhal, fósforo total, Ortofosfato, sulfato, aceites y grasas. En sedimentos: carbono orgánico total, fósforo total, materia orgánica, nitrógeno total Kjeldhal y potencial redox.

Algunos parámetros si bien no están comprometidos en el PMB, se analizaron y se informan sus registros, como los parámetros de alcalinidad parcial y total, por ser requisito básico 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.

Los parámetros utilizados para caracterizar el estado de las comunidades biológicas corresponden a riqueza, que da cuenta de la composición biológica del área de estudio, abundancia, abundancia relativa, diversidad (Shannon-Wiener) y equidad de Pielou (J’).

9.1.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

9.1.4.1 Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos

En cada una de las estaciones visitadas se evaluaron parámetros *in situ* correspondientes a temperatura, pH, turbiedad y oxígeno disuelto en agua (campaña de invierno). 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.). Ver **Anexo Acreditaciones empresas ETFAs**.

Cabe mencionar, que los certificados de análisis emitidos por la ETFA señalada (ANAM), correspondientes a verano 2017, se presentan en el formato ETFA requerido por la SMA (RES. 1194/2015), no así los emitidos en invierno 2016, dado que esta campaña fue realizada en agosto de 2016, fecha en la cual el requerimiento de la SMA sobre la obligatoriedad de que las actividades de muestreo reportadas por los titulares, sean ejecutadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFAs), aún no entraba en vigencia (octubre 2016) (**Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua y Anexo Limnología_Sedimentos**). No obstante, ambas campañas fueron ejecutadas por la misma ETFA (ANAM S.A.), adelantándose el Titular al requisito, siendo el formato de certificados de análisis la única diferencia.

Para la evaluación de las variables *in situ*, se calibró diariamente los sensores a utilizar con las soluciones del fabricante y siguiendo las instrucciones del mismo. Además, los sensores fueron 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 fueron tomadas aguas arriba o antes de la toma de muestras biológicas o de sedimento.

Las muestras de agua fueron colectadas, y luego puestas en frascos apropiados para el transporte (según serie de normas NCh 411 para el muestreo de aguas crudas y residuales), los cuales fueron proporcionados por el laboratorio de análisis, junto a los fijadores para las muestras que lo requieran. Los frascos con las muestras de agua fueron transportados en cajas de material aislante de temperatura, rellenos con hielo en escarcha, y enviados directamente al laboratorio de manera de que las muestras sean analizadas dentro de los plazos necesarios. Todas las cajas incluyeron un frasco testigo para corroborar la temperatura.

El muestreo de sedimentos consistió en tomar parte del sustrato sumergido correspondiente a los puntos de los sistemas acuáticos evaluados, cuidando de no contaminar la muestra con agentes externos, estas muestras fueron debidamente empaquetadas, etiquetadas y almacenadas hasta su posterior análisis en el laboratorio, procurando no realizar contaminación cruzada entre las distintas muestras (según serie de normas NCh 411 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° 9-2**.

Tabla N° 9-2. Metodologías y unidades asociadas a Calidad de agua.

Parámetro	Unidad	Método
Temperatura	°C	NCh 2313/2
pH	pH	NCh 2313/1
Conductividad eléctrica	uS/cm	SM 2510(2005)
Salinidad	gr/Kg	SM 2510(2012)
Turbiedad	UNT	ME-03-2007
Oxígeno disuelto	mg/L	Potenciométrico
Clorofila "a" (Fitoplancton)*	ug/L	St. Met 10200H
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	St. Met 2320B

Parámetro	Unidad	Método
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	St. Met 2320B
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	St. Met 2320B
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	St. Met 2320B
Cloruro (Cl)	mg/L	NCh 2313/32 Of.99
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	St Met 4500NO3D
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	ST Met 4500NO2B
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	NCh 2316/16 Of 97
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	NCH 2313/28 Of 98
Fósforo Total	mg/L	NCh 2313/25 Of 97
Ortofosfato	mgP/L	Grasshoff 1983
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	NCh 2313/18 Of 97
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	NCh 2313/6 Of.97

* El parámetro clorofila "a" en perifiton (fitobentos), no fue realizado por el laboratorio ANAM debido a una situación de coordinación. Si bien la evaluación de clorofila "a" entrega una aproximación indirecta a la comunidad objetivo (plancton o bentos), los estudios realizados de abundancia, abundancia relativa y riqueza presentados en este informe, entregan una descripción más completa de las comunidades objetivo. No obstante, este punto será subsanado en la próximas campañas de monitoreo, para dar cumplimiento al parámetro.

Las metodologías y unidades de medida utilizadas para el análisis de las variables físicas y químicas de sedimentos son las señaladas en **Tabla N° 9-3**.

Tabla N° 9-3. Metodologías y unidades asociadas a Calidad de Sedimentos.

Parámetro	Unidad	Método
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	TMECC 05,07
Fosforo Total (P)	mg/Kg	SM3120B
Materia Orgánica	%	TMECC 05,07
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	INIA 2000
Potencial Redox	mV	SM 2580B

Elaboración Propia

Dentro del Plan de Manejo Biótico se indica realizar un análisis de granulometría para cada estación, sin embargo no se pudo realizar debido a factores técnicos explicados por la ETFA encargada de realizar los análisis (ANAM S.A.). Para detalles específicos al respecto, revisar el informe emanado por esta ETFA en **Anexo Limnología_Sedimentos**.

9.1.4.2 Metodología de muestreo flora y fauna acuática

El muestreo de flora y fauna acuática se realizó utilizando los métodos adecuados para cada una de las comunidades biológicas a evaluar, considerando las características propias de los sistemas límnicos de cada una de las estaciones de muestreo.

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 RES. EXT. N°2774/2016. El muestreo fue realizado por especialistas de la empresa Cienciambiental S.A., autorizada para llevar a cabo actividades de pesca de investigación de recursos hidrobiológicos en el área de estudio (**ver Permiso de Pesca de Investigación en Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua**).

A continuación se describen las metodologías particulares usadas para cada una de las comunidades.

- **Macrófitas:** En cada punto de seguimiento se tomaron muestras cualitativas, donde se estimó la abundancia relativa o cobertura de cada especie o grupo de especies. Se transportaron plantas sin fijar para preservar el color, para su posterior identificación. Se clasificaron las plantas acuáticas en base a la bibliografía disponible: Pereira & Parra (1984), Ramírez et al (1982).
- **Fitobentos:** La estimación de la riqueza y abundancia de la flora bentónica (fitobentos), se realizó mediante el recuento bajo microscopio óptico. Se obtuvieron muestras representativas, desde los primeros centímetros del sedimento, tomando 1 mm³ 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).
- **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).

- **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 corer de 0,004 m² las que fueron preservadas con formalina al 10%. 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).
- **Zooplancton:** La estimación de la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica se realizó obteniendo muestras representativas del plancton en los puntos de monitoreo, utilizando una red rectangular (15x10 cm) dotada con una malla N 10 (110 µm). Las muestras se tomaron en duplicado y se obtuvo por arrastre de esta red en transectos aleatorios de 10 m de largo. Las muestras fueron fijadas con formalina al 5%. 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 del zooplancton se realizará según Araya & Zuñiga (1985) y Pennak (1989).

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:

$$H'(bits) = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

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:

$$J' = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

H' = índice de Shannon-Wiener H'max = valor máximo teórico de H' y s = número de especies

9.1.5 Materiales y equipos utilizados

Los materiales, equipos e instrumentos utilizados se indican en la **Tabla N° 9-4** y **Tabla N° 9-5**.

Tabla N° 9-4. Instrumentos medición In Situ

Análisis	Referencias del Método
Temperatura (°C)	Medidor pH/ORP/t° HANNA 9126
pH	Medidor pH/ORP/t° HANNA 9126
Oxígeno disuelto (mg/l)	Medidor de Oxígeno Disuelto HANNA 914604
Turbiedad*	Turbidímetro HACH

*Turbiedad fue medida *in situ* solo durante la campaña de invierno. En verano se realizó en laboratorio.
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 9-5. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática.

Componente	Instrumento/fijador
Fitobentos	Cepillo para superficies duras (25 cms ²) y jeringa-core de 5 ml para superficies blandas. Fijador Lugol
Fitoplancton	Frascos de 500 ml. Fijador Lugol
Zoobentos	Corer de 0,004 m ² en sistemas lénticos. Fijador alcohol*.
Zooplancton	Malla de 110 micrones. Fijador alcohol*.

*Se utilizó como fijador alcohol, debido a las propiedades cancerígenas de la formalina.
Fuente: Elaboración Propia

9.1.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

La campaña de monitoreo correspondiente a invierno de 2016 se realizó entre las fechas 22 y 26 de Agosto de 2016, visitándose las estaciones entre los días 24 y 26 cuando se tomaron tanto las muestras de agua y sedimentos, como aquellas correspondientes a

biota. Para la campaña de verano, se visitó las estaciones y se tomaron las muestras entre los días 28 y 30 de Marzo de 2017. La **Tabla N° 9-6** presenta el detalle de las fechas para cada variable evaluada en los monitoreos.

Tabla N° 9-6. Fechas de muestreo de cada una de las variables.

Componente	Variable	Fecha toma muestra					
		Sector Peine		Sector La Punta y La Brava		Sector Tilopozo	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Agua	Temperatura	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	pH	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Conductividad	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Salinidad	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Turbiedad	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Oxígeno disuelto	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Clorofila "a"	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Alcalinidad Total (CaCO ₃)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Bicarbonato (CaCO ₃)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Carbonatos (CaCO ₃)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Cloruro (Cl)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Nitrato (N-NO ₃ -)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Nitrito (N-NO ₂ -)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Fosforo Total	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Ortofosfato	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Sulfato (SO ₄ - ₂)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
Aceites y Grasas (A y G)	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017	
Sedimento	Carbono Orgánico Total	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017

Componente	Variable	Fecha toma muestra					
		Sector Peine		Sector La Punta y La Brava		Sector Tilopozo	
	(COT)						
	Fosforo Total (P) M.S.	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Materia Orgánica	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Nitrógeno Total Kjeldahl	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Potencial Redox	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
Biota	Fitobentos	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Fitoplancton	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Zoobentos	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Zooplancton	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017
	Macrófitas	24-08-2016	29-03-2017	25-08-2016	28-3-2017	26-08-2016	30-03-2017

Fuente: Elaboración propia

9.2 RESULTADOS

9.2.1 Descripción comparativa de las estaciones de monitoreo campaña de invierno y verano

9.2.1.1 Sector Peine

El Sector Peine se compone de seis estaciones, tres ubicadas en la laguna Salada, una en laguna Saladita y dos estaciones en laguna Interna.

- Estación S-9

Esta estación se ubica en uno de los afluentes a la laguna Salada; este afluente tiene cerca de 40 m de ancho, aunque su profundidad es muy baja, cerca de 4 cm. El sustrato corresponde a sedimento fino que va siendo depositado por el afluente.

Fotografía N° 9-2. Estación S-9. Campaña de Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-3. Estación S-9. Campaña de verano 2017



Fuente: Elaboración propia

- Estación S-5

Corresponde a un sector somero de laguna Salada con cerca de 50 cm de profundidad, con sedimento fino como sustrato. En la ribera se observó una diferencia de altura de hasta 50 cm entre la ribera y la superficie del agua.

Fotografía N° 9-4. Estación S-5. Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-5. Estación S-5. Campaña Verano 2017



Fuente: Elaboración propia

- Estación S-10

Estación ubicada en Laguna Salada, un sistema somero con 30 cm de profundidad máxima, corresponde a una laguna de forma irregular, la ribera se encuentra 30 cm más arriba que la superficie del agua. El sustrato de la laguna corresponde a sedimento fino.

Fotografía N° 9-6. Estación S10. Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-7. Estación S10. Campaña Verano 2017



Fuente: Elaboración propia

- Estación SA-25

Estación localizada en laguna Saladita, es un sistema somero de forma irregular, con un fondo compuesto en su totalidad por sedimento fino con una profundidad cercana a los 25 cm, la ribera tiene una pendiente suave hasta la superficie del agua.

Fotografía N° 9-8. Estación SA-25. Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-9. Estación SA-25. Campaña Verano 2017



Fuente: Elaboración propia

- Estación I-11

Esta estación corresponde a laguna Interna, una laguna somera donde la profundidad no sobrepasa los 30 cm, el sustrato corresponde a sedimento fino. Se observa la presencia de una corriente que llega desde laguna Saladita a través de un canal de comunicación entre ambas lagunas.

Fotografía N° 9-10. Estación I-11. Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-11. Estación I-11. Campaña Verano 2017



Fuente: Elaboración propia

- Estación I-17

Esta estación de laguna Interna, el área se presenta como una laguna somera de forma irregular, con una profundidad de 20 cm, una ribera de pendiente suave y con un sustrato de sedimento fino. Durante verano se observó una disminución de la profundidad, con cerca de 15 cm, sumado a un aparente aumento en la superficie cubierta por agua (Ver **Fotografía N° 9-12** y **Fotografía N° 9-13**).

Fotografía N° 9-12. Estación I-17.Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-13. Estación I-17.Campaña Verano 2017



Fuente: Elaboración propia

9.2.1.1.1 Sector La Punta y La Brava

Este sector comprende a las lagunas La Punta y La Brava y consta de cinco estaciones, tres ubicadas en laguna La Brava y dos de ellas en Laguna La Punta.

- Estación LB-1

Ubicada en laguna La Brava, se ubica en una zona con una profundidad de cerca de 20 cm de profundidad. El sedimento es fino formando costras salinas. La ribera forma una suave pendiente hasta la superficie del agua durante invierno, mientras que durante verano se observó una diferencia cercana a los 10 cm entre la ribera y la superficie del agua.

Fotografía N° 9-14. Estación LB-1. Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-15. Estación LB-1. Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

- Estación LB-2

En este sector, la laguna La Brava posee una ribera suave hasta la superficie del agua, la profundidad aproximada es de 18 cm en invierno y de cerca de 10 cm en verano, el sustrato corresponde a una costra salina y sedimento fino.

Fotografía N° 9-16. Estación LB-2. Campaña Invierno 2016

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-17. Estación LB-2. Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

- Estación LB-3

Esta estación corresponde a la desembocadura de un afluente a laguna La Brava. Es una estación voluntaria, adicional a las comprometidas en el PMB, debido a que permite tener una mejor evaluación del sistema. El sustrato dominante en el cauce correspondió a sedimento fino. La ribera de la estación mostró una pendiente suave hasta la superficie del agua. El cauce mostró un ancho irregular con valores entre uno 1m y seis 6m y profundidades entre los 7 cm y 15 cm durante invierno, mientras que durante verano el ancho registró valores entre 3 m y 12 m, junto a profundidades menores a los 5 cm y un flujo de agua apenas perceptible.

Fotografía N° 9-18. Estación LB-3. Campaña Invierno 2016

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-19. Estación LB-3. Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

- Estación LP-23

Estación ubicada en laguna La Punta, de carácter somero con una profundidad que no sobrepasa los 40 cm y con un sustrato de sedimento fino. La ribera tiene una diferencia de altura cercana a los 20 cm con respecto a la superficie del agua.

Fotografía N° 9-20. Estación LP-23. Campaña Invierno 2016

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-21. Estación LP-23. Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

- Estación LP-24

Ubicada en laguna La Punta, estación con una profundidad cercana a los 20 cm; el área presentó un sedimento fino en el sustrato. La ribera mostró una diferencia de hasta 15 cm con respecto al nivel de la superficie del agua.

Fotografía N° 9-22. Estación LP-24. Campaña Invierno 2016

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-23. Estación LP-24.Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

9.2.1.1.2 Sector Tilopozo

Este Sector corresponde al área denominada vegas de Tilopozo y en ella se ubican tres estaciones de muestreo, las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden a pozas profundas, mientras que TB-2 corresponde a un sistema somero.

- Estación TB-1

Esta estación corresponde a una poza profunda de más de 3 m, con una ribera cercana a los 25 cm de diferencia con respecto a la superficie del agua. El fondo de la poza se compone de sedimento fino aunque se vislumbran algunos bolones. Durante invierno, la superficie se encuentra cubierta en más de un 50% por macrófitas y algas que crecen sobre y entre dichas plantas, mientras que en verano el espejo de agua se observó prácticamente libre de plantas y algas.

Fotografía N° 9-24. Estación TB-1.Campaña Invierno 2016

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-25. Estación TB-1.Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

- Estación TB-2

Esta estación corresponde a una zona inundada naturalmente, constituyendo una poza somera, donde la profundidad máxima no sobrepasa los 10 cm en invierno y 15 cm en verano. El sustrato corresponde a un barro de color negro aparentemente rico en materia orgánica. Durante invierno se observó un flujo de agua evidente, tanto entrada de agua hacia la estación, como salida de agua desde la misma.

Fotografía N° 9-26. Estación TB-2.Campaña Invierno 2016

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-27. Estación TB-2.Campaña Verano 2017

Fuente: Elaboración propia

- Estación TB-3

Esta estación al igual que TB-1 corresponde a una poza profunda, probablemente de origen artificial, con una profundidad cercana a los 4 m y un sustrato compuesto principalmente por sedimento fino, aunque se vislumbran grandes bolones. Esta es una estación de carácter voluntario, adicional a las comprometidas en el PMB, debido a que permite complementar la información entregada por las otras estaciones de muestreo. Cercano a esta estación se ubica una bomba de agua de Rockwood Lithium.

Durante invierno, su superficie se observó cubierta en prácticamente un 80% por plantas y algas, mientras que en verano la superficie del espejo de agua, prácticamente no se encontraba cubierta.

Fotografía N° 9-28. Estación TB-3. Campaña Invierno 2016



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 9-29. Estación TB-3. Campaña Verano 2017



Fuente: Elaboración propia

9.2.2 Resultados del muestreo campaña de invierno (Calidad de aguas y sedimento y Biota Acuática)

9.2.2.1 Calidad de agua

A continuación se señalan los resultados obtenidos para los parámetros evaluados de calidad de agua en sus diferentes estaciones por sector de estudio. Los certificados de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua**.

9.2.2.1.1 Sector Peine

Tabla N° 9-7. Parámetros de calidad de agua, Sector Peine.

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Temperatura	C	4,8	33,6	17,3	11,1	15,5	20,9	19,7	21,3
pH	u pH	6,13	8,6	8,3	8,8	8,5	8,5	8,6	8,6
Turbiedad	UNT	3	152	6,19	27,6	17,8	187	31,5	21,7
Oxígeno disuelto	mg/L	2,34	11,2	7,9	7,4	5,4	5,3	5,9	5,6
Conductividad eléctrica	uS/cm	25350	235000	32100	42600	42200	42400	43600	46100
Salinidad	g/Kg	16,1	66,5	19,7	27,1	26,8	27	27,8	29,5
Clorofila "a"	ug/L	0	18200	1,1	4,8	2,1	5,9	5,5	1,3
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	<2	102	54	73	56	74
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	51	1564,7	296	256	236	248	233	228
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	91,26	1908,07	296	52	127	103	120	81
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<5	139,54	<2	203	109	145	113	147
Cloruro (Cl)	mg/L	8494	194099	12337	16591	16591	17300	16591	17867
Nitrato (N-NO ₃ -)	mg/L	<0,15	21,2	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7
Nitrito (N-NO ₂ -)	mg/L	0,00036	<0,5	0,01	0,011	0,01	0,02	0,01	0,01
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,044	1,31	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	8,66	5,25	2,98	4,66	5,75	3,66	3,18
Fosforo Total (PT)	mg/L	<0,05	7,125	0,402	0,552	<0,033	0,454	0,439	0,5
Ortofosfato (PO ₄)	mgP/L	0,1	6,7	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Sulfato (SO ₄ -2)	mg/L	845	14970	1189	1363	1379	1197	902	2390
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	619	<1	<1	2	3	2	<1

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de línea base. Fuente: Elaboración Propia

En el sector Peine se registraron en su mayoría resultados con valores dentro de los rangos establecidos del Plan de Monitoreo Biótico (PMB) (**Tabla N° 9-7**).

Existen algunos valores que se encuentran fuera del rango de la línea base, como lo son el Bicarbonato y Carbonato, sin embargo, se debe considerar que en el caso de estas iones, sólo se realizó una campaña de monitoreo para la elaboración de la Adenda 5, efectuada en el año 2015, por ende, el patrón de comparación no es representativo.

9.2.2.1.2 Sector La Punta y la Brava

Tabla N° 9-8. Parámetros de calidad de agua, Sector La Punta y La Brava.

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Temperatura	C	6,8	26,3	9,9	9,4	12,5	17,1	21,8
pH	upH	7,77	8,38	8,8	8,8	8,6	8,6	8,6
Conductividad eléctrica	uS/cm	22300	149500	34300	37500	81800	83400	31200
Salinidad	g/Kg	22,7	36,3	21,2	23,2	55,8	57,1	19
Turbiedad	UNT	1,3	31,4	2,94	1,42	4,01	3,85	2,55
Oxígeno disuelto	mg/L	2,69	9,72	4,4	4,7	3,4	4,4	8,1
Clorofila "a"	ug/L	0	31900	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	<2	126	<2	<2	<2
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	268	806	454	462	480	500	344
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	240	311,1	454	210	480	500	344
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	53,86	307,5	<2	252	<2	<2	<2
Cloruro (Cl)	mg/L	12071	58199	13187	13613	33039	33890	11202
Nitrato (N-NO ₃ -)	mg/L	<0,046	0,245	<0,7	<0,7	0,8	1,1	<0,7
Nitrito (N-NO ₂ -)	mg/L	<0,0002	<0,5	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,01	0,86	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	3,19	2,7	3,48	3,22	2,63	2,42
Fosforo Total (PT)	mg/L	<0,05	3,77	0,394	0,506	1,342	1,249	0,658
Ortofosfato (PO ₄)	mgP/L	0,255	3,29	1,18	1,25	3,59	3,71	1,52
Sulfato (SO ₄ -2)	mg/L	1385	7016	1076	992	3779	6138	3364
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	749	<1	<1	<1	<1	<1

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de línea base. Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos durante el monitoreo de invierno (agosto 2016) para el sector La Punta y la Brava, se encuentran en su mayoría dentro de los límites establecidos en línea base, datos usados como referencia. Las excepciones se presentan coloreadas en la **Tabla N° 9-8**.

Existen algunos valores que se encuentran fuera del rango de la línea base, como lo son el Bicarbonato y Carbonato, sin embargo, se debe considerar que en el caso de estos iones, sólo se realizó una campaña de monitoreo para la construcción de la Adenda 5, efectuada en el año 2015, por ende, el patrón de comparación no es representativo.

9.2.2.1.3 Sector Tilopozo

Tabla N° 9-9. Parámetros de calidad de agua, Sector Tilopozo.

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Temperatura	C	25,6	25,7	4,4
pH		7,6	9,0	7,5
Conductividad	uS/cm	4370	4690	4280
Salinidad	g/Kg	2,3	2,5	2,2
Turbiedad	UNT	1,69	4,05	4,37
Oxígeno disuelto	mg/L	3,6	9,6	3,4
Clorofila "a"	ug/L	31,9	28,8	22,5
Alcalinidad Parcial (CaCO3)	mg/L	<2	69	<2
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	408	413	388
Bicarbonato (CaCO3)	mg/L	408	274	388
Carbonatos (CaCO3)	mg/L	<2	139	<2
Cloruro (Cl)	mg/L	957	702	900
Nitrato (N-NO3-)	mg/L	1,2	<0,7	1
Nitrito (N-NO2-)	mg/L	<0,005	0,01	<0,005
Nitrógeno amoniacal (NH4+)	mg/L	0,14	0,14	0,13
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	3,06	3	3,25
Fosforo Total	mg/L	0,459	0,319	<0,033
Ortofosfato	mgP/L	<0,50	<0,50	<0,50
Sulfato (SO4-2)	mg/L	272	226	139
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<1	26	<1

Fuente: Elaboración propia

El sector de Tilopozo no posee registros previos en el Plan de Monitoreo Biológico, por lo que los resultados no pueden compararse a resultados anteriores (**Tabla N° 9-9**).

9.2.2.2 Calidad de sedimentos

A continuación se señalan los resultados obtenidos para los parámetros evaluados de calidad de sedimentos.

Cabe señalar, que no fue posible realizar el análisis de granulometría, debido a la naturaleza de las muestras de los sedimentos, debido a la compactación de las muestras luego del secado lo que altera su granulometría original. El laboratorio ETFA ANAM, realizó diferentes pruebas para poder realizar el análisis de la mejor forma, pero sin resultados positivos y representativos posible. Para detalles específicos al respecto, revisar el informe emanado por el laboratorio en **Anexo Limnología_Sedimentos**.

9.2.2.2.1 Sector Peine

Tabla N° 9-10. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Peine.

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg			54,9	76,9	50,7	44,7	64,9	26,5
Fosforo Total (P)	mg/Kg	34	78	366,29	307,06	<0,50	167,36	<0,50	1,13
Materia Orgánica	%	0,5	7,4	9,47	13,25	8,75	7,71	11,19	4,57
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,149	5,355	14,8	17,8	22,8	17,5	10,8	7,9
Potencial Redox	mV	-160	46,4	-313,9	-343,7	-228,9	-268,4	-182,6	-182,9

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de Línea Base. Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla N° 9-10** distingue en color aquellos parámetros que presentan valor fuera de los rangos establecidos en línea base, tales como materia orgánica, fósforo total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Potencial redox en la campaña de invierno 2016. Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de monitoreo en el año 2015, que fue realizada para la elaboración del PMB de la Adenda 5, por lo que las desviaciones de los resultados respecto a dicha campaña, podrían deberse a la variación natural.

9.2.2.2.2 Sector La Punta y La Brava

Tabla N° 9-11. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector La Punta y La Brava.

Parámetro	Unidad	LB Min	LB Máx.	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg			74,4	48	94,9	48,6	86,1
Fosforo Total (P)	mg/Kg	8	55	4,9	1,38	2,31	<0,50	4,29
Materia Orgánica	%	3,9	8,2	12,82	8,28	16,37	8,38	14,84
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	1,596	6,351	15,3	10,7	26,2	9,1	44,9
Potencial Redox	mV	-161,6	-61	-327,7	-235,7	-350,5	-281,7	-335,7

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de línea base. Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla N° 9-11** distingue en color aquellos parámetros que presentan valor fuera de los rangos establecidos en línea base, como Materia Orgánica, Fósforo Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Potencial redox en esta campaña de invierno 2016. Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de monitoreo en el año 2015, que fue realizada para la elaboración del PMB, de la Adenda 5 por lo que las desviaciones de los resultados respecto a dicha campaña podrían deberse a la variación natural.

9.2.2.2.3 Sector Tilopozo

Tabla N° 9-12. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Tilopozo.

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	121,2	194,8	58,4
Fosforo Total (P)	mg/Kg	<0,50	1094,17	786,86
Materia Orgánica	%	20,9	33,58	10,06
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	13,5	14,0	15,6
Potencial Redox	mV	-324,7	-376,3	-144,3

Cabe señalar, que el sector de vegas de Tilopozo no presenta antecedentes previos monitoreo para sedimentos, por lo tanto su seguimiento y variación serán evaluadas en el tiempo, con las próximas campañas de monitoreo (**Tabla N° 9-12**).

9.2.2.3 Biota acuática**9.2.2.3.1 Fitobentos**

Esta comunidad corresponde al grupo de microalgas alojadas en el sustrato de los sistemas acuáticos, ya sea sobre rocas, plantas, o directamente sobre sustratos más finos como arena o sedimento.

9.2.2.3.1.1 Sector Peine

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine, está compuesta por 33 taxa, con valores de riqueza de entre 13 y 21.

Respecto a la abundancia de microalgas, ésta fluctúa entre 30478,5 cel/cm² en S-10 (laguna Salada) y 80128,3 cel/cm² en SA-25 (laguna Saladita) (**Tabla N° 9-13**).

Tabla N° 9-13. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine.

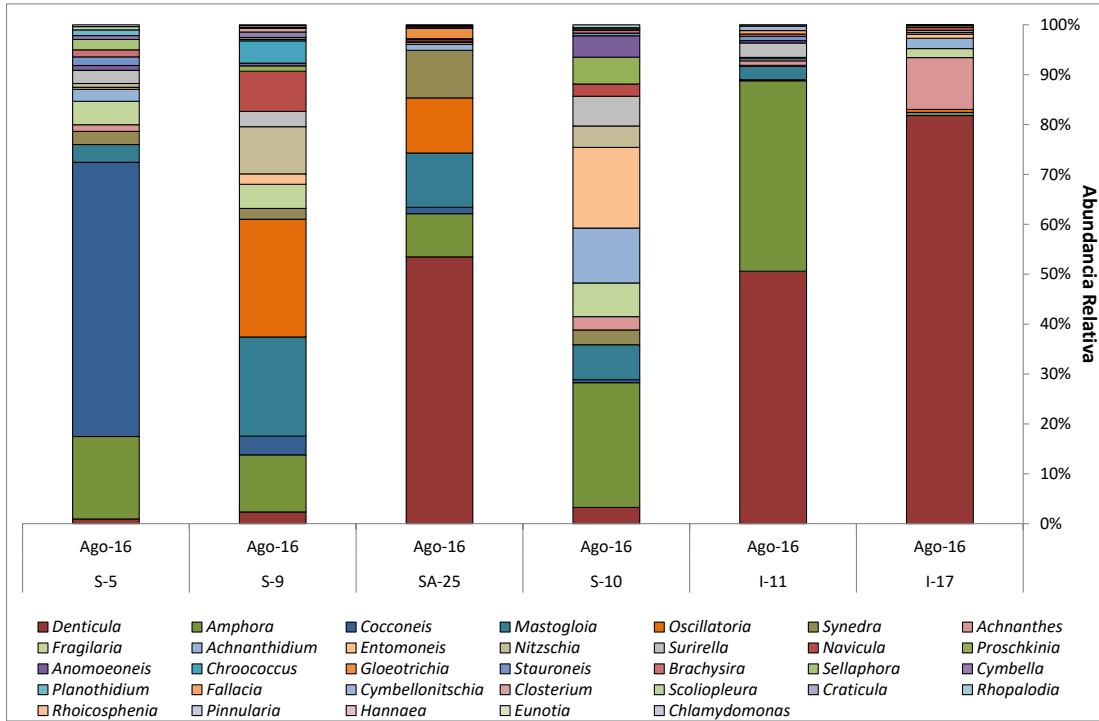
Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	587,92	0,00	0,00	820,36	328,14	7350,38
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	1066,46	0,00	984,43	3363,46	164,07	1470,08
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Planothidium	513,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	24036,42	1722,74	1001,34	180,48	82,04	0,00
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Cymbellonitschia	0,00	0,00	0,00	0,00	340,24	0,00
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	410,18	1066,46	42862,35	984,42	18704,12	57753,05
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	330,88	4347,89	65,63	1312,57	87,51	262,51
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	434,78	246,11	70,01	1312,57	172,28	0,00
Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	328,14	492,21	0,00	0,00	0,00	54,25
Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	Rhoicosphenia	0,00	164,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	0,00	82,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	1558,67	9105,95	8728,59	2132,92	984,43	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	615,27	0,00	241,73	164,07	169,54	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	0,00	3691,60	328,14	743,79	0,00	474,27
Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia	164,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Proschkiniaceae	Proschkinia	0,00	492,21	0,00	1640,71	0,00	210,01
Bacillariophyceae	Naviculales	Scoliotropidaceae	Scolioleura	270,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphorineae	Fallacia	0,00	0,00	175,01	0,00	248,84	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphorineae	Sellaphora	921,53	164,07	0,00	84,77	0,00	0,00

Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Craticula	0,00	84,77	0,00	82,04	90,20	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Stauroneis	746,52	164,07	0,00	164,07	330,88	0,00
Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Rhopalodia	0,00	0,00	0,00	175,01	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	164,07	957,08	303,53	4922,13	0,00	577,53
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	1151,23	1394,60	133,45	1812,61	1066,47	264,26
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora	7219,12	5250,28	6940,21	7629,31	14110,12	420,02
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,00
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,00	2050,89	0,00	0,00	0,00	0,00
Cyanophyceae	Nostocales	Rivulariaceae	Gloeotrichia	0,00	0,00	1640,71	0,00	0,00	0,00
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	0,00	10828,69	8859,85	0,00	0,00	437,52
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	2050,89	2214,96	0,00	2050,89	0,00	1260,07
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Hannaea	0,00	0,00	164,07	0,00	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	1148,49	984,42	7629,31	902,39	82,04	0,00
Zygnematophyceae	Zygnematales	Closteriaceae	Closterium	0,00	328,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (cel/cm²)		24,8	340916	43718,9	45833,2	80128,3	30478,5	36960,8	70589,9
Riqueza		2	14	19	21	16	19	15	13
Diversidad (H')		-	-	0,587	0,771	0,560	0,815	0,444	0,295
Equidad (J')		-	-	1,728	2,347	1,554	2,400	1,202	0,757

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-2**), permite observar los taxa dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de invierno, permitiendo observar además similitudes y diferencias en la composición de la comunidad.

Figura N° 9-2. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine.

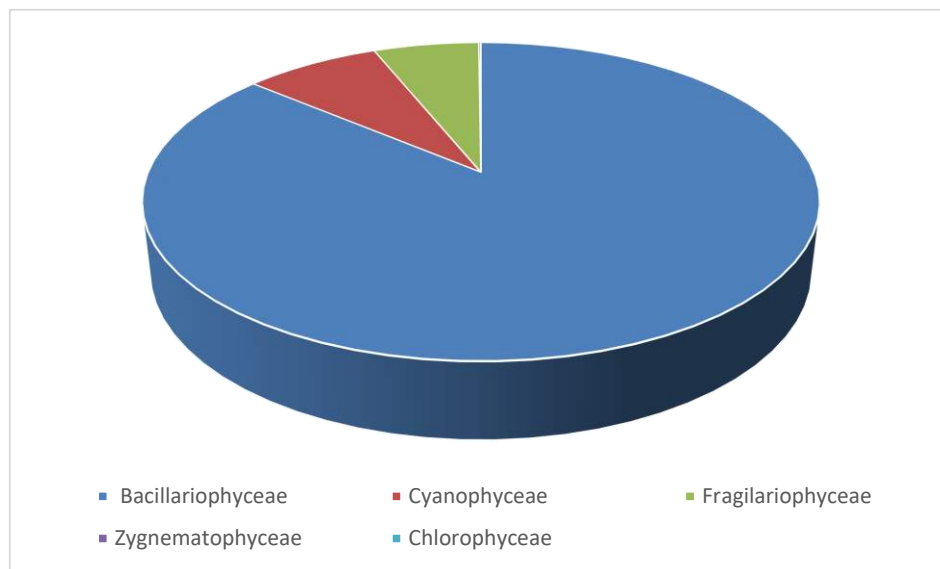


Fuente: Elaboración propia

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones S-9 y S-10, ambas de Laguna Salada, mientras que en las estaciones de Saladita (SA-25), e Interna (I-11 e I-17), se registraron valores menores de dichos parámetros.

El análisis por clase de la comunidad de fitobentos, mostró que Bacillariophyceae domina ampliamente en las lagunas que conforman el Sector Peine (Figura N° 9-3).

Figura N° 9-3. Abundancia Relativa por clase, fitobentos, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.1.2 Sector La Punta y La Brava.

Para la comunidad de fitobentos en el Sector La Punta y La Brava se registraron 27 taxa. La riqueza entre estaciones fluctuó entre 15 taxa en LB-1 (La Brava) y 22 taxa en LP-24 (La Punta). Respecto a la abundancia de microalgas, ésta presenta valores entre los 29199,80 cel/cm² en LP-24 y 259948,93 cel/cm², en LB-2 (Tabla N° 9-14).

Tabla N° 9-14. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava.

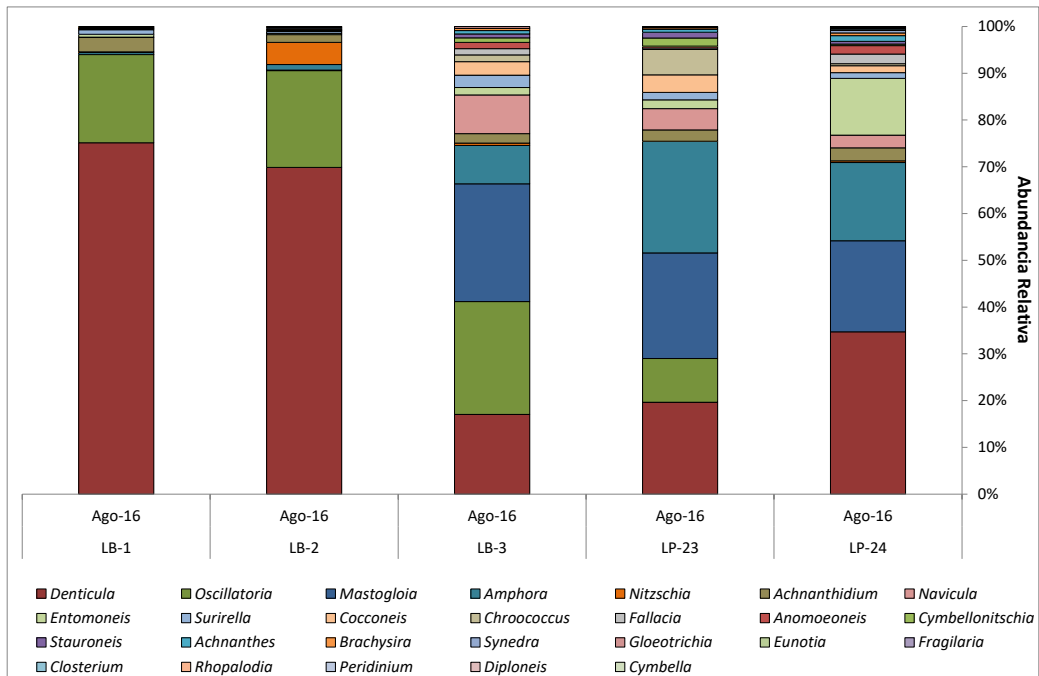
Clase	Orden	Familia	Genero	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	247,75	84,77	492,22	410,18	363,15
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	4085,37	4350,62	1394,61	1476,64	820,36
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Planothidium	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	246,11	0,00	1968,86	2297,00	427,68
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Cymbellonitschia	0,00	87,51	667,22	1071,93	100,63
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	99574,79	181626,79	11654,52	12059,24	10139,60
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	49,22	12305,34	328,14	0,00	100,63
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	157,51	246,11	905,13	254,31	529,70
Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	0,00	0,00	0,00	0,00	32,82
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	50,86	169,54	0,00	0,00	35,00

Clase	Orden	Familia	Genero	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	50,86	257,05	17227,48	13861,02	5676,86
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	157,51	661,80	328,14	191,42	167,36
Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidinae	Diploneis	0,00	0,00	0,00	0,00	33,91
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	98,45	0,00	5660,46	2791,95	787,55
Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphorineae	Fallacia	0,00	410,18	913,33	191,42	595,33
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Stauroneis	0,00	246,11	574,25	738,32	165,17
Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Rhopalodia	0,00	109,38	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	836,77	738,32	1082,87	1148,50	3543,94
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	1279,76	984,43	1804,78	987,16	362,05
Bacillariophyceae	Thalassiosiphosales	Catenulaceae	Amphora	639,88	3117,35	5604,49	14684,37	4889,32
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,00	0,00	987,16	3336,12	131,26
Cyanophyceae	Nostocales	Rivulariaceae	Gloeotrichia	0,00	0,00	273,45	0,00	0,00
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	25004,45	53815,34	16489,16	5742,49	0,00
Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	Peridinium	0,00	0,00	0,00	0,00	65,63
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	0,00	164,07	0,00	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	49,22	574,25	0,00	82,04	164,07
Zygnematophyceae	Zygnematales	Closteriaceae	Closterium	0,00	0,00	0,00	82,04	67,82
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (cel/cm²)		39,84	618700	132528,49	259948,93	68356,23	61406,11	29199,80
Riqueza		8	17	15	18	18	18	22
Diversidad (H')		-	-	0,294	0,331	0,732	0,728	0,636
Equidad (J')		-	-	0,796	0,957	2,117	2,105	1,964

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia

Las estaciones de la laguna La Brava (LB) mostraron en promedio una menor diversidad y equidad que las estaciones de La Punta (LP) (**Figura N° 9-4**).

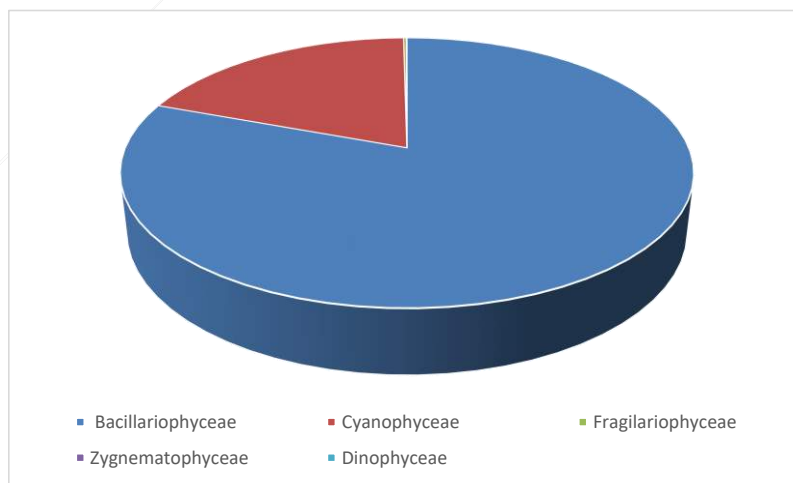
Figura N° 9-4. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Al observar la abundancia relativa por clase, se observa que la clase ampliamente dominante en el fitobentos corresponde a Bacillariophyceae (**Figura N° 9-5**)

Figura N° 9-5. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.1.3 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Tilopozo, las estaciones evaluadas registraron un total de 22 taxa. La riqueza por estación fluctuó entre 11 taxa en TB-2 y TB-3, y 12 taxa en TB-1.

Respecto a las abundancias registradas las estaciones TB-1 y TB-3 tuvieron una abundancia similar, entre los 30000 y 40000 cel/cm², mientras que TB-2 triplicó dicha abundancia (Tabla N° 9-15).

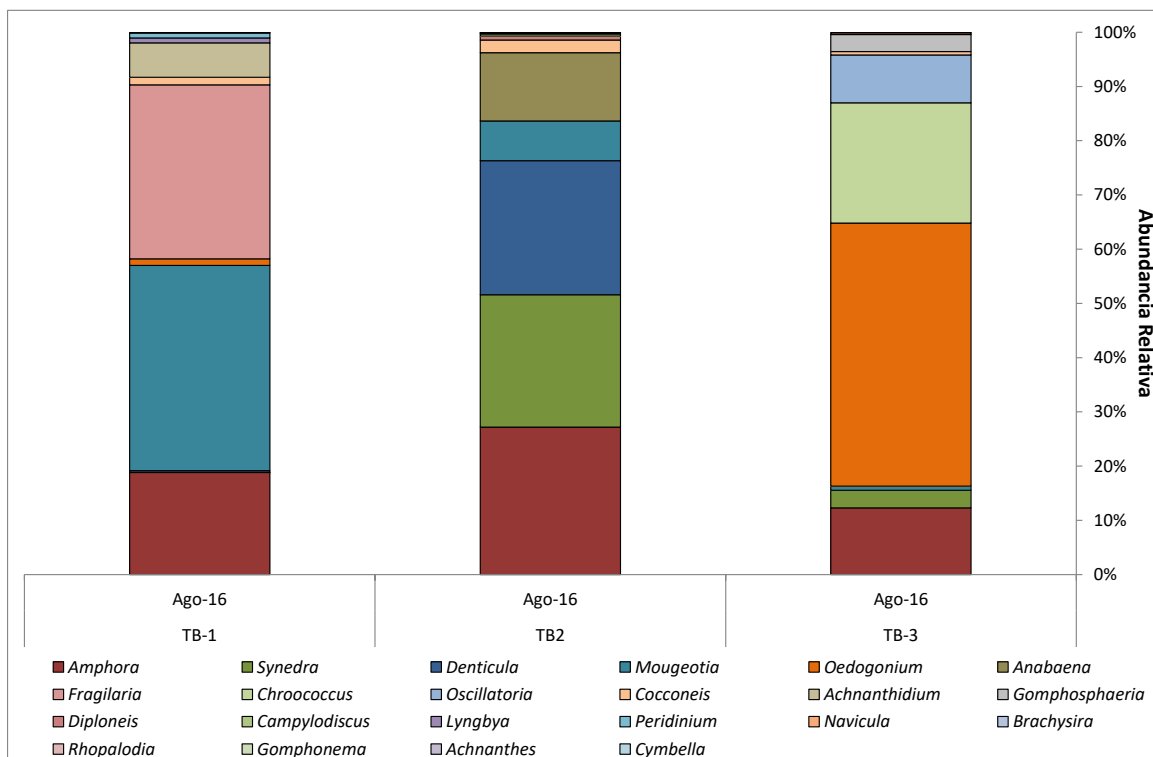
Tabla N° 9-15. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo.

Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB-2	TB-3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	32,81	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	2050,89	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	459,40	2543,11	229,70
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	99,54	26907,67	0,00
Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	16,95	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema	0,00	0,00	32,82
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	0,00	164,07	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidinae	Diploneis	0,00	820,36	32,82
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	0,00	82,04	98,45
Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Rhopalodia	0,00	84,77	0,00
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Campylodiscus	0,00	412,91	0,00
Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora	6103,44	29614,85	4626,81
Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium	393,77	0,00	18244,72
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,00	0,00	8353,56
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	Gomphosphaeria	0,00	0,00	1181,31
Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	Anabaena	0,00	13699,95	0,00
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Lyngbya	295,33	0,00	0,00
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	0,00	0,00	3314,24
Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	Peridinium	295,33	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	10413,05	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	16,41	26579,53	1214,13
Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Mougeotia	12288,93	7989,99	295,33
Abundancia (cel/cm²)				32465,81	108899,22	37623,86
Riqueza				12	11	11
Diversidad (H')				0,585	0,693	0,614
Equidad (J')				1,453	1,663	1,473

Fuente: Elaboración propia

Los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo son similares entre estaciones. En la **Figura N° 9-6**, se puede observar cómo cada estación de muestreo tiene su propia estructura comunitaria.

Figura N° 9-6. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo.

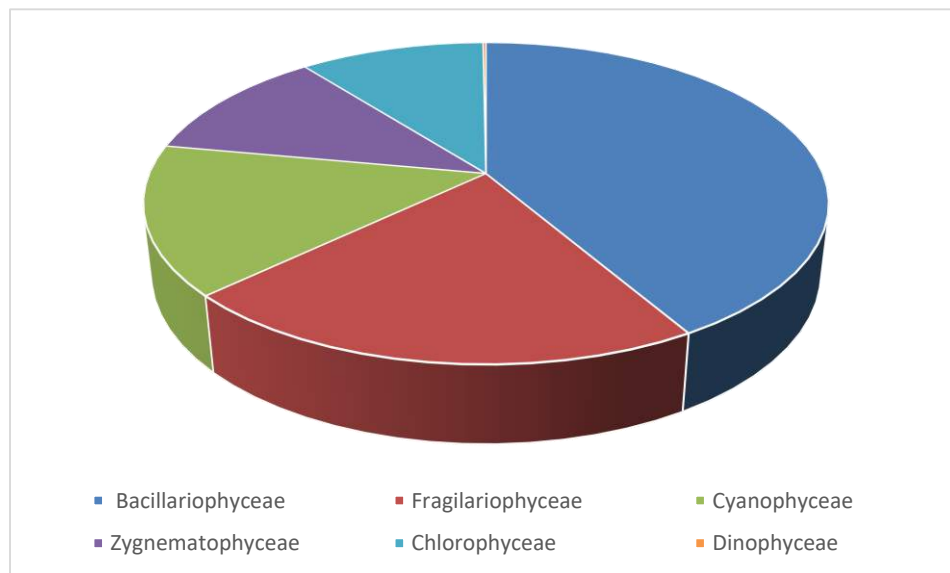


Fuente: Elaboración propia

Al analizar la abundancia por clase del sector, se puede ver la dominancia del grupo Bacillariophyceae (**Figura N° 9-7**).

Cabe señalar, que el sector de vegas de Tilopozo no presenta antecedentes previos monitoreo para fitobentos, por lo tanto su seguimiento y variación serán evaluadas en el tiempo, con las próximas campañas de monitoreo.

Figura N° 9-7. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.2 Fitoplancton

La comunidad de Fitoplancton corresponde al grupo de microalgas que se desarrolla en la columna de agua de los sistemas acuáticos.

9.2.2.3.2.1 Sector Peine

Para las lagunas que conforman el Sector Peine, la comunidad de fitoplancton está compuesta por 22 taxa. La riqueza total por estación registró un mínimo de 10 taxa en I-11 (laguna Interna) y un máximo de 16 taxa en S-10 (laguna Salada).

Respecto a la abundancia los valores oscilan dentro del rango de los 80 a 250 cel/ml, en las estaciones SA-25 (laguna Saladita) y S-5 (laguna Salada) respectivamente (**Tabla N° 9-16**).

Tabla N° 9-16. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.

Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthaceae	Achnanthes	0,00	1,80	0,00	0,93	0,00	18,29
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthaceae	Achnantheidium	24,35	35,65	26,95	23,48	26,95	14,78
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthaceae	Planothidium	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00

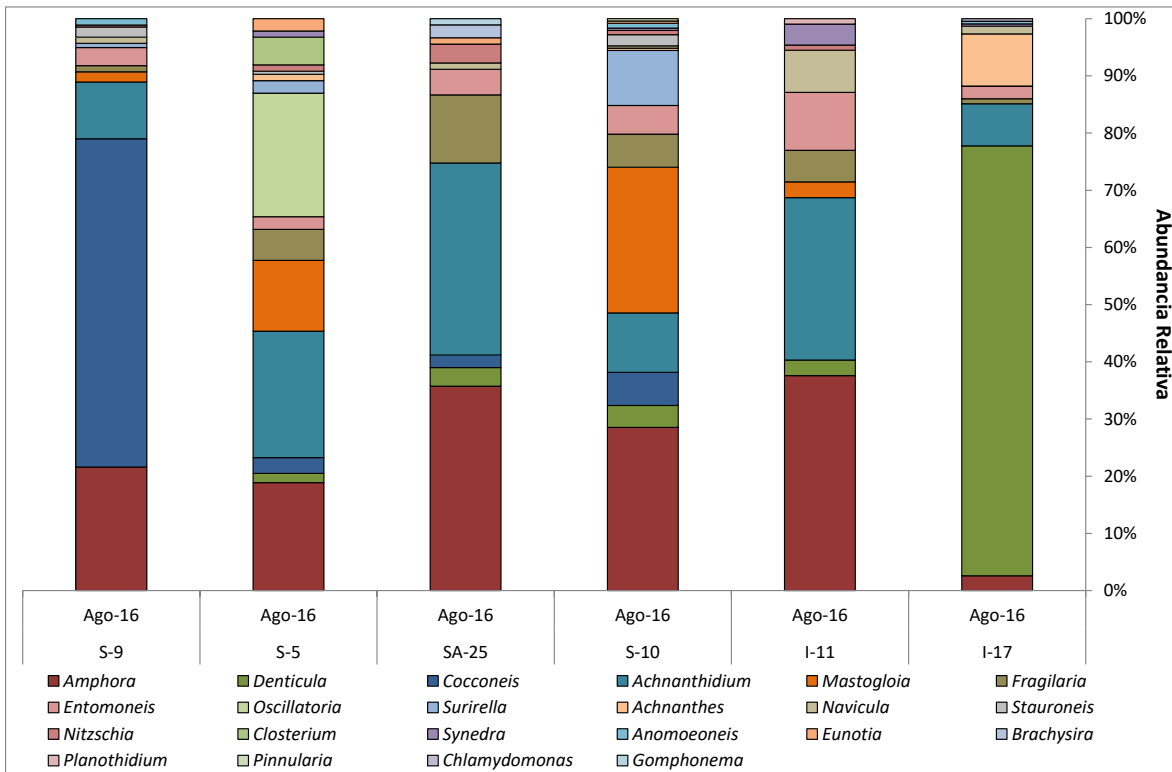
Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	140,87	4,40	1,77	13,02	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	0,00	2,63	2,60	8,69	2,61	150,43
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	0,90	1,77	2,66	1,74	0,87	0,00
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	2,69	0,00	0,00	1,91	0,00	0,90
Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	0,00	3,48	0,90	0,93	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	4,40	20,00	0,00	57,39	2,61	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	2,60	0,00	0,90	0,87	7,01	2,66
Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Stauroneis	4,37	0,87	0,00	4,40	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	7,82	3,62	3,59	11,30	9,59	4,40
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	1,80	3,56	0,00	21,74	0,00	0,04
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora	53,04	30,43	28,69	64,35	35,65	5,21
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	0,00	34,78	0,00	0,00	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	2,60	8,69	9,56	13,04	5,24	1,74
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	0,00	1,74	0,00	0,87	3,47	0,87
Zygnematophyceae	Zygnematales	Closteriaceae	Closterium	0,00	7,82	0,00	0,00	0,00	0,00
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (cel/ml)		59,71	9810000	245,42	161,21	80,27	225,51	94,88	200,19
Riqueza		2	12	11	15	11	16	10	11
Diversidad (H')		-	-	0,557	0,789	0,696	0,735	0,745	0,407
Equidad (J')		-	-	1,335	2,136	1,669	2,036	1,715	0,977

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia

La diversidad y equidad dentro de este sector, para la comunidad de fitoplancton es similar entre las estaciones, diferenciándose las estaciones S-5 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna) que registraron una diversidad menor.

En la **Figura N° 9-8** se puede observar la estructura comunitaria por género para el fitoplancton, donde se pueden identificar los taxa dominantes en cada estación.

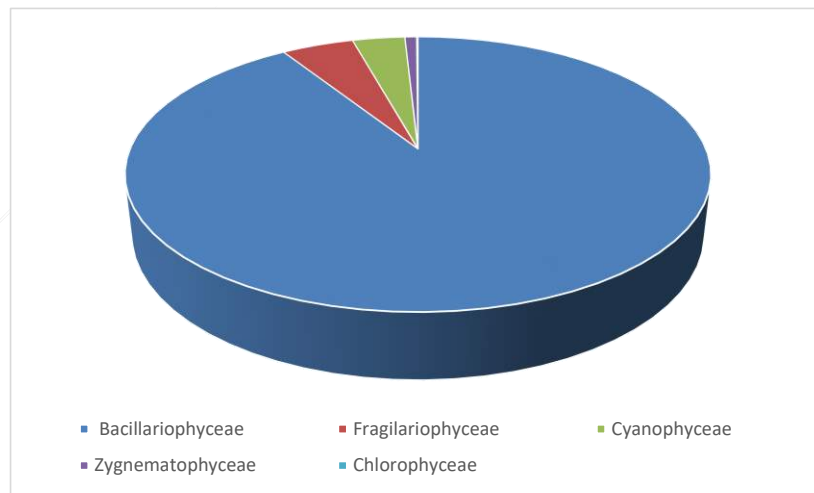
Figura N° 9-8. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

En este sector la clase Bacillariophyceae es ampliamente dominante (Figura N° 9-9).

Figura N° 9-9. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.2.2 Sector La Punta y La Brava.

La comunidad fitoplanctónica en el sector La Punta y La Brava, está compuesta por 19 taxa. La riqueza total por estación registró un mínimo de 6 taxa en las estaciones LB-2 (La Brava) y LP-23 en La Punta, y un máximo de 16 taxa en LB-3 (La Brava).

Respecto a la abundancia registrada, ésta presenta valores entre 32 y 213 cel/ml, en la estación LP-23 (La Punta) y LB-3 (La Brava) respectivamente (**Tabla N° 9-17**).

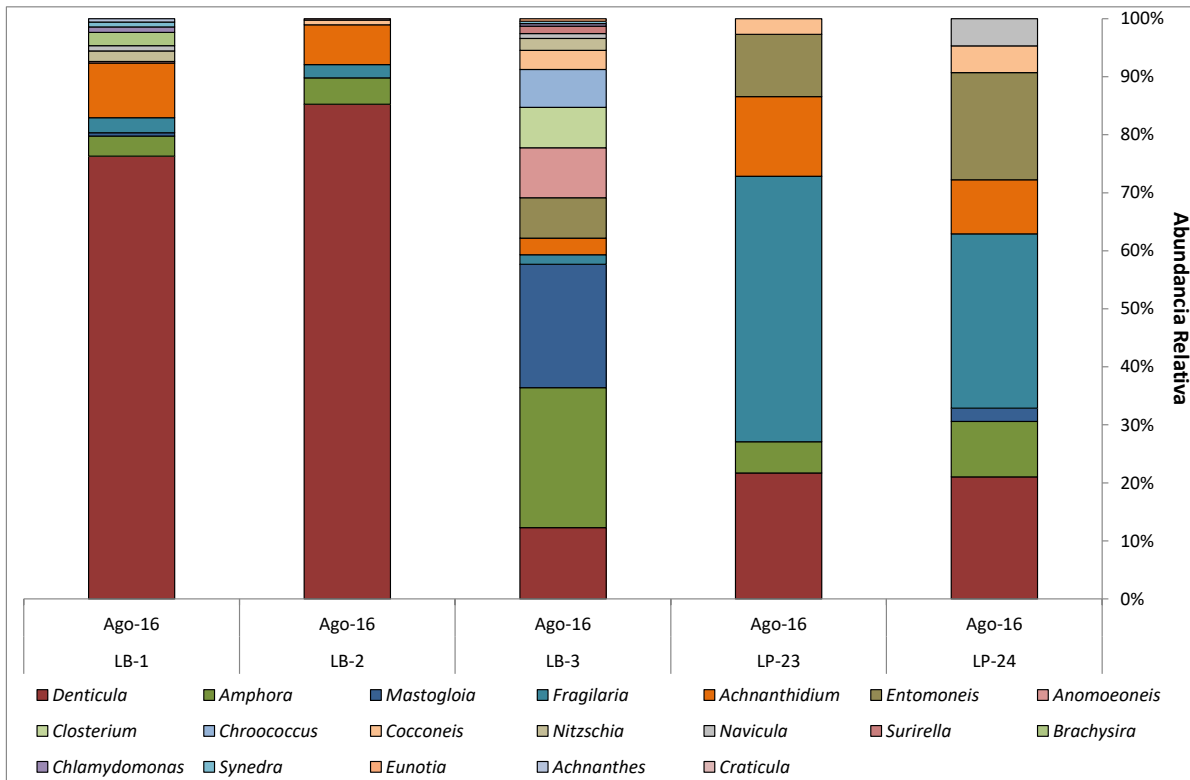
Tabla N° 9-17. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.

Clase	Orden	Familia	Género	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	9,56	7,85	6,14	4,43	3,50
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	0,00	0,90	7,01	0,87	1,74
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	77,39	97,39	26,09	7,01	7,91
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	1,83	0,00	4,37	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	0,29	0,00	18,32	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	0,58	0,00	45,21	0,00	0,87
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	0,93	0,00	1,79	0,00	1,76
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Craticula	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	0,00	0,00	14,78	3,47	6,95
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	0,00	0,00	2,72	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora	3,50	5,21	51,30	1,74	3,59
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,96	0,00	0,87	0,00	0,00
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,00	0,00	13,91	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	2,63	2,60	3,47	14,78	11,30
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	0,87	0,00	0,87	0,00	0,00
Zygnematophyceae	Zygnematales	Closteriaceae	Closterium	0,00	0,00	14,78	0,00	0,00
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (cel/ml)		23,85	4905000	101,39	114,225	212,56	32,29	37,61
Riqueza		5	17	12	6	16	6	8
Diversidad (H')		-	-	0,403	0,335	0,800	0,812	0,875
Equidad (J')		-	-	1,001	0,600	2,217	1,456	1,818

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia

La comunidad de fitoplancton mostró una diversidad y equidad menor en Laguna La Brava, en las estaciones LB-1 y LB-2. La **Figura N° 9-10**, muestra la estructura comunitaria por género del fitoplancton en el sector, permitiendo identificar los taxa dominantes en cada una de las estaciones.

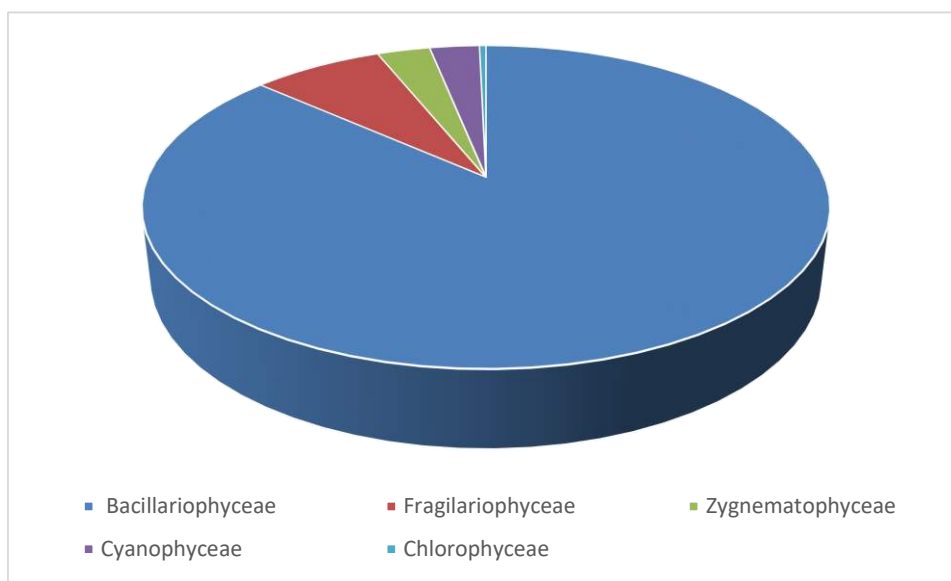
Figura N° 9-10. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por Clase, muestra que el sector está dominado ampliamente por el grupo de las Bacillariophyceae (**Figura N° 9-11**).

Figura N° 9-11. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.2.3 Sector Tilopozo.

La comunidad de fitoplancton en Tilopozo está compuesta por 17 taxa. La riqueza es similar entre las tres estaciones de muestreo con valores entre 11 taxa en TB-2 y 13 taxa en TB-3.

En abundancia se registraron valores entre 230 cel/ml, y 4780 cel/ml (**Tabla N° 9-18**).

Tabla N° 9-18. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.

Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB2	TB-3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	6,14	0,00	8,69
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	2,69	0,00	4,37
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	5,24	2,66	23,58
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	0,00	18,26	2,60
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	0,00	0,96	0,87
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	0,29	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	0,00	3,47	0,00
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora	8,69	1408,71	5,21

Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB2	TB-3
Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium	2,86	0,00	7,85
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,00	3,53	0,00
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	3,48	2,61	3,54
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	Gomphosphaeria	17,32	0,00	64,35
Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	Anabaena	0,00	2840,04	0,00
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	167,83	28,70	42,17
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	8,69	7,82	16,52
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	0,02	461,74	6,08
Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Mougeotia	8,98	0,00	50,43
Abundancia (cel/ml)				232,2	4778,475	236,23
Riqueza				12	11	13
Diversidad (H')				0,466	0,408	0,790
Equidad (J')				1,159	0,978	2,027

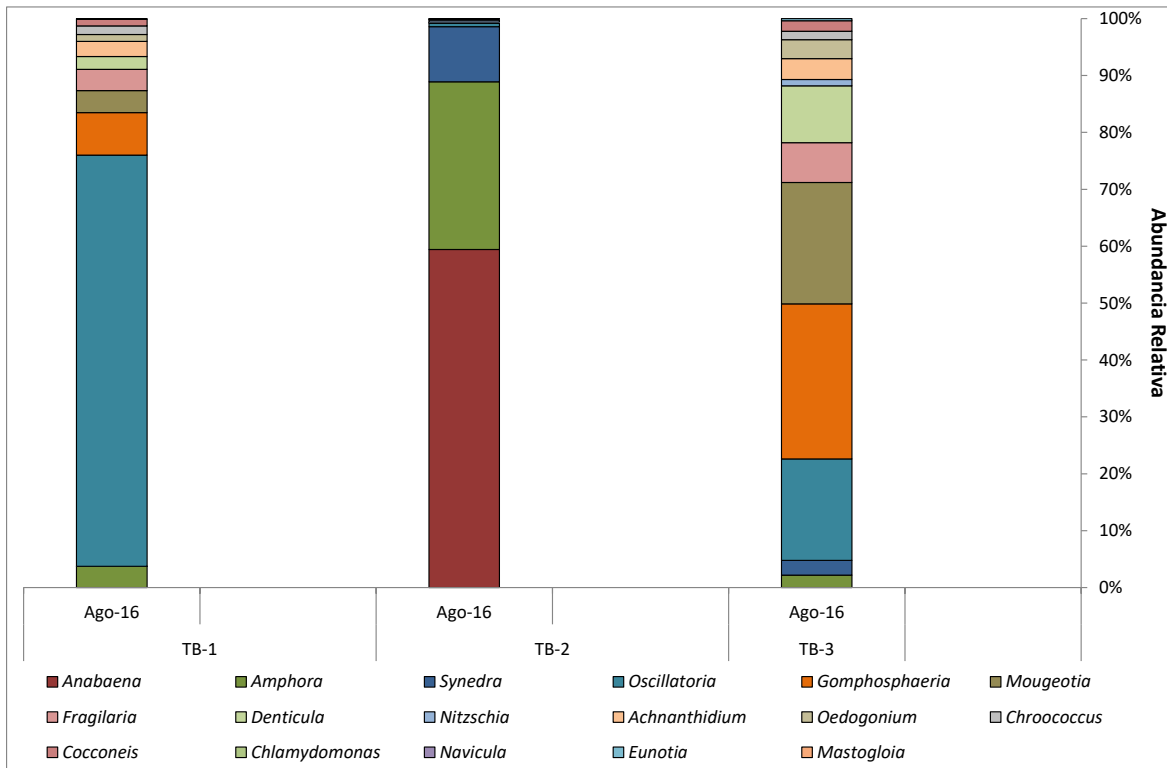
Fuente: Elaboración propia

Dentro del Sector Tilopozo, los valores de diversidad no fueron particularmente altos.

Cabe señalar, que el sector de vegas de Tilopozo no presenta antecedentes previos monitoreo para fitoplancton, por lo tanto su seguimiento y variación serán evaluadas en el tiempo, con las próximas campañas de monitoreo.

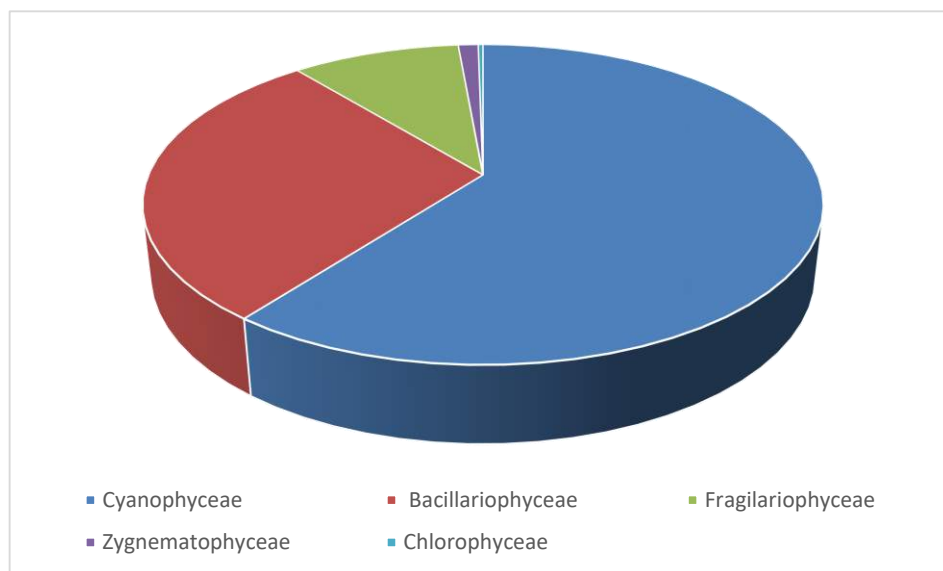
La **Figura N° 9-12** muestra la abundancia relativa por género dentro del sector, esto permite visualizar la estructura comunitaria en cada una de las estaciones.

Figura N° 9-12. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

La **Figura N° 9-13** muestra la abundancia por clase de la comunidad de fitoplancton de vegas de Tilopozo, donde la Clase Cyanophyceae es la dominante.

Figura N° 9-13. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.3 Zoobentos

La comunidad de zoobentos, corresponde al grupo de invertebrados que habita o está asociado al sustrato de los sistemas acuáticos.

9.2.2.3.3.1 Sector Peine

En el Sector Peine la comunidad de zoobentos presentó una riqueza que oscila entre 0 y 4 taxa, en I-17 (laguna Interna) y S-9 (laguna Salada) respectivamente, valores de riqueza que se encuentran entre 0 y 4 taxa (**Tabla N° 9-19**).

Los valores de abundancia se registran en el rango entre 339 ind/m² en S-10 (laguna Salada) a 26045 ind/m² en S-5 (laguna Salada), a excepción de la estación I-17 donde no hubo registro de individuos zoobentónicos.

Tabla N° 9-19. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza, Sector Peine.

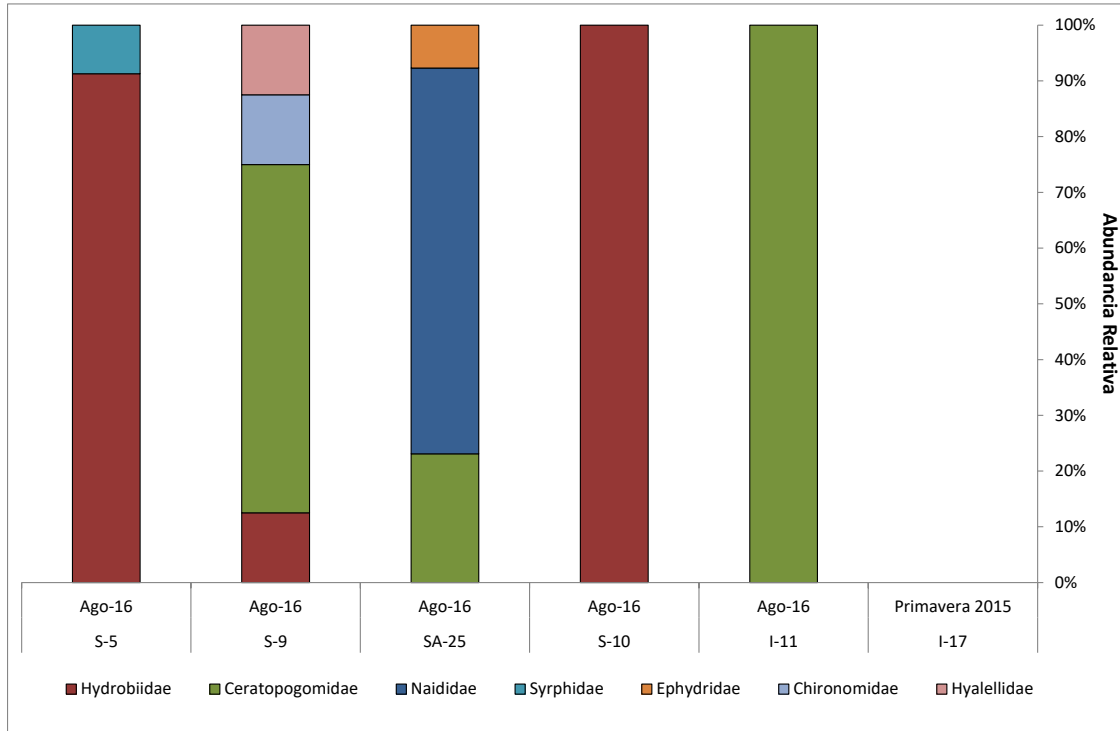
Clase	Orden	Familia	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Insecta	Diptera	Ephydriidae	0,00	0,00	113,23	0,00	0,00	0,00
		Ceratopogonidae	0,00	566,17	339,70	0,00	1132,34	0,00
		Syrphidae	226,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Chironomidae	0,00	113,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	0,00	113,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	0,00	0,00	1019,11	0,00	0,00	0,00
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	2377,92	113,23	0,00	339,70	0,00	0,00
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (ind/m²)	1	71464	2604,39	905,87	1472,05	339,70	1132,34	0,00
Riqueza	1	5	2	4	3	1	1	0
Diversidad (H')	-	-	0,4262	0,7744	0,7193	***	***	***
Equidad (J')	-	-	0,2954	1,074	0,7903	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

La diversidad y equidad dentro del sector Peine solo pudo determinarse en tres de las seis estaciones, dos de Laguna Salada (S-5, S-9) y la estación de Laguna Saladita (SA-25); en las restantes no pudo estimarse debido a la ausencia de individuos o a la presencia de solo un grupo taxonómico que domina totalmente la comunidad.

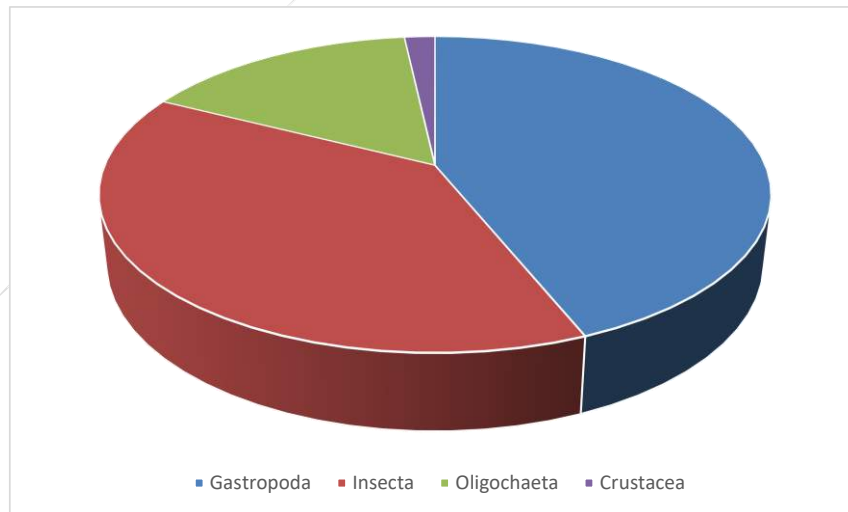
La **Figura N° 9-14**, muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los taxa dominante en cada estación, y la **Figura N° 9-15** presenta la abundancia relativa por clase, distinguiéndose las 4 clases registradas, Gastropoda, Insecta, Oligochaeta y Crustacea.

Figura N° 9-14. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 9-15. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.3.2 Sector La Punta y La Brava

Las estaciones de muestreo de La Punta (LP) y La Brava (LB) presentan un registro total de 12 taxa, un mínimo de tres taxa en LP-24 y un máximo de seis taxa en LB-3.

Los valores de abundancia presentan un rango entre 1000 ind/m² en LP-24 y los 5100 ind/m², en LP-23 (Tabla N° 9-20).

Tabla N° 9-20. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.

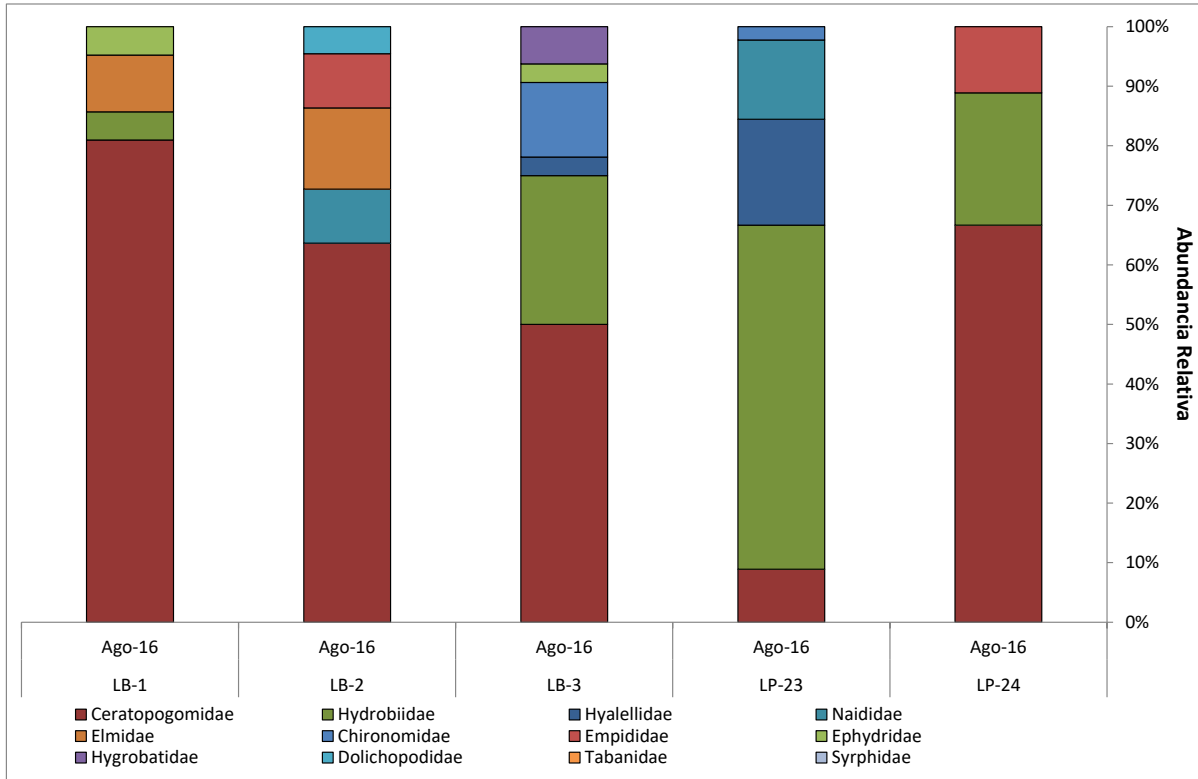
Clase	Orden	Familia	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Insecta	Coleoptera	Elmidae	226,47	339,70	0,00	0,00	0,00
		Ephydriidae	113,23	0,00	113,23	0,00	0,00
	Diptera	Tabanidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ceratopogonidae	1924,98	1585,28	1811,75	452,94	679,41
		Empididae	0,00	226,47	0,00	0,00	113,23
		Dolichopodidae	0,00	113,23	0,00	0,00	0,00
		Syrphidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Chironomidae	0,00	0,00	452,94	113,23	0,00
Arachnoidea	Acari	Hygrobatidae	0,00	0,00	226,47	0,00	0,00
Crustacea	Amphipoda	Hyalellidae	0,00	0,00	113,23	905,87	0,00
oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	0,00	226,47	0,00	679,41	0,00
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	113,23	0,00	905,87	2944,09	226,47
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (ind/m²)	1	389	2377,92	2491,15	3623,50	5095,54	1019,11
Riqueza	1	5	4	5	6	5	3
Diversidad (H')	-	-	0,4941	0,7057	0,7495	0,7409	0,7725
Equidad (J')	-	-	0,685	1,136	1,343	1,192	0,8487

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia

La diversidad resultó bastante homogénea entre estaciones, a excepción de LB-1, que registró valores menores.

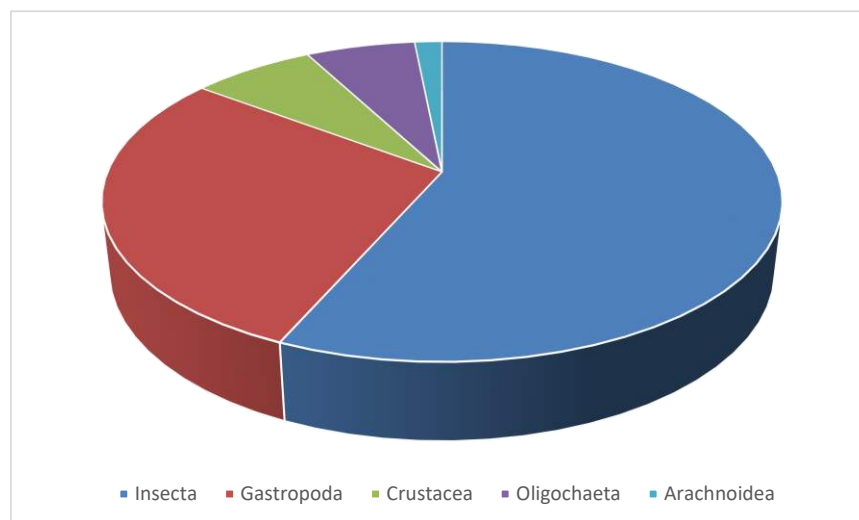
La **Figura N° 9-16** muestra la estructura de la comunidad en el sector, permitiendo identificar los grupos dominantes.

Figura N° 9-16. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por Clase, mostró que los grupos dominantes en el sector corresponden a Insecta y Gastropoda.

Figura N° 9-17. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.

Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.3.3 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Tilopozo, dos de las tres estaciones presentaron registro de especies de fauna bentónica, TB-2 y TB-3, con una riqueza de uno y tres taxa respectivamente.

La abundancia resultó similar en ambas estaciones, cercana a los 1020 ind/m² (Tabla N° 9-21).

Tabla N° 9-21. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.

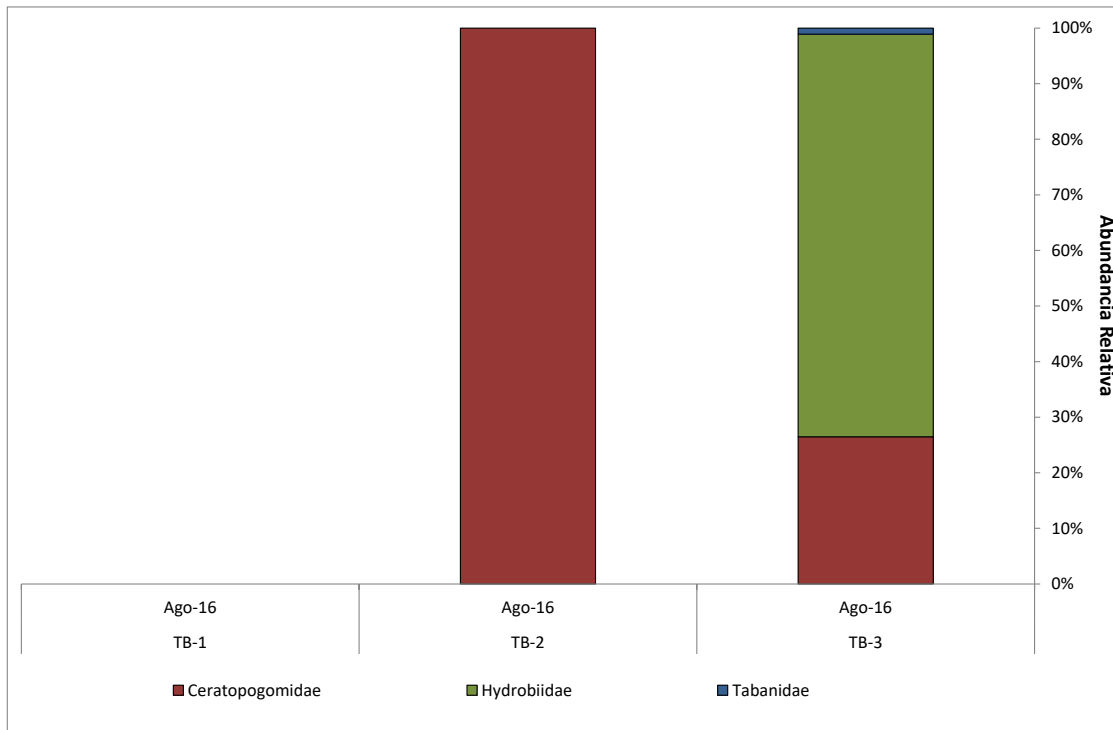
Clase	Orden	Familia	TB-1	TB-2	TB-3
Insecta	Diptera	Tabanidae	0,00	0,00	11,11
		Ceratopogonidae	0,00	1019,11	272,22
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	0,00	0,00	744,44
Abundancia (ind/m²)			0,00	1019,11	1027,78
Riqueza			0	1	3
Diversidad (H')			***	****	0,5775
Equidad (J')			0	0	0,6344

Fuente: Elaboración propia

Dentro del sector Tilopozo, se detectó tres taxa en la estación TB-3 y sólo uno en TB-2.

La **Figura N° 9-18** permite analizar la estructura de la comunidad en el sector, facilitando la identificación de los taxa dominantes.

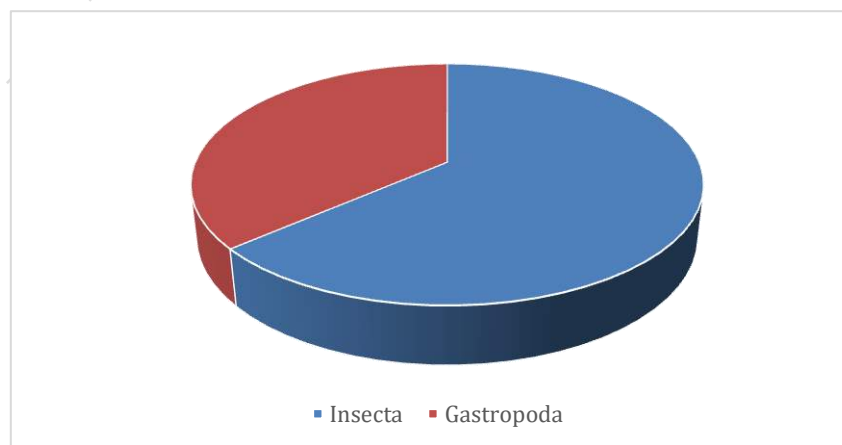
Figura N° 9-18. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

El análisis por clase permite visualizar que las clases presentes y dominantes corresponden a Insecta y Gastropoda (**Figura N° 9-19**).

Figura N° 9-19. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar, que el sector de vegas de Tilopozo no presenta antecedentes previos monitoreo para zoobentos, por lo tanto su seguimiento y variación serán evaluadas en el tiempo, con las próximas campañas de monitoreo.

9.2.2.3.4 Zooplancton

La comunidad de zooplancton corresponde al grupo de pequeños invertebrados que habita en la columna de agua de los sistemas acuáticos. Suele estar compuesto por pequeños crustáceos, rotíferos y artrópodos.

9.2.2.3.4.1 Sector Peine

La comunidad de zooplancton de las estaciones que conforman el sector Peine registró 6 taxa, presentó un rango de riqueza entre 2 y 4 taxa por estación.

Los valores de abundancia registrados para el zooplancton varían entre 0,28 y 59 ind/l, en SA-25 e I-17 respectivamente (**Tabla N° 9-22**).

Tabla N° 9-22. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.

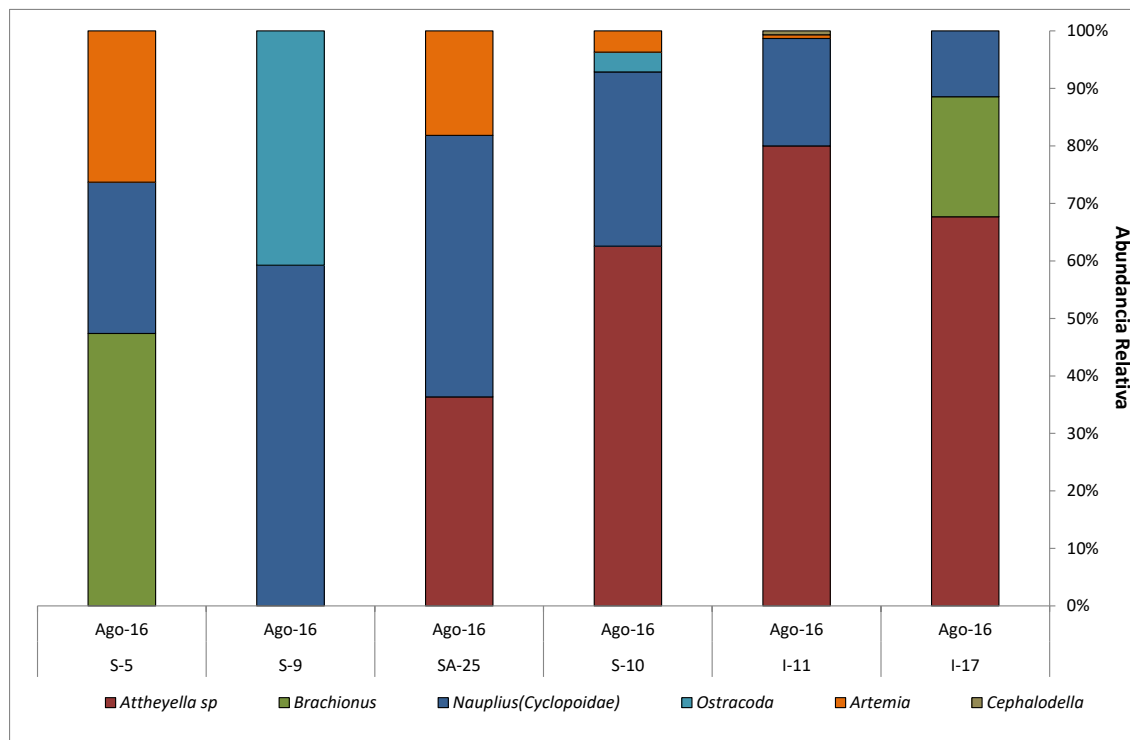
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Crustacea	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopoidae	Nauplius(Cyclopoidae)	0,13	0,80	0,13	0,53	0,70	6,70
		Harpacoida	Camthocamptidae	Attheyella	0,00	0,00	0,10	1,10	3,00	39,63
	Ostracoda	-	-	Ostracoda	0,00	0,55	0,00	0,06	0,00	0,00
Rotífero	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Brachionus	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	12,22
			Notommatidae	Cephalodella	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Arthropoda	Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	Artemia	0,13	0,00	0,05	0,07	0,03	0,00
Límites			Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (ind/l)			0,01	274,3	0,48	1,35	0,28	1,75	3,75	58,55
Riqueza			1	10	3	2	3	4	4	3
Diversidad (H)			-	-	0,962	0,975	0,943	0,644	0,403	0,764
Equidad (J')			-	-	1,057	0,676	1,036	0,893	0,559	0,839

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia

Las mayores diversidades se dan en dos de las estaciones de la laguna Salada y en la laguna Saladita. En términos de equidad destacan S-5 y SA-25.

La **Figura N° 9-20** permite identificar los taxa dominantes en cada una de las estaciones, mostrando la estructura de la comunidad en cada estación.

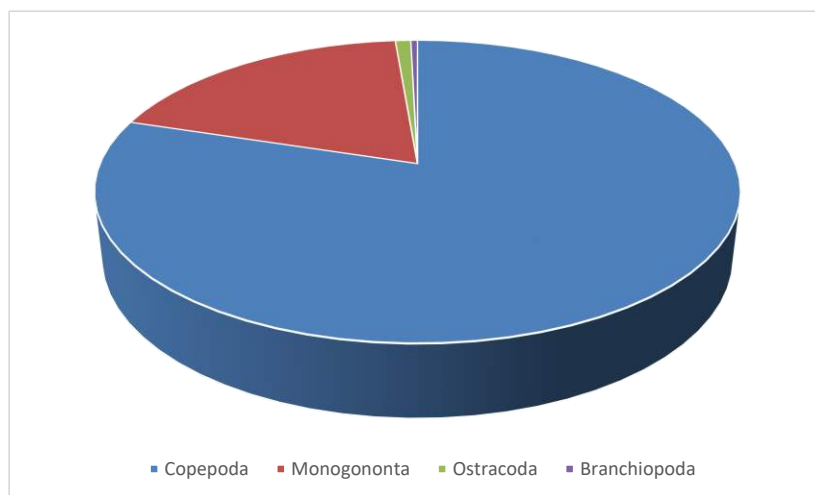
Figura N° 9-20. Abundancia Relativa zooplancton Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de abundancia relativa por clase, señala que la clase dominante corresponde al grupo de los Copépodos, seguido de Monogonta (Rotíferos), y en menor medida Ostracoda y Branchiopoda (**Figura N° 9-21**).

Figura N° 9-21. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.4.2 Sector La Punta y La Brava

Dentro del Sector La Punta (LP) y La Brava (LB), las estaciones de muestreo registraron 6 taxa, con una riqueza entre 2 y 4 taxa, siendo el mínimo en LB-1 y el máximo en ambas estaciones de laguna La Punta.

La abundancia del zooplancton presentó valores con un rango entre 1 y 87 ind/l, con el mínimo en LB-3 y el máximo en LP-23 (Tabla N° 9-23).

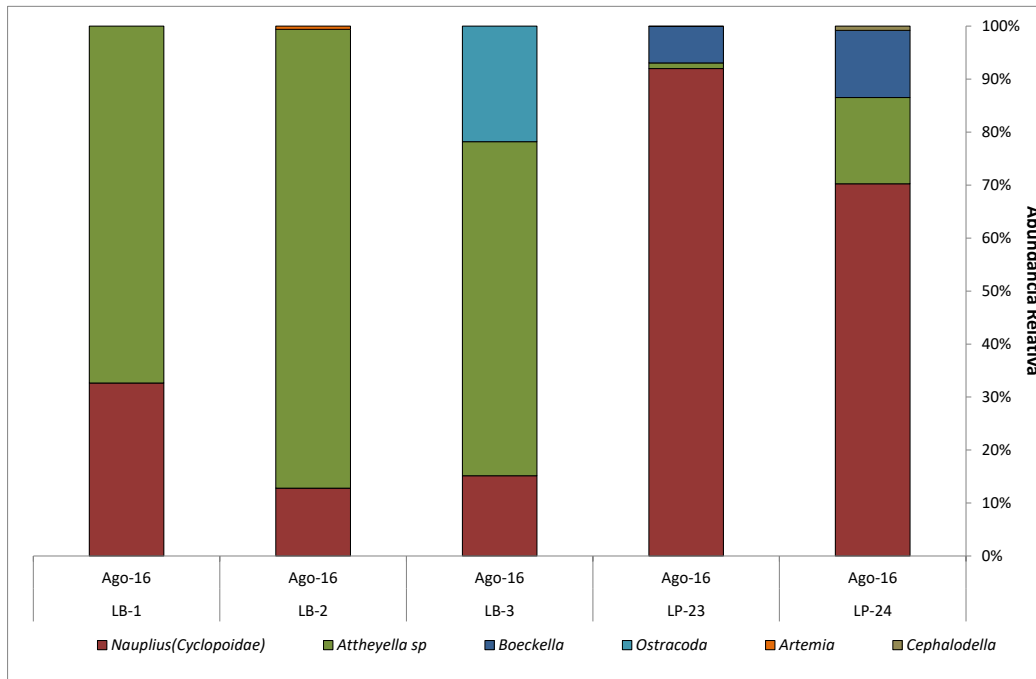
Tabla N° 9-23. Comunidad zooplancton, abundancia (ind/l), Sector La Punta y La Brava.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Crustacea	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopoidae	Nauplius(Cyclopoidae)	1,63	1,33	0,16	79,50	4,43
		Harpacoida	Camthocamptidae	Attheyella sp	3,35	9,00	0,67	0,93	1,03
		Calonoida	Boeckellidae	Boeckella	0,00	0,00	0,00	5,95	0,80
	Ostracoda	-	-	Ostracoda	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00
Rotifero	Monogononta	Ploima	Notommatidae	Cephalodella	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Arthropoda	Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	Artemia	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00
Límites			Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (ind/l)			0,2	239,1	4,98	10,40	1,06	86,44	6,30
Riqueza			1	4	2	3	3	4	4
Diversidad (H)			-	-	0,911	0,382	0,827	0,227	0,609
Equidad (J')			-	-	0,632	0,420	0,909	0,315	0,844

Fuente: Elaboración propia

La **Figura N° 9-22** presenta la estructura comunitaria del zooplancton en el sector y permite visualizar claramente a los grupos dominantes en cada estación.

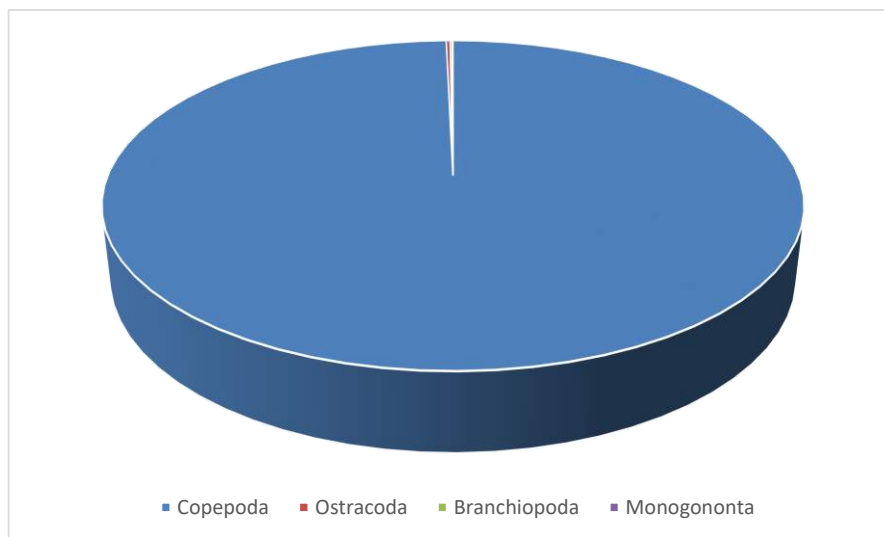
Figura N° 9-22. Abundancia Relativa zooplancton Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por clase, señala que el grupo ampliamente dominante corresponde a Copepodos **Figura N° 9-23**.

Figura N° 9-23. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.4.3 Sector Tilopozo

El sector de Tilopozo, con sus tres estaciones presentó una riqueza mínima de 2 taxa en TB -1 y un máximo de 5 taxa en TB-2 y TB-3.

Los valores de abundancia resultaron similares para TB-1 y TB-3 con valores de 0,28 y 2,51 ind/l respectivamente, mientras que en TB-2 la abundancia es ampliamente mayor, con un registro de 85,89 ind/l (Tabla N° 9-24).

Tabla N° 9-24. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza, Sector Tilopozo.

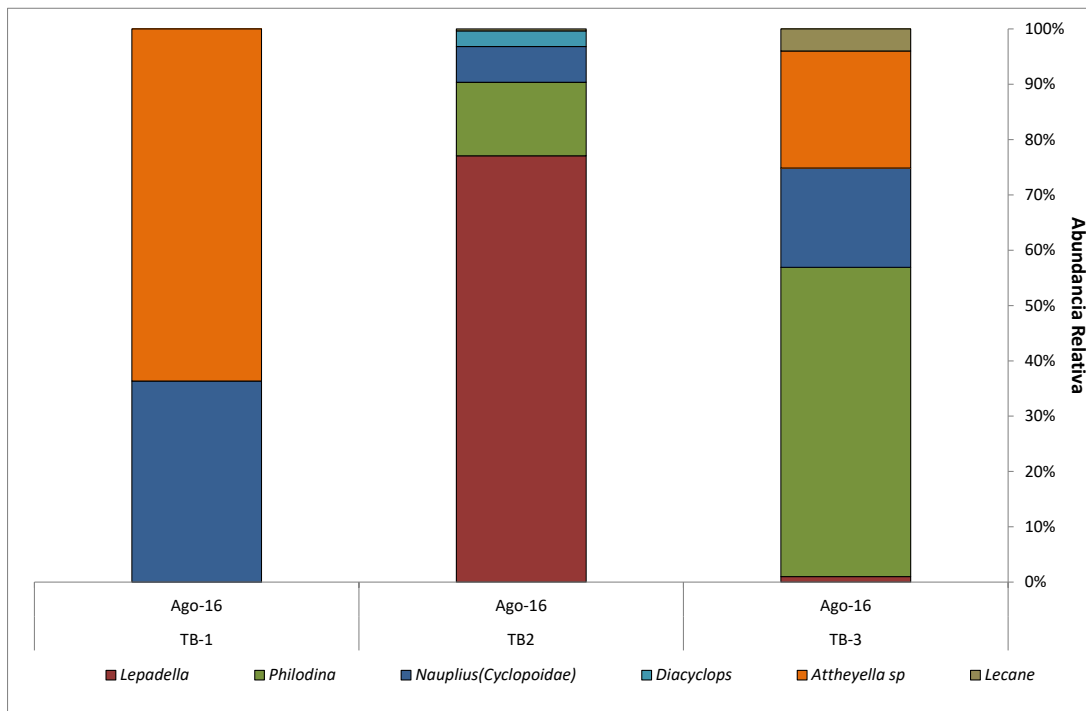
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	TB-1	TB2	TB-3
Crustacea	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopoidae	Diacyclops	0,00	2,43	0,00
				Nauplius(Cyclopoidae)	0,10	5,57	0,45
		Harpacoida	Camthocamptidae	Attheyella sp	0,18	0,00	0,53
Rotífero	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Lepadella	0,00	66,20	0,03
			Lacaniidae	Lecane	0,00	0,30	0,10
	Eurotatoria	Bolellodea	Philodinidae	Philodina	0,00	11,40	1,40
Abundancia (ind/l)					0,28	85,89	2,51
Riqueza					2	5	5
Diversidad (H)					0,946	0,476	0,706
Equidad'(J')					0,655	0,766	1,137

Fuente: Elaboración propia

Dentro del zooplancton del sector Tilopozo la mayor diversidad se encontró en TB-1.

La **Figura N° 9-24** muestra la estructura comunitaria de zooplancton en el sector, permite identificar los grupos dominantes dentro de cada estación.

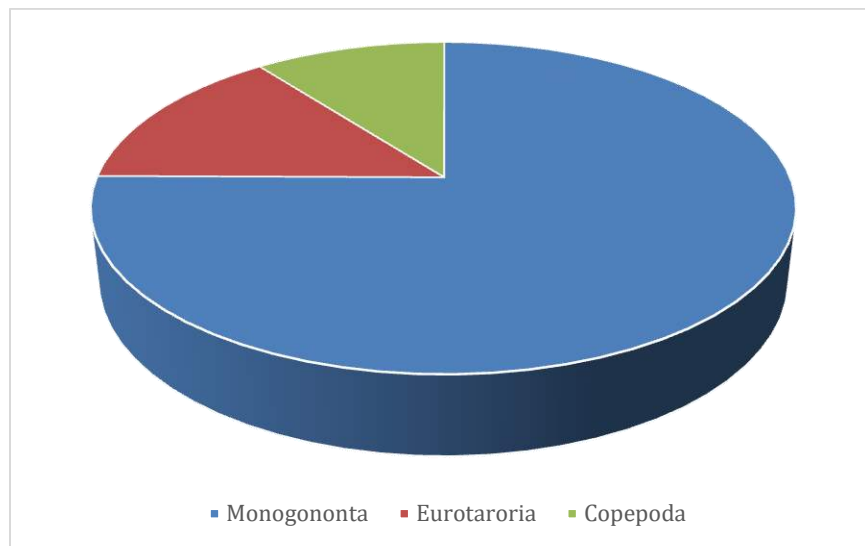
Figura N° 9-24. Abundancia Relativa zooplancton Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar, que el sector de vegas de Tilopozo no presenta antecedentes previos monitoreo para fitobentos, por lo tanto su seguimiento y variación serán evaluadas en el tiempo, con las próximas campañas de monitoreo.

El análisis de la abundancia relativa por Clase, señala que en este sector dominaron ampliamente los rotíferos de la Clase Monogonta y en menor medida Eurotatoria, de igual forma se representa Crustacea con el grupo de los Copepodos (**Figura N° 9-25**).

Figura N° 9-25. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.5 Macrófitas

La comunidad de 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.

La **Tabla N° 9-25** presenta el resumen de los registros de macrófitas para los tres sectores de estudio en sus distintas estaciones y su porcentaje de cobertura total.

Tabla N° 9-25. Comunidad Macrófitas (% cobertura) en el área de estudio.

Sector	Estación	<i>Ruppia filifolia</i>	<i>Zanichellia palustris</i>
Peine	S-5	P	
	SA-25	P	
	S-10	P	
La Punta y La Brava	LB-3	P	
	LP-23	P	
	LP-24	P	
Tilopozo	TB-1		40
	TB-3		75

P: presencia de la especie, cobertura <10%. Fuente: Elaboración propia

Las macrófitas encontradas corresponden a las especies *Ruppia filifolia* y *Zanichellia palustris*. En los sectores de Peine y La Punta y La Brava, este grupo aparece ocasionalmente en manchones con baja cobertura (*R. filifolia*) con hojas sumergidas, mientras que en el Sector de vegas de Tilopozo, aparece *Z. palustris*.

9.2.3 Resultados del muestreo campaña de verano (Calidad de aguas y sedimento y Biota Acuática)

9.2.3.1 Calidad de agua

A continuación se señalan los resultados obtenidos para los parámetros evaluados de calidad de agua en sus diferentes estaciones por sector de estudio, durante la campaña de verano de 2017. Los certificados de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua**.

9.2.3.1.1 Sector Peine

Tabla N° 9-26. Parámetros de calidad de agua, Sector Peine.

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Temperatura	C	4,8	33,6	33	26,3	20,2	16,8	14,7	14,2
pH	upH	6,13	8,6	8,2	8,3	8,2	8,3	8,2	8,1
Turbiedad	UNT	3	152	4,0	2,0	6,4	8,4	2,5	2,6
Oxígeno disuelto	mg/L	2,34	11,2	10	6,4	3,4	4,5	3,6	4,5
Conductividad eléctrica	uS/cm	25350	23500 0	42400	68900	80000	79300	80100	97100
Salinidad	g/Kg	16,1	66,5	27,2	46,8	55,9	55,3	56,1	75,6
Clorofila "a"	ug/L	0	18200	2,2	1,4	<1,0	<1,0	2,0	<1,0
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	79	90	92	108	115	85
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	51	1564	234	252	241	238	215	218
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	91,26	1908,0 7	77	72	58	23	<2	49
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<5	139,54	157	179	183	215	201	169
Cloruro (Cl)	mg/L	8494	19409 9	15031	26658	31196	29636	30912	38853
Nitrato (N-NO ₃ -)	mg/L	<0,15	21,2	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	0,7	0,9
Nitrito (N-NO ₂ -)	mg/L	0,0003 6	<0,5	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Nitrógeno amoniacal (NH4+)	mg/L	0,044	1,31	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,53	0,48
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	8,66	1,34	1,82	1,97	1,98	2,05	1,72
Fosforo Total (PT)	mg/L	<0,05	7,125	0,043	0,051	0,059	0,054	0,045	0,054
Ortofosfato (PO4)	mgP/L	0,1	6,7	<0,5	<0,50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfato (SO4-2)	mg/L	845	14970	2085	2667	3387	2945	333	3483
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	619	<1	<1	<1	<1	<1	<1

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de línea base. Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos durante el monitoreo de verano (marzo 2017) para el Sector Peine, se encuentran en su mayoría dentro de los límites establecidos en línea base, datos usados como referencia. Las excepciones se presentan coloreadas en la **Tabla N° 9-26**.

Cabe mencionar que para Bicarbonato y Carbonato, el PMB solo cuenta con valores correspondientes a una campaña, por lo tanto, las desviaciones respecto a este registro podrían deberse a oscilaciones que ocurren de forma natural.

9.2.3.1.2 Sector La Punta y la Brava

Tabla N° 9-27. Parámetros de calidad de agua, Sector La Punta y La Brava.

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Temperatura	C	6,8	26,3	22,5	17,4	25,9	31,3	30,6
pH	upH	7,77	8,38	8,3	8,4	8,0	8,1	8,2
Conductividad	uS/cm	22300	149500	58700	66100	108100	83800	34800
Salinidad	g/Kg	22,7	36,3	39,1	44,7	81,4	59,2	21,8
Turbiedad	UNT	1,3	31,4	26	1,3	1,2	2,4	2,2
Oxígeno disuelto	mg/L	2,69	9,72	34	1,1	0,7	1,3	4,2
Clorofila "a"	ug/L	0	31900	7,3	<1,0	<1,0	5,7	5,4
Alcalinidad Parcial (CaCO3)	mg/L	-	-	138	197	215	164	84
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	268	806	453	487	496	443	298
Bicarbonato (CaCO3)	mg/L	240	311,1	177	93	66	115	130
Carbonatos (CaCO3)	mg/L	53,86	307,5	275	394	430	329	167
Cloruro (Cl)	mg/L	12071	58199	21837	24390	43320	34457	12337

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Nitrato (N-NO ₃ -)	mg/L	<0,046	0,245	1,1	1,3	1,3	1,3	<0,7
Nitrito (N-NO ₂ -)	mg/L	<0,0002	<0,5	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,01	0,86	<0,02	<0,02	0,2	<0,02	<0,02
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	3,19	2,62	1,73	1,65	1,59	1,43
Fosforo Total (PT)	mg/L	<0,05	3,77	0,057	0,053	0,073	0,036	0,045
Ortofosfato (PO ₄)	mgP/L	0,255	3,29	<0,50	2,04	2,94	1,39	1,90
Sulfato (SO ₄ -2)	mg/L	1385	7016	2623	2667	4463	3804	3508
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	749	4	<1	<1	<1	<1

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de línea base. Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos durante monitoreo de verano (marzo 2017) para el Sector La Punta-La Brava, se encuentran en su mayoría dentro de los límites establecidos en línea base, datos usados como referencia. Las excepciones se presentan coloreadas en la **Tabla N° 9-27**.

Cabe mencionar que para Bicarbonato y Carbonato, el PMB solo cuenta con valores correspondientes a una campaña, por lo tanto las desviaciones respecto a este registro podrían deberse a oscilaciones que ocurren de forma natural.

9.2.3.1.3 Sector Tilopozo

Tabla N° 9-28. Parámetros de calidad de agua, Sector Tilopozo.

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Temperatura	C	22,9	24,4	25,1
pH	upH	6,9	7,0	7,0
Conductividad	uS/cm	4300	4310	4230
Salinidad	gr/Kg	2,3	2,3	2,2
Turbiedad	UNT	0,35	1,9	0,55
Oxígeno disuelto	mg/L	16,9	2,6	1,5
Clorofila "a"	ug/L	<1,0	<1,0	<1,0
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	<2	<2	<2
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	360	375	346
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	362	377	348
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<2	<2	<2

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Cloruro (Cl)	mg/L	964	986	1191
Nitrato (N-NO ₃ -)	mg/L	1,2	1,3	1,2
Nitrito (N-NO ₂ -)	mg/L	<0,005	0,007	<0,005
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	1,41	1,09	1,0
Fosforo Total	mg/L	<0,033	<0,033	<0,033
Ortofosfato	mgP/L	0,74	0,74	0,69
Sulfato (SO ₄ -2)	mg/L	383	463	470
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<1	<1	<1

Fuente: Elaboración propia

El sector de Tilopozo no posee registros previos en el Plan de monitoreo biológico por lo que los resultados no pueden compararse a resultados anteriores (**Tabla N° 9-28**).

9.2.3.2 Calidad de sedimentos

A continuación se señalan los resultados obtenidos en la campaña de verano (marzo 2017) para los parámetros evaluados de calidad de sedimentos. Ver **Anexo Limonología_Sedimentos**.

9.2.3.2.1 Sector Peine

Tabla N° 9-29. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Peine.

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg			98,2	77,2	66,0	61,8	78,8	31,5
Fosforo Total (P)	mg/Kg	34	78	343,62	322,92	79,54	3747,29	121,75	3,61
Materia Orgánica	%	0,5	7,4	16,93	13,31	11,39	10,65	13,58	5,43
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,149	5,355	5,9	6,5	3,0	2,8	3,7	2,8
Potencial Redox	mV	-160	46,4	-328,2	-352,6	-350,6	-372,3	-368,4	-341,6

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de Línea Base. Fuente: Elaboración propia

La **Tabla N° 9-29** distingue en color aquellos parámetros que presentan valor fuera de los rangos establecidos en línea base, como materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total Kjeldhal y potencial redox en esta campaña de 2017.

Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de monitoreo en el año 2015, que fue realizada para la elaboración del PMB, de la Adenda 5 por lo que las desviaciones de los resultados respecto a dicha campaña podrían deberse a la variación natural.

9.2.3.2.2 Sector La Punta y La Brava

Tabla N° 9-30. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector La Punta y La Brava.

Parámetro	Unidad	LB Min	LB Máx.	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg			70,1	60,5	95,4	79,6	81,4
Fosforo Total (P)	mg/Kg	8	55	2,82	2,0	142,11	25,12	3,61
Materia Orgánica	%	3,9	8,2	12,09	10,42	16,45	13,73	14,04
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	1,596	6,351	5,4	4,4	7,9	4,6	5,7
Potencial Redox	mV	-161,6	-61	-345,4	-351,2	-367,4	-341,3	-363,6

*Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Cuadro coloreado para valores fuera de los límites de línea base. Fuente: Elaboración propia

La **Tabla N° 9-30** distingue en color aquellos parámetros que presentan valor fuera de los rangos establecidos en línea base, como materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total Kjeldhal y potencial redox en esta campaña de verano 2017.

Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de monitoreo en el año 2015, que fue realizada para la elaboración del PMB, de la Adenda 5 por lo que las desviaciones de los resultados respecto a dicha campaña podrían deberse a la variación natural.

9.2.3.2.3 Sector Tilopozo

Tabla N° 9-31. Parámetros de calidad de Sedimentos, Sector Tilopozo.

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	76,8	220	68,9
Fosforo Total (P)	mg/Kg	647,07	363,49	567,18

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Materia Orgánica	%	13,25	37,92	11,87
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	4,6	9,7	3,0
Potencial Redox	mV	-310,2	-321,6	-195,4

Fuente: Elaboración propia

Es relevante señalar, que no existen los estudios previos de monitoreo en el PMB para el Sector Tilopozo (**Tabla N° 9-31**).

9.2.3.3 Biota acuática

9.2.3.3.1 Fitobentos

Esta comunidad corresponde al grupo de microalgas alojadas en el sustrato de los sistemas acuáticos, ya sea sobre rocas, plantas, o directamente sobre sustratos más finos como arena o sedimento.

9.2.3.3.1.1 Sector Peine

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine está compuesta por 22 taxa registrados, la riqueza del total por estación registró un mínimo de 11 taxa y un máximo de 17 taxa, en I-17 y I-11 (ambos en laguna Interna).

Respecto a la abundancia de microalgas bentónicas, esta fluctúa entre 22068 cel/cm² en S-10 (laguna Salada) y 105333 cel/cm² en I-11 (laguna Interna) (**Tabla N° 9-32**).

Tabla N° 9-32. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine.

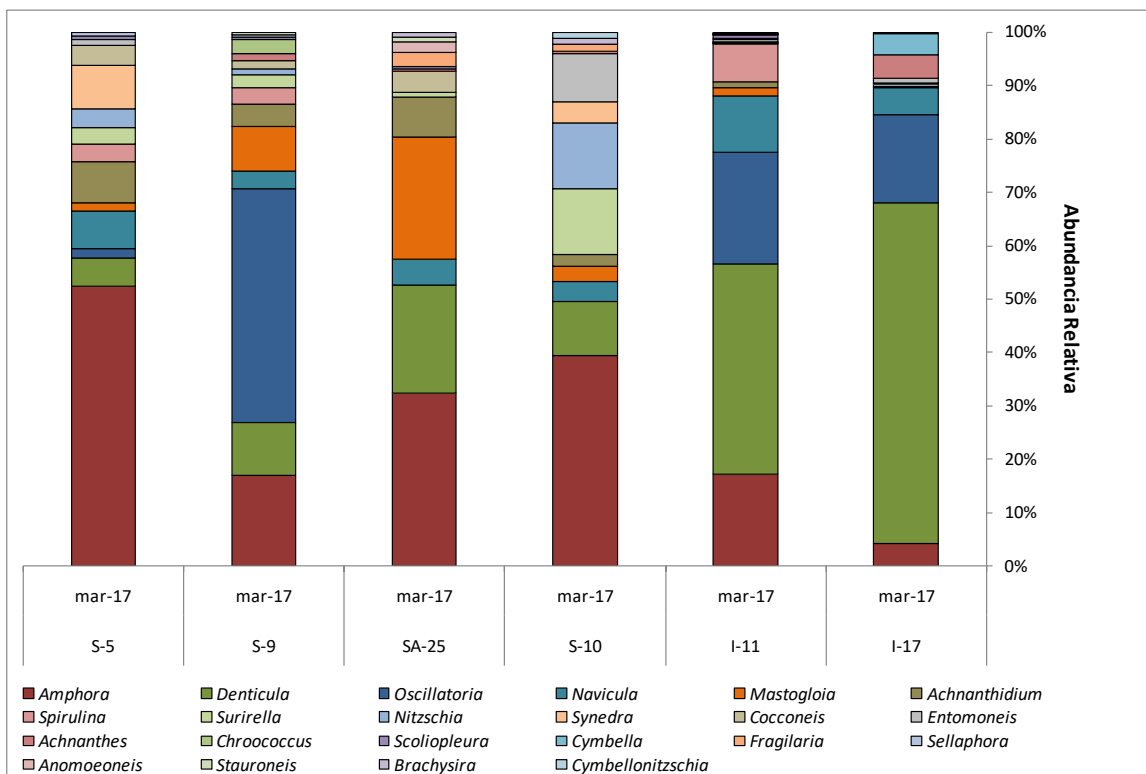
Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	5414,4	0,0	0,0	902,4	0,0	82,0
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	0,0	0,0	820,4	328,1	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora	34947,2	15668,8	9844,3	8695,8	18047,8	1394,6
Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1394,6
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	0,0	0,0	574,3	0,0	164,1	82,0
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Stauroneis	0,0	410,2	287,1	0,0	82,0	0,0
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	4676,0	3199,4	1476,6	820,4	10992,3	1722,7
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	0,0	0,0	287,1	246,1	82,0	0,0
Bacillariophyceae	Naviculales	Scoliotropidaceae	Scolioleura	410,2	410,2	164,1	0,0	574,3	0,0

Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphorineae	Sellaphora	492,2	492,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	3445,5	9114,1	6152,7	2215,0	41428,0	21548,0
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	2461,1	1066,5	0,0	2707,2	82,0	164,1
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Cymbellonitzschia	0,0	0,0	0,0	246,1	246,1	0,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	2461,1	1317,1	1230,5	0,0	164,1	0,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	5168,2	3855,7	2297,0	492,3	1066,5	0,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	0,0	1317,1	82,0	82,0	246,1	1476,6
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	1968,9	2215,0	246,1	2707,2	164,1	82,0
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	738,3	0,0	0,0	1968,9	492,2	246,1
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	984,4	7606,0	6932,0	656,4	1804,8	0,0
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,0	2379,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Spirulinaceae	Spirulina	2215,0	2953,3	0,0	0,0	7547,3	0,0
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	1230,5	40525,6	0,0	0,0	22149,6	5578,4
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (cel/cm²)		24,8	340916	66612,9	92530,0	30394,2	22067,7	105333,2	33771,3
Riqueza		2	14	14	15	13	13	17	11
Diversidad (H')		-	-	1,795	1,887	1,841	1,954	1,667	1,242
Equidad (J')		-	-	0,6801	0,6966	0,7179	0,7619	0,5883	0,5178

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-26**), permite observar los taxa dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de verano, permitiendo observar además similitudes y diferencias en la composición de la comunidad.

Figura N° 9-26. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine.

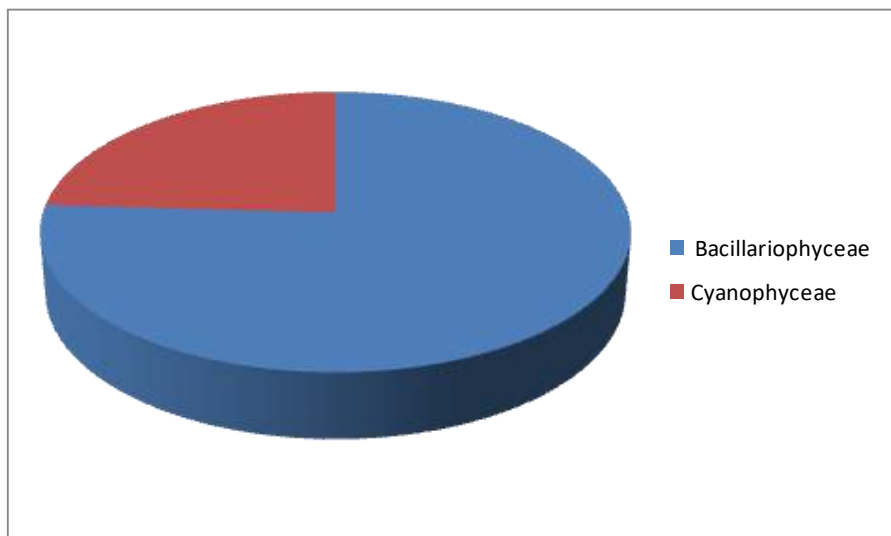


Fuente: Elaboración propia

La comunidad presentó una diversidad y equidad menor en las estaciones correspondientes a Laguna Interna (I-11, I-17).

El análisis por clase de la comunidad de fitobentos, mostró que Bacillariophyceae domina ampliamente en las lagunas que conforman el Sector Peine (**Figura N° 9-27**).

Figura N° 9-27. Abundancia Relativa por clase, fitobentos, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.1.2 Sector La Punta y La Brava.

Para la comunidad de fitobentos en el Sector La Punta y La Brava se registraron 24 taxa. La riqueza entre estaciones fluctuó entre 9 taxa en LB-1 (La Brava) y 21 taxa en LP-23 (La Punta). Respecto a la abundancia de microalgas, ésta presenta valores entre los 45926,5 cel/cm² en LP-24 y 2347919 cel/cm², enLP-23 (Tabla N° 9-33).

Tabla N° 9-33. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava.

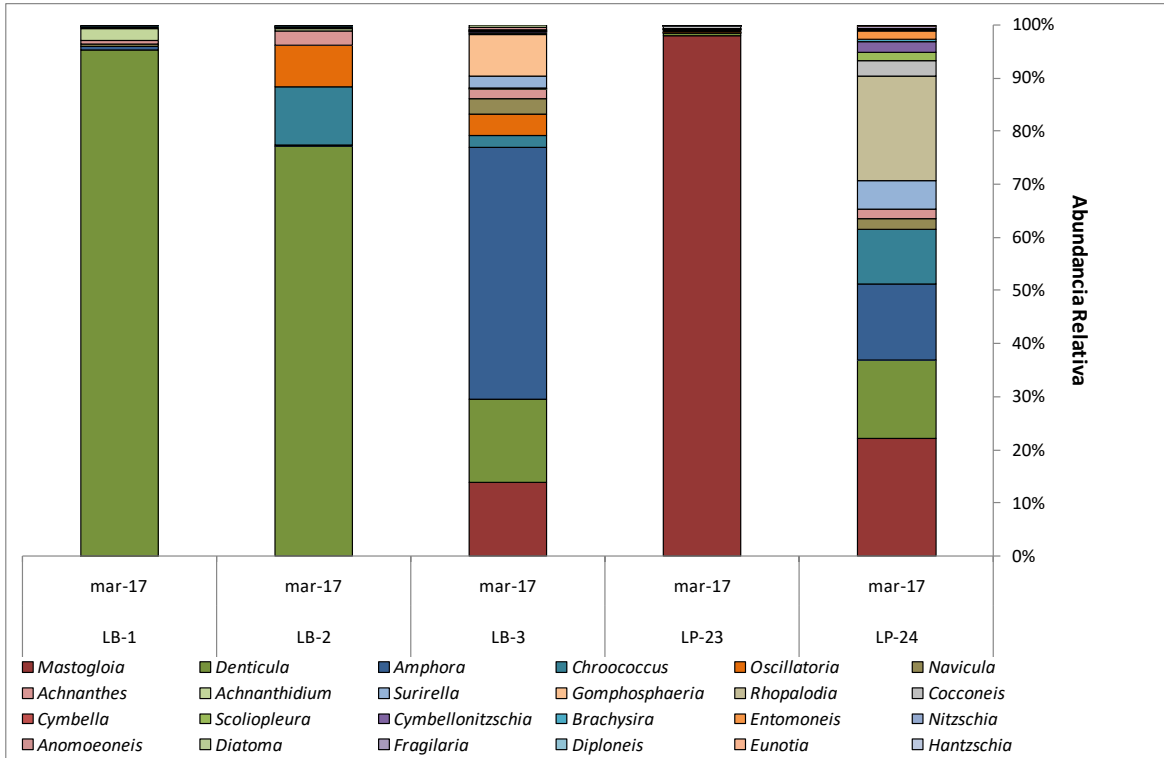
Clase	Orden	Familia	Genero	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	0,0	0,0	0,0	164,1	246,1
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Diatoma	0,0	0,0	492,5	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenuaceae	Amphora	3117,4	656,3	54554,3	3609,6	6562,9
Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	0,0	164,1	0,0	5656,3	0,0
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	0,0	0,0	447,2	82,0	82,0
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	1722,7	0,0	3363,4	7820,4	902,4
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	574,2	328,1	0,0	0,0	246,1
Bacillariophyceae	Naviculales	Scoliotropidaceae	Scolioleura	492,2	0,0	328,5	164,1	656,3
Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	Diploneis	0,0	0,0	0,0	247,8	0,0
Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Rhopalodia	0,0	0,0	0,0	0,0	9023,9
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	452550,8	130600,7	17883,8	12879,6	6809,0

Clase	Orden	Familia	Genero	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	0,0	0,0	82,4	492,2	82,0
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Cymbellonitzschia	0,0	0,0	164,1	492,2	902,4
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	0,0	82,0	324,3	5742,5	1394,6
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthaceae	Achnanthidium	10336,5	738,3	164,1	164,1	0,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthaceae	Achnanthes	3609,6	4429,9	2297,0	1230,5	820,4
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia	0,0	0,0	0,0	82,0	0,0
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	0,0	0,0	0,0	82,0	82,0
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	2050,9	574,3	2379,0	3199,4	2459,6
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	0,0	0,0	164,1	164,1	738,3
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	164,1	0,0	15914,9	2301225,5	10172,4
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,0	18458,0	2379,0	656,3	4746,1
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	Gomphosphaeria	0,0	0,0	9106,0	410,2	0,0
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	0,0	13371,8	4594,0	3354,5	0,0
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (cel/cm²)		39,84	618700	474618,4	169403,5	114638,4	2347919	45926,5
Riqueza		8	17	9	10	17	21	17
Diversidad (H')		-	-	0,2608	0,8248	1,702	0,1408	2,155
Equidad (J')		-	-	0,1187	0,3582	0,6007	0,0462	0,7608

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia

Dentro de las estaciones de laguna La Brava, LB-3 mostró una diversidad y una equidad muy superior a las otras estaciones de la misma laguna. En laguna La Punta, LP-23 mostró una amplia dominancia de Mastoglia, lo que determinó una baja diversidad y equidad en dicha estación (**Figura N° 9-28**).

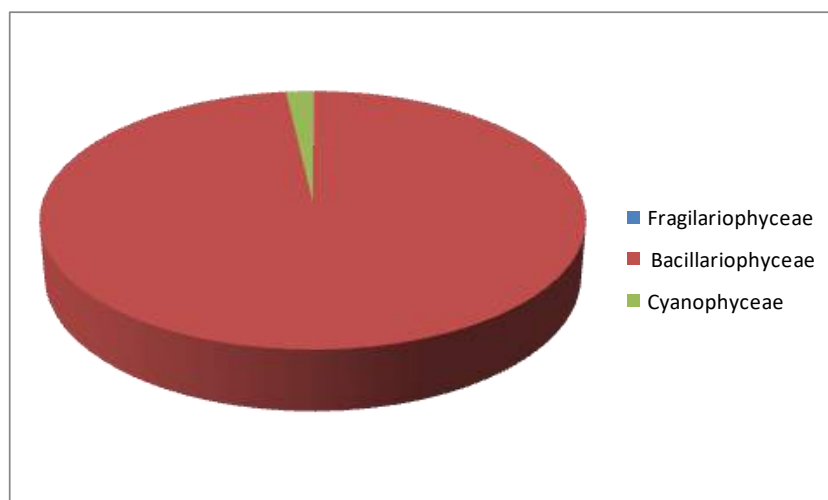
Figura N° 9-28. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Al observar la abundancia relativa por clase, se observa que la clase ampliamente dominante corresponde a Bacillariophyceae, ver **Figura N° 9-29**.

Figura N° 9-29. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.1.3 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Vegas de Tilopozo, las estaciones evaluadas registraron un total de 17 taxa. La riqueza por estación fluctuó entre 9 taxa en TB-3, y 14 taxa en TB-2.

Respecto a las abundancias registradas, las estaciones TB-2 y TB-3 tuvieron una abundancia similar, entre los 10500 y 12500 cel/cm², mientras que en TB-1 fue menor con cerca de 5800 cel/cm² (Tabla N° 9-34).

Es relevante reiterar, que no existen estudios previos de monitoreo en el PMB para el Sector Tilopozo.

Tabla N° 9-34. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo.

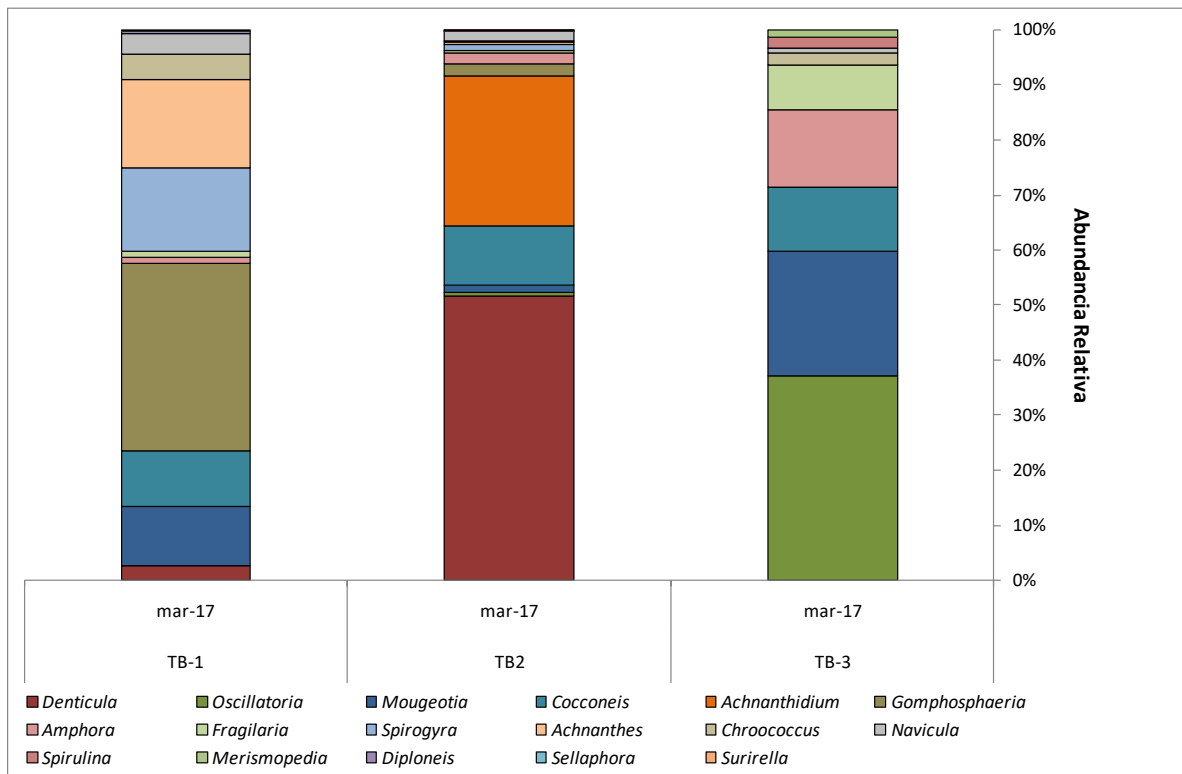
Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB-2	TB-3
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	57,4	32,8	1017,2
Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	Amphora	73,8	213,3	1755,6
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	213,3	196,9	98,4
Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphorineae	Sellaphora	8,2	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	Diploneis	24,6	8,2	0,0
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	147,8	5458,1	0,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	582,5	1156,7	1460,2

Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB-2	TB-3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthidium	0,0	2871,2	0,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	918,8	41,0	0,0
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	0,0	8,2	0,0
Zygnematomyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Mougeotia	615,3	117,6	2822,0
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra	869,6	131,3	0,0
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	261,9	16,4	278,9
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	Gomphosphaeria	1936,0	246,1	0,0
Cyanophyceae	Chroococcales	Merismopediaceae	Merismopedia	0,0	0,0	164,1
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Spirulinaceae	Spirulina	0,0	0,0	246,1
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	0,0	90,2	4637,7
Abundancia (cel/cm²)				5709,2	10588,0	12480,4
Riqueza				12	14	9
Diversidad (H')				1,914	1,383	1,693
Equidad (J')				0,7704	0,5241	0,7704

Fuente: Elaboración propia

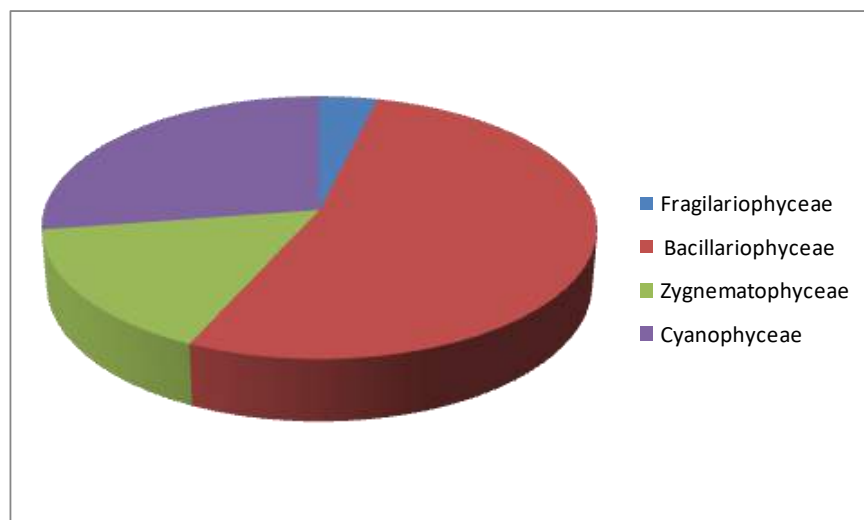
Los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo son similares entre estaciones. En la **Figura N° 9-30** se puede observar cómo cada estación de muestreo tiene su propia estructura comunitaria.

Figura N° 9-30. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la abundancia por clase del sector, se puede ver la dominancia del grupo Bacillariophyceae (Figura N° 9-31).

Figura N° 9-31. Abundancia Relativa por Clase, fitobentos, Sector Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.2 Fitoplancton

La comunidad de Fitoplancton corresponde al grupo de microalgas que se desarrolla en la columna de agua de los sistemas acuáticos.

9.2.3.3.2.1 Sector Peine

Para las lagunas que conforman el Sector Peine, la comunidad de fitoplancton está compuesta por 19 taxa. La riqueza total por estación registró un mínimo de 7 taxa en S-9 (laguna Salada) y un máximo de 16 taxa en I-17 (Laguna Interna).

Respecto a la abundancia, los valores oscilan dentro del rango de los 80 a 165 cel/ml, en las estaciones S-5 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna) respectivamente (**Tabla N° 9-35**).

Tabla N° 9-35. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.

Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	2,6	29,6	0,9	5,2	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	Amphora	5,2	9,6	17,4	14,8	12,2	11,3
Bacillariophyceae	Naviculales	Scoliotropidaceae	Scolioleura	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0

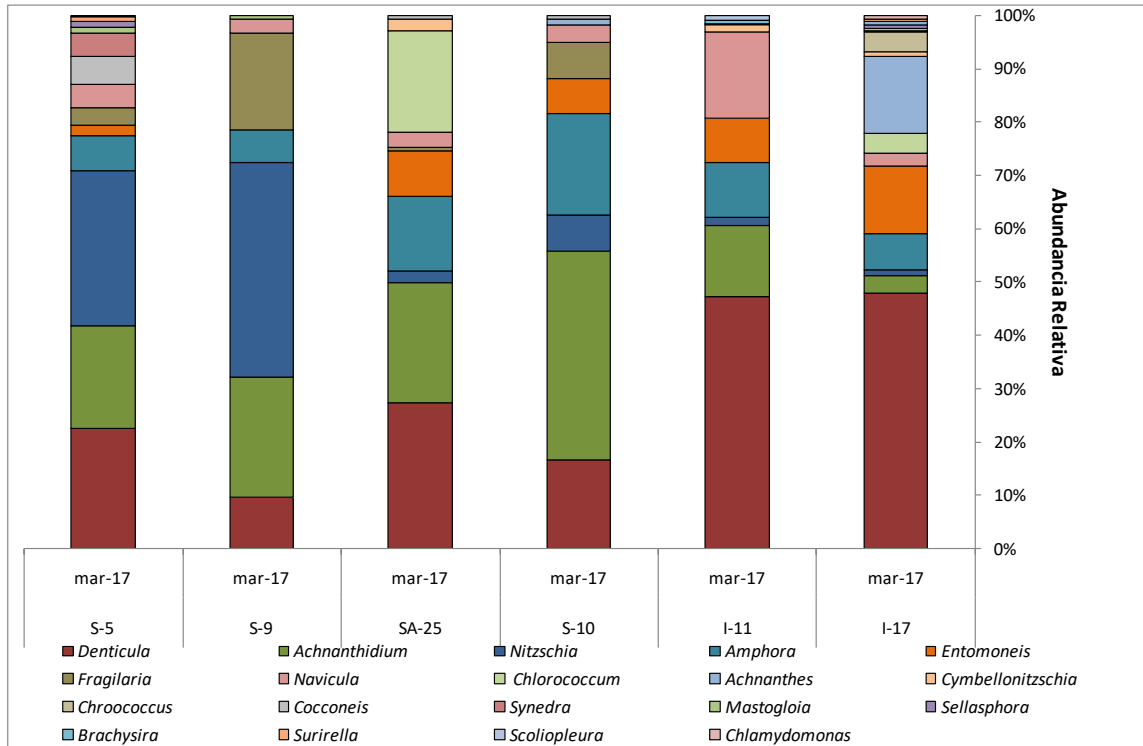
Clase	Orden	Familia	Género	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	3,5	4,3	3,5	2,6	19,2	4,1
Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphoraceae	Sellasphora	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,2
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	18,3	15,7	33,9	13,0	55,7	79,1
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	23,5	65,2	2,6	5,2	1,7	1,7
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Cymbellonitzschia	0,0	0,0	2,6	0,0	1,7	1,7
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	4,3	0,0	0,9	0,4	0,0	0,3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	15,7	36,5	27,8	30,4	15,6	5,2
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	23,7
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	1,7	0,0	10,4	5,2	9,6	20,9
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	0,9	0,9	0,0	0,0	0,1	0,6
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococcaceae	Chlorococcum	0,0	0,0	23,5	0,0	0,0	6,1
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (cel/ml)		59,71	9810000	80,9	161,7	123,4	77,8	117,4	164,8
Riqueza		2	12	13	7	10	9	10	16
Diversidad (H')		-	-	1,96	1,531	1,824	1,718	1,557	1,771
Equidad (J')		-	-	0,7641	0,7869	0,7921	0,7818	0,6764	0,6389

Fuente: Elaboración propia

La diversidad y equidad dentro de este sector, para la comunidad de fitoplancton es similar entre las estaciones.

En la **Figura N° 9-32** se puede observar la estructura comunitaria por género para el fitoplancton, donde se pueden identificar los taxa dominantes en cada estación.

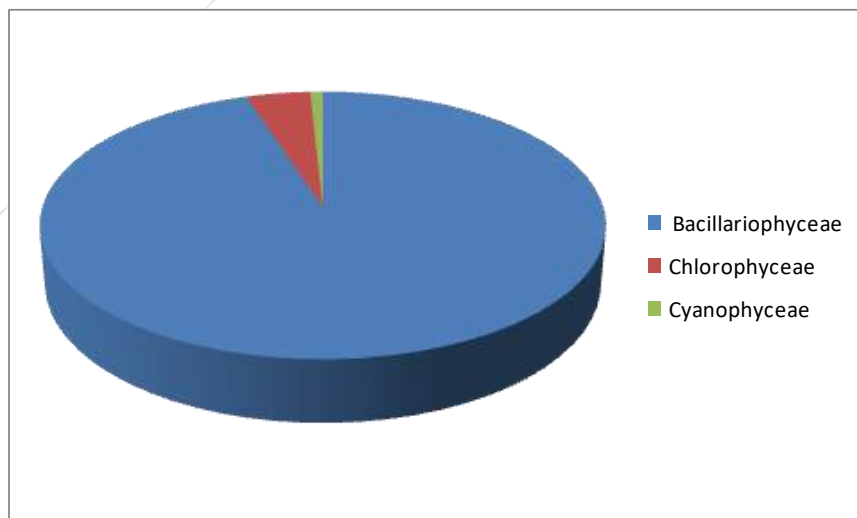
Figura N° 9-32. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

En este sector la clase Bacillariophyceae es ampliamente dominante (Figura N° 9-33).

Figura N° 9-33. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.2.2 Sector La Punta y La Brava.

La comunidad fitoplanctónica en el sector La Punta y La Brava, está compuesta por 18 taxa. La riqueza total por estación registró un mínimo de 7 taxa en las estaciones LB-1 (La Brava) y un máximo de 14 taxa en LB-3 (La Brava).

Respecto a la abundancia registrada, ésta presenta valores entre 86 y 644 cel/ml, en la estación LB-1 y LB-2 respectivamente, ambas en laguna La Brava (Tabla N° 9-36).

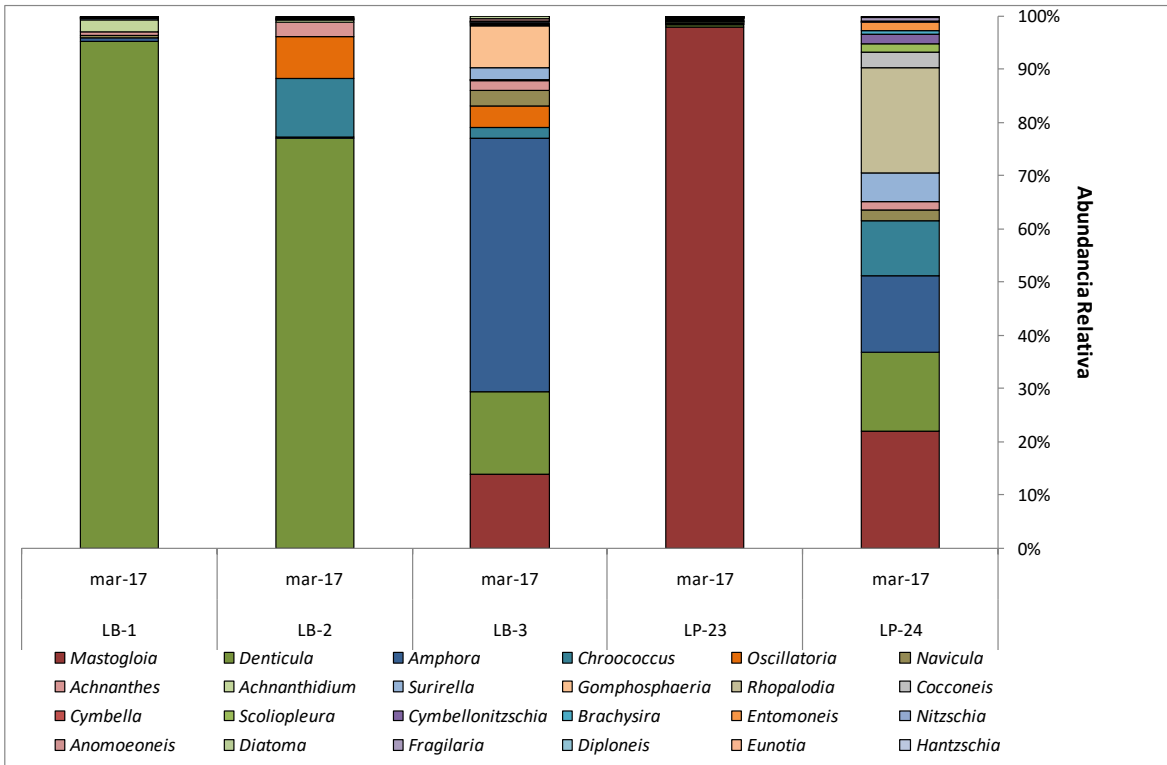
Tabla N° 9-36. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.

Clase	Orden	Familia	Género	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	2,6	0,9	0,0	0,0	0,0
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	5,2	0,9	0,0	6,1	5,2
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora	1,4	13,3	52,8	3,5	4,3
Bacillariophyceae	Naviculales	Scoliotropidaceae	Scolioleura	0,0	0,0	1,7	0,0	0,3
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	0,9	0,0	0,9	1,7	3,5
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	69,6	460,0	48,7	26,1	29,6
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	2,6	0,0	0,0	0,0	0,9
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Cymbellonitzschia	0,0	0,0	0,0	42,6	53,0
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	0,0	0,0	15,6	0,6	1,2
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	4,3	3,5	3,5	43,5	64,3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	0,0	6,1	30,4	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	0,0	2,6	36,5	0,0	0,0
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	0,0	0,0	9,6	3,5	6,1
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	0,0	0,0	124,3	2,6	1,1
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,0	0,0	1,7	3,5	0,0
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococcaceae	Chlorococcum	0,0	156,5	20,0	0,0	0,0
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,0	0,0	51,3	0,0	0,0
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	0,0	0,0	60,9	0,0	0,0
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (cel/ml)		23,85	4905000	86,6	643,7	457,9	133,6	169,5
Riqueza		5	17	7	8	14	10	11
Diversidad (H')		-	-	0,8198	0,7765	2,161	1,63	1,541
Equidad (J')		-	-	0,4213	0,3734	0,8187	0,7081	0,6426

Fuente: Elaboración propia

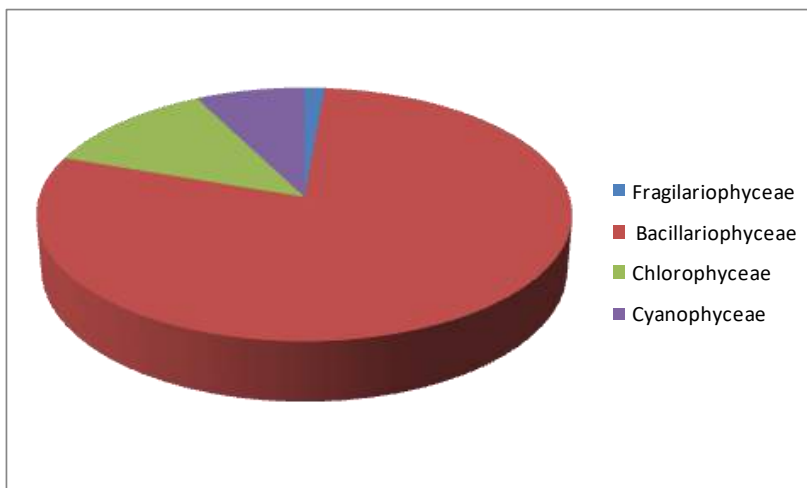
La comunidad de fitoplancton mostró una diversidad y equidad menor en laguna La Brava, en las estaciones LB-1 y LB-2. La **Figura N° 9-34**, muestra la estructura comunitaria por género del fitoplancton en el sector, permitiendo identificar los taxa dominantes en cada una de las estaciones.

Figura N° 9-34. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por Clase, muestra que el sector está dominado ampliamente por el grupo de las Bacillariophyceae (**Figura N° 9-35**).

Figura N° 9-35. Abundancia Relativa por Clase, fitoplancton, Sector La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.2.3 Sector Tilopozo.

La comunidad de fitoplancton en vegas de Tilopozo está compuesta por 15 taxa. La riqueza varía entre las tres estaciones de muestreo con valores entre 6 taxa en TB-2 y 14 taxa en TB-3.

En el caso de la abundancia el mayor valor corresponde a TB-3, seguido por TB-1, mientras que en TB-2 se registró el menor valor (**Tabla N° 9-37**).

Es relevante reiterar, que no existen estudios previos de monitoreo en el PMB para el Sector Tilopozo.

Tabla N° 9-37. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.

Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB2	TB-3
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	0,0	0,0	108,7
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	2,6	2,6	20,9
Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora	7,2	17,4	705,2
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	10,4	3,5	88,7
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	5,2	5,1	51,3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	12,2	2,6	19,6
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	44,3	18,3	22,6
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	0,0	0,0	0,9

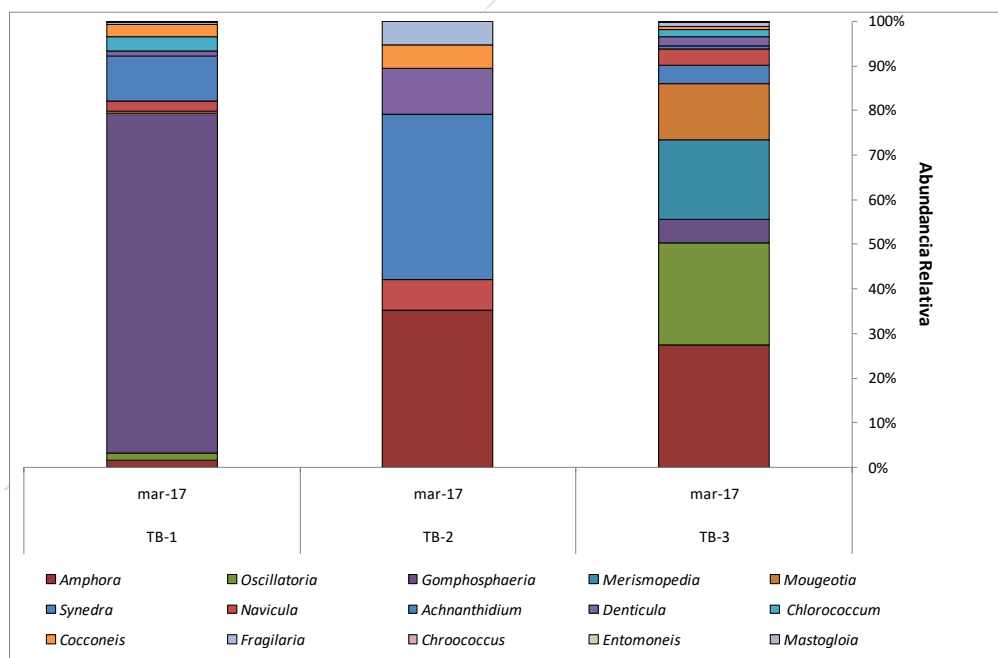
Clase	Orden	Familia	Genero	TB-1	TB2	TB-3
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	0,1	0,0	0,0
Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Mougeotia	1,7	0,0	322,6
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococcaceae	Chlorococcum	13,9	0,0	41,7
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,0	0,0	3,5
Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	Gomphosphaeria	337,1	0,0	139,1
Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	Merismopedia	0,0	0,0	459,6
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	6,6	0,0	590,4
Abundancia (cel/ml)				441,4	49,4	2574,7
Riqueza				11	6	14
Diversidad (H')				0,9692	1,466	1,942
Equidad (J')				0,4042	0,8184	0,7357

Fuente: Elaboración propia

Dentro del Sector Tilopozo, los valores de diversidad más bajos corresponden a TB-1.

La **Figura N° 9-36** muestra la abundancia relativa por género dentro del sector, esto permite visualizar la estructura comunitaria en cada una de las estaciones.

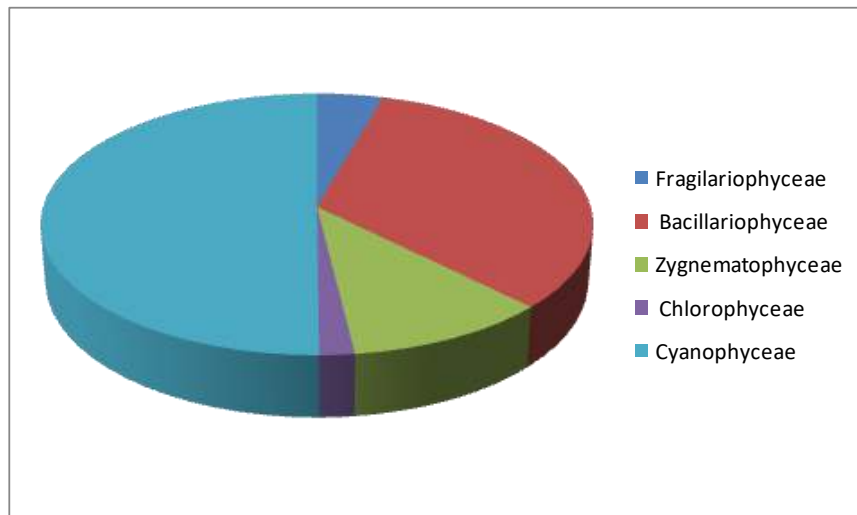
Figura N° 9-36. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

La **Figura N° 9-37** muestra la abundancia por clase de la comunidad de fitoplancton de vegas de Tilopozo.

Figura N° 9-37. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.3 Zoobentos

La comunidad de zoobentos, corresponde al grupo de invertebrados que habita o está asociado al sustrato de los sistemas acuáticos.

9.2.3.3.3.1 Sector Peine

En el Sector Peine la comunidad de zoobentos presentó una riqueza que oscila entre 0 y 4 taxa, en S-10y S-5, S-9 respectivamente (Laguna Salada) (**Tabla N° 9-38**).

Los valores de abundancia, donde se registró, estuvieron en el rango entre 113 ind/m² en I-17 (laguna Interna) a 9285 ind/m² en S-5 (laguna Salada). Como excepción en la estación S-10 no hubo registro de individuos zoobentónicos.

Tabla N° 9-38. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza, Sector Peine.

Clase	Orden	Familia	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Insecta	Diptera	Ephydriidae	905,9	113,2	0,0	0,0	0,0	113,2
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	0,0	226,5	2151,5	0,0	4189,7	0,0
Crustacea	Arthropoda	Ostracoda	1925,0	1019,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	113,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	6341,1	113,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (ind/m²)	0	71464	9285,2	1472,0	2151,5	0,0	4189,7	113,2
Riqueza	0	5	4	4	1	0	1	1
Diversidad (H')	-	-	0,8675	0,9372	0	0	0	0
Equidad (J')	-	-	0,6275	0,9372	****	****	****	****

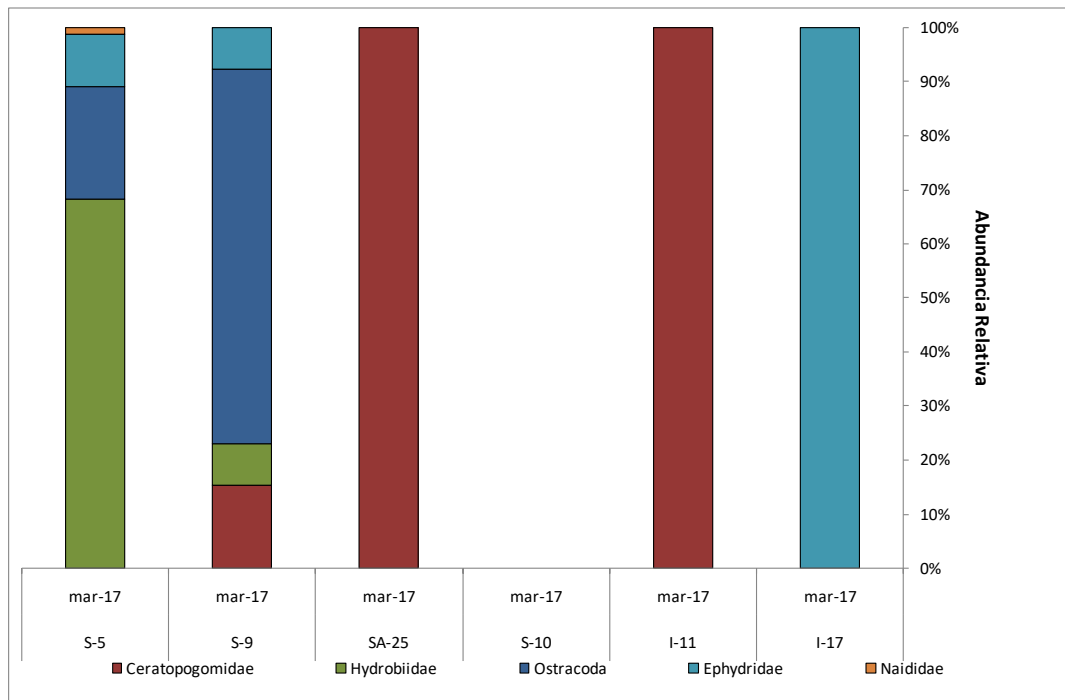
LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia

La diversidad y equidad dentro del sector Peine solo pudo determinarse en dos de las seis estaciones, ambas en Laguna Salada (S-5, S-9), en las restantes no pudo estimarse debido a la ausencia de individuos o a la presencia de solo un grupo taxonómico que domina totalmente la comunidad.

Destaca la presencia de Hydrobiidae en el sector Peine, dentro de esta familia se encuentra *Heleobia atacamensis*, especie clasificada como En Peligro Crítico de acuerdo a la legislación vigente. La presencia de *H. atacamensis* está descrita en Tilopozo, sector cercano geográficamente a Peine, por lo que podría tratarse de la misma especie aunque se requiere un trabajo más profundo para dilucidarlo.

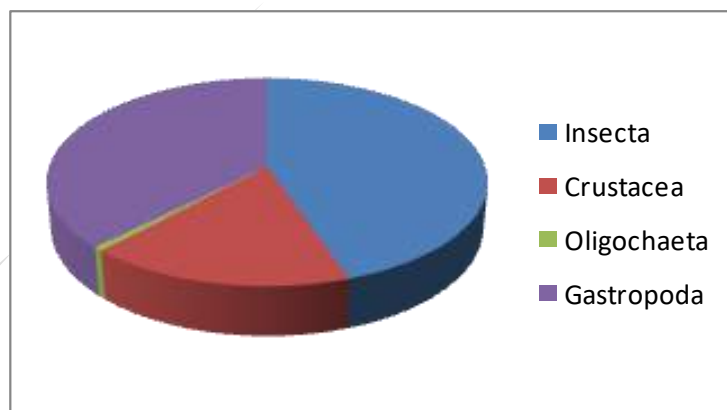
La **Figura N° 9-38**, muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los taxa dominante en cada estación, y la **Figura N° 9-39**, presenta la abundancia relativa por clase.

Figura N° 9-38. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 9-39. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.3.2 Sector La Punta y La Brava

Las estaciones de muestreo de La Punta (LP) y La Brava (LB) presentan un registro de 7 taxa diferentes, con mínimo de un taxa en LB-1 y un máximo de seis taxa en LP-23.

Los valores de abundancia presentan un rango entre 113 ind/m² en LB-1 y los 31592 ind/m², en LP-23 (Tabla N° 9-39).

Tabla N° 9-39. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava.

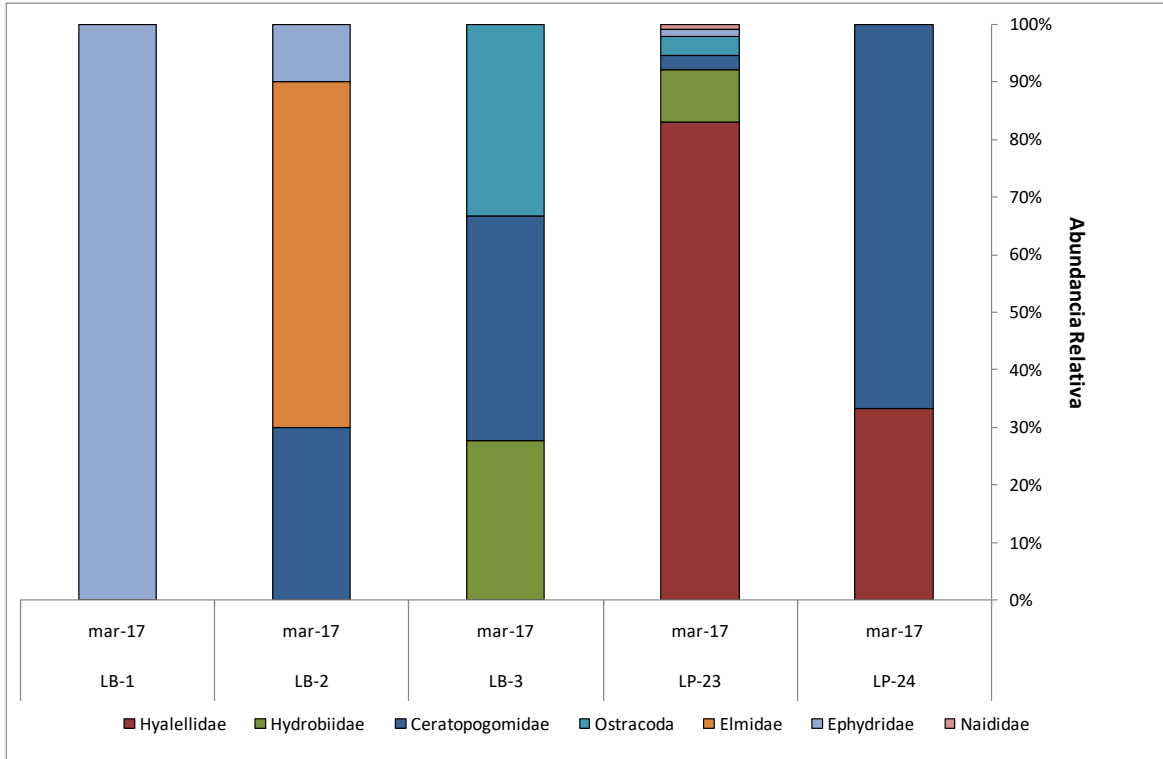
Clase	Orden	Familia	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Insecta	Coleoptera	Elmidae	0,0	679,4	0,0	0,0	0,0
Insecta	Diptera	Ephyrididae	113,2	113,2	0,0	452,9	0,0
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	0,0	339,7	792,6	792,6	1358,8
Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	0,0	0,0	0,0	26270,3	679,4
Crustacea	Arthropoda	Ostracoda	0,0	0,0	679,4	1019,1	0,0
oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	0,0	0,0	0,0	226,5	0,0
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	0,0	0,0	566,2	2830,9	0,0
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (ind/m²)	1	389	113,2	1132,3	2038,2	31592,4	2038,2
Riqueza	1	5	1	3	3	6	2
Diversidad (H')	-	-	0	0,8979	1,089	0,6691	0,6365
Equidad (J')	-	-	****	0,8173	0,9915	0,3734	0,9183

Fuente: Elaboración propia

La diversidad resultó parecida entre estaciones de la misma laguna, a excepción de LB-1, debido a la presencia exclusiva de Ephyrididae.

La **Figura N° 9-40** muestra la estructura de la comunidad en el sector, permitiendo identificar los grupos dominantes.

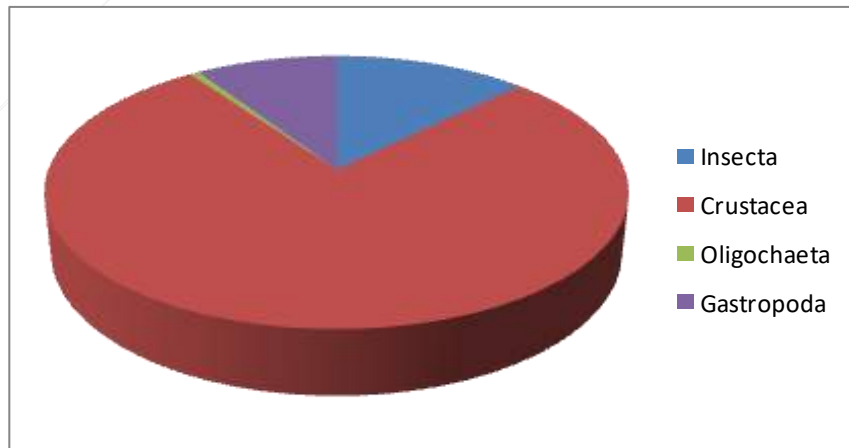
Figura N° 9-40. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por Clase, mostró que los grupos dominantes en el sector corresponden a Crustacea (**Figura N° 9-41**).

Figura N° 9-41. Abundancia Relativa zoobentos, Sector La Punta y la Brava.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.3 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Tilopozo, las tres estaciones presentaron registro de especies de fauna bentónica, TB-1 y TB-2 mostraron una riqueza de 6 taxa mientras que en TB-3 solo se registró un taxa.

La abundancia encontrada en TB-2 superó ampliamente a lo registrado en las otras dos estaciones (**Tabla N° 9-40**).

Es relevante reiterar, que no existen estudios previos de monitoreo en el PMB para el Sector Tilopozo

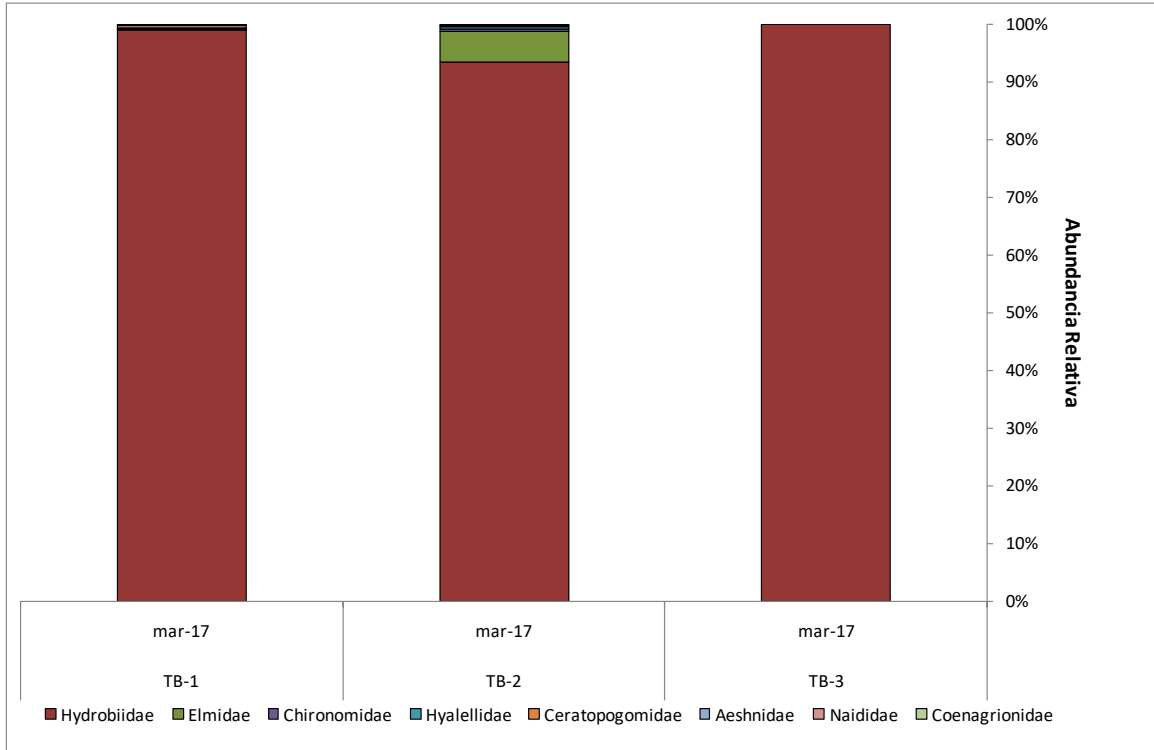
Tabla N° 9-40. Comunidad zoobentos, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo.

Clase	Orden	Familia	TB-1	TB-2	TB-3
Insecta	Coleoptera	Elmidae	16,7	5095,5	0,0
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	0,0	226,5	0,0
Insecta	Odonata	Aeshnidae	0,0	113,2	0,0
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	22,2	0,0	0,0
Insecta	Diptera	Chironomidae	11,1	452,9	0,0
Crustacea	Amphipoda	Hyalellidae	16,7	339,7	0,0
oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	50,0	0,0	0,0
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	11227,8	88436,0	5988,9
Abundancia (ind/m²)			11344,4	94663,8	5988,9
Riqueza			6	6	1
Diversidad (H')			0,0723	0,2891	0
Equidad (J')			0,0403	0,1614	****

Fuente: Elaboración propia

La **Figura N° 9-42** permite analizar la estructura de la comunidad en el sector, facilitando la identificación de los taxa dominantes.

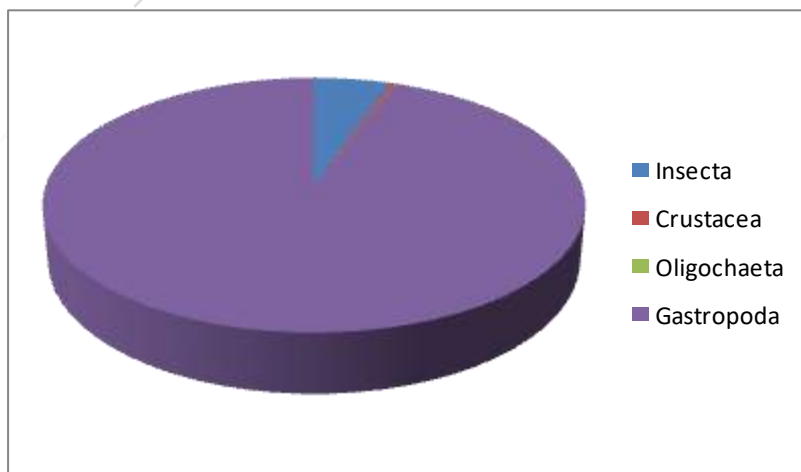
Figura N° 9-42. Abundancia Relativa zoobentos, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

El análisis por clase permite visualizar que las clases dominante corresponde a Gastropoda, seguido de Insecta, Crustacea y Oligochaeta (Figura N° 9-43).

Figura N° 9-43. Abundancia Relativa por Clase, zoobentos, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.4 Zooplancton

La comunidad de zooplancton corresponde al grupo de pequeños invertebrados que habita en la columna de agua de los sistemas acuáticos. Suele estar compuesto por pequeños crustáceos, rotíferos y artrópodos.

9.2.3.3.4.1 Sector Peine

La comunidad de zooplancton de las estaciones que conforman el sector Peine registró 4 taxa, con un rango de riqueza entre 2 y 4 taxa por estación, el mínimo se registra en I-11 y el máximo en la estación I-17 (ambas en laguna Interna).

Los valores de abundancia registrados para el zooplancton varían entre 0,375 y 4,425 ind/l, en S-9 y SA-25 respectivamente (**Tabla N° 9-41**).

Tabla N° 9-41. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.

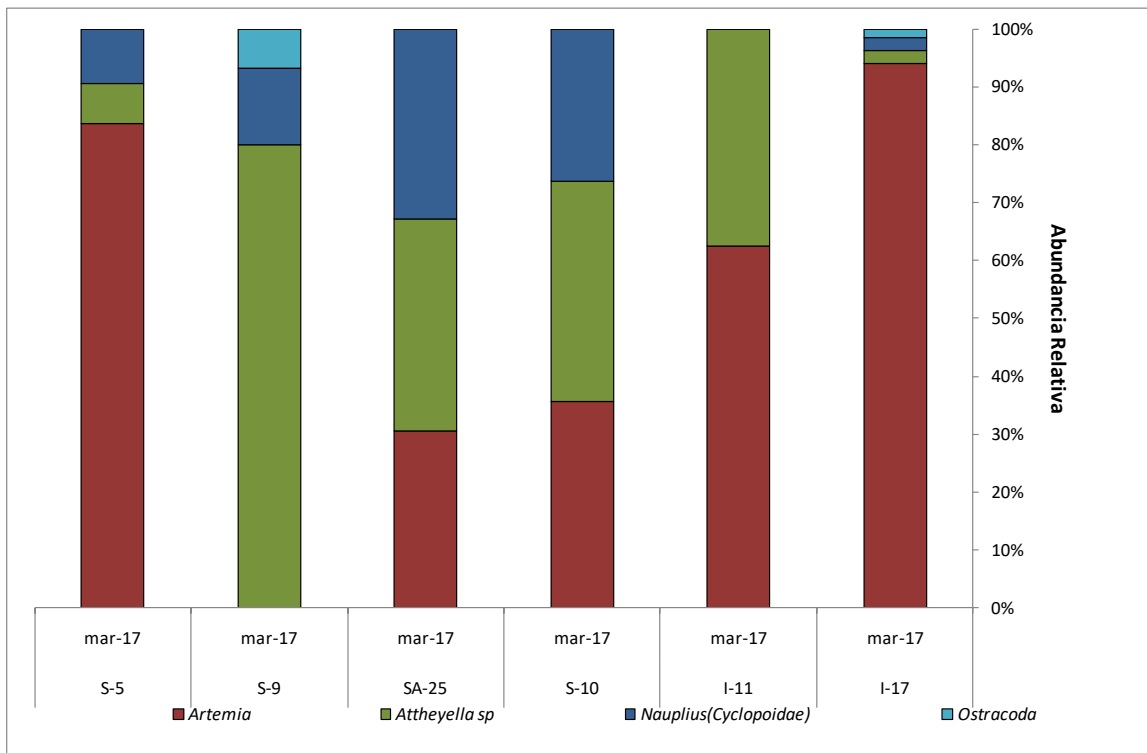
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Crustacea	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopoidae	Nauplius	0,100	0,050	1,450	0,275	0,000	0,075
Crustacea	Copepoda	Harpacoida	Camthocamptidae	Attheyella sp	0,075	0,300	1,625	0,400	0,150	0,075
Crustacea	Ostracoda	-	-	Ostracoda	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,050
Arthropoda	Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	Artemia	0,900	0,000	1,350	0,375	0,250	3,250
Límites			Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (ind/l)			0,01	274,3	1,075	0,375	4,425	1,05	0,4	3,45
Riqueza			1	10	3	3	3	3	2	4
Diversidad (H)			-	-	0,5554	0,6277	1,096	1,086	0,6616	0,2841
Equidad (J')			-	-	0,5056	0,5714	0,9973	0,9888	0,9544	0,2049

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia

Las mayores diversidades se dan en dos estaciones una en la Laguna Salada y otra en la Laguna Saladita, S-10 y SA-25.

La **Figura N° 9-44** permite identificar los taxa dominantes en cada una de las estaciones, mostrando la estructura de la comunidad en cada estación.

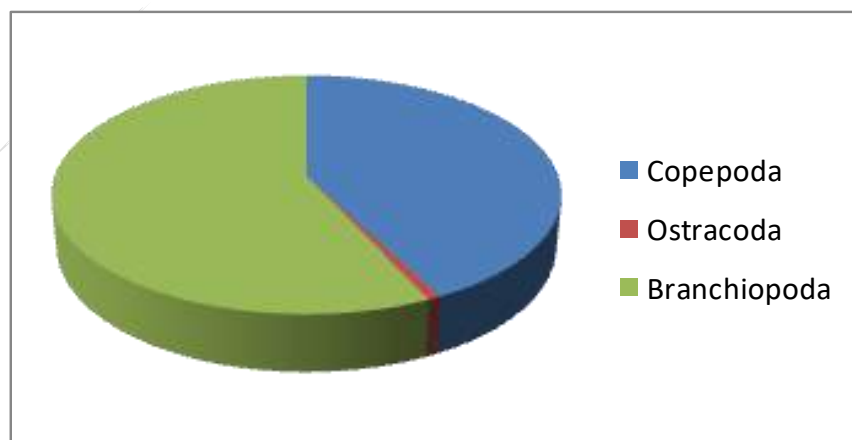
Figura N° 9-44. Abundancia Relativa zooplancton Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de abundancia relativa por clase, señala que la clase dominante corresponde al grupo de los Branchiopoda (*Artemia*) (**Figura N° 9-45**).

Figura N° 9-45. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.4.2 Sector La Punta y La Brava

Dentro del Sector La Punta (LP) y La Brava (LB), las estaciones de muestreo registran una riqueza similar entre 3 y 4 taxa, siendo el mínimo en LB-3 y el máximo en el resto de las estaciones del sector.

La abundancia del zooplancton presentó valores con un rango entre 4 y 69 ind/l, con el mínimo en LB-3 y el máximo en LP-23 (**Tabla N° 9-42**).

Tabla N° 9-42. Comunidad zooplancton, abundancia (ind/l), Sector La Punta y La Brava.

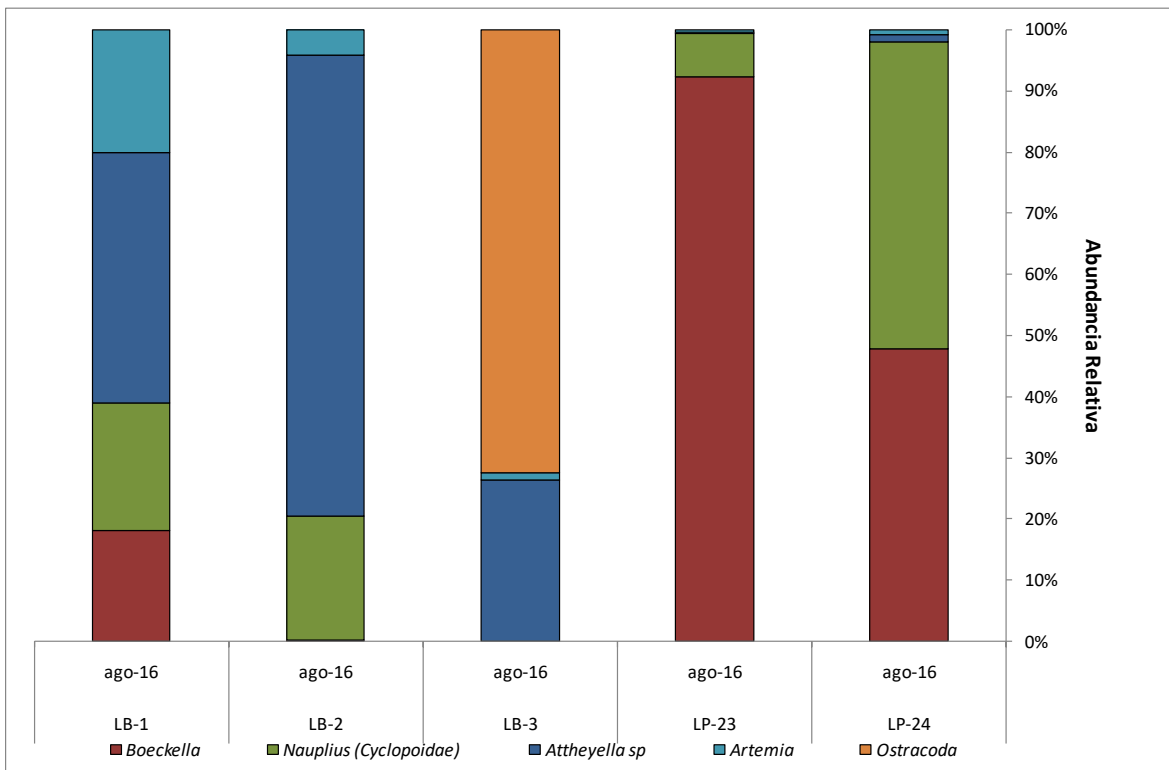
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Crustacea	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopoidae	Nauplius	2,200	2,325	0,000	4,900	20,425
Crustacea	Copepoda	Harpacoida	Camthocamptidae	Attheyella sp	4,350	8,625	1,150	0,150	0,425
Crustacea	Copepoda	Calonoida	Boeckellidae	Boeckella	1,925	0,025	0,000	64,000	19,525
Crustacea	Ostracoda	-	-	Ostracoda	0,000	0,000	3,150	0,000	0,000
Arthropoda	Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	Artemia	2,125	0,475	0,050	0,200	0,350
Límites			Mínimo LB	Máximo LB					
Abundancia (ind/l)			0,2	239,1	10,60	11,45	4,35	69,25	40,73
Riqueza			1	4	4	4	3	4	4
Diversidad (H)			-	-	1,324	0,6825	0,6368	0,2904	0,787
Equidad (J')			-	-	0,9549	0,4924	0,5796	0,2095	0,5677

Fuente: Elaboración propia

Las diversidades y equidades se presentan variables entre estaciones de acuerdo a la composición registrada en cada una de ellas con un máximo en LB-1.

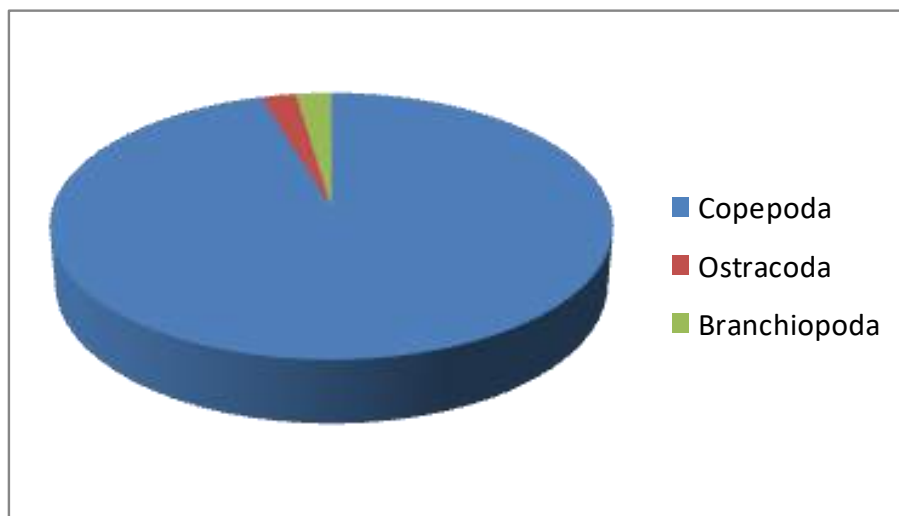
La **Figura N° 9-46** presenta la estructura comunitaria del zooplancton en el sector y permite visualizar claramente a los grupos dominantes en cada estación.

Figura N° 9-46. Abundancia Relativa zooplancton Sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por clase, señala que el grupo ampliamente dominante corresponde a Copepodos (**Figura N° 9-47**).

Figura N° 9-47. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.4.3 Sector Tilopozo

El sector de Tilopozo, con sus tres estaciones presentó 7 taxa, con una riqueza mínima de 2 taxa en TB-2 y un máximo de 7 taxa en TB-3.

Los valores de abundancia resultaron similares para TB-1 y TB-2 con valores de 0,350 y 0,175 ind/l respectivamente, mientras que en TB-3 la abundancia es ampliamente mayor, con un registro de 38,350 ind/l (**Tabla N° 9-43**).

Es relevante reiterar, que no existen estudios previos de monitoreo en el PMB para el Sector Tilopozo.

Tabla N° 9-43. Comunidad zooplancton, abundancia y riqueza, Sector Tilopozo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	TB-1	TB2	TB-3
Crustacea	Copepoda	Cyclopoida	Cyclopoidae	Nauplius	0,025	0,000	12,350
Crustacea	Copepoda	Harpacoida	Camthocamptidae	Attheyella sp	0,250	0,125	11,500
Crustacea	Ostracoda	-	-	Ostracoda	0,075	0,050	0,500
Rotifero	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Lepadella	0,000	0,000	0,200
Rotifero	Monogononta	Ploima	Notommatidae	Cephalodella	0,000	0,000	3,900
Rotifero	Monogononta	Ploima	Lacaniidae	Lecane	0,000	0,000	0,400
Rotifero	Eurotaroria	Bolellodea	Philodinidae	Philodina	0,000	0,000	9,500

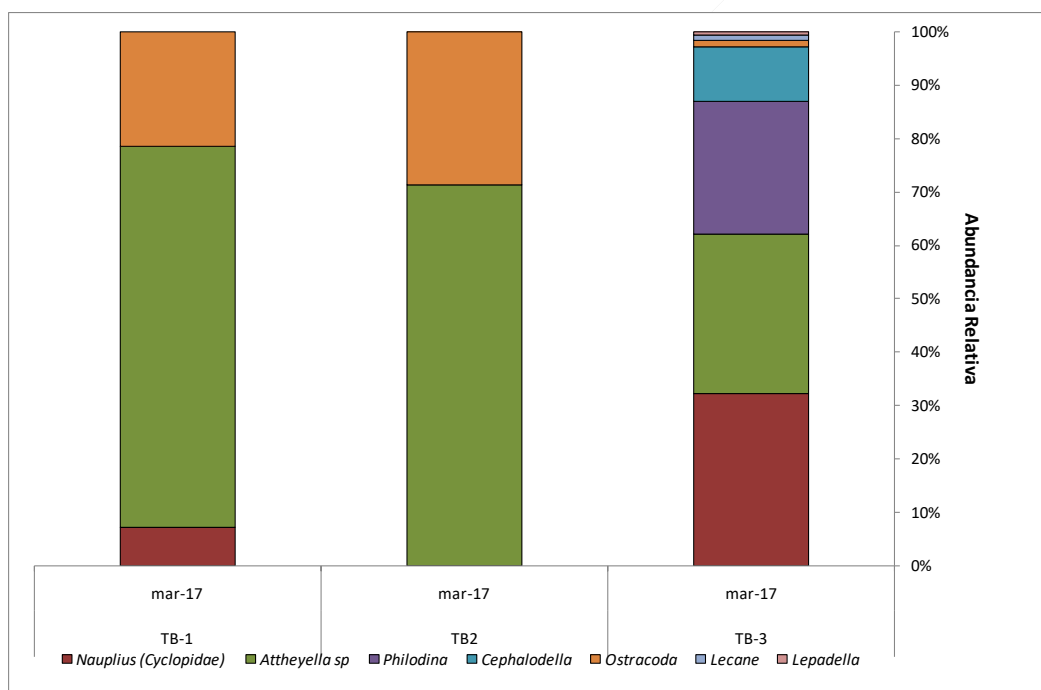
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	TB-1	TB2	TB-3
Abundancia (ind/l)					0,350	0,175	38,350
Riqueza					3	2	7
Diversidad (H)					0,7589	0,5983	1,436
Equidad (J')					0,6908	0,8631	0,7378

Fuente: Elaboración propia

Dentro del zooplancton del sector Tilopozo la mayor diversidad se encontró en TB-3 y la mínima en TB-2.

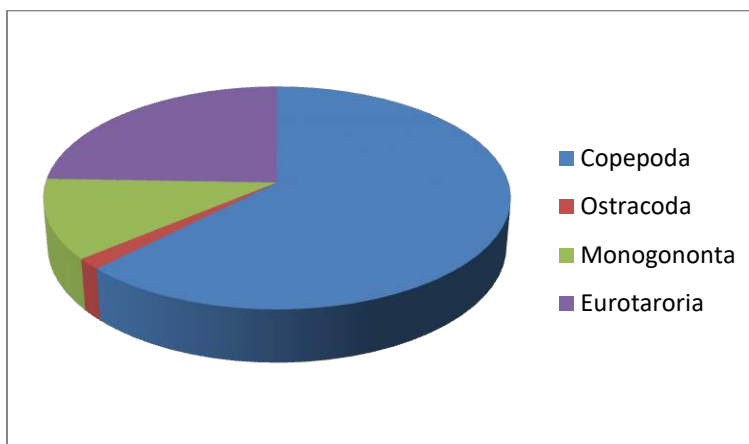
La **Figura N° 9-48** muestra la estructura comunitaria de zooplancton en el sector, permite identificar los grupos dominantes dentro de cada estación.

Figura N° 9-48. Abundancia Relativa zooplancton Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

El análisis de la abundancia relativa por Clase, señala que en este sector dominaron ampliamente los Copépodos (**Figura N° 9-49**).

Figura N° 9-49. Abundancia Relativa por Clase, zooplancton Sector Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.5 Macrófitas

La comunidad de 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.

La **Tabla N° 9-44** presenta el resumen de los registros de macrófitas para los tres sectores de estudio en sus distintas estaciones y su porcentaje de cobertura total.

Tabla N° 9-44. Comunidad Macrófitas (% cobertura) en el área de estudio.

Sector	Estación	<i>Ruppia filifolia</i>	<i>Zanichellia palustris</i>
Peine	S-5	P	
	SA-25	P	
	S-10	P	
La Punta y La Brava	LB-3	P	
	LP-23	P	
	LP-24	P	
Tilopozo	TB-1		10
	TB-3		10

P: presencia de la especie, cobertura <10%. Fuente: Elaboración propia

Las macrófitas encontradas corresponden a las especies *Ruppia filifolia* y *Zanichellia palustris*. En los sectores de Peine y La Punta y La Brava, este grupo aparece ocasionalmente en manchones con baja cobertura (*R. filifolia*) con hojas sumergidas, mientras que en el Sector de vegas de Tilopozo, aparece *Z. palustris*.

10 AREA DE LAGUNAS

El Salar de Atacama, se encuentra ubicado en una cuenca endorreica y tiene 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. Una disminución en el nivel del acuífero y/o aporte hídrico, originaría la compresión de los cuerpos de agua, así como la reducción de la cobertura de vegetación azonal (MMA, 2011).

Dado el valor y la fragilidad de los cuerpos de agua en el Salar, en el marco del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta – Rockwood Lithium” (en adelante, el Proyecto) y por medio de la implementación del Plan de Manejo Biótico (en adelante, PMB), se ha dejado establecido medir la superficie de algunas de las lagunas presentes en el sistema del Salar. Estos cuerpos de agua corresponden a (1) Sistema Lagunar La Punta- La Brava y (2) Sistema Lagunar de Peine, que incluye las lagunas Salada, Saladita e Interna¹⁷.

De esta manera, este reporte corresponde al monitoreo y seguimiento ambiental de la subcomponente hídrica “Lagunas o Cuerpos de Agua”, parte del seguimiento hídrico del PMB, para el período de invierno 2016 y verano 2016.

La variable ambiental, asociada a esta subcomponente, corresponde a las superficies de las lagunas o la medición de las áreas de los cuerpos de aguas de los Sistemas Lagunares, cuya medición o seguimiento se debe realizar a través del análisis de imágenes satelitales de alta resolución, según metodología “Índice Normalizado de diferencias de agua (NDWI)”, especificado en la Adenda 5 del EIA, Anexo 2, *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° 10-1** se presenta un resumen de la componente y la variable ambiental del proyecto que se monitorea, asociada al análisis de imágenes satelitales.

¹⁷ Los niveles de las lagunas comprometidos en el EIA, corresponden a los sistemas (1) La Punta – La Brava; y (2) Peine, sin embargo, en invierno se midieron además los sistemas de Aguas de Quelana y Soncor.

Tabla N° 10-1. Resumen de Componentes y Variables

Componente	Subcomponente	Variable o Parámetro	Metodología
Agua	Lagunas o Cuerpos de Agua	Superficie o Área	Análisis de imágenes satelitales de alta resolución, multiespectrales con un pixel máx. de 4 metros, metodología Índice Normalizado de diferencias de agua (NDWI). Adenda 5 RWL, (2015).

Las superficies de las lagunas, se asocian también con los niveles medidos en las mismas¹⁸, los cuales se reportan en el Capítulo 11, correspondiente a Niveles Freáticos de Lagunas de este Informe. Los niveles de las lagunas (Nivel freático), Vegetación Azonal y Superficie de las lagunas, componen las tres variables de estado indicativas, establecidas para el seguimiento y análisis del estado ecológico del Sistema (Ref. Cap-4.2.7 Criterios para detección de cambio de estado ecológico - Adenda 5 RWL, 2015).

Los resultados de las superficies lagunares, corresponden a la campaña de invierno 2016, realizada en agosto de 2016, durante la construcción del proyecto, y la de verano 2016, realizada en diciembre de 2016, durante la operación del proyecto. Este Monitoreo 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.

Para el logro del objetivo propuesto, inicialmente se implementó un muestreo para validación en terreno de los cuerpos de agua. 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 a la metodología “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por sus siglas en inglés). Los responsables de las actividades de muestreo y medición en terreno, así como los análisis en gabinete se identifican en la **Tabla N° 10-2**.

Tabla N° 10-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargadas de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control.

Empresa / Equipo de Trabajo	Actividades realizadas	Encargado
Cedrem Consultores Ltda.	<u>Muestreo</u> ; Medición puntos de validación en terreno	Especialista en terreno;
	<u>Trabajo en gabinete</u> ; Implementación del modelo de clasificación supervisada y análisis de resultados.	Encargado del subcomponente; Especialista en gabinete; Cartógrafo

¹⁸ Los niveles de las lagunas comprometidos en el EIA, corresponden a los sistemas (1) La Punta – La Brava; y (2) Peine, sin embargo, en invierno se midieron además los sistemas de Aguas de Quelana y Soncor.

Empresa / Equipo de Trabajo	Actividades realizadas	Encargado
Geosoluciones Ltda.	Muestreo; Levantamiento RTK, y Levantamiento fotogramétrico.	Especialistas en terreno
	Trabajo en gabinete; Procesamiento de imágenes satelitales, adquisición y correcciones.	Especialistas en gabinete

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los alcances metodológicos y resultados, partiendo con el análisis y validación del modelo de clasificación de los cuerpos de agua. Posteriormente, se describe por sistema lagunar, la cobertura determinada de los cuerpos de agua desde imágenes de alta resolución y el análisis comparativo tanto con los registros de línea de base, como con la superficie determinada con Landsat 8.

El objetivo de *monitorear la cobertura o superficie de las lagunas o de los cuerpos de agua*, es para detectar cambios en el estado ecológico, lo cual indicará modificaciones en su capacidad de carga, calidad de agua y también cambios estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos (Ref. 4.2.7 Criterios para detección de cambio de estado ecológico; Adenda 5 RWL, 2015). El análisis comparativo se realiza con los registros históricos determinados en línea de base del componente, establecidos en el PMB (Adenda 5 RWL, 2015), y con las coberturas de cuerpos de agua definidas a partir de imágenes satelitales de alta (Pleiades 1A) y media resolución disponible (Landsat 8) para ambos sistemas lagunares.

10.1 MATERIALES Y MÉTODOS

10.1.1 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.

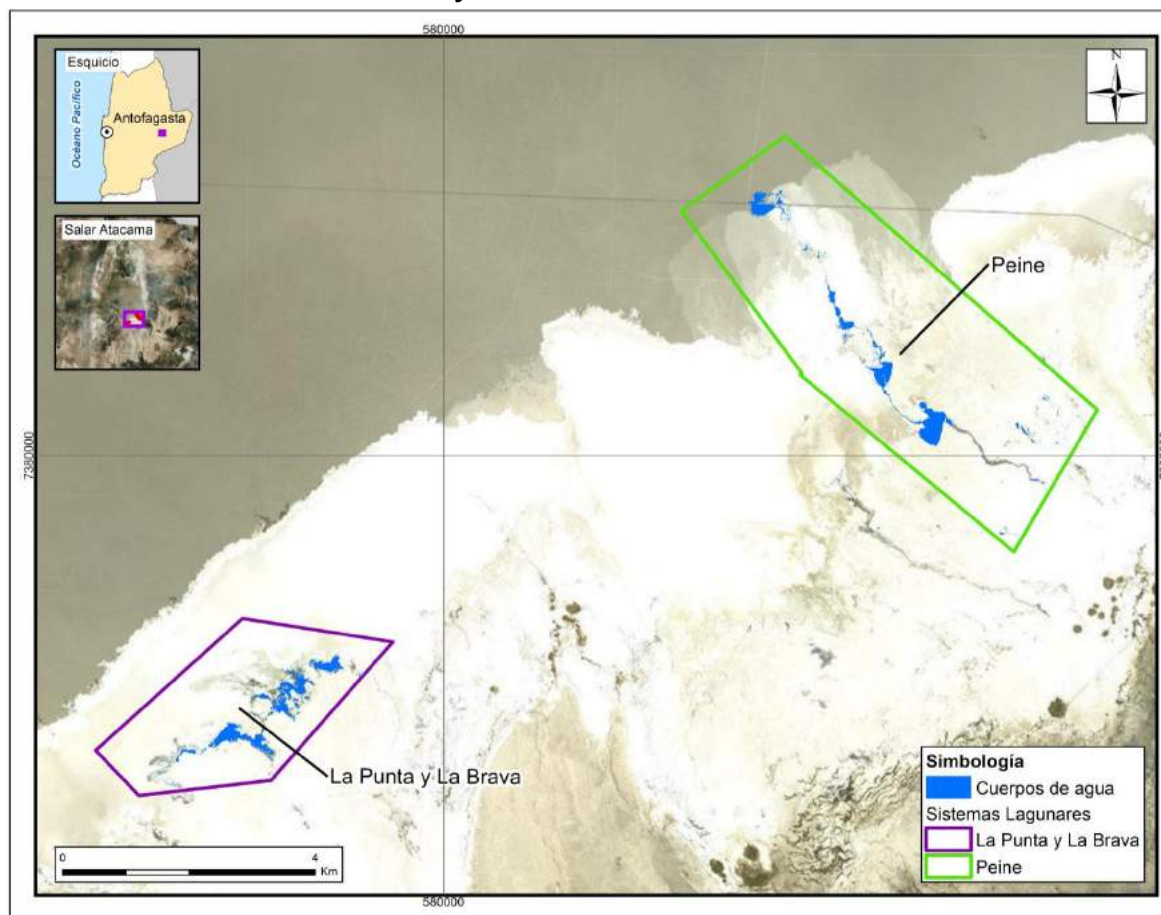
El área de estudio corresponde a la Red de Superficie Lagunar del sector sur del Salar de Atacama, establecida por el Plan de Manejo Biótico (PMB) del Proyecto. Esta red conforma un total de 2.495,1 ha, de acuerdo con los límites establecidos en el Anexo 3, Adenda 5 RWL (2015)¹⁹, y comprende dos sistemas lagunares del Salar de Atacama (**Figura N° 10-1**):

¹⁹ En Tabla 3-4 "Vértices polígonos a evaluar" (Anexo N°3 – PSAH, Adenda 5 RWL, 2015).

- i) *La Punta y La Brava*; se ubica en el sector sur del salar y abarca una superficie de 726,0 ha (29% del área de estudio).
- ii) *Peine*, ubicado al sur del salar, comprende las lagunas Salada, Interna y Saladita. Este sistema cubre un total 1.769,1 ha (71%).

Los dos sistemas lagunares se ubican específicamente en la interfase salina del sureste y sur de la cuenca endorreica del Salar de Atacama. Esta zona, 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. Una vez en superficie, las aguas que alimentan estos sistemas lagunares, comienzan a sufrir procesos de evaporación, enriqueciéndose progresivamente en sales disueltas a medida que avanzan sub-superficialmente hacia el núcleo del Salar. En el resto de la Zona Marginal entorno 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° 10-1. Ubicación sistemas lagunares que conforman el área de estudio para monitoreo y seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua por parte del PMB del Proyecto en el Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia en base al Plan de Manejo Biótico; y el estudio Determinación Espacio Temporal de la Vegetación Azonal y Cuerpos de Agua (Adenda 5, RWL, 2015).

10.1.2 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua

El parámetro de seguimiento utilizado en el presente análisis, corresponde a las de superficies de agua estimadas por sistema lagunar a través de imágenes satelitales. Esto en cumplimiento a lo dispuesto en la Adenda 5 y la RCA que aprueba al proyecto, donde se explica que *“se entenderá un cambio de tendencia si después de 3 años consecutivos, se observa una disminución de la superficie de las lagunas, fuera del rango de los valores registrados históricamente por sector”* (PMB, Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015).

Según lo establecido por el PMB “*la evaluación de la condición de cambio se realizará por sector de manera independiente, mediante un análisis de tendencia*”. A partir de este, “*...se establece que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan dentro de los valores registrados históricamente por sector*”.

En consideración de lo mencionado recientemente, el análisis comparativo se realiza con las *superficies de lagunas por cada sistema de estudio* y tomando las variaciones en relación al registro de línea de base , que para el componente corresponden al Plan de Manejo Biótico, (Adenda 5 RWL, 2015).

De forma complementaria, en los resultados por sector y siendo consistente con lo analizado en el documento antes mencionado, 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 realizó una comparación entre las superficies determinadas desde las imágenes de alta resolución Pleiades-1A y Landsat 8.

10.1.3 Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua

La etapa inicial del estudio conllevó el trabajo en terreno, el cual se realizó con la finalidad de coleccionar los datos que soportaron el proceso de validación del modelo de clasificación supervisada, usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.

La primera colección de datos (invierno), se llevó a cabo en dos campañas ejecutadas primero los días 8 al 12 y luego del 22 al 26 de agosto, de forma paralela a la fecha de captura de las imágenes satelitales de alta resolución, detalles de ubicación y coordenadas UTM 19S WGS84 de puntos en **Anexo Area de Lagunas**, y para lograr cubrir la estacionalidad de invierno 2016, comprometida del análisis.

El muestreo ejecutado, consistió en la validación del tipo de recubrimiento de suelo existente entre “*cuerpo de agua*” y “*otro recubrimiento*”, descartando áreas de humedad temporal, para cada punto de muestreo y por sistema lagunar de estudio.

El diseño de muestreo implementado, corresponde al tipo *aleatorio –estratificado* (para el caso de Peine) y *estratificado- dirigido* mediante transectos en el caso del sistema lagunar de La Punta y La Brava (producto de condiciones de seguridad por el limitado acceso). El tamaño de muestra, se calculó en base a la superficie mínima de cuerpos de agua registrada en la línea de base del Proyecto para el componente (Adenda 5 RWL, 2015) y los valores del índice NDWI de imágenes satelitales de alta resolución.

La **Tabla N° 10-3** presenta el detalle del muestreo aplicado en cada sistema lagunar de estudio. Las diferencias en el número de puntos considerados para validación entre imágenes Pleiades-1A y Landsat 8, se debe a las diferencias de resolución espacial entre ellas (la primera de 2 m y la segunda 30 m). Por lo mismo en gabinete para el caso de Landsat 8, se realizó una depuración a partir de los puntos de validación de las imágenes Pleiades-1A, de forma que el espaciamiento mínimo entre ellos fuera superior al tamaño de un pixel, particularmente en imágenes Landsat (30 m).

Tabla N° 10-3. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de invierno 2016, 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	ESTRATIFICACIÓN POR RECUBRIMIENTO DE SUELO	AREA* Ha	% ÁREA ESTRATO	PUNTOS DE VALIDACIÓN (n)	
				PLEIADES 1A	LANDSAT 8
Peine	Otros recubrimientos	1.720,23	97,2%	50	50
	Cuerpo de agua	48,9	2,8%	135	126
	Total sistema lagunar	1.769,13	100,0%	185	176
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	694,38	95,6%	129	28
	Cuerpo de agua	31,6	4,3%	141	34
	Total sistema lagunar	725,98	100,0%	270	62
TOTAL GENERAL				455	238

* Superficie lagunar previa a la validación complementaria.

Fuente: Elaboración propia y superficies de recubrimiento de suelo obtenidas del estudio: Adenda 5 RWL, 2015.

La segunda campaña que completa la estacionalidad del periodo requerida corresponde a verano 2016, realizada entre el 11 y 18 de diciembre, en la que se colectaron datos para complementar la validación de acuerdo a las diferencias estacionales. En esta campaña se replicaron los puntos validados en la campaña de invierno de 2016 y se agregaron puntos de muestreo en ambos sectores para robustecer la validación de las imágenes. El detalle de este muestreo se presenta en la **Tabla N° 10-4**.

Tabla N° 10-4. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de verano 2016, 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	ESTRATIFICACIÓN POR RECUBRIMIENTO DE SUELO	AREA Ha	% ÁREA ESTRATO	PUNTOS DE VALIDACIÓN	
				PLEIADES 1A	LANDSAT 8
Peine	Otros recubrimientos	1718,9	97,2%	59	59
	Cuerpos de agua	50,2	2,8%	132	123
	Total sistema lagunar	1769,1	100,0%	191	182
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	685,1	94,4%	210	74
	Cuerpos de agua	40,9	5,6%	95	23
	Total sistema lagunar	726,0	100,0%	305	97
TOTAL GENERAL				496	279

Fuente: Elaboración propia y superficies de recubrimiento de suelo obtenidas del estudio: Adenda 5 RWL, 2015.

10.1.4 Metodología de muestreo y/o medición

El muestreo se llevó a cabo mediante dos técnicas de trabajo en terreno:

- i) **Levantamiento RTK** (del inglés *Real Time Kinematic*) o *navegación cinética satelital en tiempo real*: consistió en el marcaje del tipo de recubrimiento de suelo directamente en terreno para cada punto de muestreo, con receptores GNSS/GPS geodésicos, en coordenadas UTM 19S WGS84.

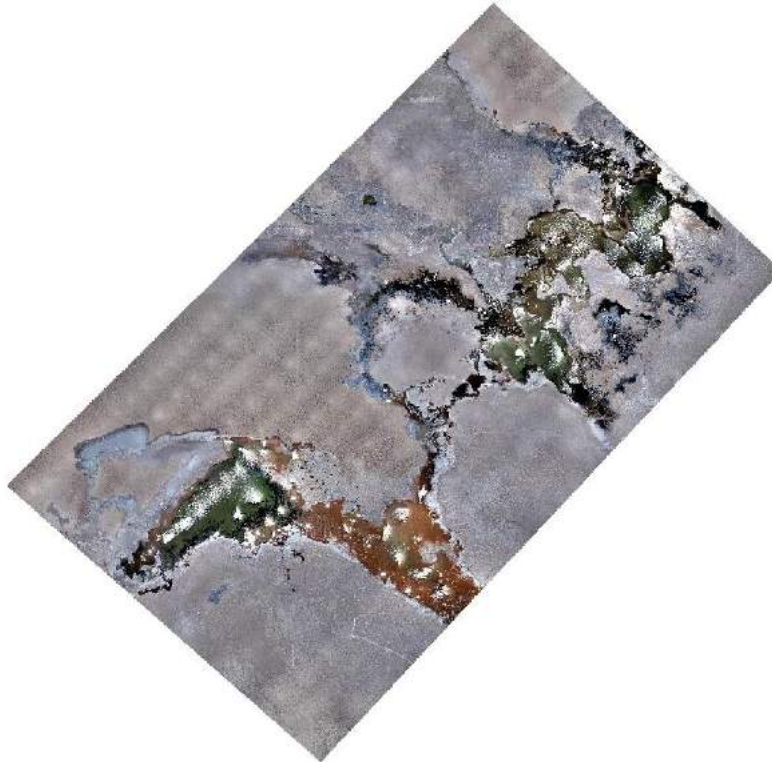
Durante la campaña de invierno de 2016, este muestreo se implementó en el sistema lagunar La Punta y La Brava mediante transectas (muestreo dirigido), y en Peine mediante puntos aleatoriamente distribuidos, según fisonomía de cada sistema, de las condiciones de acceso y de seguridad en terreno (**Anexo Area de Lagunas**) se realiza la réplica de esta metodología de muestreo en la campaña de verano de 2016.

Levantamiento fotogramétrico, en la campaña de verano de 2016, se utilizó un sistema de dron (o UAV) de tipo ala fija en los dos sistemas lagunares (**Figura N° 10-7**). Desde terreno la operación del UAV se dirigió desde una estación de control constituida por un computador con el software *Mission Planner*. El plan de vuelo en terreno estuvo sujeto a la existencia de fauna residente (en este caso flamencos presentes de los sistemas lagunares) para evitar cualquier perturbación en la especie. También se consideró la accesibilidad, seguridad y permisos respectivos en zonas de acceso restringido.

Además, para georreferenciar el mosaico fotogramétrico, en terreno se midieron puntos de apoyo terrestre con receptores GNSS/GPS geodésicos. Posteriormente, tras el procesamiento post-terreno, el producto resultante de esta etapa fue un mosaico de alta resolución de ambos sistemas lagunares (en formato GeoTIFF; **Figura N° 10-2**).

Posteriormente, en el software GIS Arcmap 10.0 se establecieron los puntos de validación sobre cada mosaico UAV y mediante interpretación visual, se realizó la determinación del tipo de recubrimiento de suelo (Cuerpo de agua/ Otro recubrimiento). En **Anexo Area de Lagunas**, se muestra la ubicación de los puntos de validación en cada sistema lagunar de estudio y el detalle de sus coordenadas.

Figura N° 10-2. Ejemplo, Mosaico, obtenido a partir del levantamiento fotogramétrico por sistema de dron de ala fija en el sector La Punta y La Brava, campaña verano de 2016.



Fuente: Elaboración propia en base a producto de Geosoluciones.

10.1.5 Metodología de análisis de las imágenes satelitales para delimitación de cuerpos de agua

10.1.5.1 Imágenes de alta resolución – Pleiades-1A

Las imágenes utilizadas corresponden a las requeridas según RCA y Adenda 5, con bandas multiespectrales de alta resolución con máximo pixel de 4 m. Las imágenes utilizadas, provienen del sensor Pleiades-1A, y en su conjunto conforman un mosaico en el sector sur que corresponde a los sistemas de Peine y La Punta y La Brava (**Figura N° 10-3**). 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 mejor que la requerida. (Pancromática, 50 cm; Multiespectral, de 2 m).

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 ortorrectificación puede encontrarse dentro 1m y 10m respectivamente. Las principales características del sensor se describen en la **Tabla N° 10-5** y en el **Anexo Area de Lagunas**, se presenta el *metadata* de las imágenes analizadas.

Tabla N° 10-5. 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. <http://www.cscrs.itu.edu.tr/assets/downloads/PleiadesUserGuide.pdf>.
Visitada en septiembre y diciembre de 2016.

Figura N° 10-3. Esquema de mosaicos sur 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.

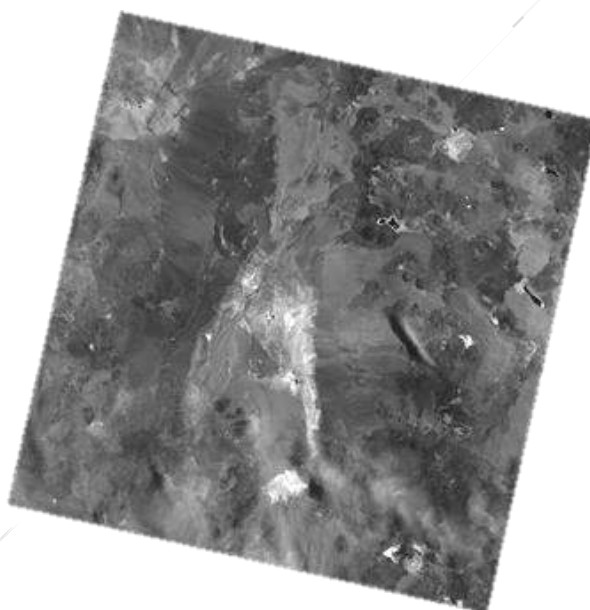


Fuente: Elaboración propia en base a imágenes alta resolución Pleiades-1A.

10.1.5.2 Imagen de resolución media – LANDSAT 8

La imagen usada cubre por completo el área de estudio, la primera fecha de captura corresponde al 10 de agosto de 2016 y la segunda es del 16 de diciembre del 2016. Ambas fueron descargadas, en forma gratuita, desde <http://earthexplorer.usgs.gov/>, en el sitio de la United States Geological Survey (USGS; **Figura N° 10-4**). El sensor Landsat 8 dispone de 11 bandas espectrales, con una resolución (tamaño del pixel) de 30 x 30 metros. De estas, son cinco las bandas que fueron utilizadas 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° 10-6** y el **Anexo Area de Lagunas** presenta la *metadata* de la imagen descargada.

Figura N° 10-4. Ejemplo Imagen Landsat 8 (Banda 5) correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio.



Fuente: United States Geological Survey USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Visitada en septiembre y diciembre de 2016.

Tabla N° 10-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8

Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 1 Coastal	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 NIR	0,85 – 0,88	30
Band 6 SWIR1	1,57 – 1,65	30
Band 7 SWIR2	2,11 – 2,29	30
Band 8 Pancromática	0,50 – 0,68	15
Band 9 Cirrus	1,36 – 1,38	30
Band 10 TIRS1	10,6 – 11,19	100
Band 11 TIRS2	11,5 – 12,51	100

Fuente: United States Geological Survey USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Visitada en agosto y diciembre de 2016.

10.1.5.3 Procesamiento de las imágenes satelitales

Tanto las imágenes Landsat 8, como las Pleiades-1A de alta resolución, fueron sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir es 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 ($W / (m^2 * sr * \mu m)$)²⁰. 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, entre otras) en la radiación electromagnética captada por los sensores de un satélite. La eliminación de los efectos atmosféricos y del

²⁰ Dónde: W: Watts; m²: metro cuadrado; sr: estereorradián; µm: micrómetro.

terreno, recuperan los parámetros físicos de la superficie incluyendo la reflectancia, visibilidad del suelo y temperatura. Para este fin, se utilizó el módulo ATCOR (por su sigla en inglés, Atmospheric & Topographic Correction) disponible con el software PCI Geomática.

El módulo de corrección atmosférica ATCOR 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 atmosféricas de la reflectancia del suelo y las correcciones atmosféricas de la temperatura superficial.

El algoritmo ATCOR trabaja con una base de datos de funciones de corrección atmosféricas almacenados en tablas de búsqueda, para diferentes perfiles de altitud de presión, la humedad, y el tipo de aerosol. El método calcula la reflectancia del suelo para cada píxel, en cada banda espectral; posteriormente se puede utilizar para análisis de índices espectrales o para comparar los valores de reflectancia entre imágenes satelitales.

Es importante mencionar que el método ATCOR en comparación al método IARR (por su sigla en inglés, corresponde al promedio interno de reflectancia relativa; aplicado en la línea de base), constituye un mejoramiento en el modelo actual, producto del refinamiento en el proceso de remoción del error atmosférico proporcionado por ATCOR (Chuvieco, 2006). Esta diferencia metodológica, puede variar la respuesta espectral de los parámetros espectrales utilizados (*i.e.* NDVI, NDWI; Lamolda, 2008), conduciendo a la mejor detección de cuerpos de agua con el modelo actual.

Seguidamente, las imágenes fueron 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, en el caso de las imágenes de alta resolución Pleiades-1A, fueron unidas conformando dos mosaicos dentro del área de estudio (polígono sur en **Figura N° 10-3**).

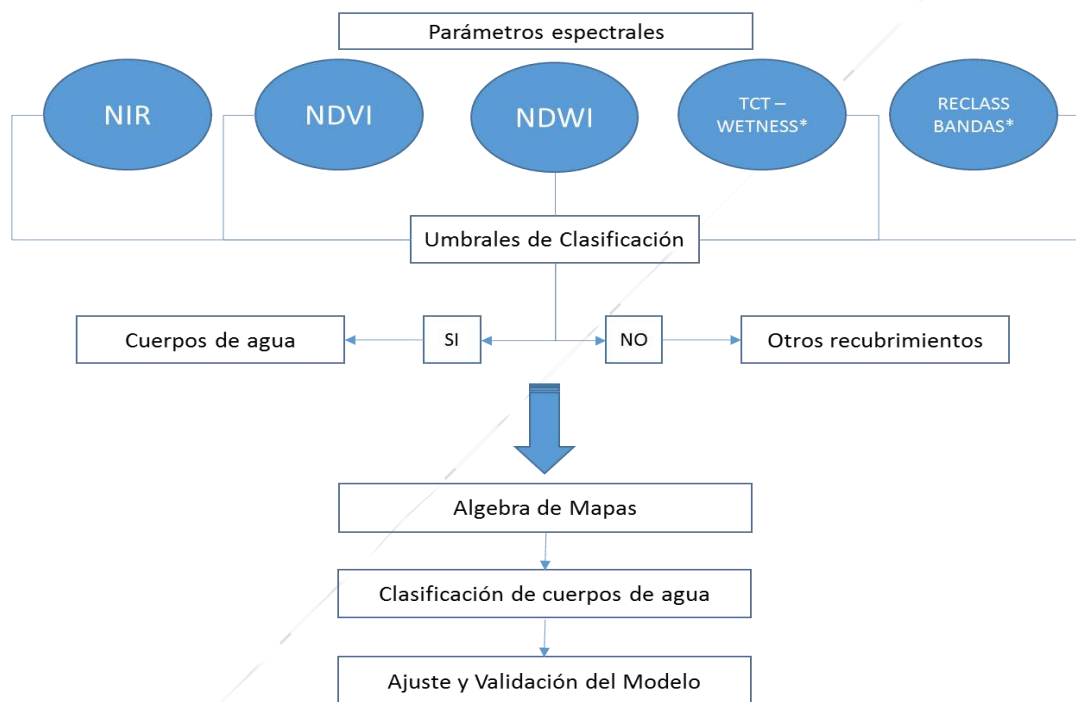
10.1.5.4 Método de Análisis: Descripción del Modelo de Clasificación Supervisada de cuerpos de agua

El modelo usado durante este análisis, se desarrolló en base a la metodología del “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por su sigla en inglés), la cual es la indicada en el Apéndice B del Anexo 2 de la Adenda 5 –(RWL 2015) y fue empleada en el mismo como la línea de base para este componente en marco del PMB y el PSAH²¹.

²¹ Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico.

La clasificación supervisada de imágenes satelitales se empleó para la identificación y delimitación de los cuerpos de agua. El método se inicia con establecer mediante criterio de experto, los umbrales de clasificación para cada uno de los parámetros espectrales de evaluación 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 el paso anterior y se evalúa el ajuste mediante la validación con los datos de terreno (**Figura N° 10-5**).

Figura N° 10-5. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.



* La transformación "Tasseled Cap" Wetness se pudo utilizar sólo en el caso de Landsat 8, dado el mayor número de bandas que ofrece este sensor. En su reemplazo, para las imágenes de alta resolución Pleiades 1A se utilizó la Reclasificación de bandas (RECLASS BANDAS).

Fuente: Elaboración propia en base a metodología "Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (NDWI) en Adenda 5 RWL (2015).

Los parámetros evaluados durante la clasificación supervisada en el monitoreo correspondiente al periodo invierno y verano 2016 fueron cinco: i) la reclasificación de la banda infrarroja (NIR), ii) el índice NDWI; iii) el índice NDVI; iv) la reclasificación de bandas espectrales ($B1 < B2$) y ($B3 > B4$), usada en el modelo de imágenes de alta resolución Pleiades-1A y v) la 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.

Para la aplicación de la metodología, se incorporaron dos parámetros espectrales adicionales, correspondientes a NDVI y a la transformación “*Tasseled Cap*” (Wetness). Lo anterior, se realiza con el fin de robustecer el análisis y en consideración que los suelos salinos usualmente con distintos tipos y concentraciones de sales, afectan la reflectancia del suelo en distintos grados y puede conducir a errores significativos durante interpretaciones espectrales (Wang *et al.*, 2012).

10.1.5.5 Parámetros espectrales del modelo de clasificación

10.1.5.5.1 Índice de Diferencia Normalizada de Agua -NDWI

El índice NDWI (por su sigla en inglés, Normalized Difference Water Index) 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 índice se realizó siguiendo la fórmula:

$$NDWI = (V-NIR) / (V+NIR)$$

Dónde: **V** es la reflectancia en el verde y **NIR** es la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes LANDSAT 8 como en las imágenes de alta resolución.

10.1.5.5.2 Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación - NDVI

El Índice NDVI (por su sigla en inglés, Normalized Difference Vegetation Index), consistente en la comparación entre las bandas roja e infrarroja, 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.

10.1.5.5.3 NIR - Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano

La Banda 5 o NIR de las imágenes satelitales Landsat 8 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 desnudos y agua.

Para el cálculo de este parámetro, se realizó la reclasificación de la Banda 5, para la clasificación de cuerpos de agua en las áreas de estudio. El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

10.1.5.5.4 Reclasificación de bandas espectrales

Este parámetro consistió en un procedimiento de clasificación binaria de los píxeles en las imágenes espectrales Pleiades-1A, los píxeles de las imágenes se enfrentaron a la condición lógica de la presencia de cuerpos de agua versus otros recubrimientos, segmentando los resultados en una imagen de clasificación. Para este caso se procedió el cumplimiento de la condición: $(B1 < B2)$ y $(B3 > B4)$. Donde las bandas corresponden a: B1 azul, B2 verde, B3 rojo y B4 infrarrojo cercano.

10.1.5.5.5 Transformación “Tasseled Cap”

La transformación “Tasseled Cap” (TCT) fue desarrollada para optimizar la visualización de la vegetación en imágenes multispectrales (Hernández, 2005). Esta transformación produce tres nuevas bandas a partir de las originales de la imagen: Brillo (Brightness), Verdor (Greenness) y Humedad (Wetness).

En el caso de la componente de humedad es un contraste entre la reflectancia en el infrarrojo de onda corta (SWIR) y el visible/infrarrojo cercano (VNIR), 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).

10.1.5.6 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 y para cada clase de imagen satelital.

La definición de cada umbral se realiza mediante inspección visual, controlada por el conocimiento de las características de los objetos a catalogar y de su respuesta espectral (clasificación supervisada). Además, este proceso se realiza en base a representar el patrón espacial de las coberturas de la línea de base del componente (Adenda 5 RWL, 2015) y guiado por los datos de validación tomados en terreno en las campañas de invierno y verano de 2016. Los umbrales obtenidos en ambas campañas se presentan en la **Tabla N° 10-7** y **Tabla N° 10-8**.

Tabla N° 10-7. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades 1A y Landsat 8) para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama. Campaña de invierno de 2016.

PARÁMETROS PLEIADES 1A	PEINE	LA PUNTA - LA BRAVA
NDWI	NB 4/9 $\geq -0,106$	>0
NDVI	P5 $\leq 0,044$	NB13/20 $\leq 0,032$
NIR – B4	NB 2/9 $\leq 0,341$	P5 $\leq 0,160$
Reclasificación bandas espectrales condición: (B1<B2) y (B3> B4)	INCORPORADO	INCORPORADO

PARÁMETROS LANDSAT 8	PEINE	LA PUNTA - LA BRAVA
NDWI	R 2/20 $\geq -0,126$	P85 $\geq -0,121$
NDVI	P10 $\leq 0,049$	P10 $\leq 0,042$
NIR - B5	P15 $\leq 0,341$	R6/15 $< 0,253$
WETNESS	R 13/20 $\geq 0,042$	R11/15 $\geq 0,043$

Dónde: **R**: Intervalo equivalente (Equal Interval): Todos los valores se subdividen en rangos del mismo tamaño; **NB**: Quiebres naturales (Natural breaks): Se basa en las agrupaciones naturales inherentes a los datos; **P**: Percentiles (Quantile).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 10-8. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades 1A y Landsat 8) para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama. Campaña de verano de 2016.

PARÁMETROS PLEIADES 1A	PEINE	LA PUNTA - LA BRAVA
NDWI	P80 >= -0,118218	R 5/15 >=-0,045638
NDVI	P5 <= 0,047516	R14/20 <= 0,041298
NIR – B4	NB 2/9 <= 0,393334	P5 <= 29,725685
Reclasificación bandas espectrales condición: (B1<B2) y (B3> B4)	INCORPORADO	NO INCORPORADO

PARÁMETROS LANDSAT 8	PEINE	LA PUNTA - LA BRAVA
NDWI	R2/20=-0,095224	P90 >= -0,113313
NDVI	P5 <= 0,031596	P10 <= 0,045167
NIR - B5	P30 <=0,218006	R9/15 <= 0,376538
WETNESS	R11/20 >= -0,035562	R12/15 >= -0,062625

Dónde: **R**: Intervalo equivalente (Equal Interval): Todos los valores se subdividen en rangos del mismo tamaño; **NB**: Quiebres naturales (Natural breaks): Se basa en las agrupaciones naturales inherentes a los datos; **P**: Percentiles (Quantile). Fuente: Elaboración propia.

Debido a la complejidad de las áreas de estudio, a la variabilidad estacional y a las diferencias en las condiciones atmosféricas al momento de la captura de los diversos sensores satelitales, es preciso considerar diferentes intervalos en las distribuciones de las variables. Para ello, se utilizan los métodos de clasificación de datos por cuantiles, intervalos equivalentes y quiebres naturales; esto con el objeto de encontrar el mejor ajuste en el modelo de clasificación. Este proceso se realiza con el software GIS ArcGis 10.0.

Una vez fijado cada umbral de clasificación, se extrae el conjunto de pixeles espectralmente similares que formaron grupos o clase, a las que luego se les asigna el tipo de recubrimiento de suelo que representan (cuerpos de agua u otros recubrimientos).

El cálculo final del modelo por sector, se realiza mediante la intersección de los parámetros reclasificados según el umbral definido y se determina la cobertura de agua cuando al menos tres de los cuatro parámetros coinciden en clasificar el pixel como “cuerpo de agua”, de lo contrario queda asignado como “otro recubrimiento”.

Posteriormente, se procede a la validación del modelo de clasificación la cual se realiza a través de una matriz de confusión, que permite evaluar la exactitud del modelo, donde se estima el número de puntos correctamente cartografiados dentro de un conjunto de datos.

En este caso, la matriz se construye con la información del tipo de recubrimiento establecido en los puntos de validación de terreno y se comparan con los resultados del modelo. En esta matriz, la diagonal principal, indica las muestras que fueron 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 solo 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*, el cual es una medida ajuste en términos de la exactitud del modelo de clasificación. Este mide la diferencia entre los datos de validación en terreno 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:

$$\kappa = \frac{[(\Sigma \text{ concordancias observadas}) - (\Sigma \text{ concordancias atribuibles al azar})]}{[(\text{total de observaciones}) - (\Sigma \text{ concordancias atribuibles al azar})]}$$

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 un muy buen acuerdo entre la realidad observada y la cobertura obtenida. Contrariamente, valores próximos a 0 sugieren que el acuerdo observado es sólo debido al azar. Según Landis y Koch (1977), valores $K > 0,4$ indican un modelo de clasificación aceptable en término de exactitud y mayores a 0,6 sugieren un modelo confiable en la clasificación del recubrimiento de suelo obtenida.

Con los datos tomados en terreno 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 la precisión obtenida.

10.1.5.7 Depuración cartográfica de cuerpos de agua

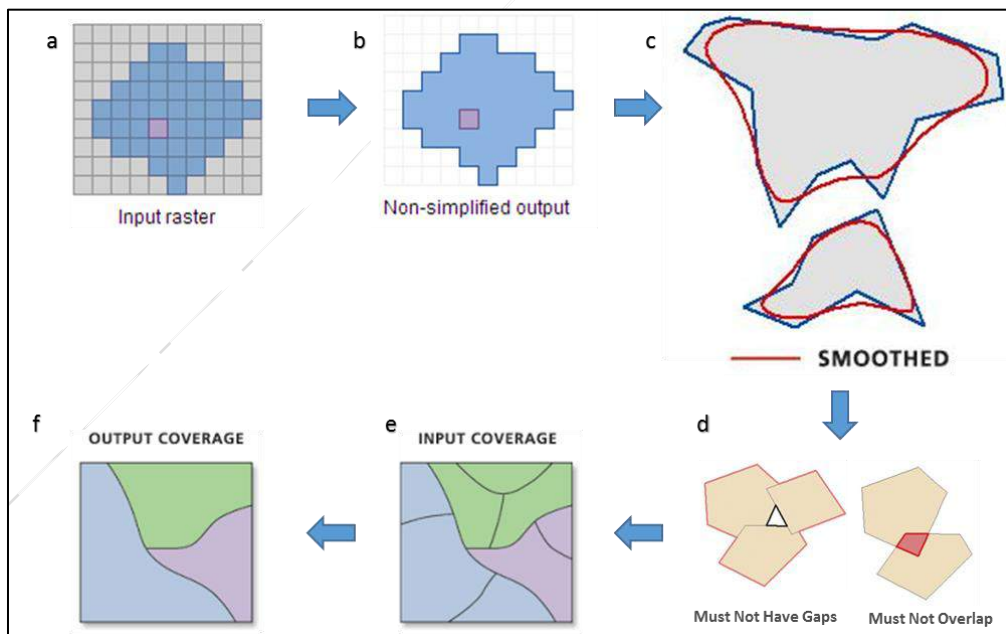
Posterior a obtener las coberturas de clasificación de los cuerpos de agua según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades-1A y Landsat 8) y por sistema lagunar, se procede con la depuración de las coberturas. Este proceso consiste primero en la transformación de los datos desde formato *raster* a entidades de polígonos en formato *shape*. El resultado se

somete a un proceso de suavizado, 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° 10-6**). Si durante el suavizado se producen errores topológicos, como cruces de contorno de polígono, etc, se deben editar, sustrayendo valores y/o creando nuevas entidades en los espacios sin información.

Adicionalmente, se realiza una depuración final en los *shapes*, la cual busca reducir errores de clasificación aleatorios y se aplican dos criterios: i) Remoción de polígonos clasificados como cuerpos de agua con tamaño inferior al equivalente de un pixel (0,0004 ha en Pleiades-1A y 0,09 ha en Landsat 8) y que estuvieran aislados a los cuerpos de agua de mayor tamaño dentro del sector de estudio y, ii) Revisión y ajuste de las coberturas al patrón espacial de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).

El resultado de estas operaciones origina una clasificación binaria (cuerpos de agua / otros recubrimientos), que son fusionados por 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 (Peine y La Punta y La Brava).

Figura N° 10-6. 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: Elaboración propia en base a imágenes ESRI.

10.1.5.8 *Análisis comparativo para seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua*

De acuerdo a lo expresado en la sección *Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua*, esta etapa dio cumplimiento a lo dispuesto por el PMB, Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015.

En base a estos documentos, el análisis comparativo de las superficies se realiza por sistema lagunar y de dos tipos:

- *Comparación con registros históricos de línea de base*: se realiza entre las superficies de lagunas estimadas en el presente análisis y a las variaciones interanuales definidas durante la línea de base, consideradas como promedio histórico de ese estudio (Adenda 5 RWL, 2015).
- *Comparación entre imágenes satelitales*: se realizó una comparación entre las superficies determinadas desde las imágenes de alta resolución Pleiades-1A y Landsat 8.

Cabe destacar que el actual monitoreo, describe los cuerpos de agua en condiciones de construcción (invierno 2016) y operación (verano 2016- 2017), que en adelante deberán ser parte de los registros que se obtengan en la etapa de seguimiento, establecido con frecuencia mínima semestral.

10.1.6 **Materiales y equipos utilizados**

Los equipos utilizados en el levantamiento fotogramétrico de los sistemas lagunares de Peine y La Punta y La Brava, corresponden a:

- *Sistema de dron (o UAV) tipo ala fija*: El equipo utilizado correspondió a una aeronave de referencia E382, cuyas dimensiones son 1.720 mm x 1.180 mm y un peso de 2.267 g. La aeronave portó una cámara fotográfica Canon Powershot X230.
- Estación de control, constituida por computador portátil con software *Mission Planner*, conectado mediante radio modem para recepción telemétrica de datos, en tiempo real.

También fueron utilizados en ambas campañas receptores geodésicos GNSS/GPS. Para levantamiento RTK (del inglés Real Time Kinematic) o navegación cinética satelital en tiempo real (**Figura N° 10-7**).

Figura N° 10-7. Materiales y Equipos utilizados en levantamiento fotogramétrico: (izq.) SteadiDrone QU4D o de “ala fija”, (der.) estación de control de vuelo.



Fuente: Geosoluciones

10.1.7 Fechas de medición

En el monitoreo de invierno de 2016, la imagen satelital de resolución media, Landsat 8, fue capturada el **10 de agosto de 2016**; mientras que las imágenes de alta resolución, Pleiades 1A, fueron capturadas el **12 de agosto de 2016**.

De forma paralela, la colección de datos en terreno se llevó a cabo en dos campañas ejecutadas los días **8 al 12 de agosto de 2016**, y **22 al 26 de agosto de 2016**.

Para el monitoreo de verano de 2016, la imagen satelital de resolución media, Landsat 8, fue capturada el **16 de diciembre de 2016**; mientras que las imágenes de alta resolución, Pleiades 1A, fueron capturadas el **11 de diciembre de 2016**.

De forma paralela, la colección de datos en terreno se llevó a cabo en una campaña ejecutada entre los días **11 y 18 de diciembre de 2016**.

10.2 RESULTADOS

10.2.1 Resultados del muestreo campaña invierno de 2016

10.2.1.1 Resultados de superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar

En la **Tabla N° 10-9** se presentan las superficies de los cuerpos de agua que fueron determinadas a partir del modelo de clasificación supervisada por sistema lagunar, las que están representadas gráficamente en las **Figura N° 10-8** y **Tabla N° 10-9**

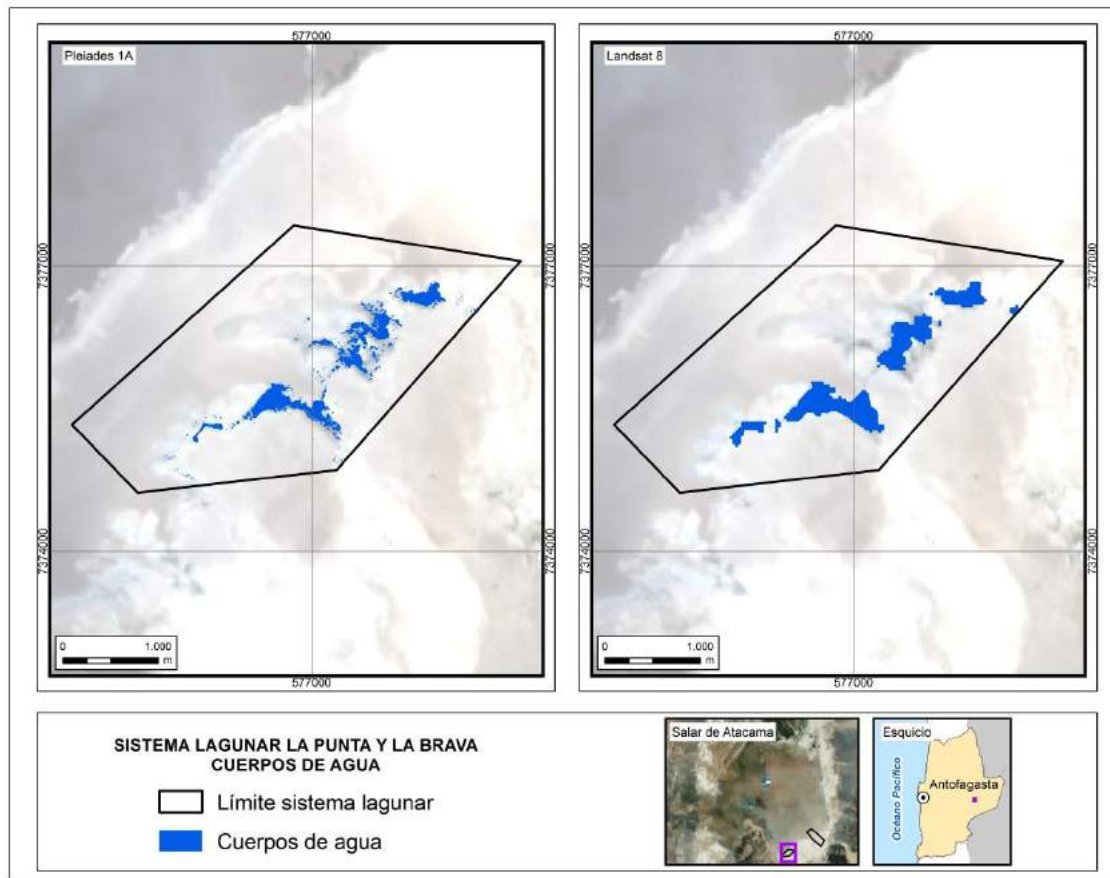
La mayor cobertura lagunar se determinó en el sector Peine con 74,1 ha desde la imagen Pleiades 1A y 114,7 ha desde Landsat 8, en tanto para el sector de La Punta y La Brava los valores corresponden a 47,4 ha, desde Pleiades 1A, y 62,6 ha desde Landsat 8.

Tabla N° 10-9. Superficies (en hectáreas) de coberturas de los cuerpos de agua en sistemas lagunares del área de estudio.

Sistema Lagunar	Superficies (ha)	
	Monitoreo Fase Construcción*	
	PLEIADES 1A AR	LANDSAT 8 MR
La Punta y La Brava	47,4	62,6
Peine	74,1	114,7

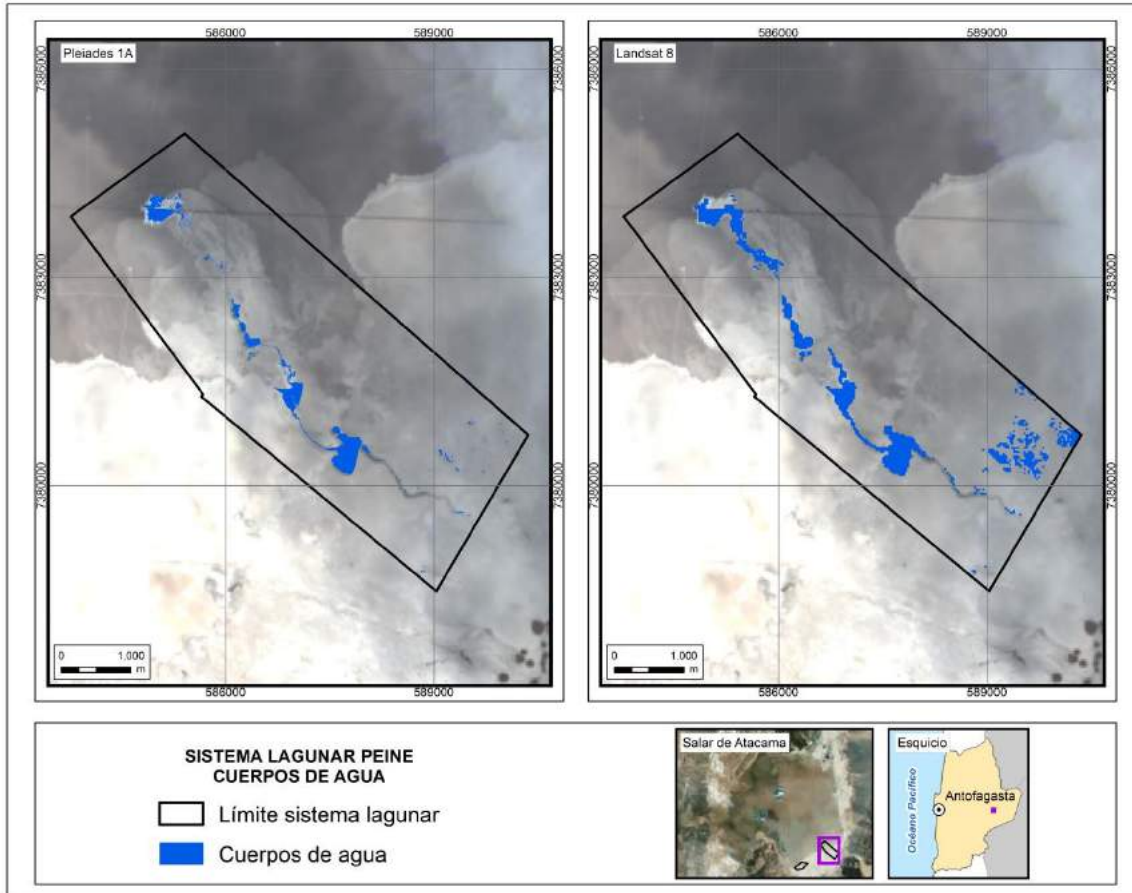
Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016.
*Adenda 5 RWL, 2015.

Figura N° 10-8. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava. Invierno. Agosto 2016.



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto de 2016.

Figura N° 10-9. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine. Invierno –Agosto 2016



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto de 2016.

10.2.1.2 Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

La clasificación supervisada de cuerpos de agua se llevó a cabo para imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares Peine y La Punta y La Brava, para el periodo de agosto de 2016. La validación del ajuste de las coberturas determinadas, en relación a los datos de terreno recabados, se realizó mediante el índice *Kappa*. Este índice tuvo una variación entre 0,59 (La Punta y La Brava) a 0,90 (Peine) para imágenes de alta resolución Pleiades-1A (**Tabla N° 10-10**) y 0,62 (La Punta y La Brava) a 0,84 (Peine) para imágenes de resolución media Landsat 8 (**Tabla N° 10-11**). Estos valores dan cuenta de un ajuste confiable de las coberturas obtenidas.

Tabla N° 10-10. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar, período Agosto 2016.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total			** Exactitud global del mapa (%)	****Error de comisión (%)
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total		
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	84	60	144	58,3	41,7
	Otros Recubrimientos	1	160	161	99,4	0,6
	Total	85	220	305	-	-
	Exactitud de Campo (%)	98,8	72,7	-	-	-
	***Error omisión (%)	1,2	27,3	-	-	Índice Kappa: 0,59
Peine	Cuerpos de agua	130	5	135	96,3	3,7
	Otros Recubrimientos	3	53	56	94,6	5,4
	Total	133	58	191	-	-
	Exactitud de Campo (%)	97,7	91,4	-	-	-
	**Error omisión (%)	2,3	8,6	-	-	Índice Kappa: 0,90

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: 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). Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 10-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar, período Agosto 2016

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total			** Exactitud global del mapa (%)	****Error de comisión (%)
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total		
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	16	7	23	69,6	30,4
	Otros Recubrimientos	6	68	74	91,9	8,1
	Total	22	75	97	-	-
	Exactitud de Campo (%)	72,7	90,7	-	-	-
	***Error omisión (%)	27,3	9,3	-	-	Índice Kappa: 0,62
Peine	Cuerpos de agua	123	3	126	97,6	2,4
	Otros Recubrimientos	9	47	56	83,9	16,1
	Total	132	50	182	-	-
	Exactitud de Campo (%)	93,2	94,0	-	-	-
	**Error omisión (%)	6,8	6,0	-	-	Índice Kappa: 0,84

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: 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). Fuente: Elaboración propia.

10.2.2 Resultados del muestreo campaña verano de 2016

10.2.2.1 Resultados de superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar

A continuación, se describe el detalle por sistema lagunar, de las coberturas determinadas desde la imagen de alta resolución (Pleiades 1A) y la superficie determinada desde imágenes de media resolución (Landsat 8) (**Tabla N° 10-12**).

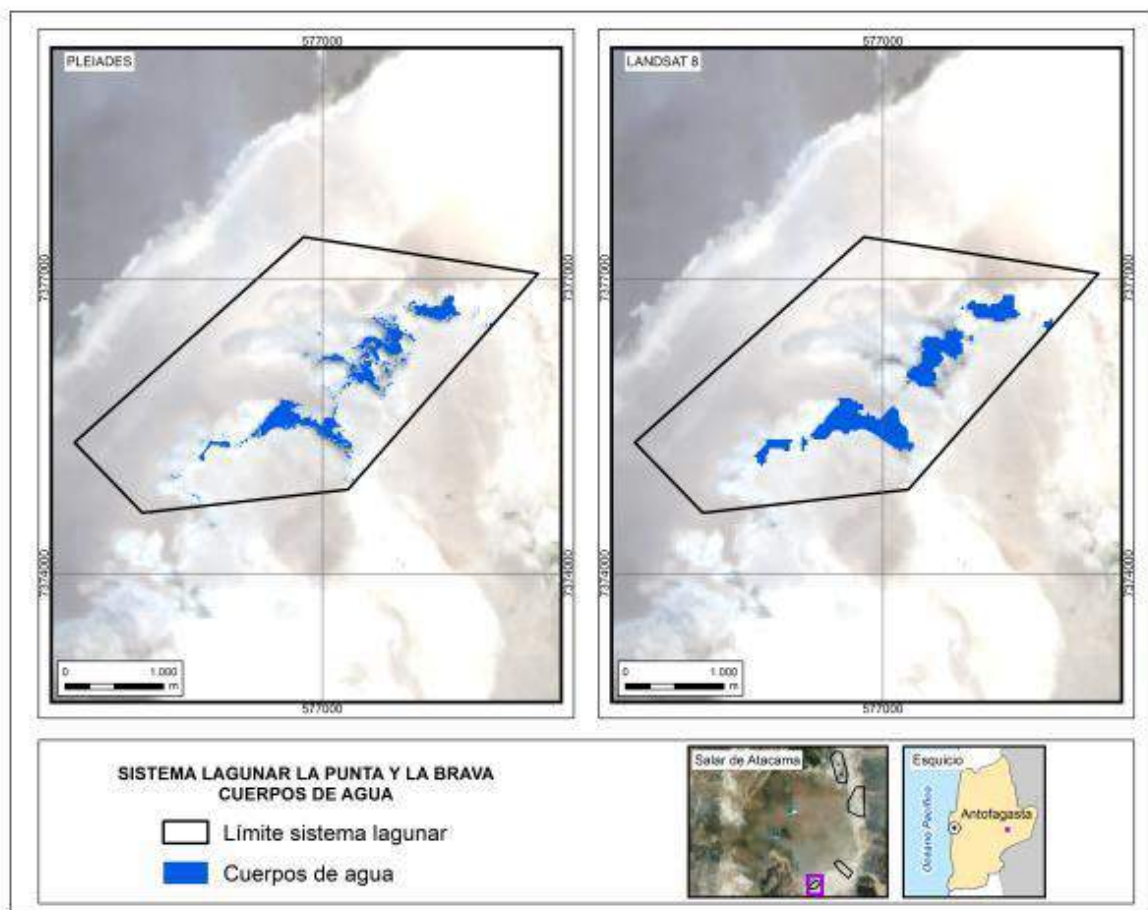
La mayor cobertura lagunar se determinó en el sector Peine con 50,2 ha desde la imagen Pleiades 1A y 110,3 ha desde Landsat 8, en tanto para el sistema de La Punta y La Brava, las superficies corresponden a 40,9 ha, desde Pleiades 1A, y 55,0 ha desde Landsat 8. Estos resultados se muestran gráficamente en la **Figura N° 10-10** y **Figura N° 10-11**.

Tabla N° 10-12. Superficies (en hectáreas) de coberturas de los cuerpos de agua en sistemas lagunares del área de estudio.

Sistema Lagunar	Monitoreo Fase Operación	
	PLEIADES 1A AR	LANDSAT 8 MR
La Punta y La Brava	40,9	55,0
Peine	50,2	110,3

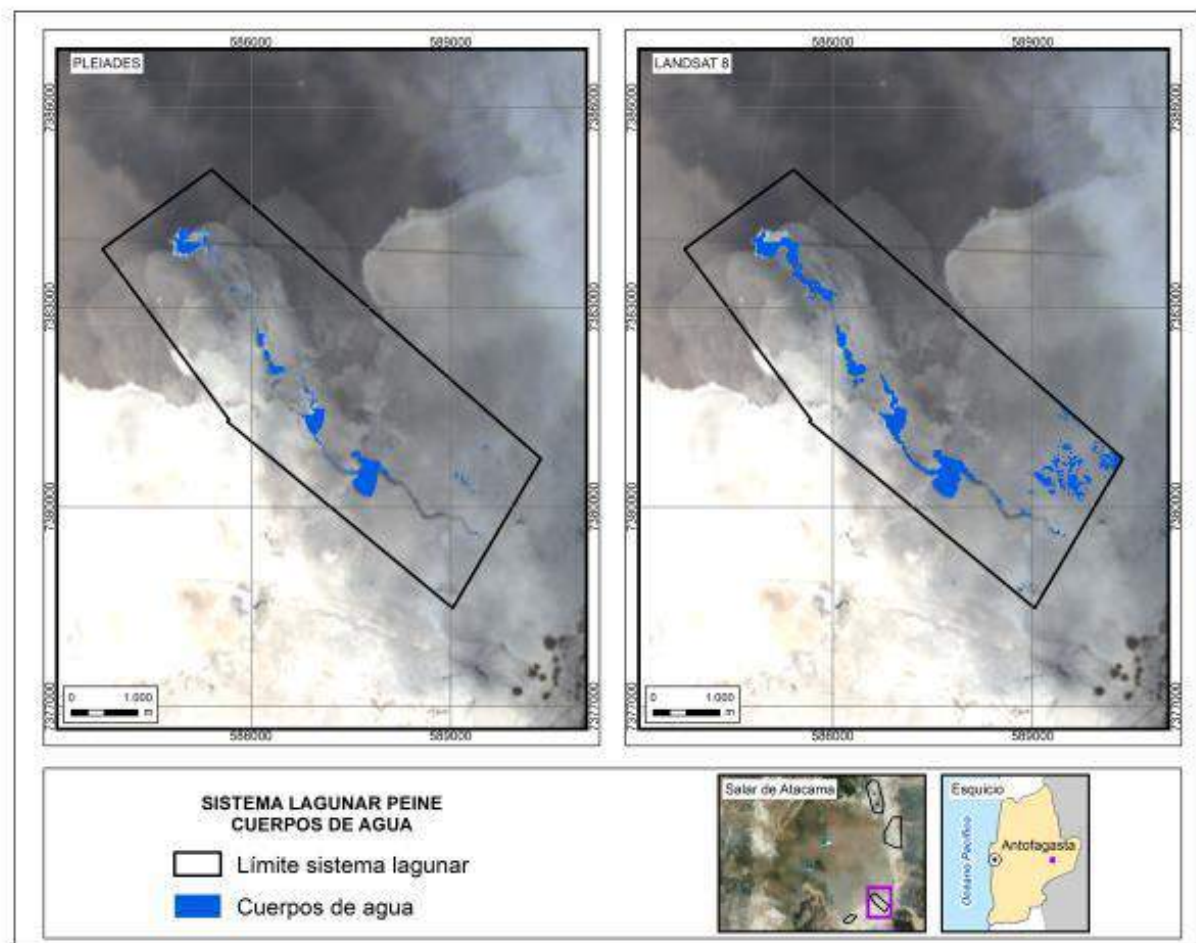
Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).
 Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016.
 *Adenda 5 RWL, 2015.

Figura N° 10-10. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava. Verano – Diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016.

Figura N° 10-11. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine. Verano – Diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016.

10.2.2.2 Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

La clasificación supervisada de cuerpos de agua se llevó a cabo para imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares Peine, y La Punta y La Brava, para el periodo de verano de 2016. La validación del ajuste de las coberturas determinadas, en relación a los datos de terreno recabados, se realizó mediante el índice *Kappa*. Este índice tuvo una variación entre 0,82 (La Punta y La Brava) y 0,91 (Peine) para imágenes de alta resolución Pleiades-1A (**Tabla N° 10-13**) y desde 0,62 (La Punta y La Brava) y 0,83 (Peine) para imágenes de resolución media Landsat 8 (**Tabla N° 10-14**). Estos valores dan cuenta de un ajuste entre muy confiable de las coberturas obtenidas.

Tabla N° 10-13. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa para sistema lagunar.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total			** Exactitud global del mapa (%)	****Error de comisión (%)
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total		
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	82*	13	95	86,3	13,7
	Otros Recubrimientos	10	200*	210	95,2	4,8
	Total	92	213	305	-	-
	Exactitud de Campo (%)	89,1	93,9	-	-	-
	***Error omisión (%)	10,9	6,1	-	-	Índice Kappa: 0,82
Peine	Cuerpos de agua	128*	4	132	97,0	3,0
	Otros Recubrimientos	3	56*	59	94,9	5,1
	Total	131	60	191	-	-
	Exactitud de Campo (%)	97,7	93,3	-	-	-
	**Error omisión (%)	2,3	6,7	-	-	Índice Kappa: 0,91

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: 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). Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 10-14. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total			** Exactitud global del mapa (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	16*	7	23	69,6	30,4	
	Otros Recubrimientos	6	68*	74	91,9	8,1	
	Total	22	75	97	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	72,7	90,7	-	-	-	
	***Error omisión (%)	27,3	9,3	-	-	Índice Kappa:	0,62
Peine	Cuerpos de agua	119*	4	123	96,7	3,3	
	Otros Recubrimientos	9	50*	59	84,7	15,3	
	Total	128	54	182	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	93,0	92,6	-	-	-	
	**Error omisión (%)	7,0	7,4	-	-	Índice Kappa:	0,83

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: 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). Fuente: Elaboración propia.

11 NIVEL FREÁTICO EN LAGUNAS

Este capítulo presenta el reporte de los monitoreos comprometidos en el PMB, correspondientes a 5 puntos de medición de niveles freáticos distribuidos en los Sistemas Lagunares: (3) La Punta - La Brava; y (2) Peine, con una frecuencia mensual de medición, del período abril 2016 a marzo 2017. Desde abril a agosto 2016, corresponde a fase de construcción del proyecto, y ya desde Septiembre 2016 a marzo 2017, es fase de operación de proyecto RWL.

Esta medición de niveles 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, y que permitirá ir observando en el tiempo el estado ecológico de los sistemas.

El objetivo de este capítulo, es presentar el monitoreo comprometido para medición de niveles, en 5 puntos de niveles freáticos de Lagunas: 3 puntos en La Punta-La Brava, y 2 en Peine. Los puntos comprometidos como parte del Plan de Manejo Biótico, en los Sistemas de Lagunas son (5): en La Punta-La Brava (BA-05, BA-07 y BA-16), y Peine (BA-21 y BA-22).

En la **Tabla N° 11-1**, se entrega el detalle de la componente, subcomponente, variables y período reportado, la cual quedó comprometida dentro de la evaluación del proyecto (y no en forma explícita en la RCA), en el Anexo 2 de la Adenda 5 (Cap. 4.2.7), como parte de uno de los 3 indicadores de cambio de estado ecológico, definida a partir del Modelo Ecológico Funcional y que permitirá ir observando en el tiempo el estado ecológico de los sistemas.

Tabla N° 11-1. Información Reportada

Componente	Sub Componente	Variable	Frecuencia	Período que se Reporta
Agua	Lagunas	Nivel freático	Mensual	Abril 2016 a Marzo 2017

En la **Tabla N° 11-2**, se identifica la empresa responsable de las mediciones, la cual para el período reportado, corresponde a la empresa *ICASS Consultoría en Recursos Hídricos* y SGA Consultores.

Tabla N° 11-2. Responsable de las Mediciones, Muestreo y/o Análisis

Variable	Medición	Muestreo	Análisis	Período
Nivel freático	ICASS	No aplica	No aplica	Abril a Dic 2016
Nivel freático	SGA Consultores	No aplica	No aplica	Enero a Marzo 2017

Como fuera mencionado anteriormente, el compromiso de medir los niveles en las Lagunas, si bien no quedó establecido en la RCA para la parte del PMB, si quedó comprometido en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico”, en el Capítulo 4.2.7 “Criterios para detección de cambio de estado ecológico”.

En la **Tabla N° 11-3**, se transcribe el capítulo y sección del Anexo 2 Adenda 5, en donde queda establecido el presente reporte de medición de niveles en Lagunas.

Tabla N° 11-3. Identificación de Considerando en la RCA

Documento	Numeral	Transcripción
Anexo 2, Adenda 5 del proyecto RWL	4.2.4 Ubicación de Estaciones de Monitoreo (Pág. 401)	<ul style="list-style-type: none"> “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.”

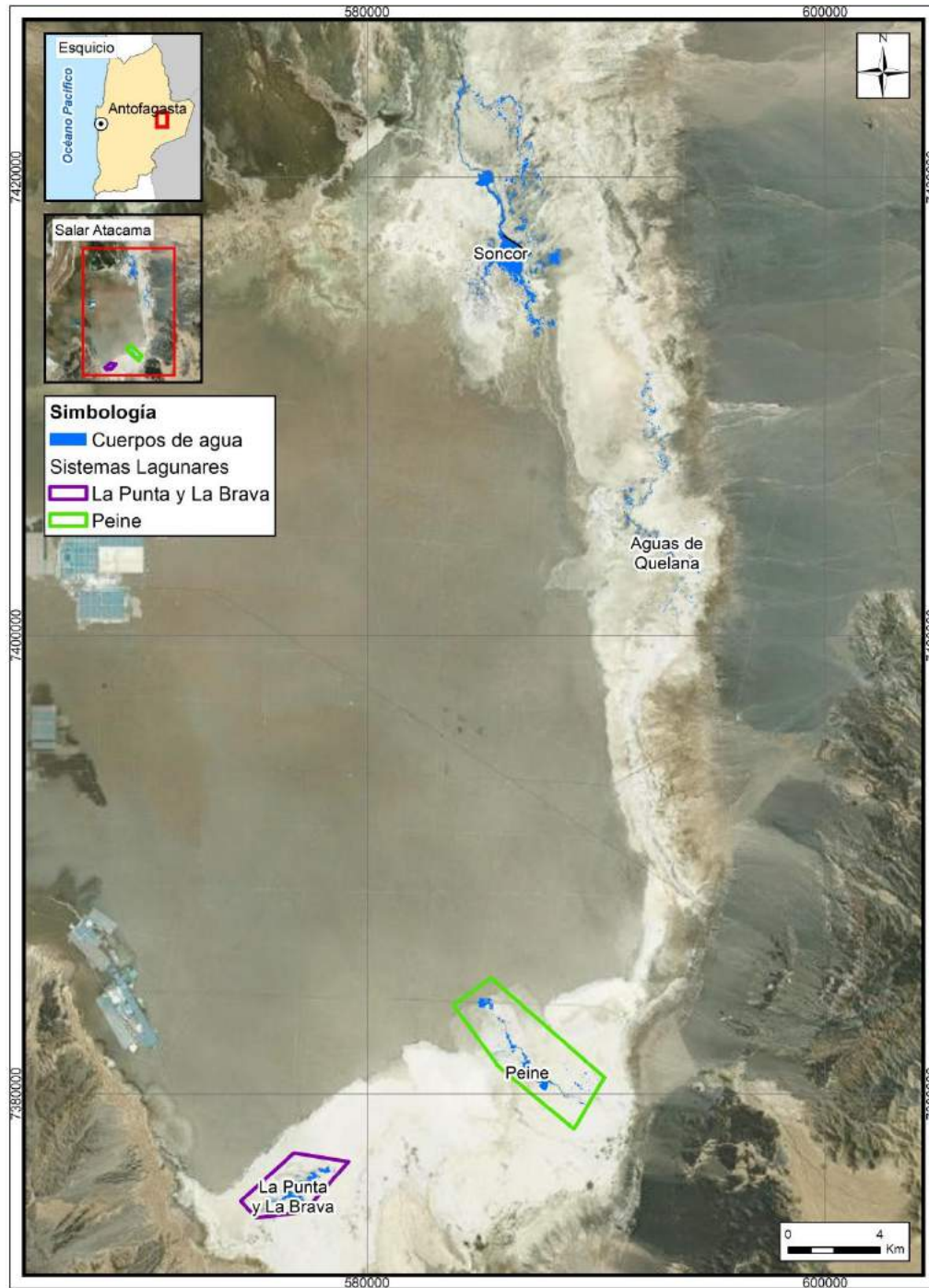
Fuente: Anexo 2 de la Adenda 5

11.1 MATERIALES Y MÉTODOS

11.1.1 Descripción del Área de Estudio

La operación de Rockwood Litio (RWL) conlleva la extracción de salmuera y agua salobre desde la zona sur del Salar de Atacama. De forma más específica la operación se desarrolla en el núcleo del Salar, que se caracteriza por ser una zona plana con altitud promedio de 2300 msnm, donde se encuentran los depósitos salinos. En la **Figura N° 11-1**, se aprecia la zona de operación de RWL, y los sectores identificados para los Sistemas Lagunares, en los que destacan la Punta- La Brava y Peine, sistemas en los cuales se comprometen la medición de los niveles de este reporte.

Figura N° 11-1. Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia

11.1.2 Ubicación de Puntos de medición y variables.

En la **Tabla N° 11-4**, se presentan los puntos de medición del seguimiento de niveles 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.

Tabla N° 11-4. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas

Punto	Coordenadas WGS 84 (HUSO 19)		Sistema Lagunar	Variable	Cota collar (*) (m.s.n.m.)
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)		Nivel	
BA-05	576.373	7.375.324	La Punta-La Brava	X	2.301,09
BA-07	578.406	7.376.692	La Punta-La Brava	X	2.300,88
BA-16	577.746	7.375.405	La Punta-La Brava	X	2.301,78
BA-21	587.159	7.380.905	Peine	X	2.301,39
BA-22	587.837	7.380.817	Peine	X	2.301,12

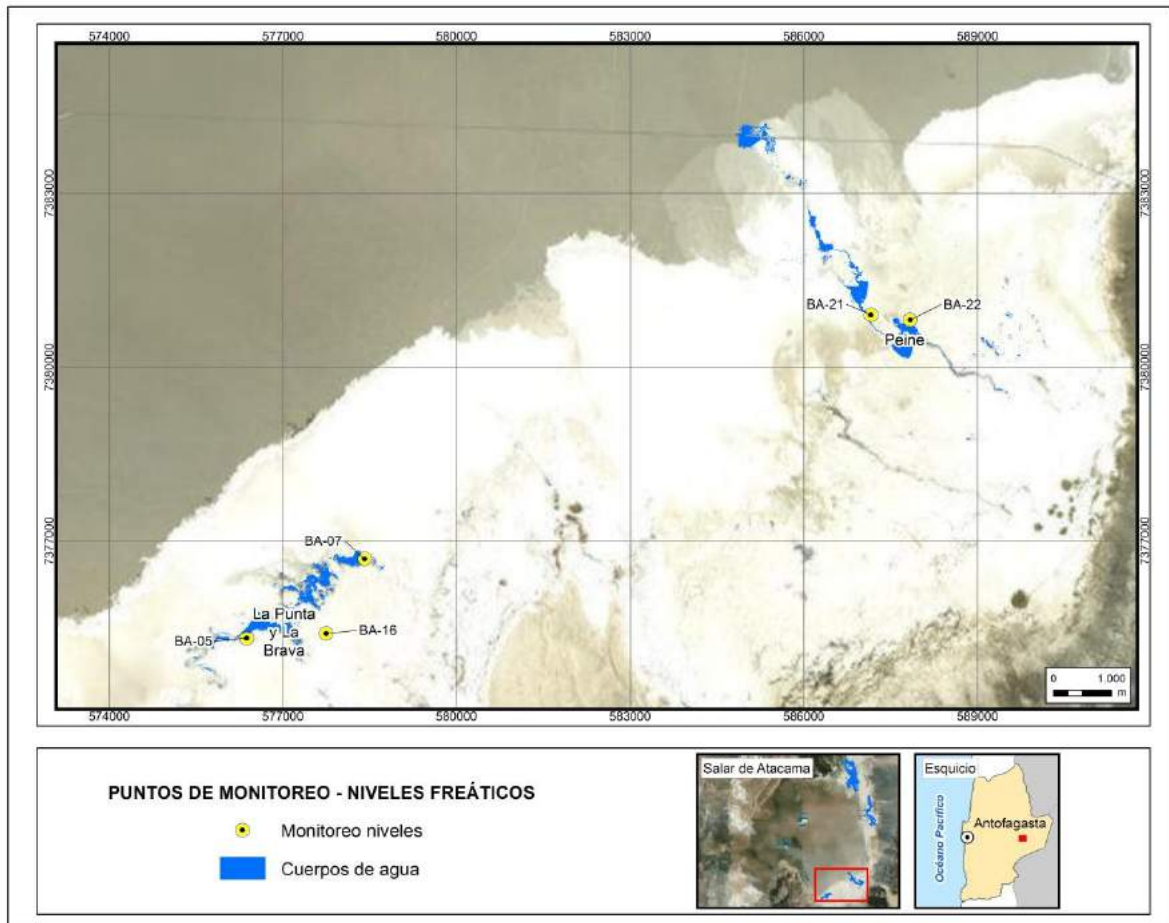
Fuente: Coordenadas establecidas durante la evaluación ambiental, Tabla 4.2-4 y Tabla 4.2-5 del Anexo 2 de la Adenda 5-RWL.

(*): 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.

Estos puntos de medición con códigos del tipo “BA-XX”, corresponden a piezómetros someros, denominados “Barrenos”, origen de su tipo de codificación. No son altura limnimétrica de aguas, sino que nivel freático de las aguas subterráneas en donde se ubican las lagunas.

En la **Figura N° 11-2**, se presenta la ubicación de los puntos antes mencionados en los Sistemas Lagunares.

Figura N° 11-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

11.1.3 Metodología de Muestreo, Medición y Análisis

De acuerdo a las variables que deben ser medidas y que han sido identificadas en este informe, para el caso de poder registrar los “niveles” freáticos, se mide la variable “profundidad” del agua subterránea, en la zona de las lagunas.

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 restándole la profundidad medida a la cota de referencia del punto.

$$\text{Cota Nivel de agua (m.s.n.m.)} = \text{Cota Collar (m.s.n.m.)} - \text{profundidad (m)}$$

11.1.4 Materiales y Equipos utilizados

Para llevar a cabo las mediciones se utilizan los materiales y/o equipos indicados en la **Tabla N° 11-5**.

Tabla N° 11-5. Materiales y Equipos

Variable	Etapa		
	Medición	Muestreo	Análisis
Nivel Lagunas	Pozómetro marca Solinst y/o Geotech; Hoja de Campo	No aplica	No aplica

11.1.5 Fechas de medición, muestro y/o análisis.

El período informado en este informe se indica en la **Tabla N° 11-6.**

Tabla N° 11-6. Fechas de Medición

Variable/parámetro	Frecuencia	Fechas		
		Medición	Muestreo	Análisis
Nivel de Agua/Profundidad	Mensual	Abril 2016 Mayo 2016, Junio 2016, Julio 2016 Agosto 2016 Septiembre 2016 Octubre 2016 Noviembre 2016 Diciembre 2016 Enero 2017 Febrero 2017 Marzo 2017	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración Propia

11.2 RESULTADOS

11.2.1 Resultados de los registros Abril 2016 a Marzo 2017.

A continuación se presentan los resultados de medición de los niveles en los puntos señalados, para el período informado Abril 2016 – Marzo 2017. En el **Anexo Niveles Freáticos**, se entregan las series históricas y actuales, de los niveles y de las profundidades medidas para estos piezómetros.

Tabla N° 11-7. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava

Nombre	Fecha	Profundidad del agua (m)	Cota Nivel (msnm)
BA-05	13-04-16	0,922	2300,168
	19-05-16	0,904	2300,186
	05-06-16	0,893	2300,197
	28-07-16	0,868	2300,222
	11-08-16	0,875	2300,215
	26-09-16	0,903	2300,187
	10-10-16	0,909	2300,181
	08-11-16	0,923	2300,167
	07-12-16	0,923	2300,167
	17-01-17	0,934	2300,151
	08-02-17	0,926	2300,159
12-03-17	0,899	2300,186	
BA-07	13-04-16	0,861	2300,019
	18-05-16	0,827	2300,053
	05-06-16	0,815	2300,065
	28-07-16	0,799	2300,081
	11-08-16	0,800	2300,080
	27-09-16	0,834	2300,046
	10-10-16	0,839	2300,041
	08-11-16	0,868	2300,012
	07-12-16	0,879	2300,001
	31-01-17	0,886	2299,995
	08-02-17	0,894	2299,987
11-03-17	0,835	2300,046	
BA-16	13-04-16	0,922	2300,858
	18-05-16	0,899	2300,881
	05-06-16	0,885	2300,895
	29-07-16	0,872	2300,908
	11-08-16	0,874	2300,906
	27-09-16	0,898	2300,882
	11-10-16	0,906	2300,874
	08-11-16	0,914	2300,866
	07-12-16	0,915	2300,865
	17-01-17	0,922	2300,855
	10-02-17	0,917	2300,860
11-03-17	0,883	2300,894	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11-8. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine

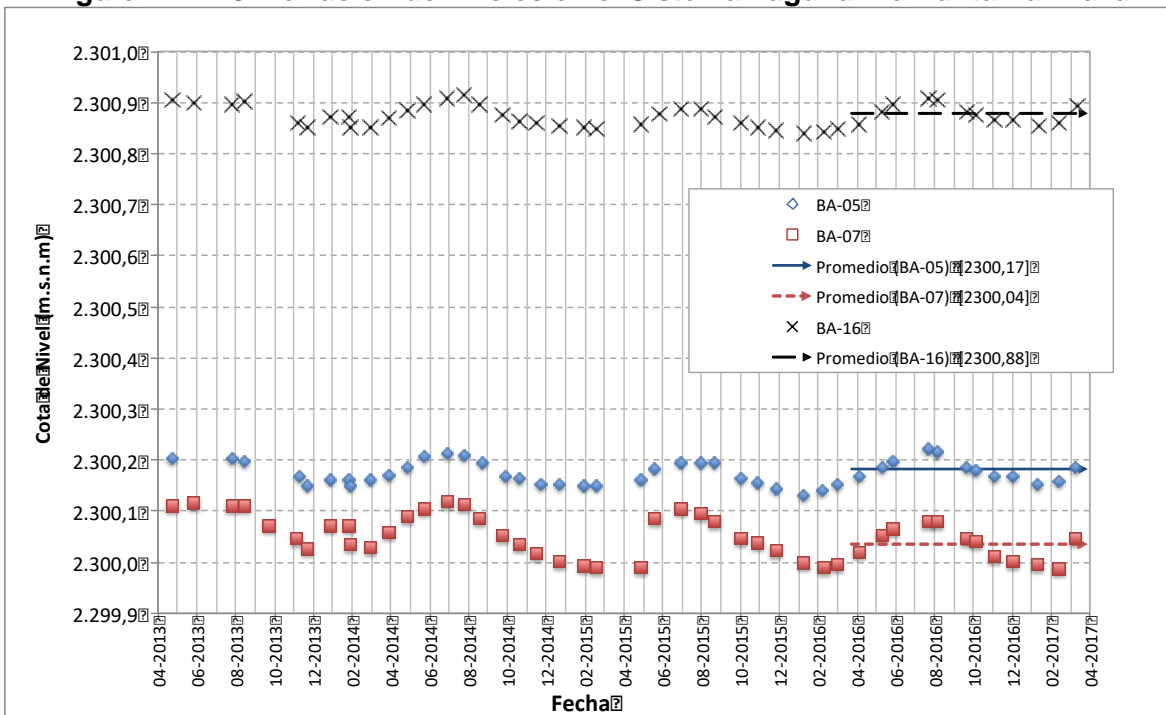
Nombre	Fecha	Profundidad del agua (m)	Cota Nivel (msnm)
BA-21	20-04-16	1,302	2300,088
	07-05-16	1,301	2300,089
	05-06-16	1,303	2300,087
	09-07-16	1,298	2300,092
	12-08-16	1,304	2300,086
	13-09-16	1,305	2300,085
	08-10-16	1,307	2300,083
	19-11-16	1,312	2300,078
	19-12-16	1,317	2300,073
	15-01-17	1,323	2300,070
	09-02-17	1,313	2300,080
16-03-17	1,174	2300,219	
BA-22	20-04-16	0,827	2300,293
	08-05-16	0,839	2300,281
	04-06-16	0,830	2300,290
	09-07-16	0,812	2300,308
	13-08-16	0,823	2300,297
	13-09-16	0,827	2300,293
	08-10-16	0,831	2300,289
	05-11-16	0,836	2300,284
	19-12-16	0,840	2300,280
	16-01-17	0,853	2300,271
	09-02-17	0,838	2300,286
16-03-17	0,798	2300,326	

11.2.2 Criterios considerados en la evaluación.

Como ya se ha dicho, el compromiso de medir los niveles freáticos en puntos asociados en las Lagunas, quedó comprometido en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico”, en el Capítulo 4.2.7 “Criterios para detección de cambio de estado ecológico”, en donde se establece necesario que: *“que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan en el rango de los valores registrados históricamente por sector.”*

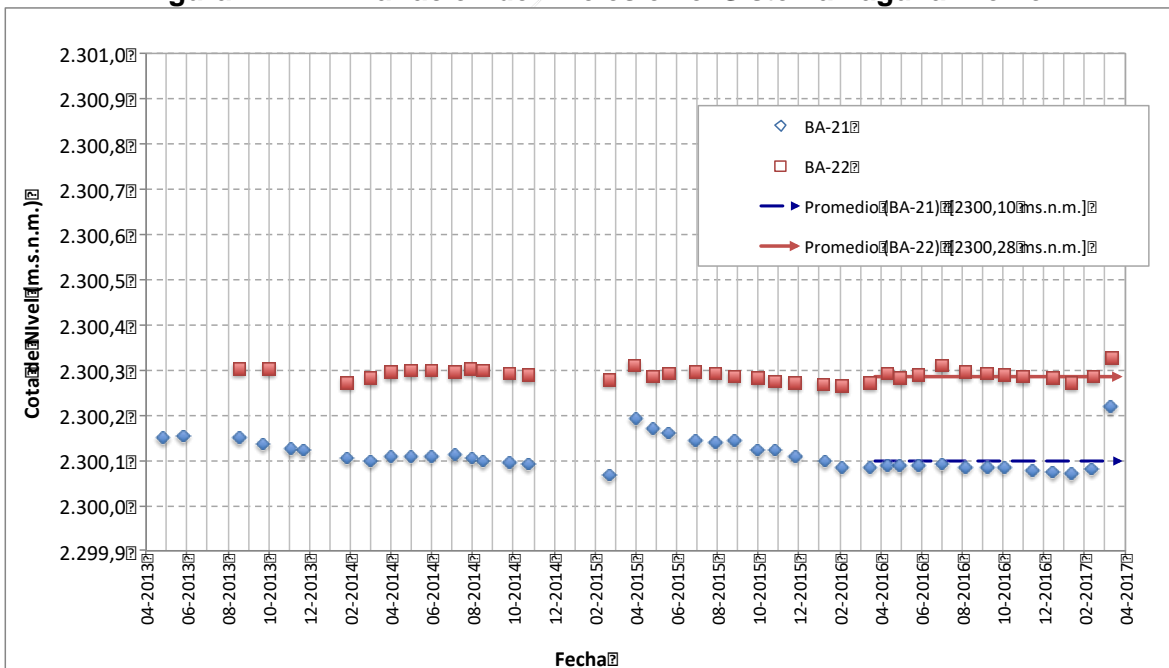
En las Figuras mostradas a continuación, se observa gráficamente la variación temporal de niveles desde el año 2013 a la fecha, incluyendo las reportadas en este informe, de abril 2016 a marzo 2017. Los valores de línea base corresponden hasta Octubre de 2015, sin embargo, el titular siguió midiendo mensualmente en los puntos de manera de robustecer la serie histórica y no perder la continuidad.

Figura N° 11-3. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 11-4. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine



Fuente: Elaboración propia

De la variación temporal del **Sistema La Punta-La Brava**, los niveles registrados reflejan la variación estacional de sus niveles, los cuales aumentan entre mayo a septiembre y disminuyen en la época de verano, siendo las mínimas entre enero y marzo, en los distintos años.

Para el período de análisis (Abril 2016 a Marzo 2017), los niveles promedios para los puntos BA-05, BA-07 y BA-16 se presentan por sobre los niveles mínimos y bajo los máximos de línea base, y con tendencias estables. Ver valores en **Tabla N° 11-9**.

En el caso del **Sistema Lagunar Peine**, la variación estacional es menos marcada, sin embargo siguen registrándose los valores menores en verano y los mayores en invierno. Se puede observar, el alza de nivel puntual en Marzo de 2017, producto de las abundantes lluvias ocurridas en la época, marcadas por el invierno altiplánico.

De la misma manera que para los puntos de La Punta –La Brava, los puntos BA-21 y BA-22 presentan valores de niveles promedios que se encuentran entre los valores registrados de línea base.

La siguiente tabla presenta los valores mínimos y máximos de Línea Base para ambos sistemas, y el promedio anual del último año.

Tabla N° 11-9. Valores Mínimos, Máximos y Promedio de la Serie

Punto	Sector Sistema Lagunar	Período LB (Abr 2013 - Oct 2015)		Abril2016-Mar 2017
		Mínimo LB	Máximo LB	Promedio
BA-05	LP-LB	2.300,15	2.300,21	2.300,17
BA-07	LP-LB	2.299,99	2.300,12	2.300,04
BA-16	LP-LB	2.300,85	2.300,91	2.300,88
BA-21	Peine	2.300,07	2.300,19	2.300,09
BA-22	Peine	2.300,27	2.300,31	2.300,29

Fuente: Elaboración propia

12 DISCUSIÓN

12.1 En relación con Flora y Vegetación

12.1.1 Análisis Vegetación (COT)

12.1.1.1 Comparación monitoreo invierno 2016 y verano 2017

La validación en terreno de las unidades cartográficas de vegetación, durante la campaña de verano de 2017, permitió identificar nuevas formaciones vegetales con base en las descritas por la línea de base, pero que difieren en la composición de sus especies, lo que determina la redistribución de áreas.

Los resultados por recubrimiento del suelo, según sectores, se presentan en la **Tabla N° 12-1**. y de ellos se tiene que el área total cubierta en ambas campañas es de 33.070,1 ha.

Las principales diferencias entre monitoreo de invierno 2016 y los resultados del monitoreo de verano 2017 según recubrimientos, son (**Tabla N° 12-1 y Anexo Vegetación y Flora**):

- El recubrimiento áreas desprovistas de vegetación presenta variaciones al incorporar pequeñas áreas como resultado de los puntos de muestreo, adicionarlas a otros tipos de recubrimientos, o redefinición de límites.
- El recubrimiento áreas industriales sufre un aumento en su superficie, producto la incorporación de áreas según la escala de trabajo propuesta (1:2.000).
- Se incorporan los cuerpos de agua, que incluyen las principales lagunas de los sectores, y que surgen como resultado del trabajo en terreno y la incorporación de resultado del monitoreo de sistemas lagunares (Adenda 5 RWL, 2015).
- En el caso de los matorrales – humedales y matorrales, se incorporan y ajustan unidades vegetales pertenecientes a este recubrimiento, aumentan las formaciones vegetales descritas y se ajustan sus límites naturales.

Tabla N° 12-1. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano 2017 respecto al monitoreo de invierno 2016

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		VERANO 2016	SUPERFICIE (ha)		
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	VERANO 2017	
Tilopozo	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Desprovista de Vegetación	13.235,7	13.132,70	
	Áreas industriales	-	Áreas industriales	1.245,2	1.245,20	
	Cuerpos de agua	-	Cuerpos de agua	9,6	8,6	
	Humedales	Vega de <i>Baccharis juncea</i>	Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i>	-	30,0	11,1
			Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Juncus balticus</i> , <i>Distichlis spicata</i>			7,5
			Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Distichlis spicata</i>			1,1
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	-	674,1	661,8
		Vega de <i>Juncus balticus</i>	Vega de <i>Juncus balticus</i>	-	335,3	247,6
			Vega de <i>Juncus balticus</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	-	58,6
		Vega de <i>Nitrophila atacamensis</i>	-	-	19,3	-
		Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	-	72,7	55,7
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i>	-	-	10,3
		Vega de <i>Triglochin concinna</i>	Vega de <i>Triglochin concinna</i>	-	24,4	24,5
		-	Vega de ph <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	-	42,5
		Matorral - Humedal	-	Matorral - Vega de <i>Ephedra breana</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	-
	Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>		Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	-	35,6	319,4
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-		8,6
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i>	-		16,5
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i>	-		31,3

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		VERANO 2016	SUPERFICIE (ha)		
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	VERANO 2017	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> , <i>Distichlis spicata</i>	13,8	10,1	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Juncus balticus</i>		14,3	
		Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i>		4,4	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Nitrophila atacamensis</i> , <i>Triglochin concinna</i>		13,8	
		-	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>		-	49,6
	Matorrales	-	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i>	-	8,5	
		Matorral de <i>Ephedra breana</i>	Matorral de <i>Ephedra breana</i>	548,6	416,5	
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	816,7	579,2	
	Total Tilopozo				17.061,0	17.054,1
	La Punta y La Brava ^s	Áreas desprovistas de vegetación	-	Áreas desprovistas de vegetación	8,4	18,4
Cuerpos de agua		-	Cuerpos de agua	39,8	39,8	
Humedales		Vega de <i>Triglochin concinna</i>	Vega de <i>Triglochin concinna</i>	19,2	16,9	
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	7,3	2,3	
Matorral - Humedal		Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	43,8	41,1	
Total La Punta y La Brava				118,5	118,5	
Peine	Áreas desprovistas de vegetación	-	Áreas desprovistas de vegetación	2.863,3	2.862,36	
	Cuerpos de agua	-	Cuerpos de agua	62,5	71,8	
	Humedales	-	Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	1,5	
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	87,0	81,6	
		Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	33,6	21,2	

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		VERANO 2016	SUPERFICIE (ha)		
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	VERANO 2017	
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	36,9	11,0	
		-	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	687,4	
		-	Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i>	-	5,3	
	Matorrales	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	846,4	12,0
			Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Cistanthe salsoloides</i> , <i>Cistanthe densiflora</i> , <i>Tiquilia atacamensis</i>	-	530,8	
		-	Matorral de <i>Atriplex imbricata</i> , <i>Cistanthe salsoloides</i> , <i>Cistanthe densiflora</i>	-	148,5	
		-	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> , <i>Atriplex atacamensis</i>	-	60,1	
		-	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> , <i>Atriplex imbricata</i> , <i>Cistanthe salsoloides</i> , <i>Cistanthe densiflora</i>	-	9,3	
	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	1.988,4	1.422,2		
	Total Peine				5.918,1	5.924,9
Quelana	Áreas desprovistas de vegetación	-	Áreas desprovistas de vegetación	3.315,6	3.410,1	
	Cuerpos de agua	-	Cuerpos de agua	8,6	25,4	
	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	235,9	213,7	
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Triglochin concinna</i> , <i>Puccinellia frigida</i>	-	313,6	
			Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	675,9	230,7	
	Matorrales	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	718,2	104,9	
			Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	655,9	
Total Quelana				4.954,2	4.954,2	
Soncor	Áreas desprovistas de vegetación	-	Áreas desprovistas de vegetación	4.749,3	4.749,3	
	Cuerpos de agua	-	Cuerpos de agua	244,2	244,2	
	Vega	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	16,9	16,9	
	Matorral - Humedal	Matorral - vega de <i>Tessaria</i>	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>	7,8	7,8	

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		VERANO 2016	SUPERFICIE (ha)	
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	VERANO 2017
		<i>absinthioides Distichlis spicata</i>			
Total Soncor				5.018,2	5.018,2
TOTAL ÁREA DE ESTUDIO				33.070,0	33.070,0

Fuente: Elaboración propia

12.1.1.2 Comparación con valores históricos

El análisis y las principales diferencias entre los valores históricos y los resultados de ambos monitoreos, según recubrimientos, son:

- El recubrimiento de áreas desprovistas de vegetación presenta un aumento en su superficie, al incorporar áreas identificadas con coberturas menores al 5% (señaladas como “LB1” en **Tabla N° 12-2**) y que de acuerdo a la metodología COT no corresponden a formaciones vegetales; además, se adicionan pequeñas áreas como resultado de los puntos de muestreo. En este caso, la variación no tiene significado biológico.
Por otro lado, en el sector de Quelana, el aumento de este recubrimiento se debe sólo a la mayor superficie estudiada.
- El recubrimiento áreas industriales presenta un aumento en su superficie, producto la incorporación de unidades debido al detalle de la escala de trabajo propuesta (1:2.000).
- Se incorporan los cuerpos de agua, que incluyen las principales lagunas de los sectores, y que surgen como resultado del trabajo en terreno durante la campaña de verano 2017 y la incorporación de los resultados del monitoreo de sistemas lagunares (Adenda 5 RWL, 2015).
- En el caso de los matorrales – humedales, las principales incorporaciones se realizan en el sector Quelana, con el aumento de los matorrales de *Sarcocornia fruticosa*, debido a la mayor superficie estudiada. Además, posterior al trabajo en terreno de verano 2017, se incorporan y ajustan unidades vegetales las que son definidas según sus límites naturales.
- Los recubrimientos de matorrales presentan la mayor variación en el sector de Quelana, con la incorporación del matorral de *Tessaria absinthioides* no delimitado anteriormente.

Los valores históricos de la COT de la línea de base, reconocen 14 formaciones vegetales, las cuales fueron nuevamente fotointerpretadas, verificadas en terreno, y descritas según lo indica la metodología COT. Tras este proceso, en el monitoreo de invierno se describen 12 formaciones vegetales, según se muestra en **Tabla N° 12-2**.

La validación en terreno de las unidades cartográficas de vegetación, durante la campaña de verano de 2017, permitió identificar asociaciones vegetales que se encontraban insertas en polígonos descritos a nivel de una especie dominante a una escala fotointerpretativa mayor que la propuesta. Este enriquecimiento se tradujo finalmente en 31 formaciones vegetales según se muestra en la **Tabla N° 12-3**.

Tabla N° 12-2. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de invierno respecto a la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)	
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	LÍNEA BASE
Tilopozo	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Desprovista de Vegetación	13.235,7	12.958,8
		-	Matorral de <i>Huidobria</i> (LB1)	-	371,6
		-	Matorral de <i>Ephedra</i> (LB1)	-	65,2
		-	Matorral de <i>Atriplex</i> (LB1)	-	35,7
	Áreas industriales	-	Misceláneos	1.245,2	1.194,3
	Cuerpos de agua	-	-	9,6	-
	Humedales	Vega de <i>Baccharis juncea</i>	Herbazal de <i>Baccharis</i>	30,0	28,2
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Herbazal de <i>Distichlis</i>	674,1	542,0
		Vega de <i>Juncus balticus</i>	Herbazal de <i>Juncus</i>	335,3	241,0
		Vega de <i>Nitrophila atacamensis</i>	Herbazal de <i>Nitrophila</i>	19,3	19,3
		Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbazal de <i>Schoenoplectus</i>	72,7	95,5
		Vega de <i>Triglochin concinna</i>	-	24,4	-
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	Matorral de <i>Lycium</i>	35,6	76,5
		Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral de <i>Sarcocornia</i>	13,8	27,3
	Matorrales	Matorral de <i>Ephedra breana</i>	Matorral de <i>Ephedra</i>	548,6	462,6
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Matorral de <i>Tessaria</i>	816,7	883,0
Total Tilopozo				17.061,0	17.001,0
La Punta y La Brava ^{us}	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Desprovista de Vegetación	8,4	4,7
	Cuerpos de agua	-	Humedal	39,8	47,4
	Humedales	Vega de <i>Triglochin concinna</i>	Herbazal de <i>Puccinellia</i>	13,6	7,3
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Herbazal de <i>Triglochin</i>	5,6	1,4
		Herbazal de <i>Distichlis</i>	7,3	7,2	

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)		
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	LÍNEA BASE	
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral de <i>Sarcocornia</i>	43,8	29,9	
Total La Punta y La Brava				118,5	97,9	
Peine	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Desprovista de Vegetación	2.863,3	2.899,1	
			Matorral de <i>Acantholippia</i> (LB1)	-	9,8	
			Matorral de <i>Atriplex</i> (LB1)	-	13,5	
	Cuerpos de agua	-	Humedal	62,5	39,4	
	Humedales	-	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Herbazal de <i>Distichlis</i>	87,0	33,2
			<i>californicus</i>	Herbazal de <i>Schoenoplectus</i>	33,6	36,0
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	-	36,9	-	
	Matorrales	-	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	Matorral de <i>Atriplex</i>	846,4	794,0
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>			Matorral de <i>Tessaria</i>	1.988,4	2.012,9	
Total Peine				5.918,1	5.837,9	
Quelana	Áreas desprovistas de vegetación	-	-	3.315,6	-	
	Cuerpos de agua	-	-	8,6	-	
	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	-	235,9	-	
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral de <i>Sarcocornia</i>	675,9	251,8	
	Matorrales	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	-	718,2	-	
Total Quelana				4.954,2	251,8	
Soncor	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Soncor	4.749,3	5.018,2	
	Cuerpos de agua	-		244,2	-	
	Vega	Vega de <i>Distichlis spicata</i>		16,9	-	
	Matorral - Humedal	Matorral - vega de <i>Tessaria</i>		7,8	-	

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)	
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	INVIERNO 2016	LÍNEA BASE
		<i>absinthioides y Distichlis spicata</i>			
Total Soncor				5.018,2	5.018,2
TOTAL ÁREA DE ESTUDIO				33.070,1	28.206,9

§ El sector La Punta y La Brava en la línea de base pertenecía al sector Tilopozo. En el estudio actual, se subdividió para hacerlo homólogo al PMB.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12-3. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano respecto a la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).

SECTOR	MONITOREO VERANO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)		
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	Verano 2017	LÍNEA BASE	
Tilopozo	Áreas desprovistas de vegetación		Área Desprovista de Vegetación	13.132,70	12.958,80	
			Matorral de <i>Huidobria</i> (LB1)	-	371,6	
			Matorral de <i>Ephedra</i> (LB1)	-	65,2	
			Matorral de <i>Atriplex</i> (LB1)	-	35,7	
	Áreas industriales		Misceláneos	1.245,20	1.194,30	
	Cuerpos de agua		-	8,6	-	
	Humedales	Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbazal de <i>Baccharis</i>		11,1	28,2
		Vega de <i>Baccharis juncea</i> <i>Juncus balticus</i> , <i>Distichlis spicata</i>		7,5		
		Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Distichlis spicata</i>		1,1		
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Herbazal de <i>Distichlis</i>	661,8	542	
		Vega de <i>Juncus balticus</i>	Herbazal de <i>Juncus</i>	247,6	241	
		Vega de <i>Juncus balticus</i> , <i>Distichlis spicata</i>		58,6		
		Vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	42,5	-	
		Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbazal de <i>Schoenoplectus</i>	55,7	95,5	
		Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i>		10,3		
Vega de <i>Triglochin concinna</i>		-	24,5	-		
-	Herbazal de <i>Nitrophila</i>	-	19,3			
Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Ephedra breana</i> , <i>Distichlis spicata</i>		74,6	-		

SECTOR	MONITOREO VERANO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)		
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	Verano 2017	LÍNEA BASE	
		Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>		319,4	-	
		Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i>	Matorral de <i>Lycium</i>	8,6	76,5	
		Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i>		16,5		
		Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> <i>Juncus balticus</i>		31,3		
		Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> , <i>Distichlis spicata</i>		10,1		
		Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Juncus balticus</i>		14,3		
		Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i>		Matorral de <i>Sarcocornia</i>		4,4
		Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Nitrophila atacamensis</i> , <i>Triglochin concinna</i>	13,8			
		Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	49,6		-	
	Matorrales		Matorral de <i>Aloysia deserticola</i>		8,5	-
			Matorral de <i>Ephedra breana</i>	Matorral de <i>Ephedra</i>	416,5	462,6
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Matorral de <i>Tessaria</i>	579,2	883
	Total Tilopozo				17.054,1	17.001,0
La Punta y La Brava ^s	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Desprovista de Vegetación	18,4	4,7	
	Cuerpos de agua	-	Humedal	39,8	47,4	
	Humedales	-	Herbazal de <i>Puccinellia</i>	-	7,3	
		Vega de <i>Distichlis spicata</i>	Herbazal de <i>Triglochin</i>	2,3	1,4	
		Vega de <i>Triglochin concinna</i>	Herbazal de <i>Distichlis</i>	16,9	7,2	

SECTOR	MONITOREO VERANO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)	
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	Verano 2017	LÍNEA BASE
	Matorral - Humedal	Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral de <i>Sarcocornia</i>	41,1	29,9
Total La Punta y La Brava				118,5	97,9
Peine	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Desprovista de Vegetación	2.862,36	2.899,1
			Matorral de <i>Acantholippia</i> (LB1)		9,8
			Matorral de <i>Atriplex</i> (LB1)		13,5
	Cuerpos de agua	-	Humedal	71,8	39,4
	Humedales	Vega de <i>Baccharis juncea</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	1,5	-
			Vega de <i>Distichlis spicata</i>	81,6	33,2
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	21,2	36
	Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	687,4	-
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i>	5,3	-
			Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	11,0	-
	Matorrales	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	12,0	794,0
			Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Cistanthe densiflora</i> , <i>Tiquilia atacamensis</i>	530,8	
			Matorral de <i>Atriplex imbricata</i> , <i>Cistanthe densiflora</i>	148,5	
			Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> , <i>Atriplex atacamensis</i>	60,1	-
			Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> , <i>Atriplex imbricata</i> , <i>Cistanthe densiflora</i> , <i>Cistanthe densiflora</i>	9,3	-
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Matorral de <i>Tessaria</i>	1.422,2	2.012,9		
Total Peine				5.924,9	5.837,9
Quelana	Áreas desprovistas de	-	-	3.410,1	-

SECTOR	MONITOREO VERANO 2016		LÍNEA DE BASE	SUPERFICIE (ha)	
	Recubrimiento de Suelo	Formación vegetal	Formación vegetal o recubrimiento	Verano 2017	LÍNEA BASE
	vegetación				
	Cuerpos de agua	-	-	25,4	-
	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	-	213,7	-
Matorral - Humedal		Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>	-	655,9	-
		Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Triglochin concinna</i> , <i>Puccinellia frigida</i>	-	313,6	-
		Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	Matorral de <i>Sarcocornia</i>	230,7	251,8
Matorrales	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	-	104,9	-	
Total Quelana				4.954,2	251,8
Soncor	Áreas desprovistas de vegetación	-	Área Soncor	4.749,3	5.018,20
	Cuerpos de agua	-		244,2	-
	Vega	Vega de <i>Distichlis spicata</i>		16,9	-
	Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Distichlis spicata</i>		7,8	-
Total Soncor				5.018,2	5.018,20
TOTAL ÁREA DE ESTUDIO				33.070,1	28.206,9

Fuente: Elaboración propia

12.1.2 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 altioplánicos y/o formaciones vegetales resistentes a una alta salinidad con especies de carácter halófito.

En el presente acápite se realiza el análisis del monitoreo Anual, esto es monitoreo de invierno (M1) realizado en agosto 2016 y monitoreo de verano (M2) realizado en marzo 2017, después de las lluvias estivales, para analizar la condición actual de la vegetación presente en el área del Salar de Atacama. Adicionalmente, se analiza el escenario actual de la vegetación (monitoreos semestrales) con información previa entregada en la línea base del proyecto La definición de puntos de transectas se realiza en levantamiento previo, 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 a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL (registros históricos de abril y julio 2014), a través de análisis de coberturas en algunas de las formaciones en seguimiento (Ref: Anexo 2 Plan de Manejo Biótico 2015).

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*.

12.1.2.1 Comparación entre invierno 2016 y verano 2017

En ambos monitoreos, el muestreo realizado en las transectas fijas localizadas en seis subsectores del área de estudio del proyecto, correspondientes a los subsectores de: La Punta, La Brava, Peine, Tilopozo, Soncor y Aguas de Quelana. Como se ha señalado anteriormente en este documento, por problemas de accesibilidad en ambas campañas de monitoreo, no fue posible registrar una de las transectas (T14), que se localiza en un área desprovista de vegetación (costra salina) en el sector de Soncor (Laguna Barros Negros). No obstante, se incluyó dentro de la caracterización, ya que se reconoció el ambiente como tal, y solo no se logró llegar directamente a los puntos de origen de la transecta.

En cuanto a las formaciones vegetales, en ambos monitoreos se observan, en general, las mismas características de estructura de la formación, composición de especies dominantes y fisonomía de las formaciones. No obstante, se observaron algunas diferencias entre monitoreos en la mayoría de las transectas, las cuales son;

- (1) aumento de la cobertura de la formación en tres transectas de acuerdo a los rangos de cobertura COT, donde T28 y T31 en invierno se registraron con cobertura muy clara (H3; 10-25%) y en verano se registraron con una cobertura clara (H4; 25-50%), y en la transecta T17, la cual registraba una cobertura muy clara en invierno (LB3) y en verano se observó un estrato herbáceo dominante adicional al arbustivo, ambos de cobertura muy clara (LB3H3; 10-25%),
- (2) algunas diferencias con respecto a las características físicas del suelo en donde se desarrollan estas formaciones vegetales, indicando mayor humedad del suelo en el monitoreo de verano, con condiciones de suelos no saturados observados en monitoreo de invierno, a una condición de saturados o sobresaturados en la época del monitoreo de verano, y
- (3) algunas diferencias en la riqueza registrada entre monitoreos, donde en verano se registra una especie adicional en tres transectas (T03, T20 y T30) y en el caso de la transecta T18 en invierno se registra una especie adicional con respecto al monitoreo de verano. Estas diferencias en la riqueza por transecta generan un cambio en la riqueza de la formación vegetal de *Distichlis spicata*, con cuatro especies en invierno a cinco especies en verano.

Referente a la composición y coberturas registradas en las campañas de invierno (M1) y verano (M2), se observa lo siguiente:

En el **herbazal de *Schoenoplectus californicus*** localizado en el sector de Tilopozo y Peine, presenta en los monitoreos la mayor cobertura absoluta de toda el área de estudio, tanto en su especie dominante como en las transectas (seis) definidas en esta formación. La especie *S. californicus*, obtuvo valores altos de cobertura absoluta en sus transectas de muestreo, donde en M1 presentó en dos transectas una cobertura del 100% y una media en la formación de 85,0%, mientras que en M2 aumenta a tres transectas con una cobertura absoluta de 100% y obtiene una media de 93,1% de cobertura.

La especie ***Distichlis spicata*** presenta variabilidad en sus coberturas, con un rango de 1,2% a 42,6% de cobertura absoluta en las transectas del herbazal de *D. spicata*, con una media de 18,7% en M1 y una media de 14,5% en M2. No obstante, esta especie aumentó su cobertura en las transectas del herbazal de *Schoenoplectus californicus*, donde registraba una media de 18,1% de cobertura en M1, alcanzando una media de 25,0% en M2.

La especie ***Sarcocornia fruticosa***, se observa como especie dominante en cuatro transectas y como especie acompañante en otras dos formaciones vegetales. En M1

destaca un máximo de 52,2% en la transecta T17 correspondiente al matorral dominada por esta especie, y donde alcanza una media de 33,4% en su formación; en M2 la media es de 28,1% alcanzando un máximo de 45,8% en la misma transecta del M1. Con respecto a las coberturas de esta especie como acompañante, en el herbazal de *Triglochin concinna* disminuyó su cobertura media de 9,2% (M1) a 6,4% (M2). No obstante, en el herbazal de *S. californicus*, esta especie aumentó su cobertura media de 0,9% (M1) a 1,4% (M2).

La especie ***Triglochin concinna*** se observa en dos transectas en un herbazal dominado por esta especie y en otras dos transectas en un matorral de *S. fruticosa*. En general, disminuye su cobertura media en ambas formaciones, con un 26,0% (M1) a 24,1% (M2) en el herbazal de *T. concinna*., No obstante, en una de sus transectas (T11) aumentó su cobertura absoluta de 41,8% (M1) a 44,2% (M2), así mismo ocurre en las dos transectas del matorral, donde disminuye la media de 0,5% (M1) a 0,3% (M2), pero también aumenta su cobertura absoluta en una de sus transectas (T15).

En cuanto a la especie ***Tessaria absinthioides***, ésta se registra solo en el matorral dominado por esta especie. En M1, se observaba un rango entre 8,0 y 42,0% de cobertura absoluta entre transectas, con una media de 18,9%, y en M2 el rango se observa entre 7,6 y 16,4%, alcanzando una media de 11,2% de cobertura en la formación.

Algo similar ocurre con la especie ***Juncus balticus***, ésta se registra en cuatro transectas donde domina esta especie y como especie acompañante en una transecta del herbazal de *D. spicata*. En el herbazal de *J. balticus*, se observa con coberturas absolutas entre 8,0 y 30,0% entre transectas y una cobertura media de 18,8% en M1, y en M2, el rango se observa entre 0,2 y 16,2% con una media de 9,4% de cobertura, además, cabe señalar, que en la transecta del herbazal de *Distichlis spicata* (T22), donde registraba una cobertura absoluta de 3,2% en M1, desaparece en los registros de M2.

Por otra parte, las especies acompañantes ***Baccharis juncea*, *Lycium humile*, *Nitrophila atacamensis* y *Puccinellia frigida*** mantienen similares sus coberturas en M2, con respecto a M1. Principalmente, se observa un aumento en la cobertura de *B. juncea* en el herbazal de *S. californicus* con respecto a M1 y destaca también la especie *N. atacamensis* que aparece en una transecta (T20) en M2 en un herbazal de *D. spicata*, aunque con una baja cobertura absoluta (0,2%).

Al analizar la cobertura absoluta por transecta, en M1 y M2 los mayores valores se observan en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*. De las seis transectas en esta formación, en M2 todas presentan una cobertura absoluta superior al 100% y con coberturas mayores que en M1, alcanzando un máximo de 182,0% en la transecta T04. En M1, una sola transecta registra menos de un 100% de cobertura absoluta (78,6% en T02). Con respecto a la cobertura muerta en esta formación, en M1 se registra en cuatro transectas (T01, T02, T03 y T04 del subsector Peine), aunque solo en T02 se observa una cobertura mayor (30,4%) ya

que el resto representan menos del 3% de cobertura muerta. En M2, esta cobertura de rastrojos es similar para T02, registrándose únicamente para esta transecta un 30,2%.

En cuanto a los valores de menor cobertura absoluta por transecta (menor al 10%), en M1 destacan tres transectas en herbazales de *Distichlis spicata* y una transecta en un matorral de *Tessaria absinthioides*. En M2, se mantienen estas cuatro transectas entre los valores más bajos y se agregan otras tres transectas. Las transectas son T31 en un herbazal de *Juncus balticus*, T21, T26 y T27 en herbazales de *D. spicata*, T10 en un herbazal de *Triglochin concinna*, y T05 y T23 en matorral de *T. absinthioides*. Los valores que destacan entre éstos, son las coberturas absolutas de 1,2% y 1,8% en T26 y T27, respectivamente, ambas registradas en M2.

En general, cobertura muerta (absoluta) se registra para todas las formaciones estudiadas, presentando algunas diferencias entre monitoreos y entre transectas. El herbazal de *Triglochin concinna* es la única formación donde no se observó cobertura muerta en M1 y, además, en dos de las seis transectas del herbazal de *S. californicus* tampoco se registraron rastrojos. El rango de cobertura muerta en M1 es variable, entre 1,2% y un máximo de 30,4%, aunque principalmente las coberturas se encuentran bajo un 15%, a diferencia del M2, donde el rango se amplía en ambos extremos, con un mínimo de 0,4% y un máximo de 35,6%. Por otra parte, en M2 sí se registra cobertura muerta en el herbazal de *T. concinna* (0,4% en T10 y 3,4% en T11) y en el herbazal de *S. californicus* son cinco las transectas sin cobertura muerta.

Con respecto a la riqueza de especies, en general se mantienen los registros desde M1 a M2, presentando algunas diferencias en pocas transectas. En M2 se registra una especie más en tres transectas (T03, T20 y T30) con respecto a M1, y, al contrario, en M1 se registra una especie adicional en T18 con respecto a M2. Para el resto de las transectas se mantiene constante la riqueza y varía de unas a cuatro especies vasculares registradas por transecta, y a nivel de formación vegetal se observa un aumento de cuatro especies registradas en el herbazal de *Distichlis spicata* en M1 a una riqueza de cinco especies en esta formación en M2, el resto de las formaciones vegetales se mantienen entre monitoreos con dos a cuatro especies.

Con respecto a la cobertura absoluta de otros recubrimientos, en general no se observan mayores diferencias de coberturas al comparar los resultados entre M1 y M2. Cuando se describieron las formaciones vegetales, se observó a nivel general, una mayor humedad del suelo, no obstante, al comparar los resultados de coberturas en ciertas transectas, en las formaciones de herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, formaciones cercanas a sistemas lagunares, presentaron una disminución en la cobertura de agua superficial, así mismo, aumentaron su superficie de costra salina, la que en M1 se encontraba distribuida con mayor variación entre costra salina saturada o sobresaturada además de agua superficial. La otra formación donde se observaron diferencias, corresponde al matorral de *Tessaria absinthioides*, que en M1 esta superficie de otros

recubrimientos se distribuía principalmente entre sustrato terroso y costra salina terrosa, la cual en M2 se observó mayormente como costra salina.

El herbazal de *Schoenoplectus californicus* es el único que presenta muy baja o nula cobertura de otros recubrimientos, con menos de 1% en dos transectas en M1 y nula en M2. Distinto es para el resto de las formaciones, donde el herbazal de *Juncus balticus* presenta en todas sus transectas la mayor cobertura sin vegetación, toda correspondiente a costra salina con más de un 60% en M1 y de 56% en M2, alcanzando un máximo de 89,4% en la transecta T31 en M2. Las otras formaciones registran un rango de cobertura sin vegetación, principalmente entre 45 y 90% en ambos monitoreos, destacando un valor menor de 34% de costra salina en la transecta T24 en M2, la cual se registraba como costra salina terrosa en M1 y con un 44% de cobertura. Por otro lado, se registra en dos transectas valores mayores al 90% de cobertura absoluta con otros recubrimientos, la transecta T21 en un herbazal de *Distichlis spicata* con un 93,6% de costra salina en M1, la cual es similar en M2 con un 91,6%, además, en M2 la transecta T10 aumentó su cobertura de otros recubrimientos a un 92,2% (58,8% de costra salina y 33,4% de agua superficial), ya que en M1 registraba una cobertura absoluta de 85,4%, también dividida entre costra salina y agua superficial.

Como se mencionó anteriormente, el cambio en el tipo de sustrato registrado en otros recubrimientos se refleja en lo siguiente, donde en M1 había tres transectas en el matorral de *Tessaria absinthioides* con un sustrato terroso (T05, T06 y T07) y en M2 solo T07 se observa con ese tipo de sustrato, ya que T05 y T06 se observó un sustrato de costra salina, cambio probablemente provocado por las lluvias previas al M2. Por otra parte, la transecta T27 en M1 registraba su cobertura sin vegetación con un sustrato de costra salina terrosa (86,4%), la cual se observó en M2 con un 2,2% de costra salina y un 86,4% de sustrato terroso. También, varias formaciones que registraban cobertura de costra salina terrosa en M1, cambiaron en M2 a costra salina (T26, T23 y T24). Otras diferencias, se observan en la humedad de estos sustratos en el matorral de *Sarcocornia fruticosa*, donde en M1 la cobertura de otros recubrimientos se dividía entre costra salina saturada y sobresaturada, y agua superficial (T15, T16 y T17) y en M2 se observa solo como costra salina. En general, el agua superficial que se registraba para cinco transecta en M1, en M2 solo se registra en dos transectas (T10 y T08), de las cuales solo se mantiene en T10 ya que más bien corresponde a un pequeño cuerpo de agua que cruza en la transecta.

Seguidamente, al analizar los valores de cobertura promedio por subsector, se observa un aumento de 62,5% registrado en M1 a 77,9% en M2 en Peine, a diferencia de los otros subsectores que presentan una disminución en sus coberturas promedio de M1 a M2. El subsector La Brava destaca por esta disminución, ya que registra en general una baja cobertura vegetal y solo tiene una transecta de monitoreo, por lo tanto, es más notoria su disminución la cual registraba 14,6% de cobertura en M1 y en M2 registra una cobertura de 7,6%. Los otros subsectores registraban coberturas entre 36,6 y 47,3% en M1, la cual varió a un rango de 33,8 y 35,5% de cobertura en M2, para Tilopozo, Aguas de Quelana y La Punta. En referencia a la cobertura de vegetación muerta, la tendencia es inversa a la cobertura de

vegetación viva, en M2 se observan alzas en todos los subsectores, alcanzando un máximo de cobertura muerta en Tilopozo con 11,4%, cobertura que registraba un 6,1% en M1. Los otros subsectores, si bien aumentan su cobertura de rastrojos, se mantienen bajo el 10%. Por último, cabe destacar que el sector La Brava no registra cobertura muerta en M1 y M2.

A partir de estos resultados estacionales (M1 y M2), se observa que la vegetación de carácter más hidrófilo es la única que aumenta su cobertura vegetal, tal como se demuestra con los resultados obtenidos en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, tanto en las coberturas absolutas por transecta, como en las coberturas por especies, donde la especie *S. californicus* siempre alcanzan valores altos o cercanos al 100% y también las especies *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata* representan valores altos de cobertura en esta formación, como elementos importantes entre las especies acompañantes.

Es importante mencionar que en el herbazal de *Juncus balticus*, destaca una disminución de cobertura en todas sus transectas, así mismo, la especie *J. balticus* es la única especie que no se registró en una de las transectas con respecto a monitoreos anteriores, ya que todas las otras transectas registraron la misma o mayor riqueza en el monitoreo de verano. Además, cabe señalar que esta formación dominada por *J. balticus*, junto a los herbazales de *S. californicus*, representarían la vegetación más hidrófila del área de estudio, aunque desde un inicio de este estudio (MB0), el herbazal de *J. balticus* se observó con bajos valores de cobertura.

12.1.2.2 Comparación con valores históricos

12.1.2.2.1 Comparación con línea de base

De acuerdo a la línea de base levantada para el proyecto, se utiliza la información levantada en los meses de abril y julio del año 2014, en la cual se desarrollaron transectas de muestreo en distintas unidades en las formaciones azonales del área, con la misma metodología utilizada en los monitoreos M1 y M2, con el fin de comparar los resultados entre la línea de base y el monitoreo. Para mayor detalle, en el **Anexo Vegetación y Flora** se presentan tablas por formación, con la información comparativa de los resultados de abril y julio de 2014, junto a los monitoreos M1 y M2.

De acuerdo a este análisis, se obtuvo que para dos de las ocho transectas del herbazal de *Distichlis spicata* hay resultados comparables con abril y julio de 2014. En la transecta T08 de esta formación, en abril y julio de 2014 el resultado de la cobertura absoluta fue de 60%, donde la especie *D. spicata* y *Baccharis juncea* presenta un 30% de cobertura cada una. Es decir, en M1 y M2, esta cobertura absoluta de la transecta es menor, ya que registran un 46,8 y 21,6%, respectivamente, no obstante, es la especie *B. juncea* la que muestra una menor cobertura en M1 y M2, ya que la especie *D. spicata* que expresa un mayor valor,

correspondiente a un 42,6% en M1 y a un 35,6% en M2. En la transecta T26, en abril y julio 2014 se registró una cobertura de 10%, en tanto en M1 es de un 7,8% y en M2 de un 1,2%.

En el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, se obtuvo un punto con información de abril y julio 2014 que es comparable con las transectas T19 y T29 del M1 y M2. Ambas transectas se encuentran cercanas, por lo tanto, podrían ser comparables con cualquiera de las dos transectas. Los resultados de 2014 presentan una cobertura de 100% para ambos meses (abril y julio), donde la especie *S. californicus* y *B. juncea* registran un 50% cada una, lo cual es similar en el sentido que en M1 y M2 la cobertura vegetal de ambas transectas es de 100%, pero a nivel de especie se observa la diferencia, donde *S. californicus* registra un 100% de cobertura absoluta en M1 y M2, y *B. juncea* registra un 9,2% en M1 (T19 y T29) y un 38 y 44% en T19 y T29, respectivamente en M2.

En cuanto a los resultados, la transecta T12 se compara con unos resultados de abril y julio de 2014 donde *Sarcocornia* registra un 50% de cobertura en ambos meses, mientras que en M1 se registra un 37% y en M2 un 26,6% de cobertura, además registra un 20% de cobertura en la gramínea en ambos meses de 2014, la cual representaría una mayor cobertura con respecto a M1 y M2 que se observan con menos de un 10% de cobertura. Para relacionar las transectas T15 y T17 solo hay datos en julio de 2014, donde T15 se observa con un 72,5% en 2014 a diferencia de M1 y M2 con valores entre 26 y 27% de cobertura aproximada, y en T17 la cobertura se asemeja entre los resultados con un 42,5% en julio 2014, y un 52 y 45% en M1 y M2, respectivamente.

En el matorral de *Tessaria absinthioides*, podría relacionarse dos puntos con tres de las seis transectas en la formación, de acuerdo a la cercanía entre éstas. En los puntos de 2014, se registra para *T. absinthioides* una cobertura de 65% y 30% en abril y julio, los cuales contrastan con los valores de las transectas cercanas que registran una cobertura absoluta de 9,4% (T25), 17,2%(T23) y 40,2% (T24) en M1 y de 8,6% (T25), 9,8%(T23) y 16,4% (T24) en M2, y además registra una cobertura de 5% y 10% para la especie *Distichlis spicata* en abril y julio de 2014, donde en M1 la cobertura de esta especie es de 23,2% (T24) y de 8% (T25) y de 16,8% en a transecta T25 en M2.

12.1.2.2.2 Comparación con Monitoreo Base 0

De acuerdo al Monitoreo “0” (MB0), en términos generales, cinco de las seis formaciones vegetales incluidas en M1 presentan valores de cobertura constantes al comparar los resultados obtenidos por transecta. Exceptuando al herbazal de *Schoenoplectus californicus*, todas las formaciones presentaron escenarios de cobertura muy similares a la condición inicial determinada para la primera fase pre operacional de este estudio (**Anexo Vegetación y Flora**).

En el Monitoreo Base 0, entre las especies dominantes en sus formaciones vegetales, la especie con mayor cobertura absoluta fue *Schoenoplectus californicus*, alcanzando un 100%

en cuatro transectas, no obstante, para el M1 esta cobertura se alcanza en dos de estas transectas (T19 y T29). Aun así, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con un 85,0% observado en la formación dominada por esta especie (**Anexo Vegetación y Flora**).

La especie *Juncus balticus* presentó la menor cobertura máxima entre las especies que dominan una formación vegetal, alcanzando un máximo de 30% en la transecta T13, y un promedio de cobertura de 18,8% (M1), un poco inferior al registrado en Monitoreo Base 0. Entre las especies acompañantes con menor frecuencia, la especie *Nitrophila atacamensis* (registrada en dos transectas; T10 y T15) alcanzó un máximo de cobertura de 19,0% en el matorral de *Sarcocornia fruticosa* y un mínimo de 2,4% de cobertura en el herbazal de *Triglochin concinna*. La especie *Puccinellia frigida* registrada en estas mismas formaciones vegetales (en cuatro transectas; T10, T11, T12 y T15), registró la menor cobertura absoluta con un mínimo de 0,6% en la transecta T11, y un máximo de 6,0% en la transecta T15. Estos valores de cobertura se mantuvieron constantes en ambos monitoreos (Monitoreo Base 0 y M1) (**Anexo Vegetación y Flora**).

Otro aspecto que se observa acerca de esta formación, es la presencia de rastrojos detectados en M1. La cobertura asociada a vegetación muerta en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, presentó un cambio relevante desde “sin registro de rastrojos” en Monitoreo Base 0 a un 9,6% en promedio de cobertura muerta en esta formación. Este aumento se asocia con la disminución de cobertura de la especie dominante. De esta manera, parte de la cobertura anteriormente identificada en la formación y que bajaron sus coberturas (*S. californicus*, *B. juncea* y *D. spicata*), habría sido registrada como rastrojos de las mismas para este monitoreo (**Anexo Vegetación y Flora**). Es importante considerar que estos resultados no serían atribuibles a un deterioro causado por alguna disminución en la disponibilidad hídrica, sino que estarían relacionados al criterio de clasificación de individuos secos o aparentemente muertos por el estado fenológico recesivo que se encuentran estas especies a la fecha (invierno). De manera adicional a esta consideración, y tal como señala en el Plan de Manejo Biótico de este proyecto (Anexo 2, Adenda 5 RWL (PMB 2015)), el método de intercepto de puntos a través de transectas posee un error de medición de $\pm 5\%$, que debe ser tomado en cuenta a la hora de analizar estas tendencias en la cobertura de las especies vegetales, y que puede contribuir a realzar estas fluctuaciones en los valores de cobertura en el herbazal.

En el Monitoreo Base 0, el herbazal de *Schoenoplectus californicus* presentó los mayores valores de cobertura, con más del 100% de cobertura absoluta en todas las transectas de la formación (**Anexo Vegetación y Flora**). En M1, en cambio, se observa que la transecta T04 alcanza la mayor cobertura, con un 130,6%, a diferencia del anterior 207,2% registrado en T01 en el Monitoreo Base 0. Aun así, casi todas las transectas correspondientes a esta formación presentan coberturas absolutas superiores al 100%, que se explican por la presencia de más de una especie acompañante con coberturas altas, además de la especie dominante que presenta siempre coberturas absolutas de 100% o muy cercanas a este

valor, exceptuando la transecta T02 con una cobertura absoluta de 78,6% en el M1. En esta formación, los valores de cobertura promedio se conservan altos con respecto a las otras formaciones vegetales durante el M1, pero no alcanzan los niveles de cobertura registrados en el Monitoreo Base 0.

En cuanto a las formaciones vegetales, se observan valores de cobertura absolutos y promedio semejantes entre ambos monitoreos, manifestándose diferencias de cobertura por transecta sólo en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus*.

En general, la cobertura promedio detectada en ambos monitoreos es siempre muy inferior a la cobertura absoluta de cada transecta, ya que la mayor cobertura está representada por la especie dominante de la formación vegetal donde se ubica la transecta, proporcionando mayor amplitud de cobertura al incluir los valores de todas las especies presentes en las transectas. No obstante, la vegetación del lugar no se destaca por presentar una alta riqueza de especies vasculares, donde la riqueza es entre una y tres especies. En las transectas T15, T02, T04 y T01 se presentó una riqueza de cuatro especies, localizados la primera transecta en un matorral de *Sarcocornia fruticosa*, y los demás en un herbazal de *Schoenoplectus californicus*. La riqueza de las transectas permaneció constante entre monitoreos, en todas las transectas salvo el T30, ya que en el M1 no se observó la especie *Lycium humile*.

Los valores promedios de cobertura por sector, para ambos monitoreos realizados, Base 0 y 1. Para ambos, se destaca el sector de Peine con la mayor cobertura de vegetación. En el Monitoreo Base 0, este sector presenta un 91,8% de cobertura vegetal, mientras que en el Monitoreo 1 el valor desciende a 62,5%. Este sector contiene nueve transectas de monitoreo, de las cuales cuatro corresponden al herbazal de *Schoenoplectus californicus*, formación que presenta la mayor cobertura absoluta y promedio en el área de estudio, pero que, al mismo tiempo, exhibe en el Monitoreo 1 una disminución de la cobertura vegetativa debido a una mayor cantidad de registros considerados como rastrojos o vegetación muerta (**Anexo Vegetación y Flora**).

Al comparar ambos monitoreos, no se observan diferencias en la riqueza de especies por sector, obteniendo valores constantes en los registros del Monitoreo base y Monitoreo 1, entre tres y seis especies vasculares por sector, exceptuando a sector Soncor que no registra vegetación o individuos de flora. Además, se puede observar la composición de las especies presentes por sector, señalando su riqueza por monitoreo y sector (**Anexo Vegetación y Flora**).

Siguiendo con los resultados del Monitoreo Base 0 y Monitoreo 1, en el Monitoreo 2 de verano la tendencia de la especie *Schoenoplectus californicus* continúa, alcanzando la mayor cobertura absoluta, con un 100% en tres transectas (T03, T19 y T29). Además, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con un 93,1% observado en la formación dominada por esta especie (**Anexo Vegetación y Flora**).

Por otra parte, las especies con mayor cobertura y que mantienen un promedio de cobertura mayor por formación son *Baccharis juncea* con una cobertura promedio de 32,5% en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*. La especie *Baccharis juncea* presenta un aumento en su cobertura promedio con respecto al M1 (14,1%), no obstante sigue siendo menor que la cobertura registrada en Monitoreo Base 0 (38,6%).

En cuanto a la especie arbustiva *Tessaria absinthioides* se verifica una mínima disminución de la cobertura absoluta en las seis transectas donde domina esta especie. En las transectas T05 y T25, el cambio en la cobertura es mínimo con 7,6% y 8,6%, respectivamente, lo que indica un cambio menor al 1% de cobertura con respecto a los monitoreos anteriores. En las transectas T06, T07 y T23 la cobertura es de 11,2%, 13,6% y 9,8%, respectivamente, lo que indica un cambio entre 6,8 y 7,4% de cobertura con respecto a los monitoreos anteriores **(Anexo Vegetación y Flora)**.

De acuerdo a los resultados anteriores en el Monitoreo Base 0, en el M2 de verano el herbazal de *Schoenoplectus californicus* continúa siendo la formación con los mayores valores de cobertura, con más del 100% de cobertura absoluta en todas las transectas de la formación. De las seis transectas en estas formación, dos transectas aumentan su cobertura en relación al Monitoreo Base 0.

Los valores promedios de cobertura por sector, para los tres monitoreos realizados, Base 0, 1 y 2. El sector de Peine destaca con la mayor cobertura de vegetación con un 77,9%, cobertura mayor que la registrada en M1. Este sector contiene nueve transectas de monitoreo, de las cuales cuatro corresponden al herbazal de *Schoenoplectus californicus*, formación que presenta la mayor cobertura absoluta y promedio en el área de estudio, pero que, al mismo tiempo, presenta mayor cobertura considerada como rastrojos o vegetación muerta **(Anexo Vegetación y Flora)**.

Finalmente, al realizar el seguimiento a los tres monitoreos, solo se observa una diferencia en la riqueza de especies por sector, obteniendo valores constantes en los registros del M2 con respecto a Monitoreo Base 0, en los sectores de La Brava, La Punta, Peine y Quelana. En el sector de Tilopozo se registró una especie adicional en el M2, de las seis especies registradas en los monitoreos anteriores. La especie adicional corresponde a *Nitrophila atacamensis*.

12.1.3 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – Método de imágenes satelitales – NDVI

12.1.3.1 Comparación con valores históricos

La superficie de vegetación activa calculada para el periodo de verano de 2017 es de 1.691,8 ha, correspondiente a un 23,3% de la superficie con vegetación de la COT del mismo periodo (7.262,4 ha), en consecuencia representa el 5,1% de la superficie total de la COT (33.070,1 ha), incluyendo las áreas desprovistas de vegetación.

De acuerdo a los registros mínimos y máximos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat 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° 12-4**.

En cuanto, para los valores históricos mínimos provenientes desde imágenes de alta resolución, la superficie de vegetación activa de verano de 2017 en los sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine, superan los valores mínimos y máximos históricos.

En el sector de Soncor, el resultado de superficie de vegetación activa es menor en 13,6 ha a la superficie mínima histórica y en 30,1 ha al valor máximo histórico, diferencias que se deben al mayor detalle definido por la COT de verano de 2017.

En el sector de Quelana, el valor de superficie de vegetación activa es mayor al valor mínimo histórico en 373 ha y en 361,4 ha al valor máximo histórico, diferencia que se debe al aumento de la superficie del área de muestreo.

Tabla N° 12-4. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector.

Sector	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Valores históricos desde Landsat		Valores históricos desde alta resolución	
			Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)
Tilopozo - La Punta y La Brava	2.727,9	613,2	202,0	1.580,0	113,6	343,3
Peine	2.990,9	677,1	310,0	1.919,0	157,7	242,8
Soncor	24,8	7,6	-	-	21,2	37,7*
Quelana	1.518,8	393,8	-	-	20,8	32,4**

Sector	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Valores históricos desde Landsat		Valores históricos desde alta resolución	
			Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)
TOTAL	7.262,4	1.691,8				

*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

En relación a la formación vegetal de Vega (Herbazal) de *Schoenoplectus californicus* indicadas en el Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B, el sector de Tilopozo – La Punta y La Brava supera la superficie mínima y se encuentra dentro del rango de los registros históricos, en tanto el sector de Peine muestra un valor menor al mínimo histórico en 2,3 ha, lo que se explica en primer lugar porque la formación se dividió en Vega de *Schoenoplectus californicus* y Vega de *Baccharis juncea*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata* (0,4 ha) y, en segundo lugar, por la definición con mayor detalle de la COT de verano de 2017 (Tabla N° 12-5).

Tabla N° 12-5. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de *Schoenoplectus californicus*, en relación a los registros históricos de alta resolución.

SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	REGISTROS HISTÓRICOS	
			Superficie mínima (ha)	Superficie máxima (ha)
Peine	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	20,3	22,6	23
	Total Peine	20,3		
Tilopozo - La Punta y La Brava	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	28,0	26,0	59,2
	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	5,1		
	Total Tilopozo - La Punta y La Brava	33,1		

Fuente: Elaboración propia

12.1.4 Límites considerados en la evaluación de la flora y vegetación

De acuerdo con lo señalado en el Anexo 2, Adenda 5 RWL (2015), la evaluación del subcomponente flora y vegetación se realizará durante las temporadas de crecimiento de la vegetación, idealmente después de las precipitaciones estivales (marzo o abril).

Según lo dispuesto en la Adenda 5 y la RCA que aprueba al proyecto, donde se explica que “se entenderá un cambio de tendencia si después de 3 años consecutivos, se observa una

disminución sostenida de la cobertura, fuera del rango de los valores registrados históricamente por sector” (PMB, Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B). En este contexto, los resultados del presente informe representan el primer año que constituirá parte de la tendencia en contraste con los valores históricos.

En concordancia con lo establecido por el PMB, donde se señala que “...se establece que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan dentro de los valores registrados históricamente por sector”, los resultados generados en el presente informe se presentan de la manera requerida, es decir, por sector, los que se comparan con los valores históricos de cada metodología de medición de parámetros de composición y cobertura de especies y distribución y cobertura de la vegetación azonal.

12.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres

12.2.1 Representatividad del muestreo

Los muestreos correspondientes a las campañas semestrales (invierno 2016 y verano 2017) 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, quebradas con vegetación y áreas desprovistas de vegetación (que, en este caso, corresponde a costras salinas).
- En relación al 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 trapeos de micromamíferos, muestreo nocturno de anfibios y aves rapaces 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 = siete) 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.

En total, la riqueza acumulada de 30 especies en las dos campañas realizadas representa un 48,4% de la fauna 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). El porcentaje mencionado se considera aceptable, ya que es esperable que la fauna registrada sea un subconjunto del valor acumulado de varios años de estudio. 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), distribución restringida, abundancia y frecuencia bajas, actividad nocturna y crepuscular, especies migratorias, especies accidentales y con escasos registros, especies evasivas.

12.2.2 Riqueza, composición y caracterización de la fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, y en relación a la riqueza acumulada en ambas campañas de monitoreo, ésta asciende a un total de 30 especies, con dos especies de reptiles, 22 especies de aves y seis mamíferos (**Tabla 12-1**).

De las 30 especies de fauna detectadas, 12 se encuentran clasificadas en categoría de conservación, correspondientes a dos reptiles, cinco aves y cinco mamíferos. 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) asigna a cuatro de estas especies alguna categoría de conservación; otras seis especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); y las dos especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Cofré & Marquet (1999).

Del total de 12 especies en categoría de conservación, ocho se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro y Vulnerable. Por otra parte, cuatro especies se catalogan sin amenaza (precautorias; **Tabla 12-1**).

Por su parte, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 27 de las 30 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de densidades poblacionales reducidas, beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria 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 12-1**).

Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, ninguna de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural (**Tabla 12-1**).

De acuerdo a su origen geográfico, 29 especies de las 30 detectadas (96,7%) se clasifican como nativas (tres de ellas son especies endémicas de Chile) y una especie es introducida, *Equus asinus* (burro; **Tabla 12-1**).

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, dos especies son clasificadas con movilidad media, y por último 25 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla 12-1**).

En relación a las especies especialistas de hábitat, 11 especies se consideran especialistas, como la Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y 10 aves (de humedal; **Tabla 12-1**).

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), cinco se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto, otras cinco se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio, y por último 18 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo. Para la especie introducida (n = 1) no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla 12-1**).

Del análisis por sector, la riqueza es mayor en Tilopozo y Peine, con 16 especies (un reptil, nueve aves y seis mamíferos en Tilopozo, un reptil 10 aves y cinco mamíferos en Peine), seguido por La Punta y La Brava, con 14 especies (un reptil, 12 aves y un mamífero; **Tabla 12-1**).

Por otro lado, considerando las especies y su presencia en cada sector, ninguna especie se encuentra en todos, estando algunas restringidas a ambientes acuáticos (la mayoría de las aves acuáticas) y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (como los mamíferos, detalle en **Tabla 12-1**).

Tabla 12-1. Lista Sistemática de especies de fauna registrados en las campañas de monitoreo (invierno 2016 y verano 2017), en el Salar de Atacama, área de Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. Se indica además, la presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
REPTILIA											
SQUAMATA											
TROPIDURIDAE											
<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	R	¹ SE	-	E	N	B	44,35			X
<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	EN	² SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILES									1	1	1
AVES											
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15	X	X	
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco chileno	V	¹ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	V	³ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Flamenco de James o Parina chica	V	¹ SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
<i>Circus cinereus</i>	Vari ceniciento	S/EC	BE	-	N	S	A	18,35			X
CHARADRIIFORMES											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
RECURVIROSTRIDAE											
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X	X	
CHARADRIIDAE											
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	S/EC	BS	-	N	N	A	10,85	X	X	
SCOLOPACIDAE											
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35	X	X	
LARIDAE											
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	V	¹ S	-	N	S	A	48,65	X	X	
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	S/EC	-	-	N	N	A	7,5			X
FALCONIFORMES											
FALCONIDAE											
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	V	¹ BSE	-	N	N	A	37			X
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Geositta maritima</i>	Minero chico	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
TYRANNIDAE											
<i>Agriornis montanus</i>	Mero gaucho	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca rojiza	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Lessonia oreas</i>	Colegial del norte	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		
HIRUNDINIDAE											
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	S/EC	BE	-	N	N	A	10,85		X	
MOTACILLIDAE											
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		X
PELECANIFORMES											
ARDEIDAE											
<i>Ardea alba</i>	Garza grande	S/EC	B	-	N	S	A	16,65	X		
TOTAL RIQUEZA AVES									12	10	9
MAMMALIA											
ARTIODACTYLA											
CAMELIDAE											
<i>Lama guanicoe</i>	Guanaco	EN ⁴	S	-	N	N	A	56,65			X
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<i>Abrothrix andina</i>	Ratón andino	NP ⁵	E	-	N	N	M	11,15		X	X
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Ratón orejudo amarillo	NP ⁵	S	-	N	N	M	11,15	X	X	X
CTENOMYIDAE											
<i>Ctenomys fulvus</i>	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	V ¹	S	-	E	N	B	73,65		X	X
CARNIVORA											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta La Brava	Peine	Tilopozo
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ⁴	E	-	N	N	A	3,65		X	X
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-		X	X
TOTAL RIQUEZA MAMIFEROS									1	5	6

EC (estado de conservación): LC: preocupación menor; R: rara; EN: en peligro; NP: sin prioridad inmediata; V: vulnerable; S/EC.: Sin estado de conservación. **Referencias EC:** 1: D.S. N°5/1998 MINAGRI; 2: D.S. N°52/2014 MMA; 3: D.S. N°38/2015 MMA; 4: D.S. N°33/2011 MMA; 5: Cofré & Marquet 1999.

BSE: S: condición de densidades poblacionales reducidas; **B:** condición beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; **E:** condición beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas. 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.

EH (Especialista de hábitat): S: sí; N: no

M (movilidad): B: baja; M: media; A: alta

IR: índice de riesgo

Fuente: Elaboración Propia

12.2.3 Análisis por clase

12.2.3.1 Anfibios

En el caso de los anfibios, no se detectaron especies en los dos puntos de Tilopozo en que se realizó muestreo nocturno, ni en invierno ni en verano (con condiciones climáticas más apropiadas). Sin embargo, junto con el canto posible registrado en invierno 2016, hay un registro posterior de posible avistamiento de renacuajos, no en las pozas, sino que, en los canales con vegetación acuática, de modo que se espera ratificar la presencia e identificación de alguna especie potencial en las próximas campañas.

12.2.3.2 Reptiles

Del total de 30 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto, dos corresponden a reptiles (6,7%), ambas del Orden Squamata y de la familia Tropicuridae (**Tabla 12-1**).

Ambas especies de reptiles se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación. Una especie, la Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), se clasifica como En peligro, mientras que la Lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en la categoría Rara (**Tabla 12-1**).

Los dos reptiles registrados son endémicos de Chile, presentan baja movilidad, densidades poblacionales reducidas y se encuentran catalogadas como benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales, y una es especialista de hábitat: la Lagartija de Fabián, asociada a bordes de salares (**Tabla 12-1**). En cuanto al índice de riesgo de las especies de reptiles registradas, la Lagartija de Fabián presenta un IR máximo (83,35) mientras que la Lagartija de Constanza presenta un IR medio (44,35; **Tabla 12-1**).

En relación a su presencia en los sectores, es interesante mencionar que ambas especies se segregan espacialmente: mientras que la Lagartija de Fabián se encuentra en el borde de salares, la Lagartija de Constanza se ubica más bien en sectores terrestres de Tilopozo (**Tabla 12-1**).

12.2.3.3 Aves

Del total de 30 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto, 22 corresponden a aves (73,3%), las que se distribuyen en ocho órdenes y 14 familias (**Tabla 12-1**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, cinco (22,7%) se encuentran en categoría de conservación, y corresponden a la Gaviota andina, el Halcón peregrino y las tres especies de flamencos, consideradas como especies Vulnerables (**Tabla 12-1**).

En relación a la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las 22 especies, 20 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que las dos restantes no tienen ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que 16 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, ocho especies presentan densidades poblacionales reducidas, y 11 especies son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla 12-1**). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural.

En relación al origen, todas las especies son nativas, mientras que 10 especies se consideran especialistas de hábitat (de humedales). De las 22 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al riesgo que presentan las especies, tres especies presentan un índice de riesgo alto (los flamencos), otras cinco un índice medio y todo el resto poseen bajo riesgo (**Tabla 12-1**).

Por otra parte, comparando los sectores, el de La Punta y La Brava presenta la mayor riqueza, con 12 especies (todas acuáticas), seguida por Peine, con 10 especies (también acuáticas), y por nueve especies en el sector Tilopozo (casi todas terrestres; **Tabla 12-1**).

12.2.3.4 Mamíferos

Del total de 30 especies de fauna detectadas en el área de estudio, seis corresponden a mamíferos (20,0%), las que se distribuyen en tres órdenes y cinco familias (**Tabla 12-1**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, cinco (83,3%) se encuentran en categoría de conservación, y corresponden al Guanaco (*Lama guanicoe*), catalogado como especie En Peligro, el Tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), considerada como especie Vulnerable, el Zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), catalogado como de Preocupación Menor, y el Ratón Andino (*Abrothrix andinus*) junto con el Ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*), considerados sin prioridad (**Tabla 12-1**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las seis especies, cinco se encuentran en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que tres especies presentan densidades poblacionales reducidas y otras dos son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla 12-1**). Ninguna de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural.

En relación al origen, cinco de las especies son nativas (una de ellas es endémica de Chile, El Tuco-tuco de Atacama), y otra es introducida (el Burro). Por otro lado, ninguna

especie se considera especialista de hábitat. Tres especies presentan movilidad alta, otras dos movilidad media, y una movilidad baja (el Tuco-tuco de Atacama), y en cuanto al riesgo que presentan las especies, dos especies presentan un índice de riesgo alto (el Tuco-tuco de Atacama y el Guanaco), y otras tres un índice bajo (**Tabla 12-1**).

Por otra parte, comparando los sectores, La Punta y La Brava corresponde al de menor riqueza, con una especie, mientras que el sector Tilopozo presenta la mayor riqueza de mamíferos, con seis especies, seguido de Peine, con cinco especies (**Tabla 12-1**).

12.2.4 Composición por ambiente

Para los reptiles, casi todos los ambientes presentan una especie: los ambientes terrestres de Tilopozo presentan sólo a la Lagartija de Constanza, y en el humedal salar sólo se encuentra la Lagartija de Fabián, mientras que en el área desprovista de vegetación y el matorral de Peine no se registra ninguna especie (**Tabla 12-2**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra mayoritariamente en el humedal salar, con 13 especies (casi todas acuáticas), la que casi triplica la riqueza del humedal pajonal (con cinco especies), seguido por la quebrada con vegetación (con cuatro especies), mientras que en el matorral de Tilopozo se registran dos especies y en el herbazal una especie (**Tabla 12-2**). Por otra parte, no se registraron aves en el área desprovista de vegetación y en el matorral de Peine.

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes terrestres, ya que las seis especies se encuentran en el matorral de Tilopozo y en el Humedal Pajonal, seguido por el matorral de Peine, con cinco, y el herbazal y la quebrada con vegetación, con tres especies (**Tabla 12-2**). Por otra parte, los ambientes con menor riqueza de mamíferos son el humedal salar (con dos especies) y el área desprovista de vegetación (costra salina), sin especies (**Tabla 12-2**).

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal salar (agrupando La Punta y la Brava, y Salada, Saladita e Interna), con 16 especies en total (un reptil, 13 aves y dos mamíferos), lo que representa un 53,3% de toda la fauna registrada, seguido por el humedal pajonal, con 12 especies (un reptil, cinco aves y seis mamíferos), el matorral de Tilopozo (con nueve especies), la quebrada con vegetación (ocho especies) y el herbazal y el matorral de Peine (cinco especies). El área desprovista de vegetación no presenta ninguna especie (**Tabla 12-2**).

En general, los ambientes de menor riqueza son en su mayoría, un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza, ya que, por una parte, también se encuentran en dichos estos últimos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas.

Tabla 12-2. Especies de fauna registrados por ambiente. Campañas de monitoreo de invierno 2016 y verano 2017, Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector. El listado de las especies sigue a la Tabla 12-1.

CLASE Nombre común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	Área desprovista de vegetación	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza					X	X	X	X
Lagartija de Fabián	X	X						
AVES								
Pato juarjual	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X	X						
Vari ceniciento						X	X	
Caití	X	X						
Chorlo de la puna	X	X						
Playero de Baird	X	X						
Pollito de mar tricolor	X	X						
Gaviota Andina	X	X						
Tórtola					X	X		
Halcón peregrino*								
Tijeral común								X
Minero común							X	
Minero chico								X
Mero gaucho						X		X
Dormilona de nuca rojiza								X
Dormilona chica						X		
Colegial del norte	X							
Golondrina de dorso negro		X						
Bailarín chico común	X					X		
Garza grande	X							

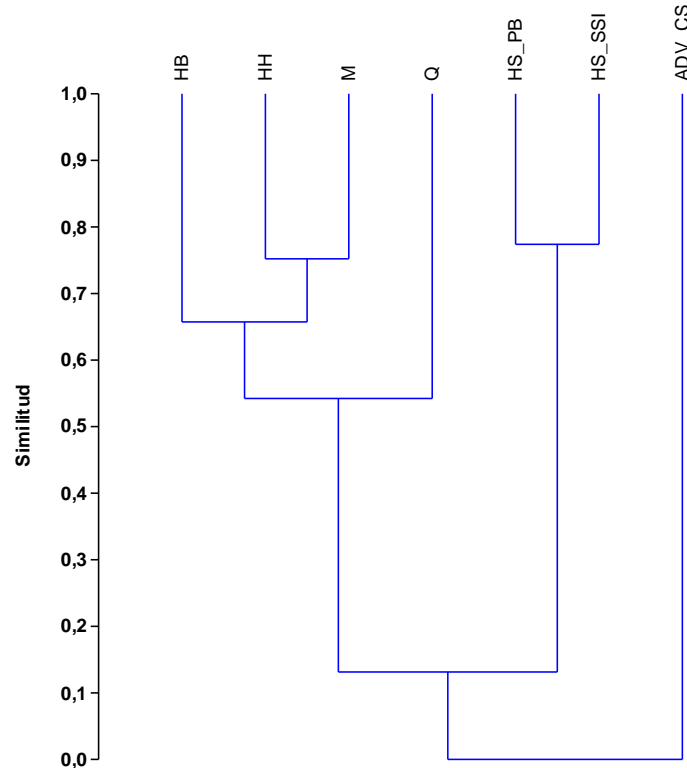
CLASE Nombre común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal Salar	Humedal Salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	Área desprovista de vegetación	Herbazal	Humedal Pajonal	Matorral	Quebrada
MAMMALIA								
Guanaco						X	X	
Ratón andino			X		X	X	X	X
Ratón orejudo amarillo	X		X		X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
Zorro culpeo		X	X		X	X	X	X
Burro			X			X	X	
TOTAL POR AMBIENTE	14	12	5	-	5	12	9	8

Fuente: Elaboración Propia

12.2.5 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla 12-2** (el que agrupa las dos campañas de monitoreo), se obtiene el fenograma de similitud de fauna (**Figura N° 12-1**).

Según la similitud, se forman tres agrupaciones: primero, el área desprovista de vegetación representa el control, ya que por no presentar especies, no tiene similitud con el resto; luego, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar, sobre un 78% de similitud (La Punta y La Brava por una parte, Salada, Saladita e Interna, por otra), y finalmente, un grupo de los cuatro ambientes terrestres, dentro de los cuales los más similares son el humedal pajonal con el matorral (cerca de un 75% de similitud), a los que luego se asocia el herbazal (65%) y la quebrada (cerca de 65%; **Figura N° 12-1**).

Figura N° 12-1. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes (campañas integradas).

Abreviaturas de ambientes: **HS_PB:** Humedal salar la Punta y la Brava; **HS_SSI:** Humedal salar Salada, Saladita e Interna; **ADV_CS:** área desprovista de vegetación (costra salina); **HB:** herbazal; **HH:** humedal pajonal; **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 Salada, Saladita e Interna, por otra), y la explicación de su similitud está en que gran parte de su fauna de aves acuáticas es muy similar. La otra agrupación de mayor similitud se da entre el matorral y el humedal pajonal (pozas de Tilopozo), a los que se agrupan luego el herbazal y las quebradas. Estos cuatro 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 y rocosa relativamente similar, ofreciendo recurso alimenticio y refugio a la fauna de vertebrados.

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; 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.

12.2.6 Abundancia y frecuencia (comparación entre campañas)

En el caso de las dos especies de reptiles, la abundancia absoluta total fue mayor en verano 2017 (con 21 ejemplares) que en invierno 2016 (con 16 individuos; **Tabla 12-3**). En ambas campañas, la especie más abundante fue la Lagartija de Fabián, la que varió entre nueve a 11 ejemplares avistados (52,4% a 56,3% de abundancia relativa), mientras que la Lagartija de Constanza representó entre 43,8% a un 47,6%, con siete a 10 individuos (**Tabla 12-3**). En el caso de la frecuencia, el patrón se mantiene, ya que la Lagartija de Fabián fue la más frecuente, registrada entre cuatro a siete de los 25 puntos de muestreo (lo que representa entre un 16% a un 32% de frecuencia relativa), mientras que la Lagartija de Constanza tuvo entre un 12% a un 20% (**Tabla 12-3**).

En relación a las aves censadas y a la abundancia absoluta, y a diferencia de los reptiles, la mayor abundancia absoluta total fue mayor en invierno 2016 (con 440 ejemplares) que en verano 2017 (con 292 individuos). De las especies más abundantes, destaca la Parina grande, con la mayor abundancia absoluta y relativa en ambas campañas, con 92 ejemplares (31,5% en verano) a 262 individuos (59,6% en invierno), seguida por el Flamenco chileno (46 individuos, con un 15,7% en verano, hasta 65 ejemplares, con un 14,77% en invierno; **Tabla 12-3**). Las otras especies abundantes en ambas campañas son el Pollito de mar tricolor, el Chorlo de la puna, el Playero de Baird, el Caití y la Parina chica, mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja en ambas campañas, variando entre uno a siete ejemplares (**Tabla 12-3**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el Chorlo de la puna (entre ocho a 10 puntos, variando entre un 32% a un 40% de frecuencia), el Flamenco chileno (28% a 32%) y la Parina grande (20% a 24%), mientras que el resto de las especies son poco frecuentes, variando entre uno a cuatro puntos (4% a 16% de frecuencia; **Tabla 12-3**).

Cabe destacar que en ambas campañas no se observó ninguna conducta reproductiva en las especies de flamencos, a excepción de baile nupcial en invierno de 2016, para la parina grande, en la Laguna Salada.

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue el Burro, con ocho ejemplares, además de 5 puntos con registros indirectos, lo que representa un 24% de

frecuencia (en ambas campañas), seguido por el Tuco-tuco de Atacama, el que fue registrado mayoritariamente por evidencia indirecta (cuevas activas) en seis a siete puntos, por lo que tiene una frecuencia de 28%, mientras que del Zorro culpeo se observaron tres individuos en tres puntos en verano 2017, y seis ejemplares y otros tres registros indirectos en invierno 2016 por lo que su frecuencia varió desde 12% a 36% (**Tabla 12-3**).

Tabla 12-3. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Campañas de monitoreo de invierno 2016 y verano 2017, Rockwood Lithium, Región de Antofagasta. El listado de las especies sigue a la Tabla 12-1.

CLASE Nombre común	AA		AR (%)		FA		FR (%)	
	I 16	V 17	I 16	V 17	I 16	V 17	I 16	V 17
REPTILIA								
Lagartija de Constanza	7	10	43,8	47,6	5/25	3/25	20,0	12,0
Lagartija de Fabián	9	11	56,3	52,4	4/25	7/25	16,0	28,0
TOTAL REPTILES	16	21	100,0	100,0	-	-	-	-
AVES								
Pato juarjual	7	4	1,59	1,37	3/25	3/25	12,0	12,0
Flamenco andino o Parina grande	262	92	59,55	31,51	5/25	6/25	20,0	24,0
Flamenco chileno	65	46	14,77	15,75	7/25	8/25	28,0	32,0
Flamenco de James o Parina chica	39	11	8,86	3,77	3/25	2/25	12,0	8,0
Vari ceniciento	2	-	0,45	-	2/25	-	8,0	-
Caití	15	14	3,41	4,79	6/25	4/25	24,0	16,0
Chorlo de la puna	20	26	4,55	8,90	8/25	10/25	32,0	40,0
Playero de Baird	5	23	1,14	7,88	2/25	9/25	8,0	36,0
Pollito de mar tricolor	4	44	0,91	15,07	2/25	7/25	8,0	28,0
Gaviota Andina	6	3	1,36	1,03	3/25	2/25	12,0	8,0
Tórtola	6	1	1,36	0,34	2/25	1/25	8,0	4,0
Halcón peregrino	-	2	-	0,68	-	1/25	-	4,0
Tijeral común	1	2	0,23	0,68	1/25	1/25	4,0	4,0
Minero chico	-	12	-	4,11	-	1/25	-	4,0
Minero común	-	1	-	0,34	-	1/25	-	4,0
Mero gaucho	-	2	-	0,68	-	2/25	-	8,0
Dormilona de nuca rojiza	1	-	0,23	-	1/25	-	4,0	-
Dormilona chica	-	1	-	0,34	-	1/25	-	4,0
Colegial del norte	-	2	-	0,68	-	2/25	-	8,0
Golondrina de dorso negro	3	-	0,68	-	2/25	-	8,0	-
Bailarín chico común	4	5	0,91	1,71	2/25	2/25	8,0	8,0
Garza grande	-	1	-	0,34	-	1/25	-	4,0
TOTAL AVES	440	292	100,0	100,0	-	-	-	-
MAMMALIA								
Guanaco	-	2X	-	-	-	2/25	-	8,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	7X	4+6X	-	-	7/25	7/25	28,0	28,0
Zorro culpeo	6+3X	3	-	-	9/25	3/25	36,0	12,0
Burro	8+5X	8+5X	-	-	6/25	6/25	24,0	24,0

Abundancia = AA: Abundancia absoluta total; AR: Abundancia relativa; FA: Frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa.

I16 = Invierno 2016; V17 = Verano 2017. La X indica presencia indirecta.

Fuente: Elaboración Propia

12.2.7 Abundancia por ambiente (densidad, comparación entre campañas)

Comparando las 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, variando entre 2,0 a 4,0 individuos/transecto (invierno 2016 y verano 2017, respectivamente), seguido por el humedal salar, con 0,8 a 1,0 individuos/transecto, y el matorral, con 0,1 a 0,25 individuos/transecto, mientras que los ambientes con menor abundancia relativa fueron la quebrada (1,0 a 0,0 ind/transecto), el herbazal (0,0 a 0,5 ind/transecto), y finalmente el área desprovista de vegetación, sin registro en ambas campañas (**Tabla 12-4**).

En el caso de las aves, y para ambas campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 24,5 individuos/transecto (en verano 2017) a 38,9 ind/transecto (en invierno 2016), seguido por la quebrada con vegetación, variando entre 2,0 ind/transecto (en invierno 2016) a 15,0 ind/transecto (verano 2017), valores mucho mayores al siguiente ambiente, el humedal pajonal, el que osciló entre 2,0 a 3,0 ind/transecto, seguido del herbazal (0,0 a 1,5 ind/transecto), mientras que los ambientes con menor abundancia fueron el matorral (0,1 ind/transecto, en ambas campañas), y el área desprovista de vegetación, sin registró de ningún ejemplar (**Tabla 12-4**).

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.

Tabla 12-4. Abundancia relativa (ind/ transecto) de reptiles y aves, en cada ambiente, en las campañas de monitoreo de invierno 2016 (I16) y verano 2017 (V17). Rockwood Lithium, Región de Antofagasta.

CLASE	AMBIENTE Y CAMPAÑA											
	Humedal Salar (11)		ADV (1)		Herbazal (2)		Humedal Pajonal (2)		Matorral (8)		Quebrada (1)	
	I16	V17	I16	V17	I16	V17	I16	V17	I16	V17	I16	V17
Reptiles	0,8	1,0	0	0	0,5	0	2,0	4,0	0,1	0,25	1,0	0,0
Aves	38,9	24,5	0	0	1,5	0	3,0	2,0	0,1	0,1	2,0	15,0

Nota: entre paréntesis, se indica el número de transectos por cada ambiente.

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en el caso de los micromamíferos trampeados, y para ambas campañas, de las dos especies registradas, el Ratón orejado amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en cuatro de los seis ambientes, y con un IDR variando entre 1,7% (en humedal pajonal y en matorral, en invierno 2016) a 11,7% (en quebrada) en los ambientes en que se encontró (dos a 11 ejemplares), mientras que el Ratón andino

fue registrado en tres ambientes (en ambas campañas), variando entre un IDR = 0,8% (en matorral y humedal pajonal, en verano 2017 y en matorral, en invierno 2016) a un 3,3% (en quebrada, en invierno 2016; **Tabla 12-5**). En área desprovista de vegetación no hubo capturas en ambas campañas.

Comparando la abundancia relativa total (ambas especies) entre las campañas, y a diferencia de lo esperado, hay una tendencia a registrar mayor abundancia en invierno 2016 que en verano 2017. Lo anterior se verifica comparando los rangos: para ratoncito andino, el IDR varía entre 0,8% a 3,3% (invierno) mientras que en verano va desde 0,8% a 1,7%, en tanto que para el Ratón orejado amarillo, el rango de invierno (1,7% a 11,7%) también es mayor que en verano 2017 (3,3% a 9,2%; **Tabla 12-5**).

Tabla 12-5. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Campañas de monitoreo de invierno 2016 y verano 2017. Rockwood Lithium, Región de Antofagasta.

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%) - INVIERNO 2016												
Nombre común	INVIERNO 2016											
	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	0/60	0	0/60	0	0/120	1,7	2/120	0,8	1/120	3,3	2/60
Ratón orejado amarillo	3,3	2/60	0	0/60	0	0/120	1,7	2/120	1,7	2/120	11,7	7/60
VERANO 2017												
Ratón andino	0	0/60	0	0/60	1,7	2/120	0,8	1/120	0,8	1/120	0	0/60
Ratón orejado amarillo	0	0/60	0	0/60	3,3	4/120	3,3	4/120	9,2	11/120	6,7	4/60

Donde: IDR = (N° Individuos / trampa-noche) *100; N / TR = N° Individuos totales trampeados / N° 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

12.2.8 Límites considerados en la evaluación 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**, la última campaña de invierno realizada (julio 2014, en PMB, 2015) antes del primer monitoreo de invierno 2016, y la última campaña de verano realizada (febrero 2015, en PMB, 2015) antes de este último muestreo de verano 2017.

En el área de estudio, y agrupando los resultados de las dos campañas de monitoreo (invierno 2016 y verano 2017), se ha registrado una riqueza de 30 especies (dos reptiles, 22 aves y seis mamíferos, **Tabla 12-6**).

En una primera escala gruesa de comparación, las 30 especies registradas en estas dos campañas de monitoreo son un subconjunto de 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 PMB, 2015 (ver **Tabla 12-6**). 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 y verano 2017 se incluyen dentro de las 62 especies del total acumulado, excepto por la garza grande, *Ardea alba*, registrada en verano 2017, siendo el primer registro para la zona ya que no aparece en ninguna de las campañas anteriores reportadas en el PMB, 2015.

Las campañas preliminares poseen diferente esfuerzo de muestreo (una, dos o varias estaciones) y se realizan en distintas estaciones del año, por lo que la comparación es general. En particular, comparado con el total acumulado con siete campañas 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 12-6**), también la composición de especies de estas campañas de agosto 2016 y marzo 2017 son prácticamente un subconjunto del total.

Tabla 12-6. Comparación de la riqueza de especies (por clase) entre las campañas de estudio de Línea Base, con las campañas de invierno 2016 y verano 2017.

CLASE	CAMPAÑAS										
	LÍNEA BASE (PMB)						TOTAL ACUMULADO		ACTUAL		
	Ju/Sep 2008	Mar 2010	Sep 2013	Abr 2014	Jul 2014	Feb 2015	Jun08-feb15	+ Otros estudios (2006-2015)*	Ago 2016	Mar 2017	Ag-Mar 16-17
Anfibios	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Reptiles	1	2	0	2	2	1	2	2	2	2	2
Aves	12	6	21	14	10	10	32	49	15	19	22
Mamíferos	5	4	4	5	5	6	10	10	5	6	6
TOTAL	18	12	26	21	17	17	45	62	22	27	30

Fuente: Elaboración Propia en base a PMB (2015).* = Incluye además dos estudios adicionales (i.e. SQM 2006-2012 y MEL 2009), cuya información está contenida en PMB (2015).

A una escala menor, 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 el sistema La Punta y La Brava, en el total acumulado (anterior a estos monitoreos) se han registrado 14 especies de aves, un mamífero y un reptil, mientras que en las campañas de invierno 2016 y verano 2017 se observaron 12 especies de aves, un reptil y un mamífero. Por otra parte, el Sistema Peine (lagunas Salada, Saladita e Interna) presenta un total acumulado de 17 especies (un reptil y 16 aves), mientras que en las campañas de invierno 2016 y verano 2017 se registraron 16 especies (un reptil, cinco mamíferos y 10 aves). Como es esperable, la riqueza de ambos sistemas de la campaña de invierno 2016 y verano 2017 es un subconjunto del total acumulado en varias campañas anteriores (salvo la garza grande, observada solamente en la campaña de verano 2017 en La Punta).

En la escala de riqueza por campaña estacional, y comparando el registro de la campaña de invierno 2016 con la última campaña de invierno de líneas de base anterior (julio 2014, PMB 2015), se observa que la riqueza total de invierno de 2016 (con 22 especies, de las cuales dos son reptiles, 15 son aves y cinco son mamíferos) es superior a la registrada en julio de 2014, con 17 especies (dos reptiles, 10 aves y cinco mamíferos), y la identidad de las especies es básicamente la misma, por lo que la composición de fauna es similar.

Específicamente, para las aves, en el sistema acuático de La Punta y La Brava, la riqueza de especies observada en invierno de 2016 (con nueve especies) es mayor a la observada en invierno de 2014 (con 6 especies; **Tabla 12-7**). Idéntico resultado se observa en el Sistema Peine (sólo las lagunas Salada, Saladita e Interna), con seis aves en invierno 2014 y nueve en invierno 2016 (**Tabla 12-7**). En relación a la composición de

especies, y para ambos sistemas, las especies de aves registradas en 2014 son un subconjunto de las observadas en 2016, y tal vez el caso más interesante es en La Punta y La Brava, la ausencia de ejemplares de Parina grande, y en menor medida, de Gaviota andina, en 2014, mientras que en Salada, Saladita e Interna destaca la ausencia de Pollito de mar y Gaviota andina en 2014 (**Tabla 12-7**).

En el caso de la comparación estacional de avifauna de verano 2017 con el último verano de la línea base anterior (febrero 2015), cabe destacar que en 2015 los resultados se presentan agrupando por ambiente todos los sistemas lagunares, por lo que no es posible separar los datos de La Punta, La Brava, Salada, Saladita e Interna, de modo que la comparación se hace a esa escala más general, de lagunas agrupadas. La riqueza de aves de los sistemas lagunares es significativamente mayor en verano 2017 (con 12 especies) que en verano 2015 (con siete especies; **Tabla 12-7**). En relación a la composición de especies, las especies de aves registradas en verano 2015 son un subconjunto de las observadas en 2017, salvo por el pato colorado, registrado en 2015 (**Tabla 12-7**).

Tabla 12-7. Comparación de la riqueza y composición de aves en los sistemas acuáticos del área de estudio, para las campañas de invierno 2014 e invierno 2016, y verano 2015 y verano 2017.

Nombre común	Humedal Salar					
	La Punta La Brava		Peine (Salada Saladita Interna)		La Punta La Brava y Peine (Salada Saladita Interna)	
	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017
Pato juarjual	X	X	X	X	-	X
Flamenco chileno	X	X	X	X	X	X
Flamenco andino o Parina grande	-	X	X	X	X	X
Flamenco de James o Parina chica	X	X	X	X	-	X
Caití	X	X	X	X	X	X
Chorlo de la puna	X	X	X	X	X	X
Playero de Baird	X	X	-	-	X	X
Pollito de mar tricolor	-	-	-	X	-	X
Gaviota Andina	-	X	-	X	-	X
Golondrina de dorso negro	-	-	-	X	-	-
Bailarín chico común	-	X	-	-	-	X
Colegial del norte	-	-	-	-	X	X
Pato colorado	-	-	-	-	X	-
Garza grande	-	-	-	-	-	X

Nombre común	Humedal Salar					
	La Punta La Brava		Peine (Salada Saladita Interna)		La Punta La Brava y Peine (Salada Saladita Interna)	
	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017
TOTAL POR AMBIENTE	6	9	6	9	7	12

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la composición de especies de reptiles, en invierno, las dos especies registradas en la campaña de invierno 2016 (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), y algo similar ocurre para las especies de mamíferos, con especies frecuentes como el Zorro Culpeo, el Chululo y los roedores *Phyllotis xanthopygus* y *Abrothrix andinus*. Existen algunas leves diferencias con invierno de 2016, como la presencia de la Yaca de la Puna (*Thylamys pallidior*) y la ausencia de burros, en las campañas de 2014 (**Tabla 12-8**).

En el caso de la comparación entre campañas estivales, en verano de 2017 se observaron las dos especies de reptiles, mientras que en verano 2015 no se registró la lagartija de Constanza, mientras que, para los mamíferos, en verano de 2017 se observaron seis mamíferos, mientras que en verano 2015 se registraron cinco especies, siendo el guanaco la especie presente en esta campaña de 2017 (**Tabla 12-8**).

Tabla 12-8. Comparación de la riqueza y composición de reptiles y mamíferos en el área de estudio, para las campañas de 2014 (abril y Julio) e invierno 2016, y veranos 2015 y 2017.

NOMBRE COMÚN	CAMPAÑA			
	2014 (PMB)	Invierno 2016	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017
REPTILES				
Lagartija de Constanza	X	X	-	X
Lagartija de Fabián	X	X	X	X
MAMÍFEROS				
Guanaco	-	-	-	X
Zorro culpeo	X	X	X	X
Burro		X	X	X
Yaca de la puna	X		-	-
Lauchón orejudo amarillo	X	X	X	X
Ratoncito andino	X	X	X	X
Chululo	X	X	X	X
RIQUEZA TOTAL	7	7	6	8

Fuente: Elaboración Propia

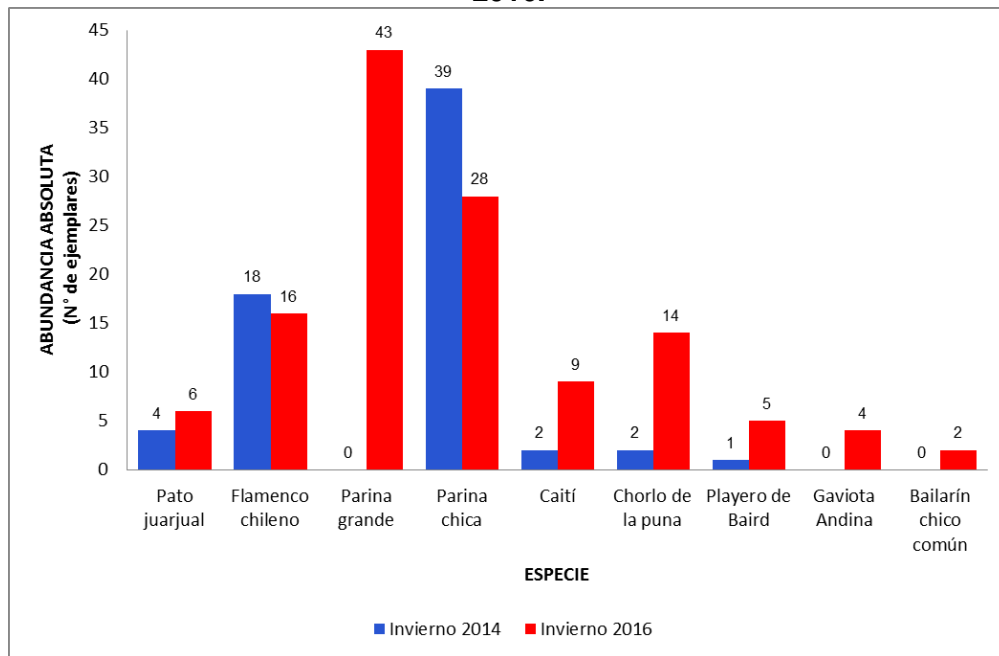
Finalmente, al comparar la abundancia total de aves en los dos sistemas acuáticos del área de estudio, en la campaña de invierno 2016 con la última campaña de invierno documentada (Campaña julio 2014, línea base en PMB, 2015), se observa que:

En el sistema hidrológico La Punta y La Brava, tres especies de aves se registran sólo en 2016 (si se compara con invierno 2014), dentro de las cuales destaca la Parina grande, con 43 ejemplares y la Gaviota andina, con cuatro individuos (**Figura N° 12-2**). Otras tres especies se registran en mayor abundancia en 2016 que en 2014, como el Chorlo de la puna (14 en 2016, sólo 2 en 2014), el Caití (9 y dos, respectivamente) y el Playero de Baird (5 y una, respectivamente; Figura 5-2). A la inversa, una especie (la Parina chica), se observó en mayor abundancia en 2014 que en 2016, con 39 y 28 ejemplares, respectivamente (**Figura N° 12-2; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Finalmente, dos especies presentan abundancias relativamente similares en ambos períodos: el Pato juarjual y el Flamenco chileno (**Figura N° 12-2**).

En el sistema hidrológico Peine (Salada, Saladita e Interna), tres especies de aves se registran sólo en 2016 (en comparación a invierno 2014), aunque con bajas abundancias: el Pollito de mar (cuatro ejemplares), la Gaviota andina (dos individuos) y la Golondrina de dorso negro (tres ejemplares; **Figura N° 12-3**). Otras tres especies se registran en mayor

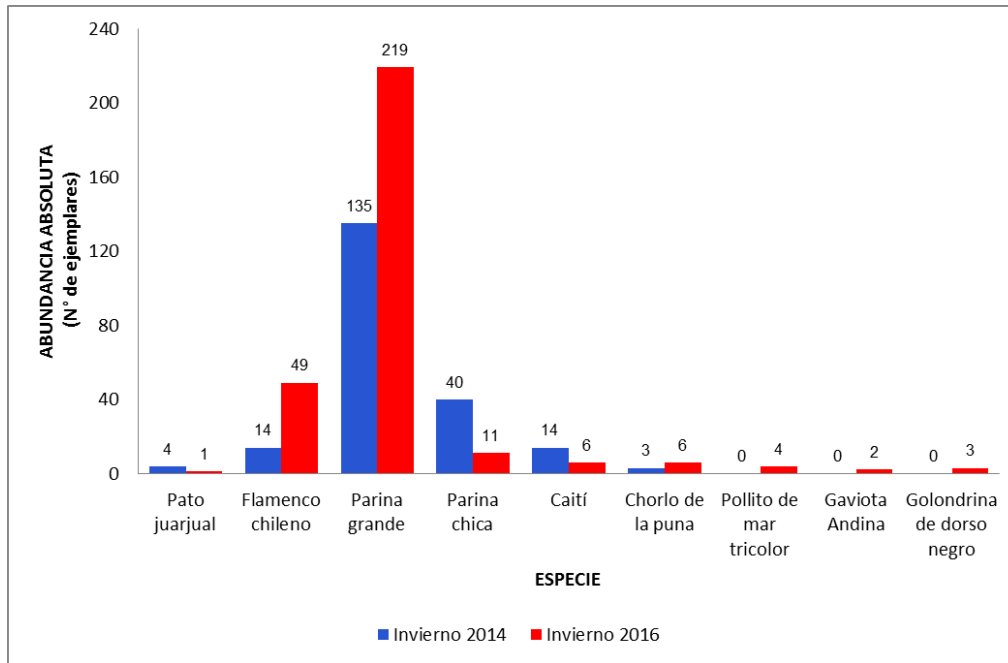
abundancia en 2016 que en 2014, destacando la Parina grande (219 en 2016, 135 en 2014), el Flamenco chileno (49 y 14, respectivamente) y el Chorlo de la puna (seis y tres, respectivamente; **Figura N° 12-3**). A la inversa, en tres especies, se observó una mayor abundancia en 2014 que en 2016, como la Parina chica (40 y 11, respectivamente), el Caití (14 y seis, respectivamente) y el Pato juarjual (con cuatro y un ejemplar, respectivamente; **Figura N° 12-3**).

Figura N° 12-2. Comparación de abundancia entre las diferentes especies registradas en las lagunas La Punta y La Brava en las estaciones de Invierno 2014 y 2016.



Fuente: Elaboración Propia

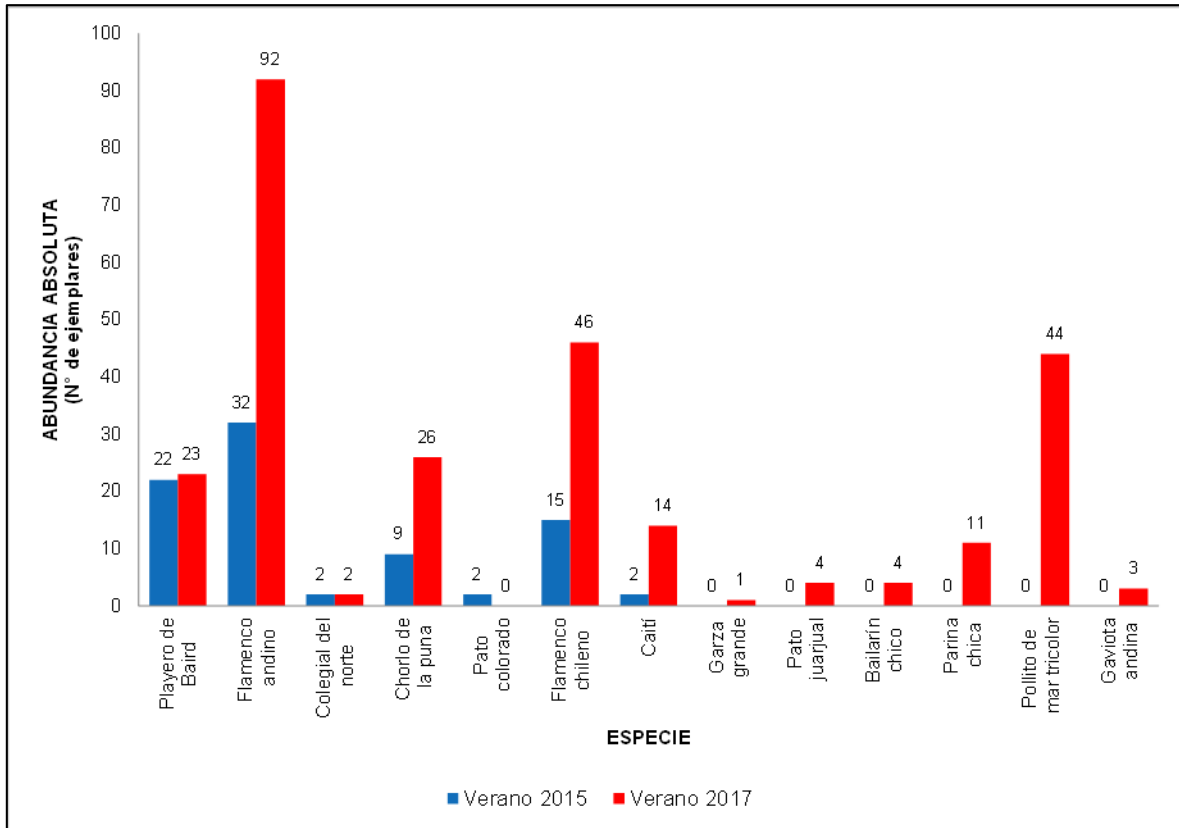
Figura N° 12-3. Comparación de abundancia entre las diferentes especies registradas en Peine (lagunas Salada, Saladita e Interna), en las estaciones de invierno 2014 y 2016.



Fuente: Elaboración Propia

En relación a la comparación estacional de avifauna en verano, y agrupando los sistemas lagunares, se registran seis especies en verano 2017 que no aparecen en verano 2015, destacando el pollito de mar tricolor (44 ejemplares) y la parina chica (11 individuos), entre los más abundantes (**Figura N° 12-4**). Otras cuatro especies registradas en ambos periodos, se encuentran en mayor abundancia en verano 2017, como el flamenco andino (92 en 2017, 32 en 2015), el flamenco chileno (46 en 2017, 15 en 2015), el chorlo de la puna (26 en 2017, nueve en 2015) y el caití (14 en 2017, dos en 2015; **Figura N° 12-4**). Finalmente, dos especies presentan abundancias similares entre ambos periodos, el playero de Baird (22 en 2015 y 23 en 2017), y el colegial del norte (dos ejemplares en ambos periodos), mientras que solo una especie (el pato colorado) se registra en 2015 (con dos ejemplares) y no en 2017 (**Figura N° 12-4**).

Figura N° 12-4. Comparación de abundancia entre las diferentes especies registradas en los sistemas lagunares en las estaciones de verano 2015 y 2017.



Fuente: Elaboración Propia

En resumen, para ambos sistemas acuáticos y en ambos periodos, las abundancias se comportan de forma variable: algunas especies aumentan, otras disminuyen y otras se mantienen, pero se mantiene el patrón general de que las tres especies de flamencos son las que dominan numéricamente los salares.

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, la abundancia relativa entre ambas especies es relativamente similar en ambos periodos, ya que en la campaña de invierno 2016, la abundancia de *Liolaemus constanzae* es de 43,7% (7 ejemplares en 5 de 25 transectos) y la *L. fabiani* es de 56,3% (9 individuos en 4 de 25 transectos, ver **Tabla 6-3**). Para la comparación de verano, se indica una abundancia total de cinco ejemplares de *L. fabiani* en los sistemas

lagunares en verano 2015, valor mucho menor a los 11 ejemplares registrados en verano 2017.

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 indirecta), sin especificar la abundancia (PMB, 2015).

En el caso de reptiles y micromamíferos, los valores de abundancia obtenidos en estas campañas de invierno 2016 y verano 2017 debieran servir como valores de referencia para el monitoreo (ya que se utilizará el mismo esfuerzo de muestreo).

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 aves en los sectores de lagunas 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 muestral podría implicar un aumento de la probabilidad de registros nuevos, haciéndolo más representativo del área de estudio.

12.3 En relación con Tapetes Microbianos

Las campañas de monitoreo semestral invierno 2016 y verano 2017 de tapetes microbianos corresponden a los primeros registros de este sub-componente y constituyen información de base para esta variable lo cual contribuirá a conocer su comportamiento en el tiempo. Los resultados observados en verano 2017 especialmente, se registran bajo una condición post-lluvias estivales que refieren a precipitaciones producidas durante el fenómeno meteorológico conocido como invierno altiplánico (enero-marzo).

Las características macroscópicas en los tapetes microbianos analizados *in situ* bajo dos condiciones estacionales contrastantes indican, en general, una estructura pigmentaria física similar. Tanto en el monitoreo de invierno 2016 (monitoreo 1; en adelante M1) como en el monitoreo verano 2017 (monitoreo 2; en adelante M2), la estructura de pigmentación predominante en tapetes microbianos se conforma de tres macro-zonas:

- 1) Sub-superficial (capas amarilla, verde, naranjada, principalmente)
- 2) Intermedia (capas rosada/púrpura, blanca)
- 3) Profunda (capas café, verde, principalmente)

Los tapetes que poseen esta estructura de pigmentación están presentes en un 66% del total de estaciones con tapetes en M1, mientras que en M2 registran 91% de presencia en

las estaciones con tapetes en M2. Es importante señalar también que la estructuración de tres macro-zonas, se relaciona con la condición de desarrollo del tapete.

En relación a otros cambios observados entre M1 y M2, en el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, se destaca que el número de capas pigmentadas de tapetes en M2 fue mayor respecto a M1. Referente al espesor de los tapetes descritos, el valor máximo fue de 30 mm en invierno 2016 y 25 mm en verano 2017. Esta variación entre valores de espesor de una campaña a otra puede relacionarse más bien con la heterogeneidad espacial del sistema.

En general, la presencia de tapetes en ambas campañas fue más constante en el Sector Peine y La Punta-La Brava, respecto al Sector Tilopozo. Concerniente a la localización superficial o sumergida de los tapetes, en M2 el registro de tapetes en áreas sumergidas es mayor en comparación a M1, lo cual está asociado al registro de nuevos tapetes. Por lo demás, los tapetes observados presentan morfología diferente y particular en cada uno de los 3 sectores que en general se mantienen en M1 y M2 para el Sector Peine y La Punta-La Brava, en este último una morfología nueva se adiciona a lo descrito en M1, la cual se explicará posteriormente.

- *Sector Peine*

En este sector, específicamente Laguna Salada, se registraron los máximos valores de espesor tanto en M1 como en M2, 30 mm y 25 mm respectivamente. A su vez, los valores máximos promedio de número de capas por sistema Lagunar se registraron en Laguna Salada también, en ambas campañas.

Referente a los tapetes nuevos observados en este sector, se distingue Laguna Interna (I-17) que exhibió tapetes que desarrollaron una capa adicional respecto a lo observado en M1. En invierno los tapetes presentes en la estación I-17 exhibieron débil estructuración laminar y desarrollo solamente de capas sub-superficiales, sin embargo, en M2 se registró la presencia de una capa rosada evidente dispuesta debajo de las capas sub-superficiales. Durante M1 estos tapetes se localizaban en una superficie expuesta, sin flujo superficial de agua, situación que cambió en M2 ya que esta área se observó inundada de forma incipiente (2 a 5 cm espesor columna de agua). Al respecto, Demergasso *et al.* (2003) señala que la detección de la capa rosada en la estructura laminar de tapetes del Salar de Llamará puede representar condiciones de baja oxigenación del micro-hábitat. Aquellos sitios con presencia de tapetes que permanecen por más tiempo inundado durante el año, generan una condición que impide la difusión del oxígeno, lo que favorece el desarrollo de la comunidad anoxigénica y anaeróbica, en la cual distinguen las bacterias púrpuras ubicadas en la capa pigmentada rosada-púrpura del tapete. Complementariamente, estas bacterias requieren para su desarrollo la disponibilidad de sulfuro u otra forma reducida de azufre (Frigaard y Dahl, 2009). Es necesario destacar también que la salinidad de la estación en M2 presentó valores sobre lo registrado en M1. Esto es importante porque la solubilidad de los gases disminuye con

el aumento de salinidad, lo cual se puede relacionar también con la condición de baja oxigenación del sector en cuestión.

Otra característica importante del Sector Peine en M2, es la detección de nuevos tapetes microbianos en el sedimento de Laguna Saladita, estación SA-25, la cual previamente solo había registrado tapetes superficiales. Al respecto, se observó la presencia de una banda de color verde, sumergida aproximadamente 1 a 2 mm de profundidad en sedimento no consolidado, carente de una capa superficial dura, estas características corresponden a la etapa temprana de un tapete microbiano (Armitage et al., 2012).

- *Sector La Punta-La Brava*

El sector la Punta-La Brava, en general en ambas campañas presentó mayor distribución de tapetes, al igual que el Sector Peine, respecto al Sector Tilopozo. En verano destaca la estación LB-2 por la presencia de una extensión constante de tapetes con capas superficiales de textura gelatinosa, de débil cohesión, los cuales se describen como un nuevo tipo de morfología de tapete en la caracterización general de los sectores, además de los dos tipos descritos previamente en M1.

En La Punta-La Brava, los máximos valores de espesor de tapetes se registraron en Laguna La Brava, tanto en M1 como en M2, 17 mm y 20 mm respectivamente. A su vez, los valores máximos de número de capas por sistema Lagunar fueron 5 mm y 7 mm, en M1 y M2, respectivamente.

En este sector también se detectaron tapetes nuevos en M2, específicamente en Laguna La Punta. En esta laguna, estación LP-24, se registró la estratificación de capas pigmentadas sobre sedimento, específicamente una capa rosada dispuesta sobre capas verdes. Al respecto, factores ambientales como una concentración de oxígeno disuelto menor en M2, en comparación a lo registrado en M1, y disponibilidad de compuestos reducidos de azufre, podrían promover una condición que favoreció el desarrollo de la capa rosada en M2, según lo comentado anteriormente. Asimismo, el desarrollo masivo de las bacterias púrpuras de azufre se observa a menudo en columnas de agua anaeróbicas y en hábitats bentónicos, donde abundan los compuestos de azufre reducidos, así como suficiente intensidad luminosa (Thar y Kühl, 2001). Tales hábitats pueden encontrarse, por ejemplo, en los milímetros superiores de sedimentos sulfídricos (Madigan, 1988).

- *Sector Tilopozo*

El Sector Tilopozo en M1 registró la presencia discreta de tapetes asociados a rizomas, localizados en el sedimento de un cuerpo de agua somero ubicado en el punto TB-2. Sin embargo, en M2 se observó que la estación TB2 presentó un cuerpo de agua somero de poca extensión y que la zona cercana a esta poza, donde previamente en M1 se observó inundada y con tapetes, estaba desecada. Por lo demás, la poza somera en M2 no presentó tapetes. La desecación, entre otros factores es responsable de la discontinuidad

de tapetes (Urmeneta y Navarrete, 2000). Algunos sistemas lagunares temporales someros colonizados por tapetes microbianos experimentan cambios drásticos, pasan por etapas de sequía en verano y las comunidades bentónicas forman costras de sequía típicas, en las que los microorganismos sobreviven en una forma fisiológicamente inactiva (Guerrero y Wit, 1992).

De los factores relacionados con la limitada presencia de tapetes en M1, pueden corresponder a la escasa disponibilidad de luz (profundidad de la laguna y materiales en suspensión), presencia de macrofauna (predadores), abundante vegetación y tipo de sedimento (Van Gemerden, 1993). Sin embargo, la estación TB-2 presentó en M1 una condición particular relacionada con la profundidad de laguna (somera), escasa vegetación, ambiente muy alcalino (pH=9), entre otros factores, que favoreció el desarrollo de tapetes. En M2, TB-2 presentó una poza somera que no exhibió tapetes, y que además no se localizaba precisamente en la zona donde se registró previamente tapetes en M1, sino a pocos metros. Esta ausencia de tapetes en TB-2, en cuerpos de agua, puede relacionarse con algunas características que presentó el sistema tales como pH neutro (7,0), abundante vegetación, entre otras, y que contrasta con lo registrado en M1.

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, tanto en M1 como M2 se observaron microbialitos en el sector Peine, Laguna Interna (I-11), La Punta y la Brava (LP-23, LP-24, LB-1) y no se observó la presencia de evaporitas en todos los sectores.

De los parámetros físicos químicos, tanto para M1 como M2 los valores máximos de salinidad se observan en el Sector La Punta-La Brava. Respecto al oxígeno disuelto se registran los valores más bajos en el Sector La Punta-La Brava y Tilopozo en M1 y para M2 el valor mínimo se registra en La Punta y La Brava. La temperatura registrada presentó valor máximo de 33°C en M2 en el Sector Peine (14:45 horas), y en M1 el valor máximo fue de 25°C en el Sector Tilopozo (16:50 horas). Respecto a la radiación solar en M1, el valor máximo fue 2,85 MJ/m² y en M2, en tanto, fue 2,98 MJ/m². Durante M1 y M2 los valores máximos de turbiedad se registraron en el Sector Peine. Referente al pH, el Sector Tilopozo presentó el valor máximo de pH en M1 (9.0) y para M2 se detectó en el sector La Punta-La Brava (8,4).

Finalmente, es importante referirse a las características sobre estado de desarrollo del tapete y estructura de capas (número de capas), señaladas en los primeros párrafos. En teoría, los tapetes más desarrollados (maduros), que están en el clímax de sucesión, presentan una capa púrpura (Macro-zona Intermedia) y capas cohesivas de color café (Macro-zona Profunda), además de una superficie sólida del espesor y una capa verde oscuro (Macro-zona Sub-superficial) (Esteve *et al.*, 1992; Nicholson *et al.*, 1987). La presencia de una elevada estructuración y capas bien definidas, también pertenece a una condición de mayor desarrollo del tapete (Dupraz y Visscher, 2005; Armitage *et al.*, 2012). Los tapetes microbianos pueden continuar el desarrollo durante varios años y alcanzar estructura de varias capas cuando son menos afectados por interrupciones estacionales, es el caso de tapetes en ambientes hipersalinos (Bolhuis *et al.*, 2014). También las

condiciones protegidas favorecen la conversión de tapetes en estructuras más estables (Konhauser *et al.*, 2007). Estos aspectos pueden relacionarse con la presencia de tapetes maduros con elevada estructura de capas observados especialmente en el Sector de Peine, Laguna Salada, tanto en M1 como en M2.

12.3.1 Límites considerados en la evaluación de Tapetes Microbianos

Los tapetes microbianos son el resultado de gradientes físico-químicos y de la fisiología de los microorganismos contribuyentes (Stal *et al.*, 1981). Si bien se asume que el color de cada capa puede atribuirse a la composición de la comunidad microbiana, se debe precisar que la evaluación del comportamiento en el tiempo del tapete microbiano se entiende puntualmente como cambios visibles del aspecto físico del tapete, lo cual no permite establecer cambios a nivel comunitario ya que se requiere mayor resolución (composición, abundancia). Por lo tanto, los parámetros elegidos permiten señalar aproximaciones descriptivas referidas a la constancia de los tapetes y estado de madurez.

Al respecto, según comparación de dos condiciones estacionales contrastantes, se observa una estructura pigmentaria física similar con predominancia de tres macrozonas de pigmentación. Según lo descrito en literatura (Che *et al.*, 2001; Bolhuis *et al.*, 2014) y lo observado en M1 y M2, se observa una tendencia de estabilidad física de pigmentos de tapetes microbianos, que alcanza mayor desarrollo en periodos post-lluvia. Este periodo, además de que puede proporcionar un ambiente persistentemente húmedo o transitoriamente sumergido, puede ocasionar episodios de inundación del salar que lleva asociado la disolución de las costras salinas generadas en el ciclo evaporativo anterior, lo que provoca una acumulación de los iones más solubles en las zonas más deprimidas del salar. Esta situación es relevante en relación a la variación de salinidad en el sistema. La que también está relacionada con la tasa de evaporación elevada que caracteriza estos ambientes, especialmente en la estación de verano. En este aspecto, dada la concentración de salinidad registrada en ambas campañas y que fue mayor en verano, no se observa en general cambios drásticos en la estructura de pigmentación física de los tapetes, sin embargo, respecto a la estructura comunitaria no se puede determinar si existieron cambios ni detectar sucesiones de organismos en relación a aquellos que están menos o más adaptados a cambios de salinidad. Por lo demás, esto es relevante si se considera la actual variabilidad interanual de las precipitaciones en la zona, además de los futuros eventos interanuales como “El Niño”.

Respecto al oxígeno disuelto, señalar que los sitios inundados por largos períodos de tiempo pueden explicar parcialmente el desarrollo de un tapete, ya que la difusión de oxígeno es mayor en el aire que en el agua, y por consiguiente, durante la desecación, el oxígeno puede penetrar más profundamente en el tapete y es más difícil para las comunidades anoxigénicas desarrollarse (Mir *et al.*, 1991). En general, los valores de oxígeno en M2 se presentaron menores respecto a M1, y alcanzó valores mínimos en el

sector La Punta- La Brava en M2. Este sector en M2 no mostró cambios contratantes de presencia de tapetes en comparación a M1, observándose a su vez mayor constancia de tapetes con una morfología nueva, además de la descrita previamente en M1. Además la baja oxigenación del sector puede relacionarse con el aumento de la salinidad del sector, entre otros factores.

12.4 En relación con Suelo o Sustrato

En el siguiente acápite se efectúa la comparación de los resultados de laboratorio para los parámetros evaluados entre ambos monitoreos, como también para el nivel freático observado en terreno. El nivel freático observado es un indicador de la profundidad a la cual se encuentra el agua, aun cuando no necesariamente esta provenga de la napa freática, ya que en algunas condiciones ésta tiene su origen en escurrimientos superficiales y que por un impedimento del suelo (hardpan, duripan, entre otros) no permite que se infiltre.

12.4.1 Análisis de resultados campaña invierno 2016

En **Anexo Suelos o Sustrato**, se presenta el detalle de los resultados de los análisis de laboratorio realizados en invierno 2016 para los diferentes parámetros de suelo.

12.4.1.1 *Materia Orgánica*

Para el área de estudio la materia orgánica varía entre 0,418 a 15,019 % (muy bajo a muy alto). Los valores **muy bajo** se presentan en los puntos S 3 (VLP3) sector La Punta, S 10-1 (VTM1) y S 12-1 (VB02) en Peine y S1 (VT6), S2 (VT5), S9-1 (VT3) y S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo (**Figura N° 12-5**), los cuales se presentan en terrenos con escasa o nula vegetación superficial, exceptuando los punto S 12-1 y S 13-2, en el primero la vegetación existente es del tipo arbustivo y la presencia de agua en superficie es muy escasa, dado la poca retención de esta en el perfil, esto determina que descomposición de los restos vegetales sea muy baja. En cambio, en el segundo punto de muestreo a pesar de la alta cobertura vegetal, el aporte que esta hace en profundidad es escaso.

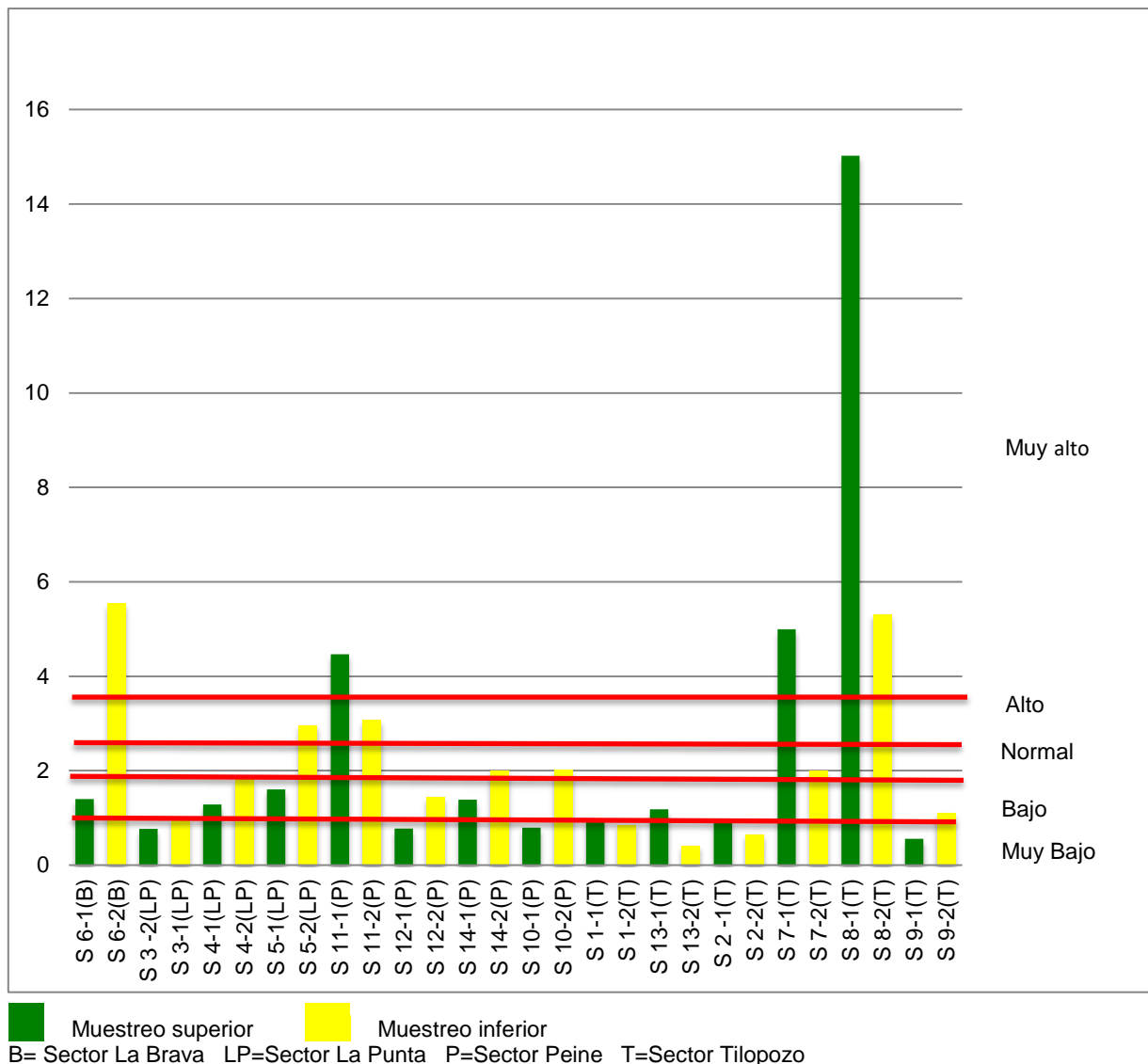
Los porcentajes **bajo** de materia orgánica fueron determinados en los puntos S 6-1 (VLB2, La Brava), S 4 (VLP2) y S 5-1 (VLP1) sector La Punta, como también en los puntos S 12-2 (VB02) y S 14-1 (VB03) en Peine, y S 7-2 (VT1), S 9-2 (VT3) y S13-1 (VT4) sector de Tilopozo. En cambio, los valores **normales** se presentan en los puntos S 14-2 (VB03) y S 10-2 (VTM1), ambos en el sector de Peine, y lo valores **altos** se determinaron en los puntos S 5-2 (VLP1, La Punta) y S 11-2 (VB01, Peine), ver **Figura N° 12-5. Análisis de resultados materia orgánica (%)- Invierno 2016.**

Mientras que los valores **muy alto** se presentan en los puntos S 11-1 (VB01, Peine), S 7-1 (VT1), S 8 (VT2) sector de Tilopozo y S 6-2 (VLB02, La Brava), los cuales se asocian a

principalmente a sectores con alta cobertura vegetal, excepto el punto S 6-2, donde a pesar de la ausencia total de vegetación lo que se verifica con un nivel bajo de MO en superficie, pero en profundidad este es muy alto, lo que se podría explicar en que en algún momento existió vegetación abundante en el área, la cual pudo haber sido cubierta completamente por algún fenómeno natural (aluvión, aumento brusco de agua u otro), lo que determinó que la vegetación existente quedase enterrada.

Los valores normal y alto son muy escasos en el área, los cuales se dan en profundidad, lo que implicaría la existencia de vegetación descompuesta a ese nivel (aproximadamente 60 cm de profundidad), la cual fue cubierta y enterrada.

Figura N° 12-5. Análisis de resultados materia orgánica (%)- Invierno 2016.



12.4.1.2 pH

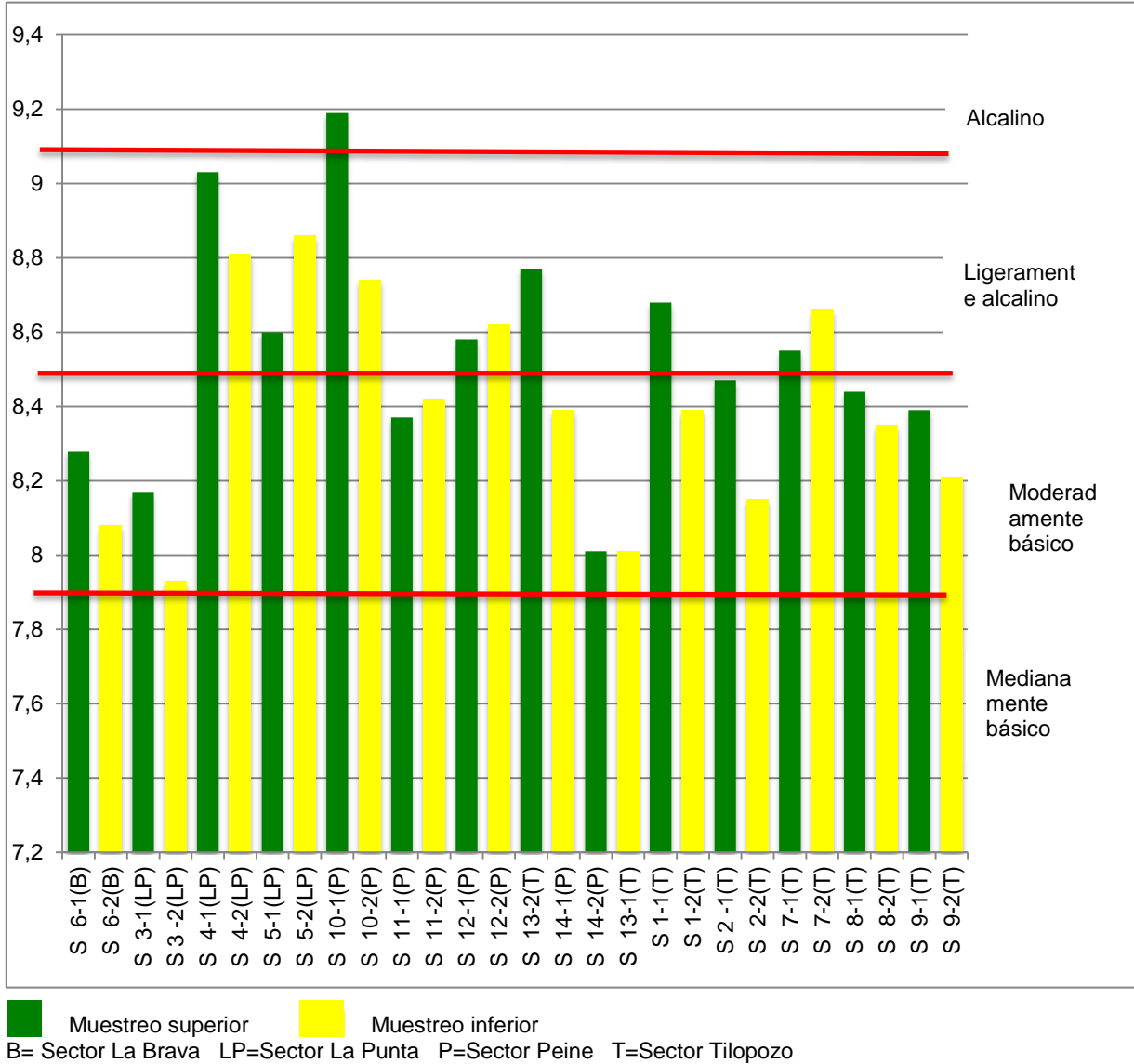
En general para el área de estudio, el pH varía de moderadamente básico a alcalino (7,93 a 9,19), siendo **moderadamente básico** en los puntos S 6 (VLB2) sector de La Brava, S 3 (VLP3) La Punta, como también en los puntos S 11 (VB01) y S 14 (VB03) en Peine y S 1-2 (VT6), S 2 (VT-5), S 8 (VT2), S 9 (VT3) y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo (**Figura N° 12-6.**)

Mientras que, el pH **ligeramente alcalino** se presenta en los sectores de La Punta en los puntos S 4 (VLP2) y S 5 (VLP1), mientras que en Peine se presenta en los puntos S 10-2 (VTM1) y S 12 (VB02), y en Tilopozo en los muestreo realizados en los puntos S 1-1 (VT-6), S 7 (VT1), y S 13-2 (VT4). Finalmente, el pH **alcalino** se determinó en el punto S 10-1 (VTM1) en Peine (**Figura N° 12-6.**)

Tal como se indica en los párrafos anteriores y en general, el pH no está en función del sector e incluso en un mismo perfil éste puede variar, dado que el pH en el suelo se encuentra en función principalmente del material parental, vegetación, hidrología y manejo cultural del área (riego, fertilizantes y otros).

Además, se debe considerar que entre mayor es el número de puntos de muestreo mayor será la variación de este parámetro.

Figura N° 12-6. Análisis de resultados para pH. Invierno 2016.



12.4.1.3 Salinidad

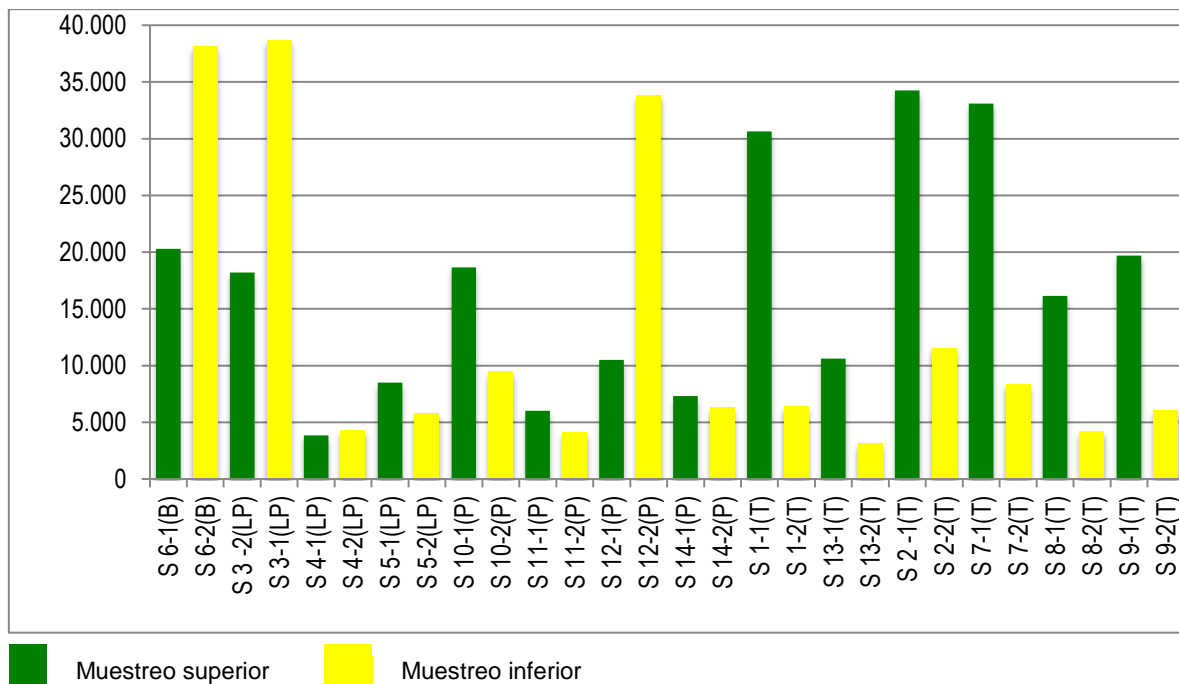
Para el área de estudio los contenidos de sales varían de 3.150 a 38.650 mg/kg. Los valores **menores** (inferior a 5.000 mg/kg) se presentan en los puntos S 8-2 (VT2) y S 13-2 (VT4)) sector de Tilopozo; S 4 (VLP2, La Punta) y S 11-2 (VB01) en Peine, ver **Figura N° 12-7**.

Las concentraciones **superiores a 30.000 mg/kg**, se detectaron en los puntos S 1-1 (VT6), S 2-1 (VT5) y S 7-1 (VT1) sector de Tilopozo, S 12-2 (VB02) en Peine, S 6-2 (VLB02, La Brava y S 3-1 (VLP3) sector La Punta. Valores intermedios se presentan en los diferentes sectores evaluados (**Figura N° 12-7**).

Se considera que para el área el factor principal de aporte salino a los suelos es el material parental, asociado a la evaporación del agua, ya que las concentraciones mayores se encuentran principalmente en suelos sin nivel freático superficial, excepto en el punto S 3-1 (VLP3, La Punta), aun cuando el nivel freático se presenta a los 30 cm.

Las menores concentraciones en general se asocian a suelos con nivel freático sub superficial. Además, en algunos puntos las concentraciones entre ambos puntos de muestreo presentan una variación muy importante. Por lo tanto, para el área y con la información disponible no existe un factor único y común que determine la salinidad de los suelos.

Figura N° 12-7. Análisis de resultados para Salinidad (mg/kg).– Invierno 2016.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

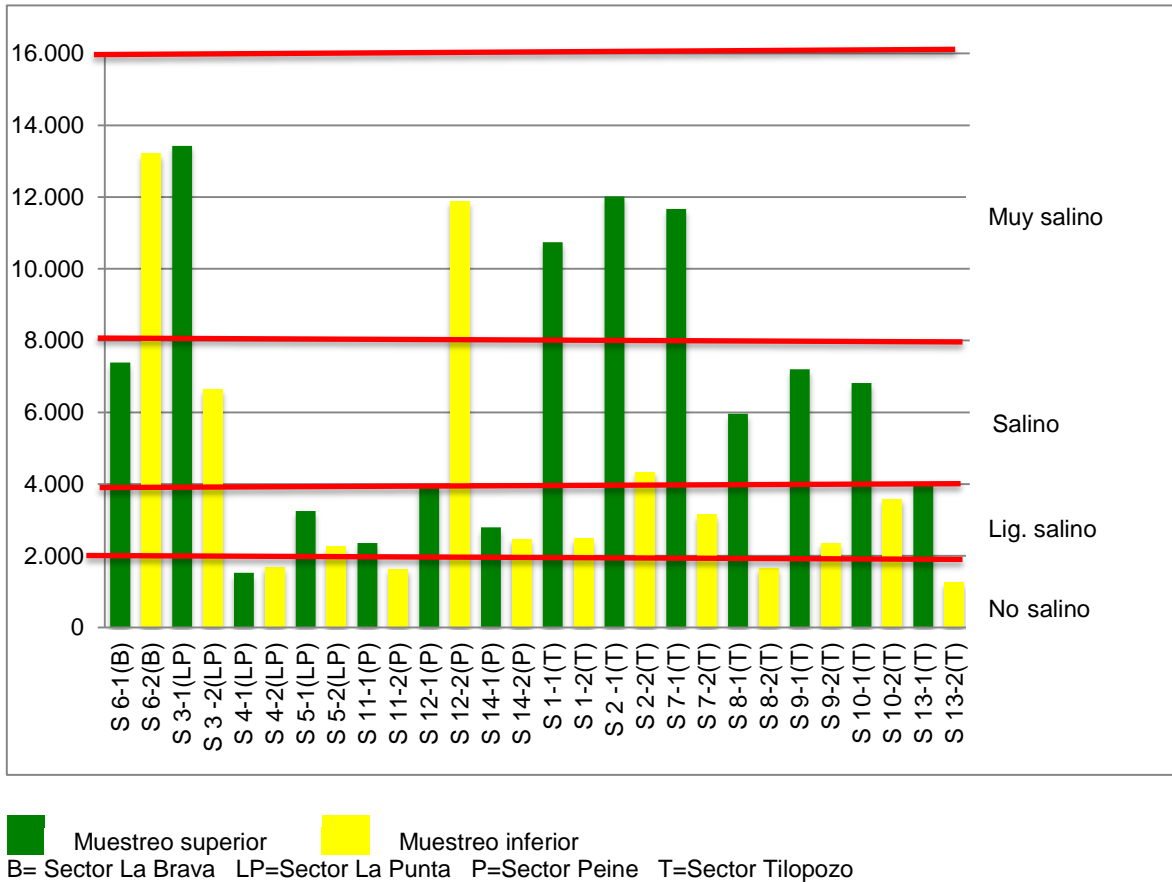
12.4.1.4 Conductividad Eléctrica

Para el área de estudio, el punto de muestreo S 4 (VLP2) sector la Punta corresponde a un **suelo no salino**, esta misma condición se presenta además en profundidad en los puntos S 8-2 (VT2) y S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo y S 11-2 (VB01, Peine). Mientras que, en los puntos S 5 (VLP1, La Punta), S 1-2 (VT6), S 7-2 (VT1), S 9-2 (VT3) en Tilopozo y en Peine los puntos S 10-2 (VTM-1), S 11-1 (VB01), S 12-1 (VB02) y S 14 (VB03), los suelos son **ligeramente salinos (Figura N° 12-8)**.

Los suelos **salinos** corresponden a los puntos S 2-2 (VT5), S 8-1 (VT2), S 9-1 (VT3), y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo, como también en los puntos S 10-1 (VTM1) en Peine, S 6-1 (VLB2) La Brava y S 3-2 (VLP3, La Punta). En cambio, en los puntos S 1-1 (VT6), S 2-1 (VT5) y S 7-1 (VT1) en Tilopozo, además de los puntos S 12-2 (VB02, Peine), S 6-2 (VLB02, La Brava) y S 3-1 (VLP3, La Punta), donde los suelos son **muy salinos (Figura N° 12-8)**.

La conductividad eléctrica está en función exclusivamente de las sales solubles presentes en la solución suelo, por lo tanto, no existe una relación de la conductividad con la localización de los puntos, ya que en un mismo sector esta es muy variable.

Figura N° 12-8. Análisis de resultados conductividad eléctrica (uS/cm)- Invierno 2016.



12.4.1.5 Humedad

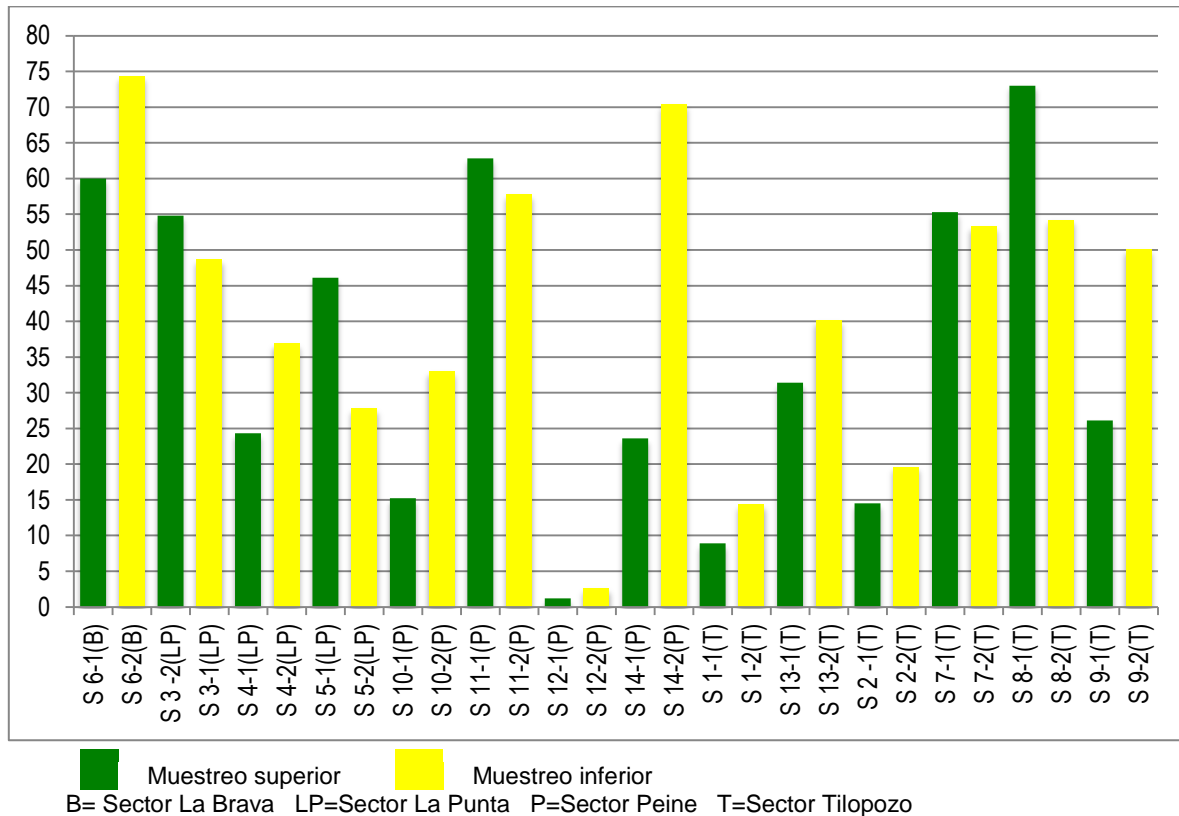
Para el área, los suelos con **menor porcentaje** de humedad (inferior a 10%) corresponden al punto S 12 (VB02, Peine) y S 1-1 (VT6, Tilopozo), los cuales están asociados a suelo de texturas muy gruesas (arenosa), siendo estos lo que retienen menor la humedad debido a la cantidad y tamaño de los poros (**Figura N° 12-9**).

Con un **porcentaje mayor o igual** a 50% de humedad, se presenta los suelos asociados a texturas francas o con componente franco (texturas medias), correspondiendo a los puntos S 6 (VLB2, La Brava), S 3-2 (VLP3, La Punta), S 11 (VB01) y S 14-2 (VB03) sector de Peine, como también los puntos S 7 (VT1) y S 8 (VT2) y S 9-2 (VT3) sector de Tilopozo (**Figura N° 12-9**).

En los restantes puntos distribuidos en los sectores de Tilopozo, Peine y La Punta, la humedad varía entre 14,3 a 48,7%, con suelos de texturas muy gruesas (arenosa) gruesas (areno francosa) media (franco y franco limosa) y moderadamente finas (franco arcillosa), ver **Figura N° 12-9**.

Al respecto, es importante recalcar que aquellos suelos con texturas gruesas y muy gruesas, con alta humedad, se debe a que en su composición presentan además de arena, limo y/o arcillas, en un porcentaje muy bajo, pero que le permite aumentar la retención de agua en los poros.

Figura N° 12-9. Análisis de resultados humedad (%) – Invierno 2016.



12.4.1.6 Nutrientes

a) Nitrógeno

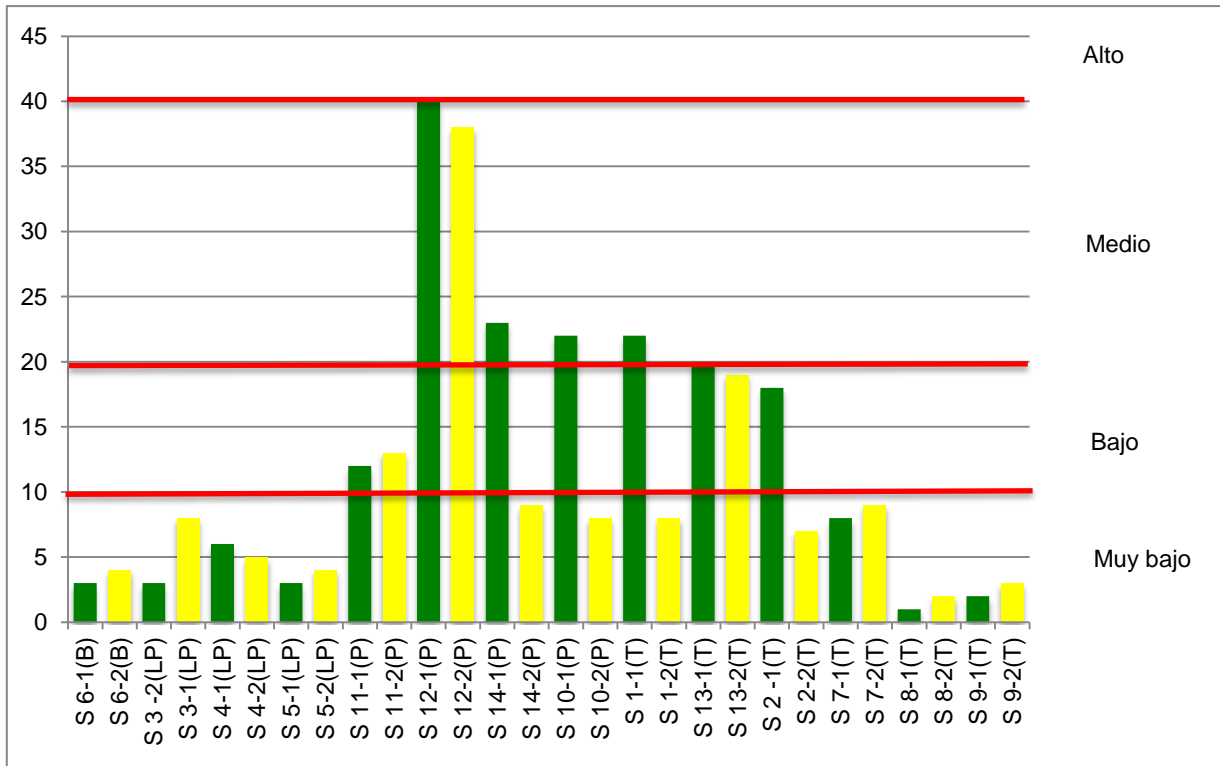
Para el área de estudio, **valores muy bajo** (inferior a 10 mg/kg) de nitrógeno disponible se presentan en un 64,3% de los puntos de muestreo, siendo estos el S 6 (VLB2, La Brava) y S 3 (VLP3), S 4 (VLP2) y S 5 (VLP1) sector de La Punta, como también en los puntos S 14-2 (VB03) y S 10-2 (VTM1) en Peine, además de los puntos S 1-2 (VT6), S 2-2 (VT5), S 7 (VT1), S 8 (VT2) y S 9 (VT3) en Tilopozo (**Figura N° 12-10**).

En un 14,3% de los puntos de muestreo se determinaron **valores bajo** de nitrógeno (10,1 a 20 mg/kg), siendo los puntos S1 1 (VB01, Peine), como también S 2-1 (VT5), S 13-1 (VT4) y S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo. Mientras que, **valores medio** (20,1 a 40 mg/kg) se presentan en los puntos S 1-1 (VT6) en Tilopozo, S 10-1 (VTM1), S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03) sector de Peine correspondiendo a un 21,4% del total (**Figura N° 12-10**).

En general, son varios los factores que determinan el nitrógeno disponible, por lo tanto, no es posible definir cuál de ellos determina la disponibilidad. Lo que sí se puede señalar es que la materia orgánica, no está relacionada con el nitrógeno en el área, dado que el punto S 12-1 (VB02) con mayor valor de nitrógeno (40 mg/kg) presenta uno de los valores más bajos de materia orgánica (0,775 %), y en el punto S 8-1 (VT-2) con un 1% de nitrógeno la materia orgánica es la mayor del área (15,019%), ver **Figura N° 12-10**

Un factor a analizar es la estacionalidad del muestreo, lo cual se podrá determinar a futuro en el seguimiento de las campañas estacionales.

Figura N° 12-10. Análisis de resultados nitrógeno (mg/kg) – Invierno 2016.

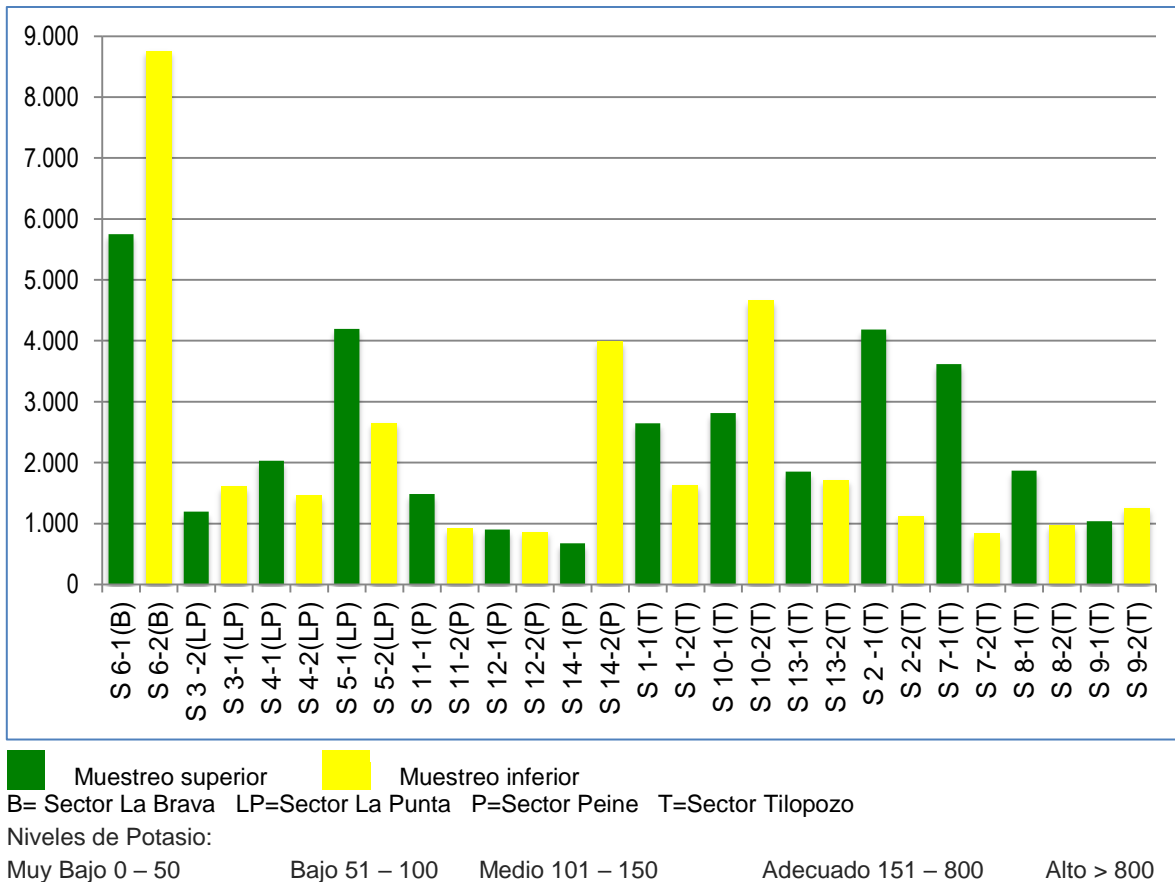


Muestreo superior
 Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

b) Potasio

Para el área de estudio el potasio disponible varía entre 677,3 a 8.762,7 mg/kg., siendo **adecuado** sólo en el punto S 14-1 (VB03, Peine) y los restante puntos la disponibilidad de potasio es **alta** (Figura N° 12-11).

Figura N° 12-11. Análisis de resultados potasio (mg/Kg.) – Invierno 2016.

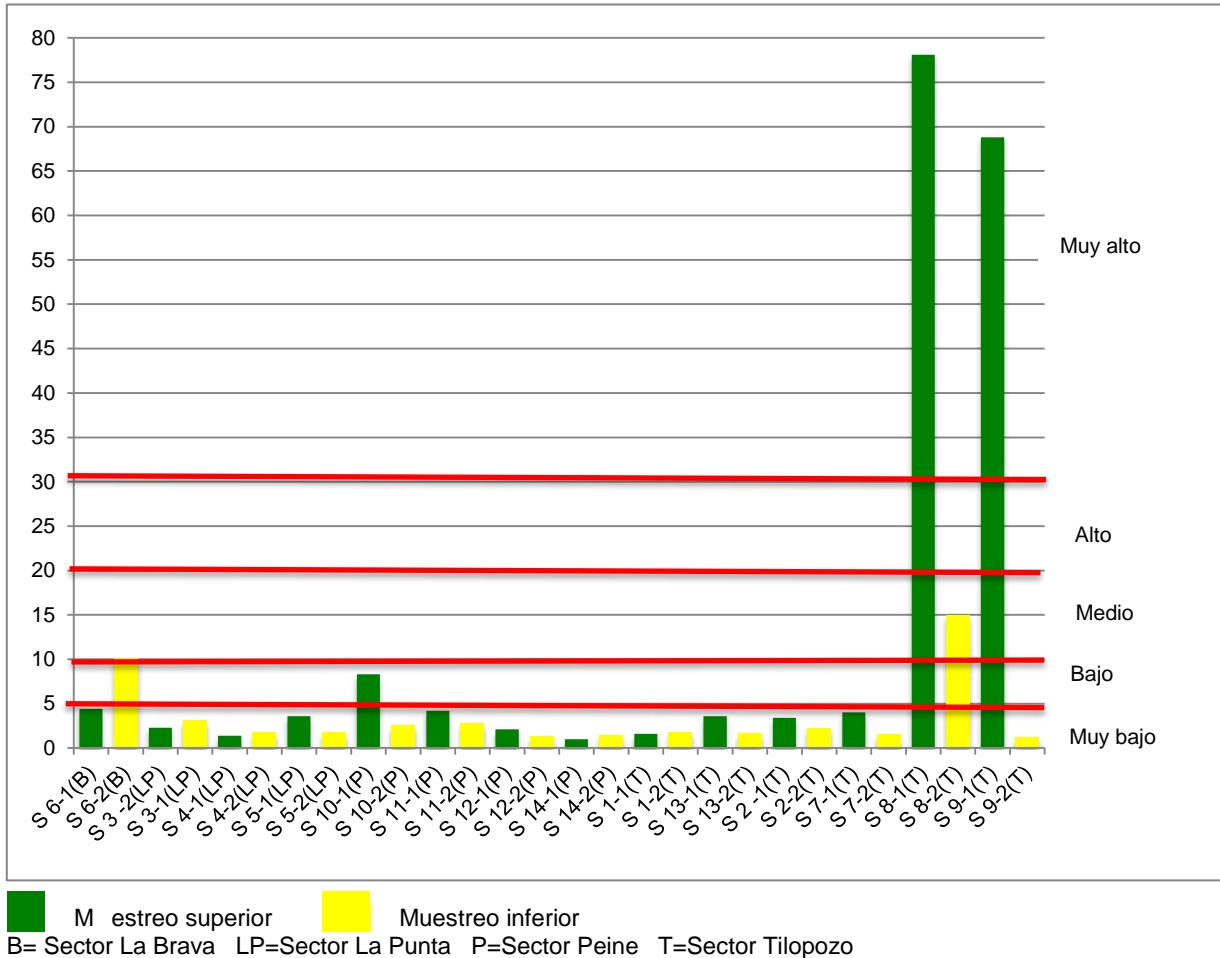


c) Fósforo

Para el área los valores de fósforo varían entre 1 a 78 mg/kg (ppm), presentándose **valores muy bajo** ($\leq 5,0$) en un 82,2% de los muestreos correspondiendo estos a los puntos S6-1 (VLB2, La Brava), S3 (VLP3), S4 (VLP2), S5 (VLP1) sector de La Punta, como también en los puntos S11 (VB01), S12 (VB02), S10-2 (VTM1) y S14 (VB03) en Peine y en Tilopozo en los puntos S1 (VT6), S2 (VT5), S7 (VT1), S9-2 (VT3) y S13 (VT4). En un 7,1% los valores determinados son **bajo** (5,1 a 10 mg/kg.) siendo los puntos S10-1 (VTM1, Peine) y S6-2 (VLB2, La Brava), ver **Figura N° 12-12.**

Mientras que, en un 3,6% de los puntos correspondiendo al S8-2 (VT2, Tilopozo) se detectó un **valor medio** (10,1 a 20 mg/kg.) y finalmente en un 7,1% los valores son *muy alto* ($\geq 30,1$), correspondiendo a los puntos S9-1 (VT3) y S8-1 (VT2) en Tilopozo (**Figura N° 12-12**).

Figura N° 12-12. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg) - Invierno 2016.



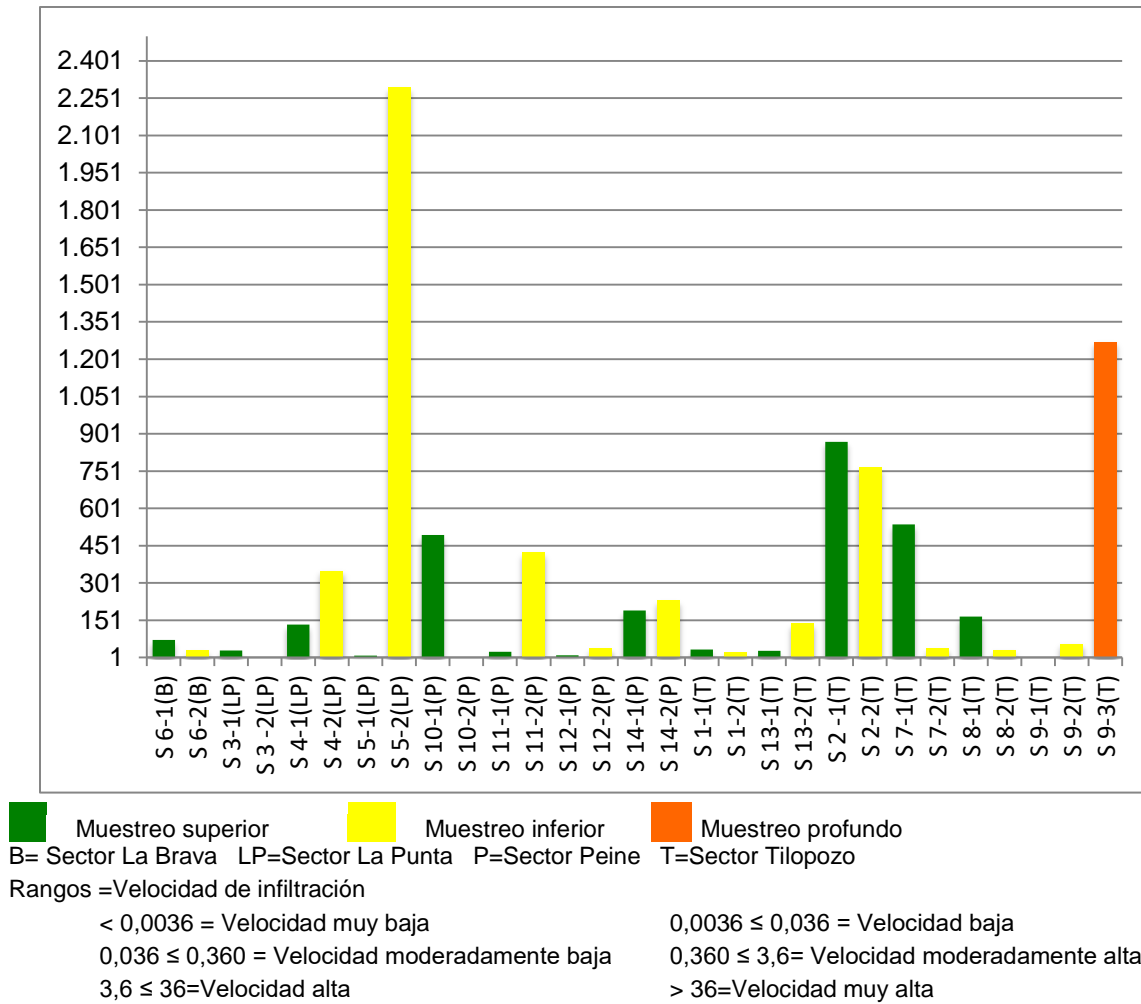
12.4.1.7 Conductividad hidráulica o Permeabilidad

Para el área de estudio, en los puntos S 3-2 (VLP-3, La Punta) y S 9-1 (VT-3, Tilopozo), no se tomaron muestras para permeabilidad, dado que el horizonte estaba conformado exclusivamente por sal sin cohesión.

Respecto a la velocidad de infiltración del agua, para el área en el punto S 10-2 (VTM1, Peine) esta es **muy baja**, mientras que en los puntos S 1 (VT6), S 13-1 (VT4) y S 8-2

(VT2) sector de Tilopozo, como también S 3-1 (VLP3) y S 5-1 (VLP1) La Punta), S 6-2 (VLB2, La Brava), como también S 11-1 (VB01) y S 12-1 (VB02) en Peine, donde la velocidad de infiltración es **alta** (entre 3,6 a 35,9 cm/h). Mientras que, en los puntos restantes, que abarcan los 3 sectores del área en estudio (Peine, Tilopozo, La Punta La Brava) la velocidad promedio es **muy alta** (superior a 35,9 cm/h), ver **Figura N° 12-13**.

Figura N° 12-13. Análisis de resultados permeabilidad (cm/h). Invierno 2016.



12.4.2 Análisis de resultados campaña verano 2017

En **Anexo Suelos o Sustrato**, se presenta el detalle de los resultados de los análisis de laboratorio realizados en verano 2017 para los diferentes parámetros de suelo.

12.4.2.1 Materia Orgánica

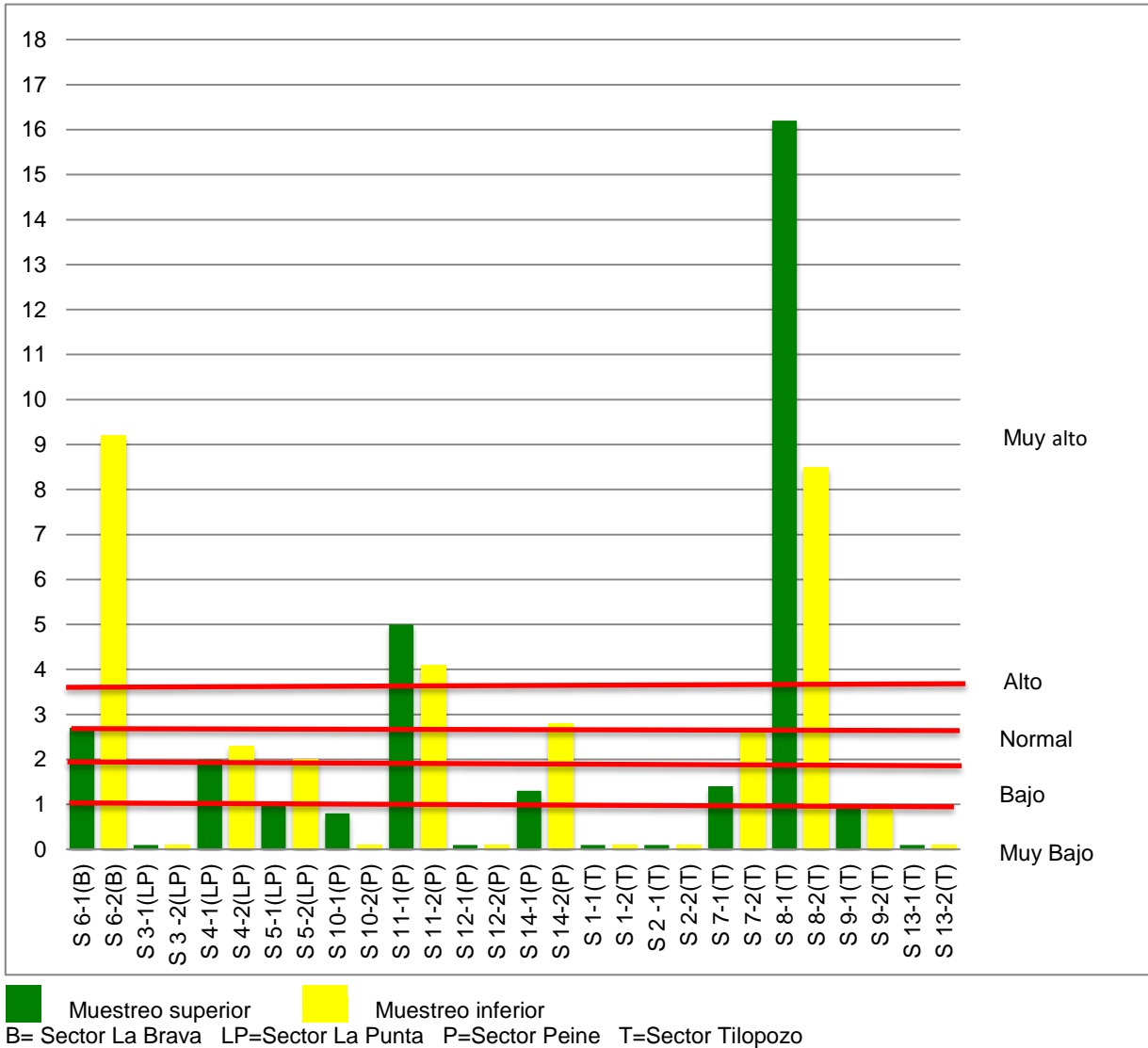
Para el área de estudio el porcentaje de materia orgánica varía entre valores inferior a 0,1 y 16,2% (muy bajo a muy alto).

Del total de puntos, en 14 los valores son **muy bajo** (inferior 0,9%), y en 11 de ellos los valores son inferior a 0,1% (siendo este el límite detectable), correspondiendo al punto S 3 (VLP3) sector La Punta, S 10-2 (VTM1) y S 12 (VB02) Peine, y S 1 (VT6), S 2 (VT5), S 13 (VT4) en el sector de Tilopozo, en cambio el puntos S 9 (VT3, Tilopozo) y S 10-1 (VTM1, Peine), los porcentajes corresponden a 0,9 y 0,8%, respectivamente (**Figura N° 12-14**).

Los porcentajes **bajo** de materia orgánica fueron determinados en los puntos S 5-1 (VLP1) sector La Punta, S 7-1 (VT1) sector de Tilopozo y S 14-1 (VB03) Peine. En cambio, los valores **normales** se presentan en los puntos S 4 (VLP2) y S 5-2 (VLP1) ambos en el sector La Punta, y S7-2 (VT1) sector de Tilopozo. Los valores **altos** fueron registrados en el puntos S 6-1 (VLB2) sector La Brava, S 7-2 (VT1) en Tilopozo y S 14-2 (VB03) Peine, **Figura N° 12-14**).

Mientras que los valores **muy alto** se presentan en los puntos S 11 (VB01, Peine), S 6-2 (VLB02) La Brava y S 8 (VT2) sector de Tilopozo, ver **Figura N° 12-14**.

Figura N° 12-14. Análisis de resultados para materia orgánica (%) – Verano 2017.



12.4.2.2 pH

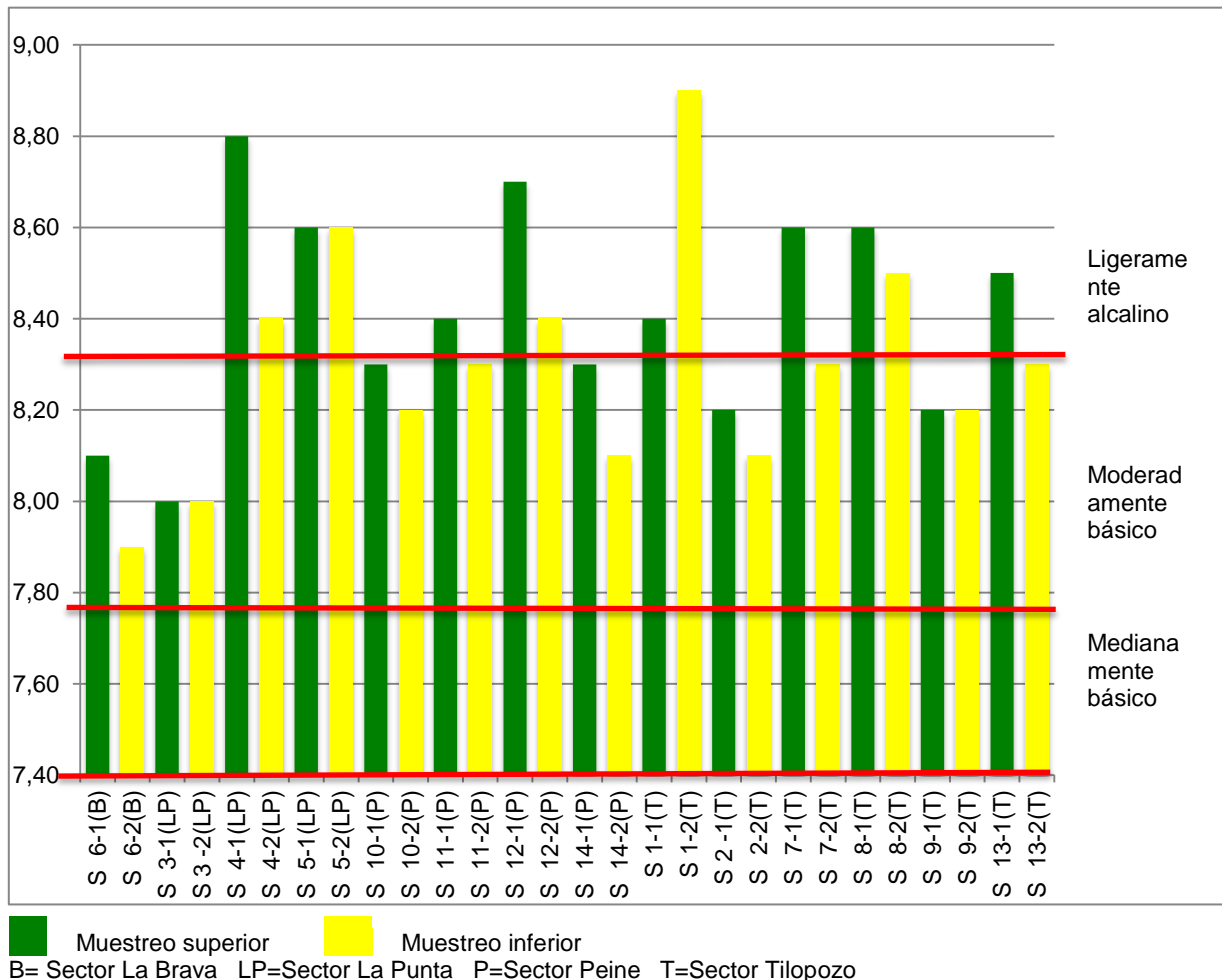
En general para el área de estudio, el pH varía de moderadamente básico a ligeramente alcalino (7,9 a 8,9), siendo **moderadamente básico** en los puntos S 6 (VLB2) sector de La Brava, S 3 (VLP3) y S 4-2 (VLP2) La Punta, como también en los puntos S 10 (VTM1), S 11 (VB01), S 14 (VB03) y S 12-2 (VB02) en Peine, como también en S 1-1 (VT6), S 2 (VT5), S 7-2 (VT-1), S 9 (VT3) y S13-2 (VT4), sector de Tilopozo (**Figura N° 12-15. Análisis de resultados para pH. Verano 2017.**)

Mientras que, el pH **ligeramente alcalino** se presenta en los sectores de La Punta en los puntos S 4-1 (VLP2) y S 5 (VLP1), mientras que en Peine se presenta en el punto S 12-1 (VB02) y en Tilopozo en los muestreo realizados en los puntos S 1-2 (VT-6), S 7-1 (VT1), S 8 (VT2) y S 13-1 (VT4), **Figura N° 12-15. Análisis de resultados para pH. Verano 2017.**

Tal como se observa en la **Figura N° 12-15. Análisis de resultados para pH. Verano 2017.**

Además, se debe considerar que entre mayor es el número de puntos de muestreo mayor será la variación de este parámetro.

Figura N° 12-15. Análisis de resultados para pH. Verano 2017.



12.4.2.3 Salinidad

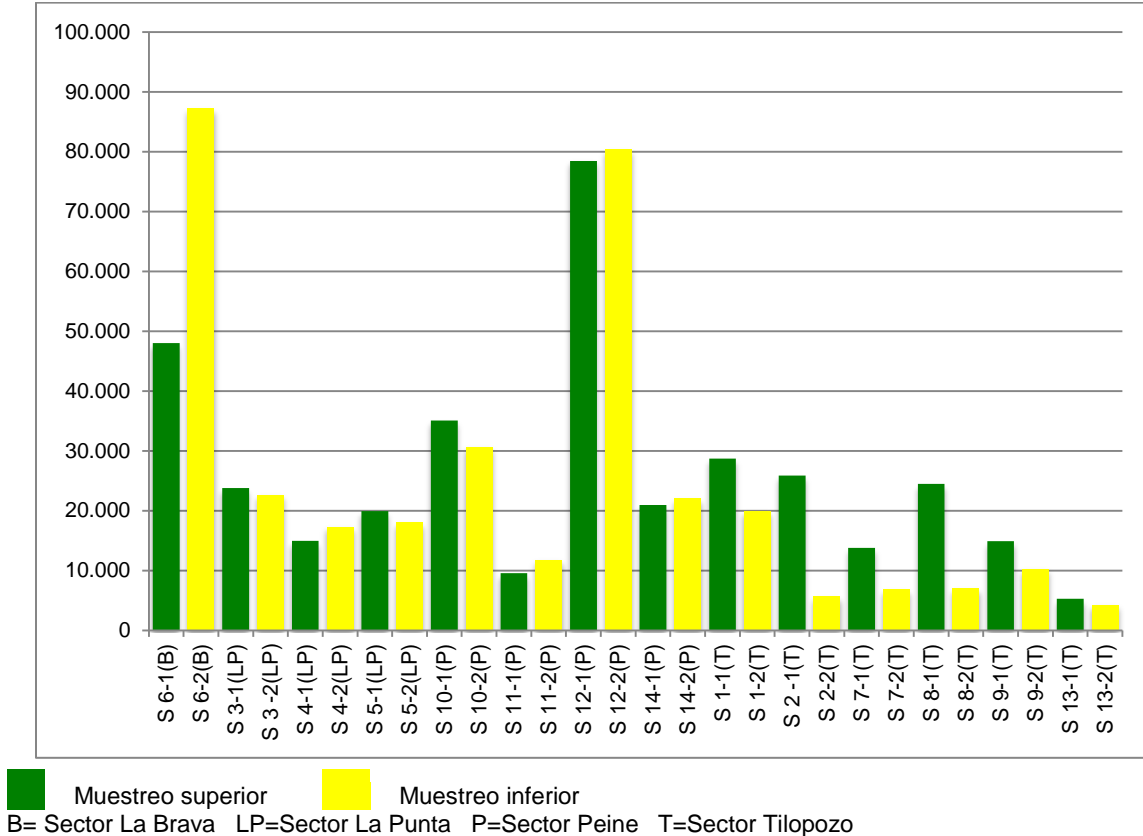
Para el área de estudio los contenidos de sales varían de 4.254 a 87.202 mg/kg materia seca. Los valores **menores** (inferior a 10.000 mg/kg) se presentan en los puntos S 2-2 (VT5), S 7-2 (VT1), S 8-2 (VT2) S 13 (VT4) sector de Tilopozo y S 11-1 (VB01, Peine), ver Figura N° 1-13.

Las concentraciones **superiores** a 50.000 mg/kg, se detectaron en los puntos S 12 (VB02) en Peine y S 6-2 (VLB02, La Brava. Valores intermedios se presentan en los diferentes sectores evaluados (**Figura N° 12-16**).

Se considera que para el área el factor principal de aporte salino a los suelos es el material parental, asociado a la evaporación del agua, ya que las concentraciones mayores se encuentran principalmente en sectores con un horizonte salino en superficie.

Las menores concentraciones en general se asocian a suelos con nivel freático sub superficial o en profundidad, y en el borde del salar. Además, en algunos puntos las concentraciones entre ambos puntos de muestreo presentan una variación muy importante. Por lo tanto, para el área y con la información disponible no existe un factor único y común que determine la salinidad de los suelos.

Figura N° 12-16. Análisis de resultados para salinidad (mg/kg). Verano 2017.



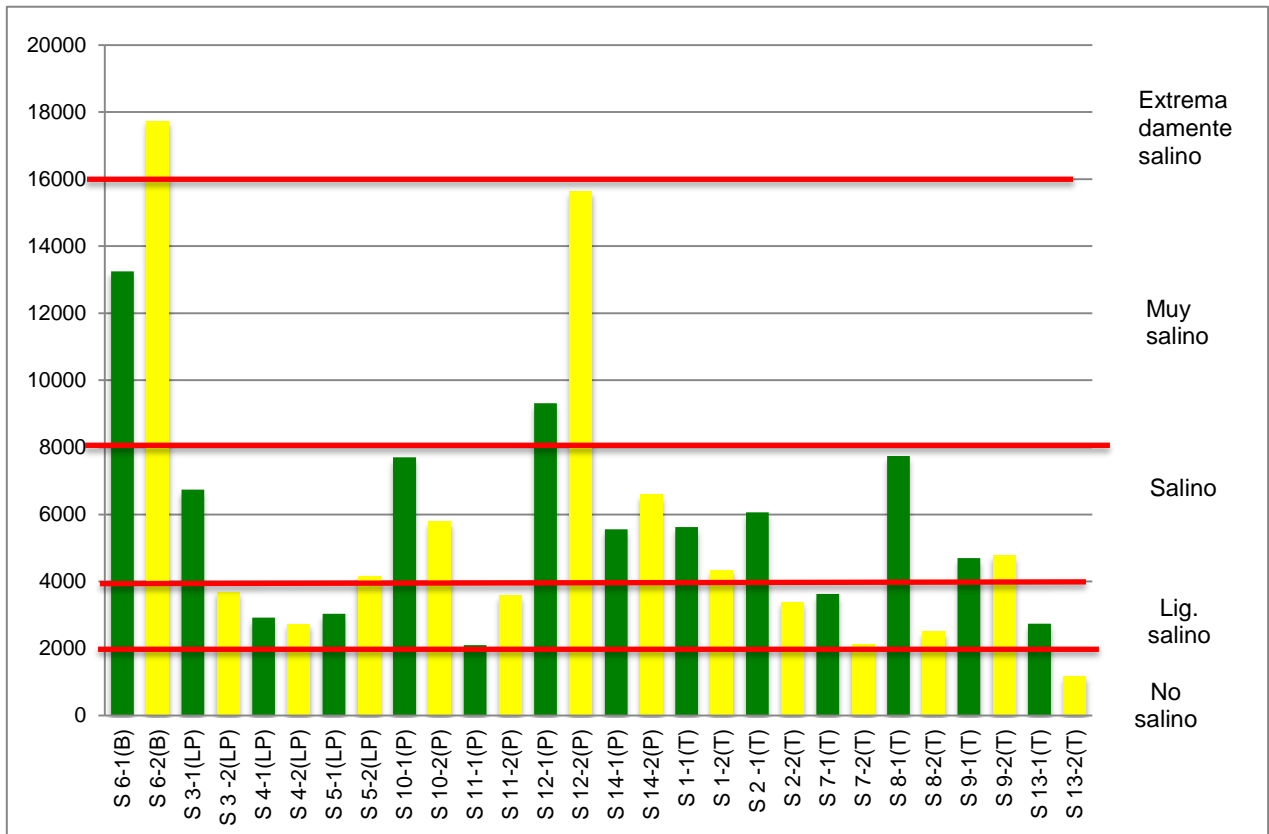
12.4.2.4 Conductividad Eléctrica

Para el área de estudio, el punto de muestreo S 13-2 (VT4) sector Tilopozo corresponde a un **suelo no salino**. Mientras que, en los puntos S 3-2 (VLP3), S 4 (VLP2) y S 5-1 (VLP1) en el sector La Punta, como también S 7 (VT1), S 2-2 (VT5), S 8-2 (VT2) y S 13-1 (VT4) en Tilopozo y en Peine el punto S 11 (VB01), los suelos son **ligeramente salinos** (Figura N° 12-17).

Para el área, los suelos **salinos** corresponden a los puntos S 1 (VT6), S 2-1 (VT5), S 9 (VT3) y S 8-1 (VT2) sector de Tilopozo, como también en el puntos S 10 (VTM1) y S 14 (VB03) en Peine, además de S 3-1 (VLP3) y S 5-2 (VLP1) La Punta. En cambio, en el punto S 12 (VB02, Peine) y S 6-1 (VLB02, La Brava) los suelos son **muy salinos** (Figura N° 12-17). Mientras que, en el punto S 6-2 (VLB02, La Brava), el suelo es **extremadamente salino**.

La conductividad eléctrica está en función exclusivamente de las sales solubles presentes en la solución suelo, por lo tanto, no existe una relación de la conductividad con la localización de los puntos, ya que en un mismo sector esta es muy variable.

Figura N° 12-17. Análisis de resultados para conductividad eléctrica (uS/cm)-Verano 2017.



■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

12.4.2.5 Humedad

Para el área, los suelos con **menor porcentaje de humedad** (inferior a 10%) corresponden al punto S 12-1 (VB02, Peine) el cual se asocia a suelo de texturas medias (**Figura N° 12-18**).

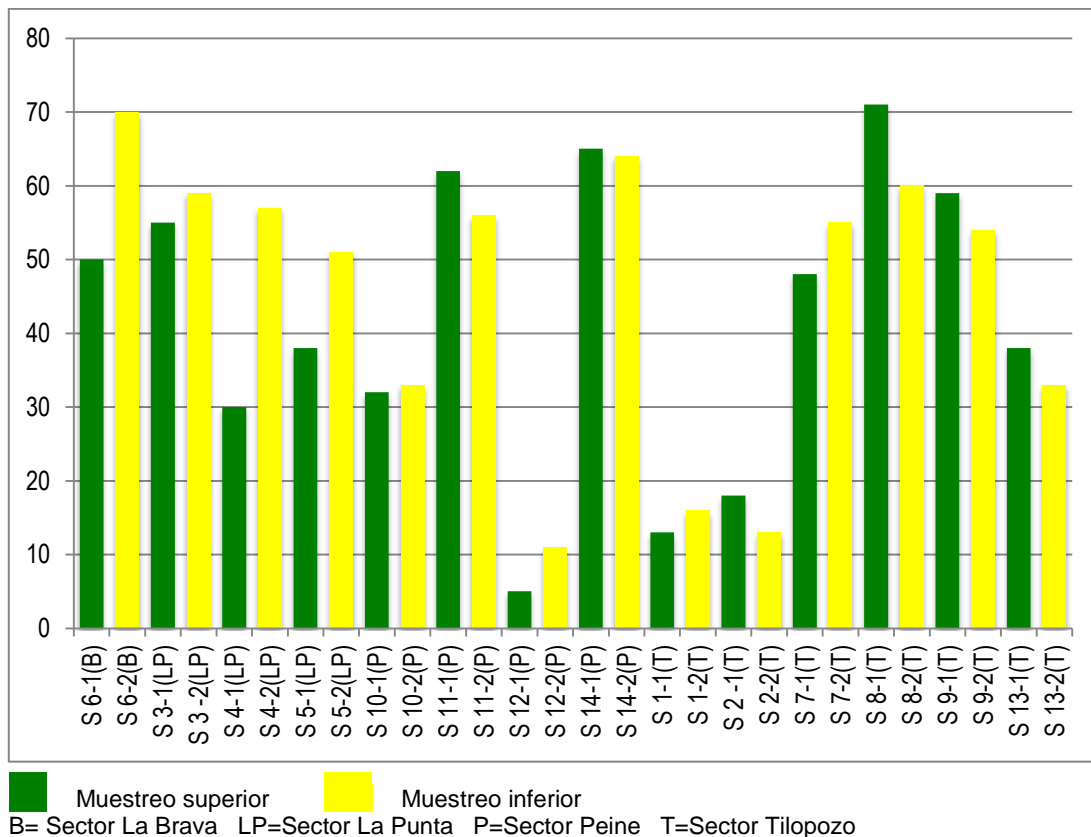
Con un porcentaje mayor a 50% de humedad, se presenta los suelos asociados a texturas francas o con componente franco (texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas), correspondiendo a los puntos S 3 (VLP3), S 4-2 (VLP2) y S 5-2 (VLP1) sector

La Punta; S 7-2 (VT1), S 8 (VT2) y S 9 (VT3) sector de Tilopozo, S 6 (VLB-2) La Brava, y finalmente los puntos S 11 (VB01) y S 14 (VB03) en el sector de Peine (**Figura N° 12-18**).

En los restantes puntos distribuidos en los sectores de Tilopozo, Peine y La Punta, la humedad varía entre 11 a 48%, con suelos de texturas gruesas (areno francosa), moderadamente gruesas (franco arenosa) media (franco), moderadamente finas (franco arcillo limosa, franco arcillosa) y muy finas (arcillosa), ver **Figura N° 12-18**.

Al respecto, es importante recalcar que aquellos suelos con texturas gruesas y moderadamente gruesas, con alta humedad, se debe a que en su composición presentan además de arena, limo y/o arcillas, en un porcentaje muy bajo, pero que le permite aumentar la retención de agua en los poros.

Figura N° 12-18. Análisis de resultados para humedad (%)-Verano 2017.



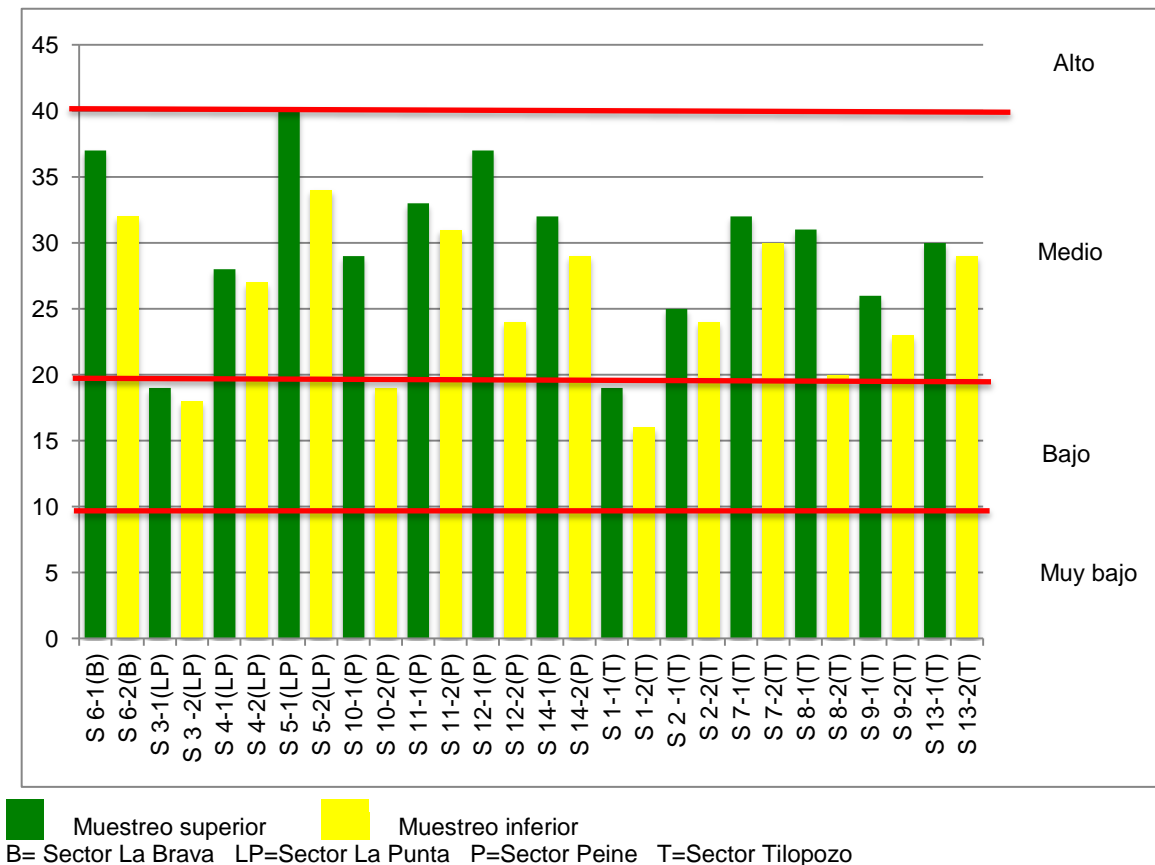
12.4.2.6 Nutrientes

a) Nitrógeno

De acuerdo con los resultados de laboratorio para las muestras tomadas durante el Monitoreo 2, en un total de 6 el nitrógeno disponible se encuentra en el rango de **bajo**, cuyos valores que fluctúan entre 16 y 20 mg/kg, correspondiendo a los puntos S 1 (VT6) y S 8-2 (VT2) en el sector de Tilopozo, como también las muestras S 3 (VLP3, La Punta) y S 10-2 (VTM1, Peine), ver **Figura N° 12-19**.

En las restantes muestras, el rango de nitrógeno disponible se encuentra en **valores medios** y los valores mínimos y máximos son 23 y 40, respectivamente (**Figura N° 12-19**).

Figura N° 12-19. Análisis de resultados para nitrógeno (mg/kg)-Verano 2017.

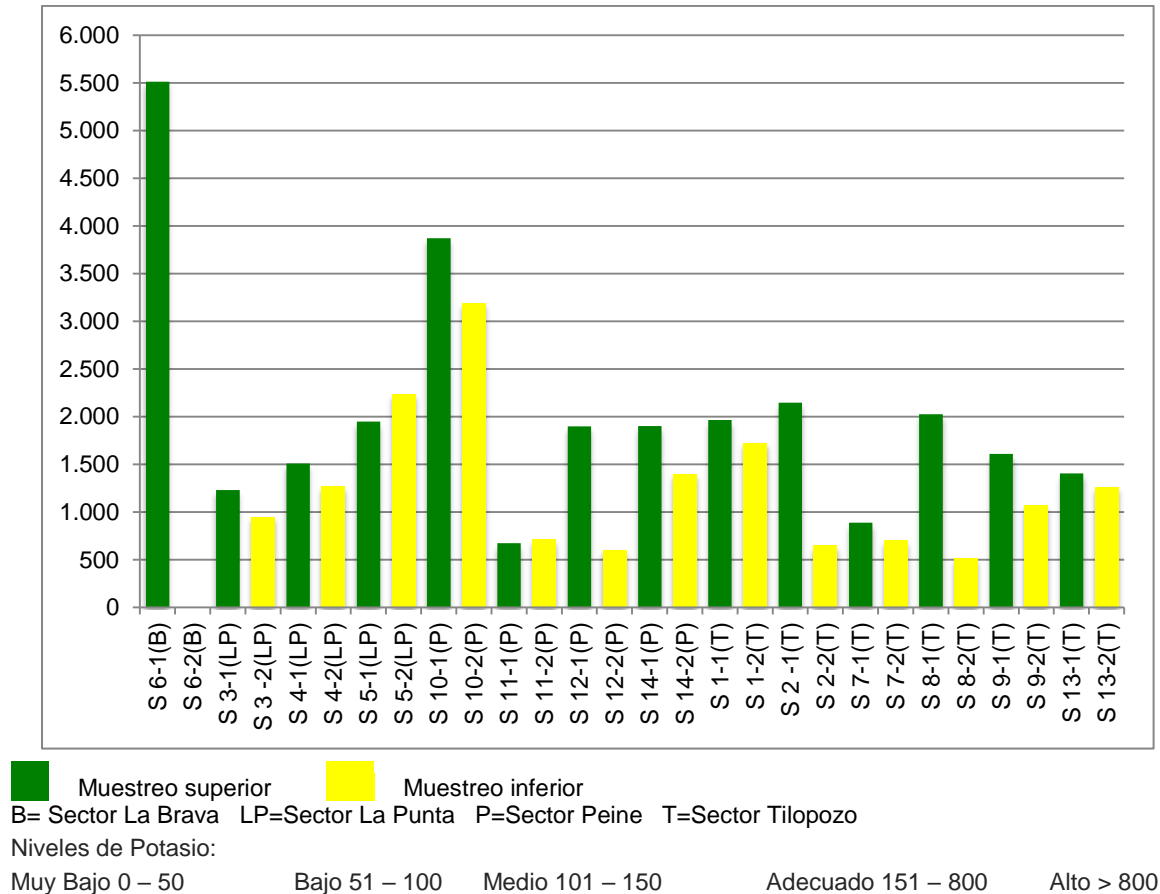


b) Potasio

Respecto al potasio disponible, en 6 muestras el nivel es adecuado – relacionado con los requerimientos para cultivos agrícolas- correspondiendo a las muestras S 2-2 (VT-5), S 7-2 (VT-1) y S 8-2 (VT-2) en el sector de Tilopozo, además de las muestras S 11 (VB-01) y S 12-2 (VB-02) en el sector de Peine, ver, **Figura N° 12-20.**

Las muestras restantes presentan un nivel alto de potasio disponible, valores que fluctúan entre 888 y 5.512 mg/kg (ver, **Figura N° 12-20.**

Figura N° 12-20. Análisis de resultados para potasio (mg/kg)-Verano 2017.



c) Fósforo

En cuanto al fósforo disponible, este varía entre 2 y 100 mg/kg, es decir, entre muy bajo a muy alto, ver **Figura N° 12-21**.

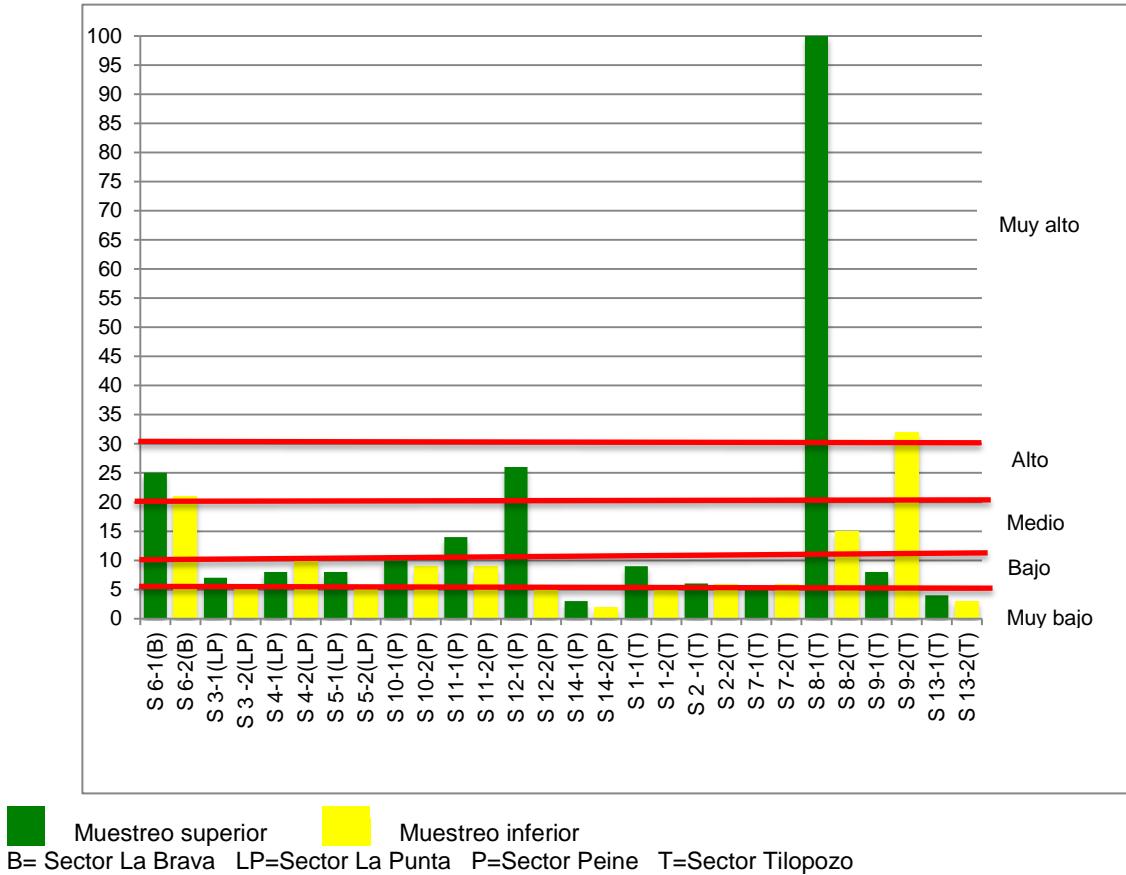
La categoría **muy baja**, se determinó en las muestras S 14 (VB03) y S 12-2 (VB02) en el sector de Peine, S 5-2 (VLP1) sector La Punta y S 1-2 (VT6), S 7-1 (VT1) y S 13 (VT-4) en el sector de Tilopozo, en los cuales los valores fluctúan entre 2 y 5 mg/kg (**Figura N° 12-21**).

Mientras que, la categoría **baja** se presenta en las muestras S 3 (VLP3), S 4 (VLP2) y S 5-1 (VLP1) sector de La Punta, como también en las muestras S 10 (VTM1) y S 11-2 (VB01) en sector de Peine, y en S 1-1 (VT6), S 2 (VT5), S 7-2 (VT1) y S 9-1 (VT3) para el sector de Tilopozo, en las cuales el valor mínimo es 6 y máximo 10 mg/kg, ver **Figura N° 12-21**.

En las muestras S 8-2 (VT2, Tilopozo) y S 11-1 (VB01, Peine), el fósforo disponible es **medio** con valores de 14 y 15 mg/kg, respectivamente. En cambio, la categoría de disponibilidad **alta**, se determinó en el punto S 6 (VLB2, La Brava) y en S 12-1 (VB02) en Peine, ver **Figura N° 12-21**.

Finalmente, la categoría **muy alta** fue determinada en los puntos S 8-1 (VT2) y S 9-2 (VT3), para el sector de Tilopozo, con valores de 32 y 100 mg/kg, respectivamente (ver, **Figura N° 12-21**).

Figura N° 12-21. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg)-Verano 2017.

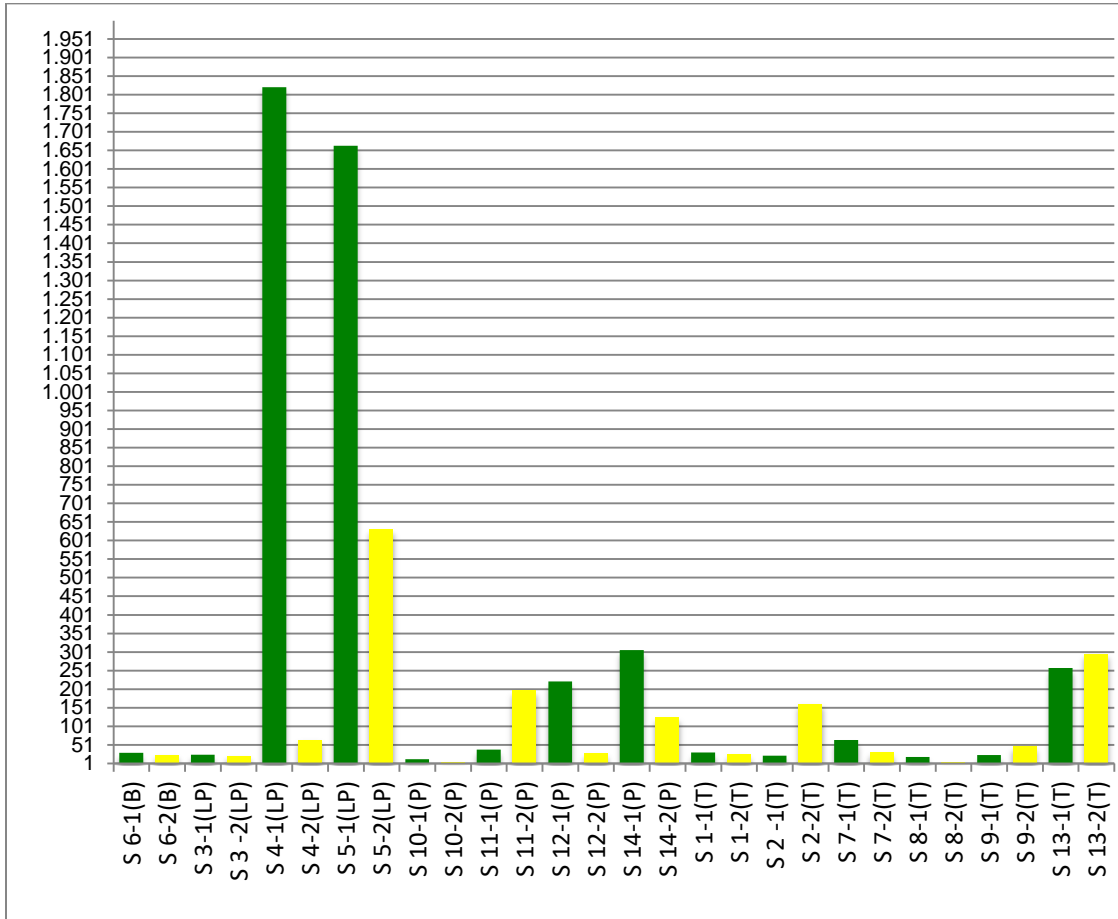


12.4.2.7 Conductividad hidráulica (permeabilidad)

Respecto a la velocidad de infiltración del agua en el perfil de suelo, para el Monitoreo 2 se determinaron velocidades **altas** en los puntos S1 (VT6), S2-1 (VT5), S7-2 (VT1), S8 (VT2) y S9-1 (VT3) sector de Tilopozo, como también en los puntos S3 (VLP3, La Punta), S6 (VLB2, La Brava), S10 (VTM1) y S12-2 (VB02) sector de Peine (ver, **Figura N° 12-22**).

En Cambio, en los puntos S2-2 (VT5), S7-1 (VT1), S9-2 (VT3), S13 (VT4) sector de Tilopozo, además de los puntos S11 (VB01), S12-1 (VB02) y S14 (VB03), en el sector de Peine, y en La Punta, en los puntos S4 (VLP2) y S5 (VLP1) la velocidad de infiltración es **muy alta**, ver **Figura N° 12-22**.

Figura N° 12-22. Análisis de resultados para conductividad hidráulica o permeabilidad (cm/h)-Verano 2017.



Muestreo superior
 Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Rangos =Velocidad de infiltración

- | | |
|--|--|
| < 0,0036 = Velocidad muy baja | 0,0036 ≤ 0,036 = Velocidad baja |
| 0,036 ≤ 0,360 = Velocidad moderadamente baja | 0,360 ≤ 3,6 = Velocidad moderadamente alta |
| 3,6 ≤ 36 = Velocidad alta | > 36 = Velocidad muy alta |

12.4.3 Análisis comparativo campañas invierno 2016-verano2017

12.4.3.1 Materia Orgánica

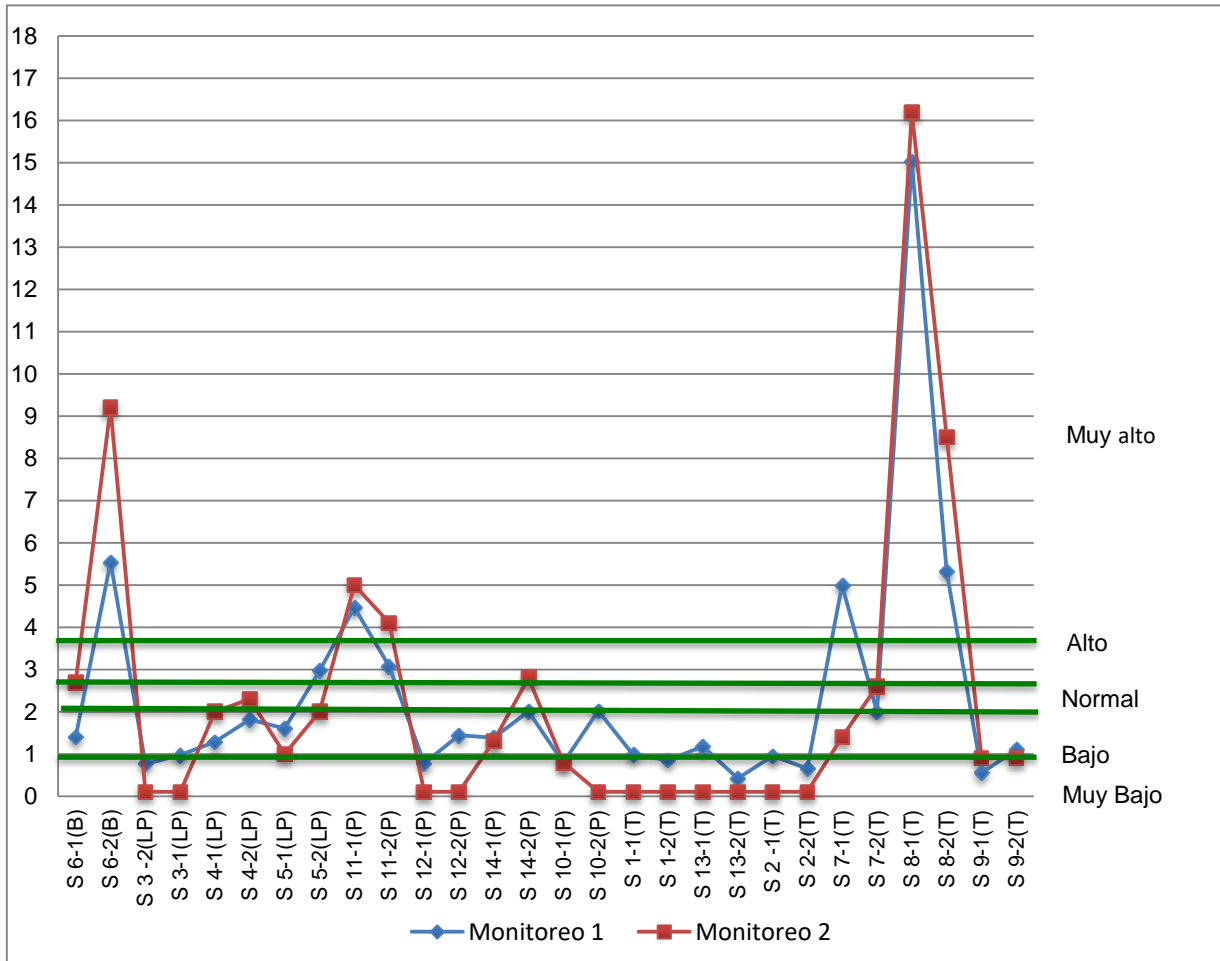
En términos generales, para el área de estudio y en ambos monitoreos los puntos S 1 (VT6), S 2 (VT-5), S 9-1 (VT3) y S 13-2 (VT4) en el sector de Tilopozo, como también el punto S 3 (VLP3) la Punta y S 10-1 (VTM1) y S 12-1 (VB02) sector de Peine, presentan valores **muy bajo** de materia orgánica. En el Monitoreo 1, para los puntos S 9-2 (VT3) y S 13-1 (VT4), sector de Tilopozo, como también S 12-2 (VB02, Peine) se determinó niveles **bajo** de materia orgánica y para la muestra S10-2 (VTM1) sector de Peine, el nivel era **normal**, los cuales disminuyeron a muy bajo en el Monitoreo 2, ver **Figura N° 12-23**.

Otros valores **bajos** fueron determinados para el Monitoreo 1, en los puntos S 7-2 (VT1, Tilopozo), S 4 (VLP2) y S 5-1 (VLP1) La Punta, S 6-1 (VLB2) La Brava, y S 14-1 (VB03) sector de Peine, manteniéndose en este rango para el Monitoreo 2, en los puntos S 5-1 (VLP1, La Punta) y S 14-1 (VB03, Peine), aumentando a **normal** en los puntos S 4 (VLP2, La Punta) y a alto en los puntos S 7-2 (VT1, Tilopozo) y S 6-1 (VLB2, La Brava), ver **Figura N° 12-23**.

En el Monitoreo 1, para el punto S 14-2 (VB03, Peine) la materia orgánica era **normal** aumentando a **alto** en el Monitoreo 2. Los valores **altos** de materia orgánica fueron determinados en los puntos S 11-2 (VB01, Peine), como también en el punto S 5-2 (VLP1, La Punta) durante el Monitoreo 1, aumentando a **muy alto** el primero y disminuyendo a **normal** en el segundo para el Monitoreo 2 (**Figura N° 12-23**).

Los valores **muy alto** de materia orgánica determinados en el Monitoreo 1, se presentan en los puntos S 7-1 (VT1) y S 8 (VT2) en el sector de Tilopozo, S 11-1 (VB01, Peine) y S 6-2 (VLB2) La Brava), situación similar se presenta en el Monitoreo 2, excepto para el punto S 7-1 (VT1, Tilopozo), en el cual se determinó un valor **bajo** (ver, **Figura N° 12-23**).

Figura N° 12-23. Variación de la materia orgánica (%). Monitoreos 1 y 2.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Tal como se puede apreciar en la **Figura N° 12-23**, los valores de materia orgánica no presentan un comportamiento similar para un mismo sector, y por lo tanto, para el área de estudio, las variaciones del porcentaje entre monitoreos pueden ser mayores o menores para un mismo punto o incluso variar en el perfil.

Sin embargo, y tal como se observa en la **Figura N° 12-23**, los niveles de materia orgánica a nivel de área de estudio presentan un patrón de distribución similar en cada sector, es decir, aquellos donde en el Monitoreo 1 se determinó las porcentajes mayores, se reiteran para el Monitoreo 2, y lo mismo sucede con los porcentajes menores, aun cuando los valor sea diferente.

En general para el área la mayoría de los puntos presenta un contenido de materia orgánica inferior a 2%. Estos se asocian a sectores sin cobertura vegetal, o cuando esta

existe, es del tipo arbustiva, pero asociadas a suelos de texturas gruesas o con altos contenido de sales tanto en superficie como en el perfil.

Los puntos con mayor porcentajes de materia orgánica, se presentan en área con abundante cobertura vegetal, principalmente del tipo herbácea y alto contenido hídrico (humedal), excepto para el punto situado en La Brava, donde a pesar de no presentar vegetación superficial, el contenido de materia orgánica en profundidad es muy alto, lo que se podría deber a la presencia en profundidad de abundantes restos vegetales, lo que se puede atribuir a antiguas vegas enterrada por fenómenos naturales.

Respecto a este parámetro, es necesario señalar que la materia orgánica se concentra mayormente en los primeros centímetros del suelo y disminuye drásticamente con la profundidad, esto debido a que la mayor parte de los restos orgánicos sólo son depositados en la superficie del suelo, excepto en aquellas situaciones en donde por fenómenos naturales (aluviones, remoción en masa, volcanismo, entre otros) se produce un enterramiento de la vegetación y de esta manera el contenido podría ser mayor en profundidad que en superficie.

En cuanto a la distribución y porcentaje de materia orgánica en el perfil de suelo existen diversos factores, entre los que se pueden mencionar: clima (humedad y temperatura), tipo de vegetación, drenaje, topografía, entre otros. También, es importante destacar que existen factores antrópicos que pueden modificar los resultados de laboratorio, entre los cuales se pueden señalar, época de muestreo, almacenamiento, tiempo entre toma de muestra y análisis, principalmente.

Considerando estos antecedentes, la variación del contenido de materia orgánica en los puntos, sectores y área de estudio, sólo considera dos evaluaciones, en épocas distintas, lo que podría estar mostrando sólo la variación estacional, siendo necesario reunir más información de la mayoría de los factores que determinan el contenido y distribución de este parámetro.

12.4.3.2 pH

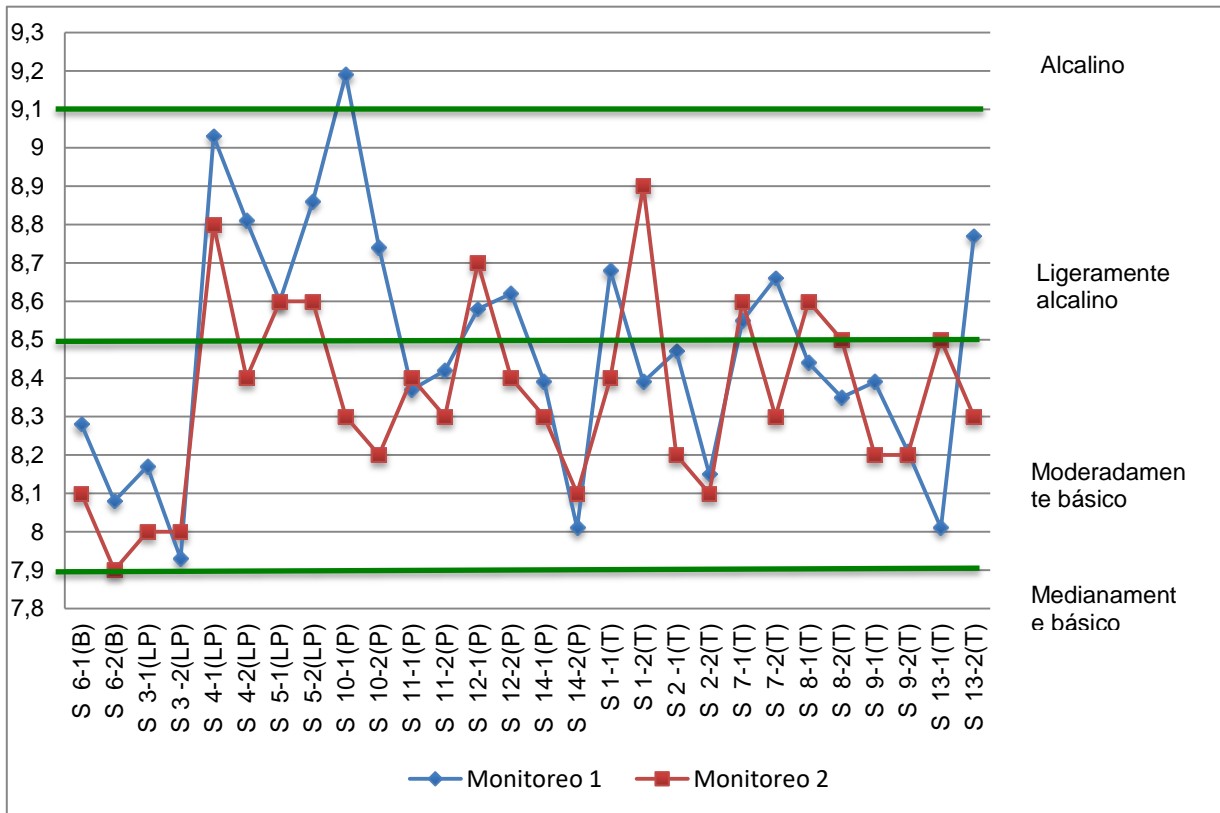
Para el área el pH **moderadamente básico** se determinó en los puntos S 6 (VLB2, La Brava), S 3 (VLP3, La Punta), S 11 (VB01 y S 14 (VB03) sector de Peine, y S 2 (VT5), S 8 (VT2), S 9 (VT3), S 1-2 (VT6) y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo durante el Monitoreo 1, manteniéndose en igual rango en el Monitoreo 2, excepto en los puntos S 1-2 (VT6), S 8 (VT2) y S 13-1 (VT4) Tilopozo, en los cuales el pH aumento su alcalinidad (**ligeramente alcalino**), ver **Figura N° 12-24**.

Del total de puntos de muestreo para el Monitoreo 1, en 11 puntos el pH es **ligeramente alcalino**, siendo estos S 4 (VLP2) y S 5 (VLP1) sector de La Punta, S 10-2 (VTM1) y S 12 (VB02) Peine y S 1-1(VT6), S 7 (VT1) y S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo, de estos sólo el punto S 4-1, S 5, S 12-1 y S 7-1, se presentan en este rango durante el Monitoreo 2, los

restantes puntos presentan un pH **moderadamente básico**, es decir, disminuyeron su alcalinidad o aumento la acidez (ver **Figura N° 12-24**).

Para el Monitoreo 1, sólo en el punto S 10-1 (VTM1, Peine), el pH determinado fue **alcalino**, el cual disminuyó a **moderadamente básico** en el Monitoreo 2 (ver, **Figura N° 12-24**).

Figura N° 12-24. Variación de pH. Monitoreos 1 y 2.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Tal como se observa en la **Figura N° 12-24**, y considerando ambos monitoreos para el área de estudio, el pH varía entre 7,9 y 9,19, mostrando una variación tanto entre los sectores, como también dentro del mismo sector e incluso en el perfil de suelo. En términos generales, los valores de pH fueron inferiores en el Monitoreo 2 respecto al Monitoreo 1, excepto en algunos puntos en el sector de Peine y con mayor variabilidad en el sector de Tilopozo.

Esta variación se podría atribuir a dos condiciones: la época de medición y por un aumento en el contenido hídrico del perfil debido principalmente a las precipitaciones ocurridas recientemente en el área, aun cuando es necesario indicar que el pH del suelo es dependiente de muchos factores, entre los cuales destacan: tipo de minerales presentes en un suelo, meteorización de los minerales presentes en el suelo y los que

contiene la roca madre, humificación, dinámica de nutrientes entre la solución suelo y los retenidos por los agregados, propiedades de los agregados del suelo y en especial lo que se denomina intercambio iónico, naturaleza química de la lluvia, clima, vegetación, hidrología del lugar, actividades de las plantas.

Además de la existencia de otros como: relación suelo/solución, efecto del anhídrido carbónico, preparación de la muestras, variación de las muestras individuales por la variabilidad del suelo.

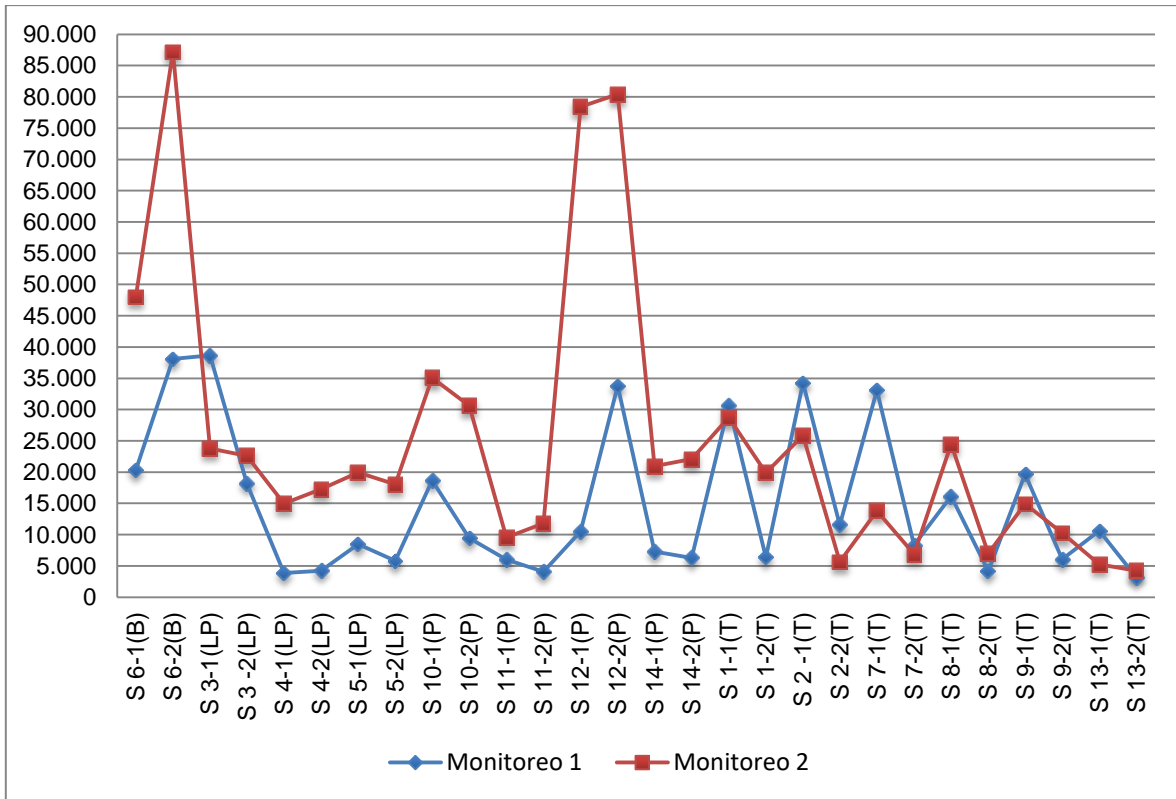
Considerando que la variación espacial de los puntos de muestreo es mínima, la mayoría de estos factores deberían tener escasa incidencia en la variación observada en el pH, por lo tanto, se requiere de mayores datos para determinar el comportamiento de este parámetro.

12.4.3.3 Salinidad

Respecto a la salinidad en 8 muestras ésta disminuyó en el Monitoreo 2, respecto al Monitoreo 1, siendo estos los puntos de muestreo S 1-1 (VT6), S 2 (VT5), S 7 (VT1), S 9-1 (VT3) y S 13-1 (VT4), ubicados en el sector de Tilopozo , como también en el punto S 3-1 (VLP-3, La Punta), disminución entre un 6,2 a un 58,3% (ver, **Figura N° 12-25.**)

En los puntos restantes, la salinidad aumentó en el Monitoreo 2, respecto al Monitoreo 1, valores que fluctúan entre un 24,3% (punto S 3-2) y un 646,9% (Punto S1 2-1), ver **Figura N° 12-25.**

Figura N° 12-25. Variación de la Salinidad (mg/kg). Monitoreo 1 y 2.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Tal como se observa en la **Figura N° 12-25**, la concentración de sales varía en la totalidad de los puntos de muestreo, lo cual podría ser atribuido a las precipitaciones ocurridas en el área, dada la importante cantidad de agua caída con posterioridad al Monitoreo 1. En algunos sectores se podría haber lavado el perfil, con lo que la sales percolaron en profundidad, y posteriormente por efecto de la evapotranspiración y evaporación (factores salinizantes), las sales en profundidad no ascendieron lo suficiente para ser muestreadas. En otros caso las sales pueden haber sido percoladas a escasa profundidad y por efecto de los factores salinizantes, estas ascendieron a la profundidad de muestreo incluyendo en superficie, lo cual se puede apreciar en las **Figura N° 12-25**.

12.4.3.4 Conductividad Eléctrica

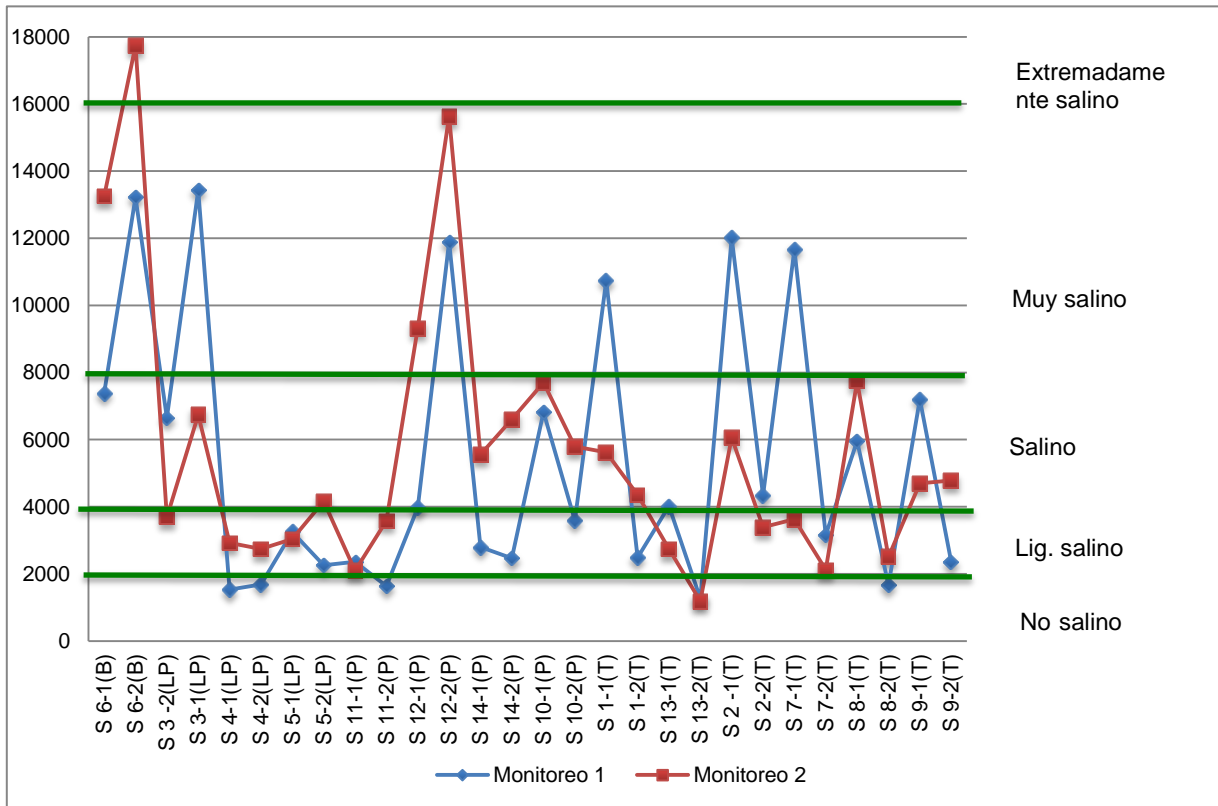
La conductividad eléctrica determinada en el Monitoreo 1, variaba de suelos **no salinos** a **muy salinos** y para el Monitoreo 2, ésta fluctuaba entre suelos **no salinos** y **extremadamente salinos** (Figura N° 12-26).

Para el Monitoreo 1, los suelos **no salinos** fueron determinados para las muestras S 13-2 (VT4, Tilopozo), S 4-1 y S4-2 (VLP-2, La Punta), S 11-2 (VB01, Peine), S 8-2 (VT2, Tilopozo), de éstos en los resultados del Monitoreo 2, sólo S 13-2 se mantuvo en el mismo rango, mientras que, las restantes aumentaron a **ligeramente salinos** (Figura N° 12-26).

Los suelos **ligeramente salinos** determinados en el Monitoreo 1, corresponde a las muestras S 11-1 (VB01, Peine), S 7-2 (VT1, Tilopozo), S 5-1 (VLP1, La Punta), S 5-2 (VLP1, La Punta), S 9-2 (VT3, Tilopozo), S 14-1 y S 14-2 (VB03, Peine), S 1-2 (VT6, Tilopozo), S 10-2 (VTM1, Peine) y S 12-1 (VB02, Peine). De estas muestras, en las tres primeras se mantienen el rango de salinidad, en las seis siguientes, ésta presenta un aumento y los suelos son definidos como **salinos**, y finalmente, en la última de las muestras el suelo es **muy salino**, ver **Figura N° 12-26**.

Las muestras S 13-1 (VT4) y S 2-2 (VT5) del sector de Tilopozo, S 3-2 (VLP3, La Punta), S 8-1 (VT2, Tilopozo), S 10-1 (VTM1, Peine), S 9-1 (VT3, Tilopozo) y S 6-1 (VLB-02, La Brava), corresponden a suelos **salinos** de acuerdo a los resultados de los análisis para el Monitoreo 1. En cambio, para el Monitoreo 2, los suelos de las tres primeras muestras son **ligeramente salinos**, las tres siguientes mantienen el rango de **salinos** y la última correspondería a un suelo **muy salino**, ver **Figura N° 12-26**.

Finalmente, los suelos muy salinos de acuerdo con los resultados del Monitoreo 1, corresponden a las muestras S 7-1 (VT1), S 1-1 (VT6), S 2-1 (VT5) para el sector Tilopozo, S 3-1 (VLP3, La Punta), S 12-2 (VB02, Peine) y S 6-2 (VLB2, La Brava), de éstas en el Monitoreo 2, la primera muestra la salinidad disminuye siendo un suelo **ligeramente salino**, en las tres siguientes las sales solubles disminuyen, variando a suelo **salinos**, en la quinta muestra la salinidad se mantiene, y en la última hay un aumento en la concentración de sales solubles, por lo que el suelo es **extremadamente salino** (Figura N° 12-26).

Figura N° 12-26. Variación de la conductividad eléctrica (uS/cm). Monitoreos 1 y 2.

B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Tal como se puede observar en la **Figura N° 12-26**, la conductividad eléctrica varía en el área entre ambos monitoreos, no existiendo una correlación de la conductividad entre los puntos de un mismo sector, e incluso en un mismo punto. Los suelos no salinos son muy escasos en el área.

En los sectores de La Punta-La Brava y Peine, los valores de conductividad eléctrica, aun cuando son variables entre los monitoreos, presentan un comportamiento similar en términos de distribución espacial y los valores que presentan.

Para el sector de Tilopozo, no se observa una relación entre los valores determinados para el Monitoreo 1, los cuales varían entre 1.270 y 12.020 uS/cm, incluyendo importantes variaciones en el mismo perfil de suelo, y para el Monitoreo 2 la variación para éste sector es menor y se mantiene en general bajo los 7.740 uS/cm

En cuanto a indicar cuál es el factor determinante de esta variación, a la fecha no es posible, dado que la concentración de sales solubles depende de diversos factores, tanto antrópicos como naturales. Entre los primeros, corresponden principalmente a los

relacionados con la actividad agrícola (calidad agua riego, fertilización, entre otros) y en los segundos, se pueden mencionar meteorización de rocas o material parental, niveles freáticos elevados, situación topográfica, calidad de las aguas superficiales y calidad química de las precipitaciones.

Específicamente, para el área y dado la proximidad de los puntos de muestreo, la mayoría de los factores no son relevantes en la variación de la conductividad, la cual se puede atribuir a la época de monitoreo y un fenómeno no habitual en el área como son las abundantes precipitaciones ocurridas en el área, las cuales pueden lixiviar las sales del perfil y modificar los resultados, por lo tanto, se requieren de mayores datos para corroborar el comportamiento de las sales en el perfil de suelo.

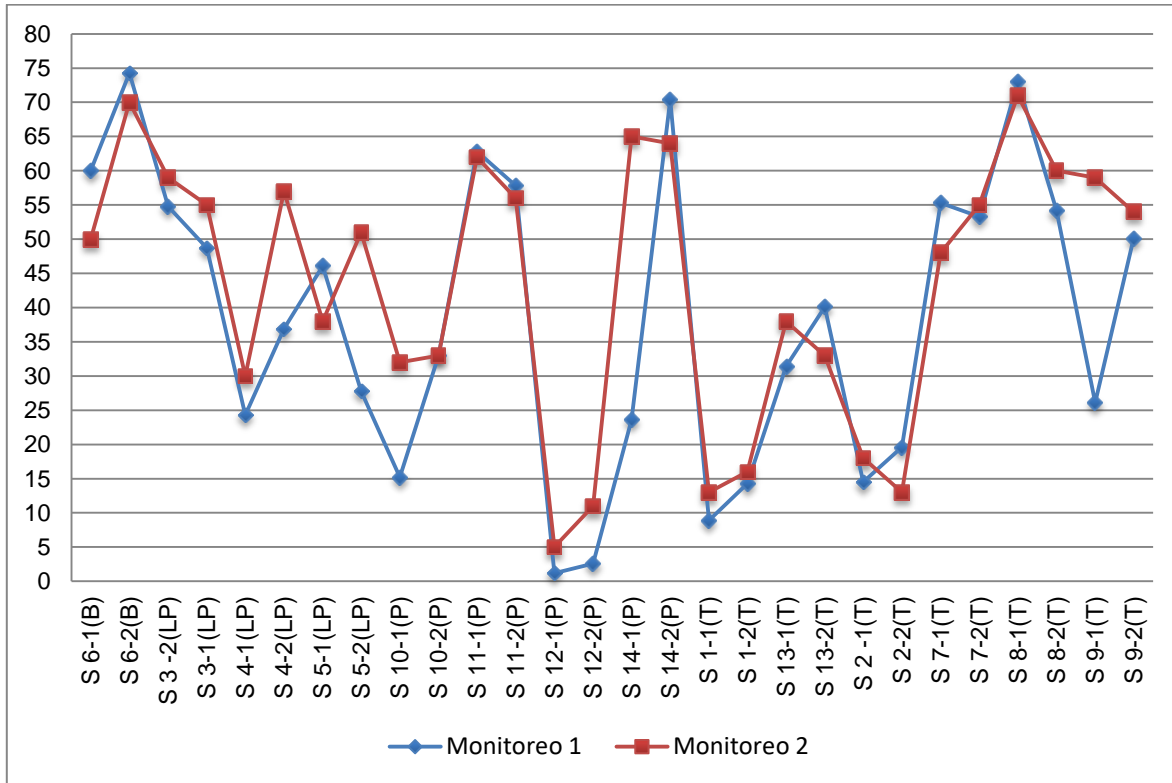
12.4.3.5 Humedad

La humedad de los puntos de muestreo determinada para el Monitoreo 2 respecto al Monitoreo 1, presenta tanto valores superiores como inferiores, ver **Figura N° 12-27**.

Para el área de estudio, solo la muestra del punto S 10-2 (VTM1, Peine) no presentaron variación en el porcentaje de humedad entre la campaña de invierno y verano.

En el Monitoreo 2, en 17 muestras (60,7% del total), el contenido de humedad aumentó entre un 3,2% en la muestra S 7-2 (VT1, Tilopozo), a un 323% en la muestra S 12-2 (VB02, Peine). Mientras que, el porcentaje en la disminución del contenido de humedad se presenta entre el 1,3% muestra S 11-1 (VB01, Peine) y 33 % en la muestras S 2-2 (VT5, Tilopozo), ver **Figura N° 12-27**.

Figura N° 12-27. Variación de la humedad (%). Monitoreos 1 y 2.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Respecto al contenido de humedad del suelo, existen diversos factores que lo condicionan, destacando entre estos profundidad del nivel freático, el cual puede estar regulado por diversos factores entre los cuales se pueden indicar: napa subterránea, tipo de suelo (textura, estructura) y presencia de estrato cementado. Otros factores corresponden a la evapotranspiración, evaporación, agua superficial, precipitaciones, entre otros.

También es importante señalar que la época de medición es fundamental en los resultados de este parámetro, ya que si se realiza en verano el contenido de humedad tiende a ser menor, a diferencia si se efectúa en invierno, donde este debería ser mayor, excepto si ocurre algún fenómeno natural que modifique las condiciones ambientales del área.

Tal como se observa en la **Figura N° 12-27**, aun cuando el monitoreo 2, corresponde a verano se observó un mayor contenido de humedad en los perfiles, lo cual se atribuye exclusivamente a las precipitación ocurridas en febrero de 2017, las cuales fueron superiores a 25 mm, y tal como se señaló anteriormente la disminución de la humedad fue en un bajo porcentaje debido al aporte de las lluvias. Sin embargo y tal como se aprecia

en la **Figura N° 12-27**, en general los porcentaje de humedad mantienen una tendencia similar en la mayoría de los sectores en términos de valores, excepto en la mayoría de los puntos del sector La Punta, donde la diferencia es alta, igual situación ocurre en una muestra de Tilopozo y otra en Peine.

12.4.3.6 Nutrientes

a) Nitrógeno

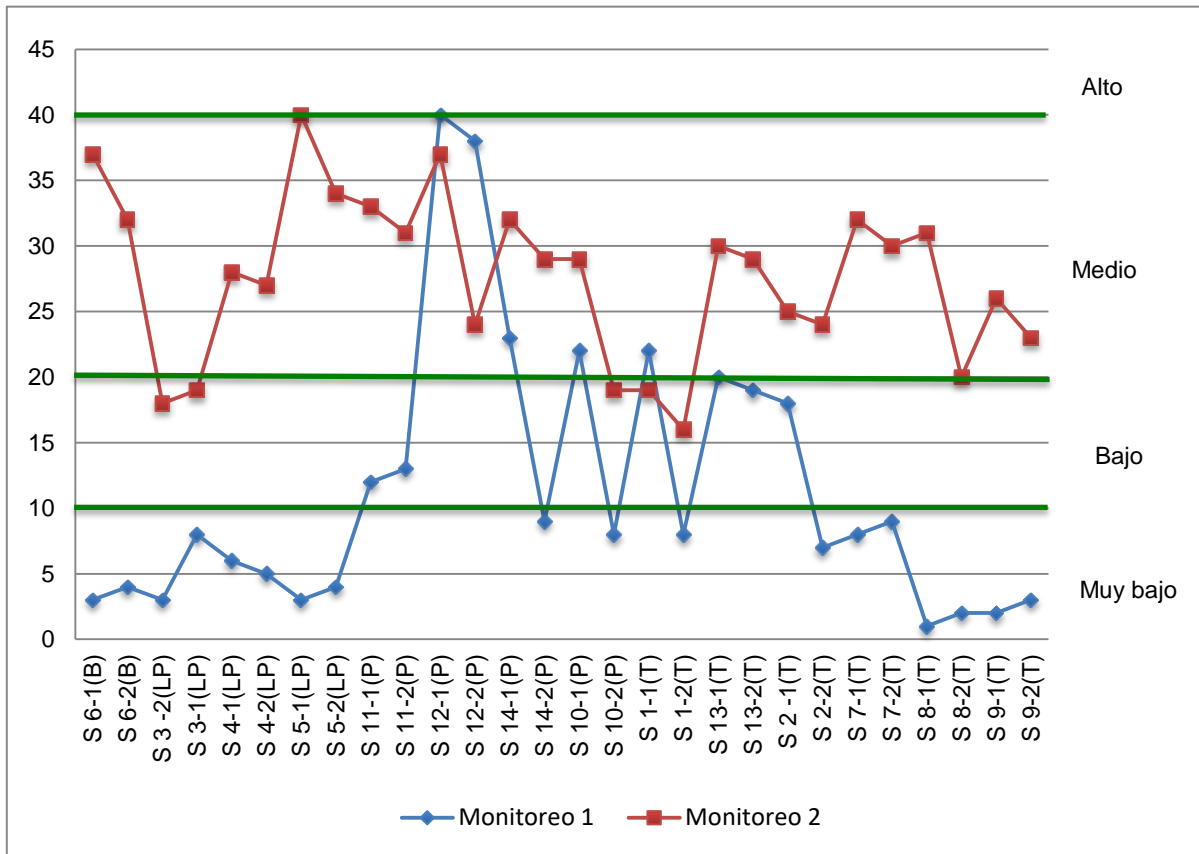
De la totalidad de puntos de muestreo de suelo, sólo en tres muestras los niveles de nitrógenos disponible fueron mayores para el Monitoreo 1, respecto al Monitoreo 2, muestras que corresponden a S 12 (VB02, Peine) y S 1-1 (VT6, Tilopozo). Las restantes muestras fueron todas inferiores para el Monitoreo 1, comparado con el Monitoreo 2, ver **Figura N° 12-28**

Del total de muestras, en 18 de ellas el nivel de nitrógeno disponible determinado en el Monitoreo 1, fue **muy bajo**, de éstas, en cinco de ellas, el nivel subió a la categoría de **bajo**, correspondiendo a los puntos S 1-2 (VT6) y S 8-2 (VT2) en el sector de Tilopozo, como también la muestra S 10-2 (VTM1, Peine), punto S 3 (VLP3, La Punta) y en las restantes el nivel de nitrógeno aumentó a **medio**, siendo en este caso las muestras S 6 (VLB2, La Brava), S 4 (VLP2) y S 5 (VLP1) sector La Punta, S 14-2 (VB03, Peine), y S 2-2 (VT5), S 7 (VT1), S 8-1 (VT2) y S 9 (VT3) sector de Tilopozo (ver, **Figura N° 12-28**).

Con un contenido de nitrógeno bajo en el Monitoreo 1, se encuentran las muestras S 11 (VB01, Peine), S 2-1 (VT5) y S13 (VT4) sector de Tilopozo, muestras que en el Monitoreo 2 aumentan a la categoría **media**.

Finalmente, las muestras S 1-1 (VT6, Tilopozo), S 10-1 (VTM1), S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03), sector de Peine presentan un contenido **medio** de nitrógeno disponible determinado en el Monitoreo 1, el cual permaneció en la misma categoría excepto en la muestras S 1-1, la cual cambió a la categoría de **bajo** (**Figura N° 12-28**).

Figura N° 12-28. Variación de nitrógeno (mg/kg). Monitoreos 1 y 2.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Respecto a la variación de los valores de nitrógeno disponible entre ambos monitoreos, éste fluctúa entre 8% (S 12-1) y 3.000% (S 8-1), con la mayor variación en aquellas muestras que en el Monitoreo 1, presentaban valores inferiores a 10 mg/kg (**Figura N° 12-28**).

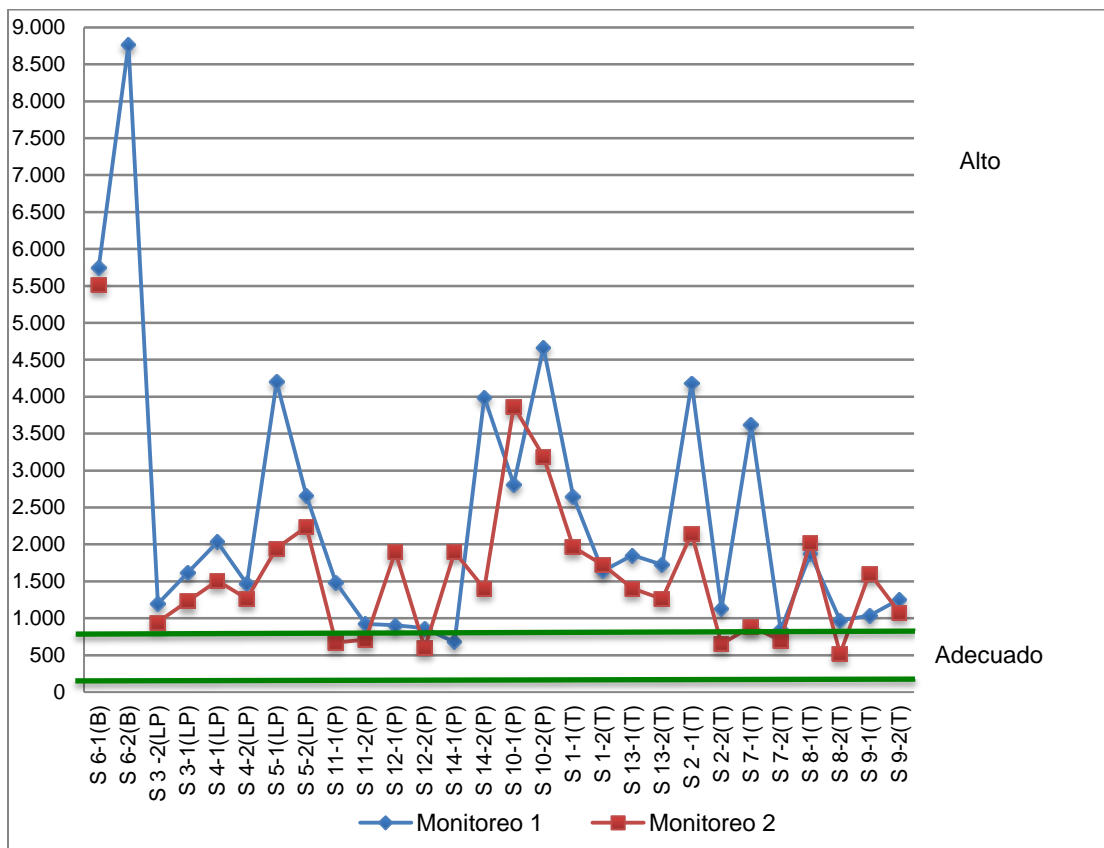
Respecto a los resultados entre ambos Monitoreos, a la fecha no es posible definir con precisión los factores que afectan el contenido de nitrógeno, dado que son muchos los que intervienen en este proceso, destacando: clima (temperatura, precipitaciones, radiación), estacionalidad, vegetación, topografía, orientación de la pendiente, tipo de suelo, material parental, presencia de microorganismos, entre otros.

La mayoría de estos factores son los mismos en el tiempo para el área, excepto época de medición y precipitaciones, y en menor importancia el tipo de suelo –por la variación que éste presenta, incluso en puntos muy cercanos- por lo que con la información disponible a la fecha no es factible emitir conclusiones que expliquen la variación del contenido de nitrógeno en los diferentes puntos de muestreo.

b) Potasio

Para el área de estudio, sólo en seis muestras los valores de potasio disponible aumentaron en el Monitoreo 2, respecto al Monitoreo 1, variación entre un 5%(S 1-2) y un 181% (S 14-1), las cuales corresponden a las muestras S 10-1 (VTM1), S 12-1 (VB02) y S 14-1 (VB03) en el sector de Peine, como también las muestras S 1-2 (VT6), S 8-1(VT2) y S 9-1 (VT3), sector de Tilopozo. Las restantes muestras presentan valores inferiores en el Monitoreo 2 respecto a los obtenidos en el Monitoreo 1, esta variación es entre 75% (S 7-1) y 4% (S 6-1) (ver, **Figura N° 12-29**).

Figura N° 12-29. Variación de potasio (mg/kg). Monitoreos 1 y 2.



B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Tal como se observa en la **Figura N° 12-29**, para el área de estudio durante el Monitoreo 2, los valores de potasio disponible fueron en su mayoría inferiores a los determinados en el Monitoreo 1, aun cuando no existe una relación directa de esta variación atribuible al sector, e incluso a un mismo punto, ya que en algunos de ellos en el perfil, el contenido de potasio, puede aumentar o disminuir entre ambos monitoreos.

Respecto a la distribución de potasio en el área, y de acuerdo al Monitoreo 1, es muy variable, incluso en los sectores se presenta en un amplio rango (entre 677 y 8.763 mg/kg). En cambio y de acuerdo a los datos del Monitoreo 2, para el área las concentraciones son inferiores a 2.200 mg/kg, excepto en el sector de Peine donde los valores varían entre 600 y 3.871 mg/kg.

En cuanto a obtener conclusiones que permitan explicar esta variación, con los antecedentes disponibles, no es factible por cuanto la disponibilidad de potasio en el suelo es multifactorial, destacando entre estos factores tipo de material parental, meteorización minerales, textura del suelo, tipo de arcilla, tipos de suelo (fijadores), pH, Lixiviación, relación con otros elementos, entre otros, por lo que se requieren mayores datos para determinar si la variación es constante o sólo efectos de la época y precipitaciones.

c) Fósforo

Del total de muestras analizadas para el área de estudio, sólo en una de ellas el fósforo disponible disminuyó fuertemente (88%), correspondiendo a la muestras S 9-1 (VT-3, Tilopozo), en una de ellas la concentración presentó una variación mínima (1%), siendo esta S8-2 (VT2, Tilopozo). En las muestras restantes, el contenido de fósforo aumentó en el Monitoreo 2, variación entre un 11% (S 13-1) y 2.567% (S 9-2), **Figura N° 12-30**.

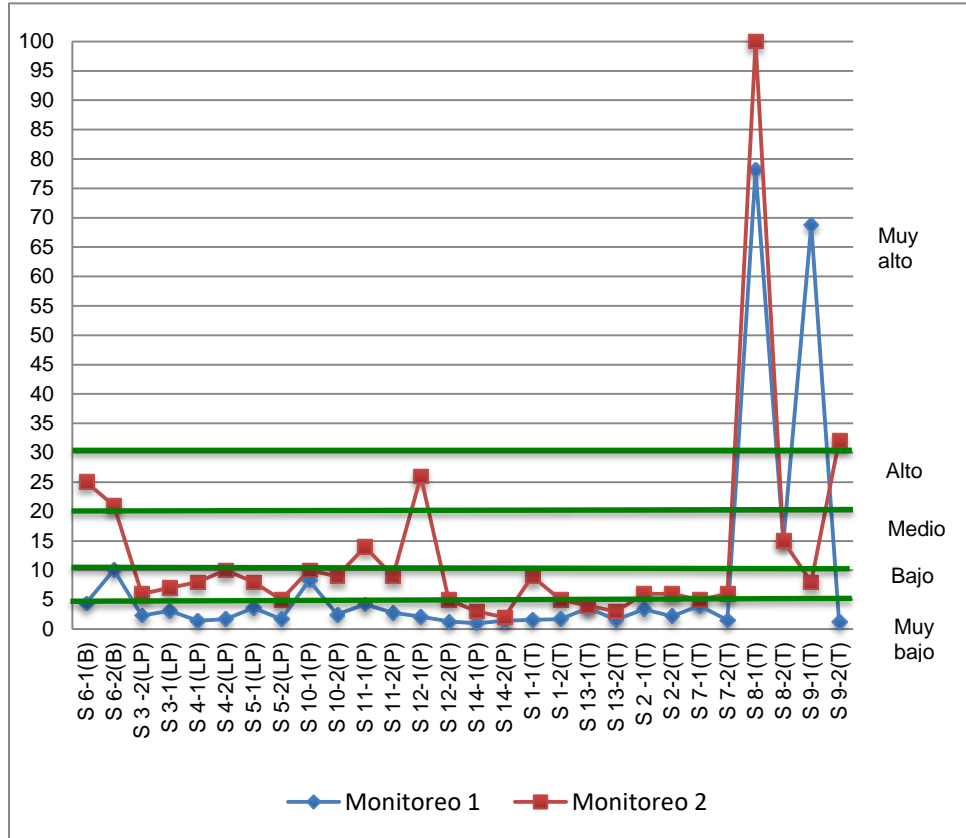
Para el Monitoreo 1, en 23 de las muestras el fósforo disponible era **muy bajo**, categoría que se mantiene constante en 8 muestras (S 1-2 (VT6), S 5-2 (VLP1), S 7-1 (VT1), S 12-2 (VB02), S 13-1 (VT4), S 13-2 (VT4), S 14-1 (VB03) y S 14-2 (VB03), y que cambian a **bajo** en los puntos S 1-1 (VT6), S 2-1 (VT5), S 2-2 (VT5), S 3-1 (VLP3), S 3-2 (VLP3), S 4-1 (VLP2), S 4-2 (VLP2), S 5-1 (VLP1), S 7-2 (VT1), S 10-2 (VTM1) y S 11-2 (VB01), ver, **Figura N° 12-30**.

Tanto la muestra S 8-1 (VT2), S 8-2 (VT2) como la S 10-1 (VTM1) mantienen su categoría de disponibilidad **en ambos** monitoreos.

Mientras que, la muestra S 11-1 (VB01) presenta un aumento en el contenido de fósforo disponible ascendiendo a la categoría de **medio**, y las muestras S 6-1(VLB2) y S 12-1 (VB02) aumentan su disponibilidad a **alta**, y finalmente en nivel **muy alto** se encuentra la muestras S 9-2 (VT3) (ver, **Figura N° 12-30**).

La muestra S 6-2 (VLB2), que durante el Monitoreo 1 presentaban una concentración de fósforo disponible media cambia a **alta**, mientras que la muestra S 9-1 (VT3) con disponibilidad **muy alta** en el Monitoreo 1, cambia a **baja** en el Monitoreo 2 (**Figura N° 12-30**).

Figura N° 12-30. Variación de fósforo (mg/kg). Monitoreos 1 y 2.



El contenido de fósforo disponible determinado en los suelo del área de estudio, es superior en el Monitoreo 2, respecto al Monitoreo 1, en la mayoría de los puntos de muestreo, excepto en la muestra S 9-1 (VT3). Los valores de fósforo disponible para el área varían entre 1 y 100 mg/kg, presentándose los mayores en el sector de Tilopozo para ambas mediciones, destaca además el caso de los puntos en La Brava (S 6) y en Peine (S 12-1), que para el Monitoreo 2 presentaron valores altos respecto a la generalidad del área.

Sin embargo, con la información disponible no es posible determinar que factor o factores están influyendo en la variación del contenido de fósforo disponible. Esto debido a que la disponibilidad de fósforo en el suelo es multifactorial, entre los cuales se pueden señalar tipo de suelo y material parental, clima, erosión, pH, materia orgánica y humedad del suelo.

De estos factores, cobran importancia el clima y humedad del suelo, ya que ambos son variables en función de la época de medición y otras condiciones naturales como son las precipitaciones.

12.4.3.7 Conductividad Hidráulica o Permeabilidad

Respecto a la conductividad hidráulica (permeabilidad), es necesario señalar que para el Monitoreo 1 no se muestreó los puntos S 3-2 y S 5-1 (VLP3 y VLP1, La Punta) y S 9-1 (VT3, Tilopozo), ya que el estrato presentaba un potencia inferior a 5 cm, profundidad mínima requerida para tomar la muestras, de esta última se tomó una muestra en profundidad (S9-3). En cambio, para el Monitoreo 2, no se colectó muestra en el punto S 9-3, ya que el S 9-1, cumplía con las características requeridas para el análisis de laboratorio.

En el Monitoreo 1, el punto S 10-2 (VTM1, Peine), la velocidad determinada fue **muy baja**, condición que se modifica a **alta** en el Monitoreo 2, igual velocidad de infiltración fue determinada en el Monitoreo 1, para los puntos S 1 (VT6), S 8-2 (VT2) y S 13-1(VT4) para el sector de Tilopozo, como también para las muestras S 11-1 (VB01) y S 12-1 (VB02) sector de Peine, además de S 6-2 (VLB2, La Brava) y S 3-1 (VLP3) y S 5-1 (VLP1) sector de la Punta, de las anteriores, en cuatro de ellas (S 1 (VT6), S 3-1 (VLP3), S 6-2 (VLB2) y S 8-2 (VT2)), la velocidad de infiltración se mantiene y en las otras la velocidad cambia a **muy alta** (ver, **Figura N° 12-31**).

En las restantes muestras la velocidad de infiltración calculada en el Monitoreo 1 es **muy alta**, condición que cambia a **alta** en los puntos S 2-1 (VT5), S 3-2 (VLP3), S 6-1 (VLB2), S 7-2 (VT1), S 8-1 (VT2), S 9-1 (VT3), S 10-1 (VTM1) y S 12-2 (VB02), y las restantes se mantienen con una velocidad **muy alta** (**Figura N° 12-31**).

Tal como se puede observar en la **Figura N° 12-31**, en el Monitoreo 2 se determinó una velocidad de infiltración o K saturada, en término de longitud/tiempo significativamente menor, aun cuando se mantiene en los rangos de alta y muy alta.

En general la velocidad de infiltración presenta una alta variabilidad, incluso en distancias sub-métricas entre tomas de muestra, con coeficientes de variación (espacial y temporal) que pueden sobrepasar el 300%²².

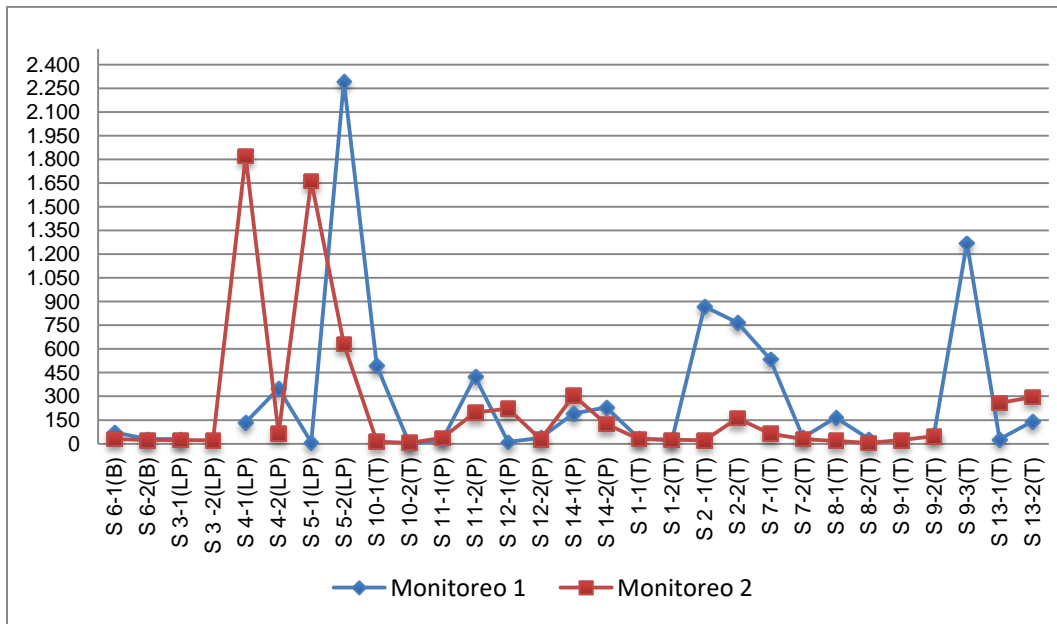
Tal como se observa en la **Figura N° 12-31**, los resultados del Monitoreo 2 presentan un descenso generalizado de aproximadamente un 33% respecto al Monitoreo 1, excepto las muestras S 4-1 (VLP2) y S 5-1 (VLP1). Eso es esperable por las recargas de agua con

²² Comunicación personal Oscar Seguel. Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile. Doctor en Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.

menor salinidad, que dispersa el suelo y disminuyen su K, lo que explica el fuerte descenso en las muestras S 2-1 (VT5) y S 10-1 (VTM1).

Para el Monitoreo 2, llama la atención los resultados de las muestras S 4-1 (VLP2) y S 5-1 (VLP1, sector La Punta, dado que presentan un fuerte aumento. La explicación radica en que al tratarse de costras salinas, las condiciones de muestreo o de terreno pueden cambiar entre monitoreos, como por ejemplo, que se generen grietas, lo que aumenta la velocidad, o que, durante el secado estas se contraen. También existe un aumento en las muestras S 12-1 (VB02, Peine) y S13 (VT4, Tilopozo), aunque dentro de los límites esperables.

**Figura N° 12-31. Variación de conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h).
 Monitoreos 1 y 2.**



Además, existen otros factores que determinan la velocidad de agua en el perfil, como la densidad del suelo, textura, estructura, poros, contenido inicial de agua, presencia de costras, grietas y coloides y profundidad del perfil, como también factores externos al suelo como es el caso cobertura de la vegetación y pendiente, los cuales deben ser analizados para poder determinar cambios en ellos y que puedan afectar los resultados.

12.4.3.8 Nivel Freático

En la **Tabla N° 12-6**, se indica la profundidad medida desde la superficie del suelo, en la cual se presenta el nivel freático en ambos monitoreos.

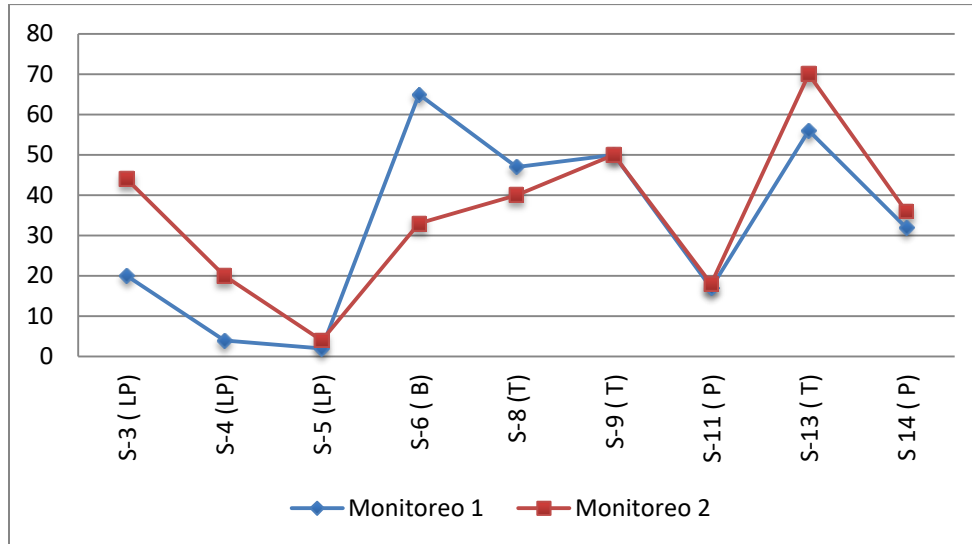
Es necesario señalar que aquellos puntos en los cuales no se indica presencia de nivel freático, no implica necesariamente que éste no existe, ya que es factible que en estos puntos éste se pueda presentar a mayor profundidad de la excavada.

Tabla N° 12-6. Profundidad Nivel Freático. Monitoreos 1 y 2.

Subsector	Código Original Punto Muestreo suelos (PMB, 2015)	ID punto de muestreo final de suelo	Nivel freático (cm)	
			Campaña Invierno Monitoreo 1	Campaña Verano Monitoreo 2
Tilopozo	VT6	S 1	--	--
Tilopozo	VT5	S 2	--	--
La Punta	VLP3	S 3	20	44
La Punta	VLP2	S 4	4	20
La Punta	VLP1	S 5	2	4
La Brava	VLB2	S 6	65	33
Tilopozo	VT1	S 7	--	--
Tilopozo	VT2	S 8	47	40
Tilopozo	VT3	S 9	50	50
Peine	VTM1	S 10	--	--
Peine	VB01	S 11	17	18
Peine	VB02	S 12	--	--
Tilopozo	VT4	S 13	56	70
Peine	VB03	S 14	32	36

Para el área de estudio y en ambos monitoreos, en nueve puntos de muestreo se detectó nivel freático a profundidad de trabajo, siendo estos puntos los mismos para ambas campañas, los que corresponden a S 3 (VLP3), S 4 (VLP2), S 5 (VLP1) (sector de La Punta), como también S 6 (VLB2, La Brava), además de S 8 (VT2), S 9 (VT3) y S 13 (VT4) (sector de Tilopozo) y S 11 (VB01) y S 14 (VB03) (sector Peine) (**Tabla N° 12-6**).

En el punto S 9 (VT3, Tilopozo), el nivel freático se mantuvo constante (50 cm), mientras que, en seis de los puntos [S 3 (VLP3), S 4 (VLP2), S 5 (VLP1), S 11 (VB01), S 13 (VT4) y S 14 (VB03)], el nivel freático se detectó a mayor profundidad para el Monitoreo 2, y en dos [S 6 (VLB2) y S 8 (VT2)], el nivel freático se presentaba más superficial en el Monitoreo 2 respecto al Monitoreo 1, ver **Figura N° 12-32**.

Figura N° 12-32. Variación de la Profundidad Nivel Freático. Monitoreos 1 y 2.

La variación del nivel freático basado en los datos de ambos monitoreos, se encuentra en función de diversos factores, entre los de mayor importancia se pueden señalar: época de medición, aportes superficiales y subterráneos, evapotranspiración, evaporación, y tipo de suelo.

12.4.4 Límites considerados en la evaluación de Suelo o Sustrato

Dado que en la Línea de Base del EIA no se presentaron antecedentes específicos para el subcomponente suelo, como los desarrollados en esta campaña, no existen límites de evaluación de los parámetros analizados para realizar una comparación, y los que se presentan en la literatura están referidos a los niveles de tolerancia de especies con valor agrícola, por lo que no representan al área de estudio. A pesar de esta condición, dicha información se utilizó para comparar los resultados del Monitoreo 1 y 2, siendo los datos del primer monitoreo, utilizados como información base, con la salvedad que corresponden a información de una época específica y bajo ciertas condiciones ambientales.

Tal como se señaló en el párrafo anterior la información del Monitoreo 1, se consideró como nivel base, el cual se utiliza para determinar la existencia o no, de variación de los distintos parámetros en el Monitoreo 2. Sin embargo, se continúa utilizando las categorías disponibles en la bibliografía sólo como referencia.

12.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)

Los resultados señalan que tanto para el monitoreo de invierno 2016 como para el monitoreo de verano 2017, los parámetros físicos y químicos analizados en los tres sectores de estudio se presentan dentro de lo esperado para estos sistemas, y en algunos parámetros se observan desviaciones respecto a los registros recopilados en el Plan de Manejo Biótico, que actúa como marco de referencia (Línea de Base).

Para calidad de agua en el Sector Peine, tanto bicarbonato como carbonato presentaron valores por fuera de los límites registrados en línea base durante ambos monitoreos, sin embargo, estos límites se establecieron con datos obtenidos en solo una campaña (enero de 2015), por lo que si algunos datos no se encuentran dentro de estos límites, puede deberse a la variación propia de la estacionalidad y encontrarse de manera normal en la naturaleza.

En los monitoreos de invierno y verano, los valores de nitrógeno amoniacal, nitrato, nitrito y ortofosfato se encontraron por debajo de lo registrado previamente para la mayoría de las estaciones en Peine. En general, para ambas campañas los nutrientes se registran bajo o cercano al límite de detección en la mayoría de las estaciones.

Por otra parte, dentro del Sector La Punta y La Brava, los parámetros pH y bicarbonato tienen registros por encima de lo observado en la línea de base en la campaña de invierno, mientras que carbonato se encuentra por debajo para la mayoría de las estaciones. No ocurre lo mismo para el bicarbonato en la campaña de verano, encontrándose en todas las estaciones con valores inferiores a la línea base. Al igual que para Peine, carbonato y bicarbonato solo cuentan con un dato como referencia por lo que las desviaciones observadas podrían deberse a variaciones naturales del sistema.

En el Sector Tilopozo, que no cuenta con antecedentes previos en el PMB, la calidad de agua presentó menores concentraciones de sales en general y un pH en general más cercano al neutro que los otros sectores. Cabe destacar, que la campaña de verano registró los valores más bajos de oxígeno disuelto respecto a la campaña de invierno, en los tres sectores para la mayoría de las estaciones.

En cuanto a los resultados de sedimentos analizados, tanto para el Sector Peine, como para La Punta y La Brava, se registraron valores de materia orgánica por sobre lo registrado en la línea de base, además de valores de potencial redox por debajo de estos registros históricos. Nitrógeno total y fósforo total también registraron algunos valores fuera de los registros previos. Si se considera que para estos parámetros solo existe un registro previo durante enero de 2015, y que para ambos monitoreos se obtuvo resultados similares, podría deberse a una variación natural de estas variables.

Para el caso de las comunidades biológicas, en general mostraron valores dentro de los registros esperados de acuerdo a los estudios previos.

Las comunidades de algas, Fitobentos y Fitoplancton en general presentaron valores de abundancia dentro del rango determinado por los registros históricos de las cinco campañas de línea de base compiladas en el Plan de Manejo Biótico, y valores de riqueza dentro o por sobre estos registros. Para los invertebrados, zoobentos y zooplancton, los valores tanto de abundancia como de riqueza, en su mayoría corresponden al rango determinado por los estudios anteriores o muestran valores superiores a estos registros.

Dentro de los invertebrados, destaca el caracol de la Familia Hydrobiidae, taxa que de acuerdo a los estudios anteriores corresponde a *Heleobia atacamensis*, al menos para el Sector Tilopozo, esta es una especie clasificada como En Peligro Crítico de acuerdo a la legislación vigente. Esta familia se registró en los tres sectores estudiados, situación que podría ampliar el rango de distribución de *Heleobia atacamensis*.

Las macrófitas registradas corresponden a taxa detectados en los estudios previos, y que no están clasificados en alguna categoría de conservación que implique amenaza. En esta componente, se destaca la diferencia que presentaron las estaciones de Tilopozo respecto a la cobertura de *Zanichellia palustris*, entre la campaña de invierno y la de verano, cuyos mayores registros se obtuvieron en agosto de 2016.

Si bien, este estudio no contempló la evaluación de fauna íctica, ésta fue registrada por observación directa solamente en Sector Tilopozo, en las estaciones TB-1 y TB-3 durante invierno y en todas las estaciones del sector durante verano. Cabe señalar que no se realizó capturas de individuos, ni se efectuó pesca eléctrica, en ninguna de las estaciones de monitoreo. Las observaciones corresponden a individuos del género *Gambusia*, 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 a la legislación vigente.

12.5.1 Límites considerados en la evaluación de Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)

Para las variables físicas y químicas de agua y sedimentos, se estableció como límite los valores mínimos y máximos registrados en el Plan de Manejo Biótico, 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 en la etapa de construcción (invierno 2016) y operación del proyecto (verano 2017).

Para las comunidades biológicas se utilizó el mismo criterio, donde se establece como límite una mantención de los registros dentro de la variación histórica, de lo señalado en el Plan de Manejo Biótico. Este criterio se aplicó sobre los valores de Abundancia y Riqueza.

Cabe destacar que el sector Tilopozo no cuenta con antecedentes de monitoreo, dentro del PMB, por lo que solo se pueden realizar comparaciones entre monitoreos.

La elección de mínimos y máximos permite capturar la variación anual e interanual (idealmente) 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 al registro previo, que requieran poner especial atención a la componente de estudio.

Dentro de los parámetros de química de agua, se cuenta con 5 campañas de estudio previas, aunque 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 enero de 2015. Esta información es clave a la hora de dar seguimiento y evaluar en relación a 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 enero de 2015, esta situación dificulta la comparación de los resultados de los monitoreos, debido a que esta única campaña no ofrece una visión de la variación anual que podrían presentar los parámetros con el paso de las distintas estaciones del año. Así, un resultado fuera del rango Mínimo-Máximo establecido podría deberse a una variación natural y no necesariamente a un efecto del proyecto. Consideraciones necesarias de tener al momento de realizar las evaluaciones de seguimiento.

Para las comunidades biológicas, se cuenta con antecedentes de al menos 4 campañas para cada una de las comunidades, lo que constituye una buena muestra de la variación propia de las comunidades, así como de posibles cambios naturales, debido a que las campañas se realizaron en diferentes estaciones del año, exceptuando el sector de Tilopozo, que no cuenta con registros de monitoreos previos.

12.5.1.1 Calidad de agua

En general, los registros de las estaciones del Sector Peine están en los rangos propios de lagunas de estos sistemas de salar de altura, presentando alta conductividad eléctrica asociada al registro de sales como cloruros, además de temperaturas acorde a la hora del día en que se realiza la medición dada la profundidad de estos cuerpos de agua. Se observa un pH alcalino que no presenta mayor variación entre estaciones, a diferencia del oxígeno disuelto, el cual se relaciona con la temperatura. El registro de nutrientes por su parte, indica concentraciones homogéneas entre estaciones, destacando nitrato y ortofosfato por presentar todos los valores bajo el límite de detección en invierno y la mayoría de ellos en verano.

Existen algunos valores que se encuentran fuera del rango de la línea base, como son el bicarbonato, carbonato, ortofosfato (ambas campañas) y nitrógeno amoniacal (solo verano), sin embargo, se debe considerar que en el caso de estos iones sólo se realizó una campaña de monitoreo para la elaboración de la Adenda 5, efectuada en el año 2015, por ende, el patrón de comparación no es representativo y las desviaciones podrían deberse a oscilaciones producto de la estacionalidad.

Los registros obtenidos durante ambos monitoreos para las estaciones de La Punta y La Brava, presentan rangos propios de lagunas de altura, tanto en los parámetros físicos como químicos, con valores bastante similares entre estaciones de una misma laguna. En La Brava, las mayores diferencias se distinguen en la estación LB-3, punto nuevo y voluntario de medición ubicado en la desembocadura de un afluente a Laguna La Brava, registrando menor valor en aquellos parámetros vinculados a conductividad y sales.

En invierno se registraron algunas diferencias respecto a la Línea Base principalmente en las variables carbonatos y bicarbonatos, además de algunos registros en pH y salinidad. El parámetro aceites y grasas para esta campaña se presenta bajo el límite de detección en todas las estaciones de La Punta-La Brava.

Por otra parte, en verano algunos valores se encuentran fuera del rango de la línea base, como son el bicarbonato, carbonato, y nitrato. Sin embargo, se debe considerar que en el caso de estos iones sólo se realizó una campaña de monitoreo para la construcción de la Adenda 5, efectuada en el año 2015, por ende, el patrón de comparación no es representativo y las desviaciones con respecto pueden deberse a variaciones propias de la estacionalidad.

El Sector Tilopozo no cuenta con antecedentes previos de monitoreo, por lo que no se puede realizar análisis comparativos con respecto a dichos estudios.

Los valores obtenidos en el sector Vegas de Tilopozo, muestran un sistema con menor conductividad eléctrica, salinidad, cloruro y pH que los otros sectores de estudio, condición esperable dada las características propias de estas estaciones de sistema de vegas. Esto se observa en particular en TB-1 y TB-3, que corresponden a pozas profundas (3 m y 4 m, respectivamente) y TB-2 una laguna somera, con presencia de vegetación ripariana y acuática en las tres estaciones.

Si se compara entre los dos monitoreos realizados, se observa en este sector mayor concentración de Clorofila “a” en invierno que en verano, junto a algunas variables asociadas a macronutrientes como Nitrógeno Total (NTK), Nitrógeno amoniacal y Fósforo Total.

12.5.1.2 Calidad de sedimentos

Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de levantamiento de datos en el año 2015 para la elaboración del PMB de la Adenda 5, por lo que los desvíos con respecto a dichos datos, pueden deberse a la variación estacional.

Cabe indicar que no se pudo realizar el análisis de granulometría, debido a la naturaleza de las muestras de sedimentos, dada la compactación de las muestras luego del secado, lo que altera su granulometría original. Se realizaron no obstante diferentes pruebas para poder realizar el análisis de la mejor forma, pero sin resultados positivos y representativos posibles. Para detalles específicos al respecto, revisar el informe emanado por esta ETFA en **Anexo Limnología_Sedimentos**.

Los resultados descritos para las estaciones del sector Peine, tanto de laguna Salada (S-5, S-9, S-10), como Saladita (SA-25) e Interna (I-11, I-17), presentan valores bastante homogéneos entre sí.

Tanto en invierno como en verano, los rangos registrados para Carbono Orgánico Total (COT) y materia orgánica, se presentan con sus mínimos en laguna Interna I-17, y los máximos en laguna Salada en S-9. Cabe señalar que el potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras.

En invierno el fósforo total presentó diferencias entre las estaciones de Salada, con valores para ésta sobre 160 mg/Kg, y las estaciones de Interna y Saladita, cuyos valores no superan los 1,13 mg/Kg.

Aquellos parámetros que presentaron valores durante invierno fuera de los rangos establecidos en línea base, corresponden a materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total Kjeldhal y potencial redox, mientras que en verano, se mantienen las mismas variables por fuera de los registros de línea base pero se incorpora fósforo total.

Los resultados descritos para las estaciones de La Punta (LP-23, LP-24) y La Brava (LB-1, LB-2, LB-3), presentan un rango de carbono orgánico total entre 48 g/Kg y 95 g/Kg para invierno y de 60 g/Kg y 96 g/Kg en verano, ambos registros mínimo y máximo en La Brava. Los nutrientes en ambas campañas, tanto fósforo como nitrógeno presentaron variación entre estaciones. El potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras.

Para ambos monitoreos, los parámetros que presentaron valores fuera de los rangos establecidos en línea base, son materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total Kjeldhal y potencial redox.

Las estaciones del sector Tilopozo presentaron similitudes entre sí, sobre todo entre TB-1 y TB-3. A pesar de su cercanía física, las estaciones también presentaron algunas diferencias, principalmente en el registro de fósforo total, cuyo rango oscila entre el límite de detección (<0,50 mg/Kg) en TB-1 a un registro sobre 1000 mg/Kg en TB-2 durante invierno. Durante verano, la diferencia entre TB-2 y las otras dos estaciones son más claras, probablemente debido al tipo de sistema que representa cada estación con TB-1 y TB-3, siendo pozas profundas, mientras TB-2 no alcanzó los 50 cm de profundidad. En verano se registró un importante cambio en la concentración de fósforo total donde en TB-1 aumentó y en TB-2 disminuyó con respecto a invierno. El potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras.

12.5.1.3 Comunidades Biológicas

En general las comunidades analizadas mostraron valores de abundancia y riqueza dentro, o por sobre, los límites establecidos por los antecedentes recopilados en el Plan de Manejo Biótico.

- Fitobentos

El Sector Peine mostró valores de abundancia y riqueza superiores a los límites para la mayoría de sus estaciones, durante invierno, y dentro de los rangos durante verano, exceptuando el punto I-11 donde la riqueza fue superior a lo estipulado en línea base.

Por otra parte, durante invierno la comunidad biológica presentó en este sector, una diversidad y equidad mayor en las estaciones S-9 y S-10, ambas de Laguna Salada, sin observar una dominancia por parte de un taxa en particular. En S-5 (Laguna Salada) dominó el género *Cocconeis*, mientras que en las estaciones de Saladita (SA-25), e Interna (I-11 e I-17) dominó el género *Denticula*. En verano, la comunidad presentó una

diversidad y equidad menor en las estaciones correspondientes a Laguna Interna (I-11, I-17), donde se mostró una dominancia por parte de un taxa en particular (*Denticula*). En S-5 y S-10 (Laguna Salada) SA-25 (Saladita) dominó el género *Amphora*, mientras que en S-9 (Salada) dominó *Oscillatoria*.

Para ambos monitoreos la dominancia en el sector corresponde a la Clase Bacilliarophyceae.

En el sector La Punta y La Brava, durante invierno, los valores de abundancia corresponden al rango establecido como límite, y la riqueza supera lo encontrado previamente en todas las estaciones, excepto en LB-1. En verano, los valores de abundancia corresponden al rango establecido como límite, exceptuando el punto LP-23, el cual es superior a la línea base.

Durante invierno, las estaciones de laguna La Brava (LB) mostraron en promedio una menor diversidad y equidad que las estaciones de La Punta (LP), debido a la dominancia de los géneros *Denticula* y *Oscillatoria* dentro de la comunidad. Por otra parte, dentro de laguna La Punta, las diversidades son un poco mayores, aunque se sigue observando dominancia de ciertos taxa, en particular *Denticula*, *Oscillatoria*, *Mastoglia* y *Amphora*. Por otra parte, durante verano, LB-3 mostró una diversidad y una equidad muy superior a las otras estaciones de la misma laguna, esto se explica debido a la amplia dominancia de *Denticula* dentro de las estaciones LB-1 y LB-2. En laguna La Punta, la estación LP-23 mostró una amplia dominancia de *Mastoglia*, lo que determinó una baja diversidad y equidad en dicha estación, mientras que LP-24, mostró los valores más altos de diversidad y equidad para el sector.

Durante ambas campañas, y al igual que lo observado en Peine, el grupo de algas dominante corresponde a la Clase Bacilliarophyceae.

El Sector Tilopozo no cuenta con registros previos de comunidades biológicas en el PMB para usar como referencia, por lo que solo se puede comparar entre los valores de ambos monitoreos. Los valores de abundancia registrados durante verano son inferiores a los registrados durante invierno, mientras que los de riqueza son similares.

Durante invierno y verano, los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo son similares entre estaciones, aunque se evidencia que dentro de cada estación el o los taxa dominantes son diferentes. En ambas campañas la Clase más importante en esta comunidad corresponde a Bacilliarophyceae.

- Fitoplancton

En la comunidad de fitoplancton, la abundancia registrada se encuentra dentro de lo esperado, de acuerdo a los datos de línea base, para el sector Peine, durante ambos monitoreos.

Durante invierno, la riqueza de esta comunidad supera los registros previos en las estaciones S-9 y S-10, mientras que para el resto de las estaciones, se encuentra dentro del rango, por otra parte, en verano, la riqueza de esta comunidad supera los registros previos en las estaciones S-5 e I-17 en el Sector Peine, mientras que para el resto de las estaciones de se encuentra dentro del rango.

Durante invierno, la diversidad y equidad dentro del sector Peine, para la comunidad de fitoplancton es similar entre las estaciones, diferenciándose las estaciones S-5 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna), que registraron una diversidad menor a las marcadas dominancias de los géneros *Cocconeis* y *Denticula* respectivamente, mientras que en verano, la diversidad y equidad dentro de este sector, para la comunidad de fitoplancton, es similar entre las estaciones. Los taxa dominantes en el sector corresponden a *Nitzschia*, *Denticula* y *Achnantheidium*. Domina la Clase Bacilliarophyceae para el sector.

Para el sector La Punta y La Brava, la abundancia registrada para la comunidad de fitoplancton, se encuentra durante ambos monitoreos dentro de lo esperado, de acuerdo a los datos de línea base.

Durante invierno, la comunidad de fitoplancton mostró una diversidad y equidad menor en laguna La Brava, en las estaciones LB-1 y LB-2, situación que se encuentra asociada a la marcada dominancia del género *Denticula*, a diferencia de LB-3, cuya diversidad aumenta a más del doble. Cabe señalar que esta estación (LB-3), es una estación nueva que se incorporó para obtener mayor representatividad. En LB-3, la diversidad es similar a la registrada en las estaciones de laguna La Punta, cuya dominancia correspondió a taxa como *Fragilaria*, *Mastoglia Amphora* y *Denticula*. Durante verano, la comunidad registró una diversidad y equidad menor en laguna La Brava, en las estaciones LB-1 y LB-2, situación que se encuentra asociada a la marcada dominancia del género *Denticula*, a diferencia de la estación LB-3, cuya diversidad corresponde a más del doble siendo la más alta del sector. En el caso de laguna La Punta, en ambas estaciones la dominancia correspondió a *Mastoglia*, donde fue ampliamente dominante en LP-23, mientras que en LP-24 se observó una comunidad más diversa. Durante ambos monitoreos la dominancia en el sector correspondió a la Clase Bacilliarophyceae.

El Sector de Tilopozo mostró una disminución de la abundancia en TB-2, y un aumento en TB-3 durante verano, mientras que la riqueza en TB-2 disminuyó durante verano. Durante

invierno, los valores de diversidad no fueron particularmente altos, en especial en TB-1 y TB-2, debido a la marcada dominancia de ciertos taxa, en TB-1 *Oscillatoria*, y en TB-2 *Anabaena* y *Amphora*. Por su parte la estación TB-3 presenta un índice de diversidad mayor al igual que la equidad, debido a la presencia de un mayor número de géneros presente en la comunidad, mientras que durante verano, los valores de diversidad más bajos corresponden a TB-1 donde la dominancia de *Gomphosphaeria* explica dicha situación. Otros taxa importantes por su abundancia en el sector son *Amphora*, *Oscillatoria* y *Merismopedia*.

- Zoobentos

Para la comunidad de zoobentos, en ambos monitoreos el Sector de Peine mostró valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por los estudios previos, con la excepción de la estación I-17 durante invierno y S-10 durante verano, donde no hubo registro de individuos. Durante invierno, la diversidad y equidad dentro del sector Peine, solo pudo determinarse en tres de las seis estaciones, dos en Laguna Salada (S-5, S-9) y la estación de Laguna Saladita (SA-25). En las restantes no pudo estimarse, debido a la ausencia de individuos, o a la presencia de solo un grupo taxonómico que domina totalmente la comunidad.

Los taxa dominantes en sector Peine, corresponden al caracol de la familia Hydrobiidae, gusanos de la familia Naididae, y los dípteros de la familia Ceratopogonidae.

En la campaña de verano, la diversidad y equidad dentro del sector Peine solo pudo determinarse en dos de las seis estaciones, ambas en Laguna Salada (S-5, S-9). En las restantes no pudo estimarse debido a la ausencia de individuos, o a la presencia de solo un grupo taxonómico que domina totalmente la comunidad.

Los taxa dominantes corresponden a la familia Ceratopogonidae y a un caracol de la familia Hydrobiidae, además de Ephydriidae en I-17.

Destaca la presencia de Hydrobiidae, ya que dentro de esta familia se encuentra *Heleobia atacamensis* especie clasificada como En Peligro Crítico de acuerdo a la legislación vigente. La presencia de *H. atacamensis* está descrita en Tilopozo, sector cercano geográficamente a Peine, por lo que podría tratarse de la misma especie aunque se requiere un trabajo de investigación más profundo para dilucidar este aspecto.

En el Sector La Punta y La Brava, durante invierno, la abundancia superó el rango de valores señalados por el Plan de Manejo Biótico, mientras que la riqueza se mantuvo dentro del rango histórico, con la excepción de la estación LB-3, donde se registraron valores superiores. Por otra parte, en invierno, la abundancia para este sector, superó los

rangos registrados por el Plan de Manejo Biótico, excepto en LB-1, cuyo valor se encuentra dentro de dicho rango. La riqueza se mantuvo dentro del rango histórico, con la excepción de la estación LP-23 donde se registraron valores superiores.

Durante el monitoreo de invierno la diversidad en el Sector La Punta y La Brava, resultó bastante homogénea entre estaciones, a excepción de LB-1, debido a la marcada dominancia de Ceratopogonidae, lo que también se refleja en el índice de equidad. Este taxa dominante también se hizo presente en el resto de las estaciones. En las estaciones LB-3 y LP-23, esta dominancia es compartida con Hydrobiidae, siendo el grupo más abundante en esta última estación, mientras que durante verano; la diversidad resultó parecida entre estaciones de la misma laguna, a excepción de LB-1, debido a la presencia exclusiva de Ephyridae. Las estaciones LB-2 y LB-3 mostraron una diversidad y equidad mayor con respecto a las estaciones ubicadas en La Punta. Durante invierno la dominancia recae en Insecta y Gastropoda, mientras que para verano dominan Crustacea, seguido de Insecta y Gastropoda.

El sector Tilopozo mostró una mayor riqueza y abundancia durante verano para las estaciones TB-1 y TB-2, mientras que en TB-3 aumentó la abundancia, pero disminuyó la riqueza con respecto a invierno.

Durante invierno, dentro del sector Tilopozo, sólo se detectó tres taxa en la estación TB-3, destacando principalmente Ceratopogonidae como la familia común en ambas estaciones (TB-2;TB-3), siendo la única presente en TB-2. Hydrobiidae es el grupo dominante en la estación TB-3. TB-1 no registró esta comunidad. Durante la campaña de verano, el taxa dominante ampliamente en cada una de las tres estaciones del sector corresponde a Hydrobiidae. Para ambas campañas los grupos dominantes corresponden a Insecta y Gastropoda.

- Zooplankton

La comunidad de zooplankton en el Sector Peine, registró valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por los estudios previos para ambas campañas de monitoreo.

La diversidad de zooplankton en el Sector Peine durante invierno, estuvo condicionada por riquezas bajas. Las mayores diversidades se dan en dos de las estaciones de la laguna Salada y en la laguna Saladita. En términos de equidad destacan S-5 y SA-25. Los taxa dominantes correspondieron a los géneros Attheyella y Nauplius de Cyclopoidae. Durante verano, la diversidad en el Sector Peine estuvo condicionada igualmente por riquezas bajas. Las mayores diversidades se dan en dos estaciones, una en Laguna Salada y otra en Laguna Saladita, S-10 y SA-25, respectivamente. Los taxa dominantes

correspondieron a los géneros *Attheyella* y *Artemia*. En invierno la clase dominante correspondió a copépodos, mientras que en verano correspondió a Branchiopoda (*Artemia*).

La comunidad de zooplancton en La Punta y La Brava, registró valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por los estudios previos para ambas campañas de monitoreo.

En invierno, para el sector La Punta y la Brava, dominaron principalmente dos taxa: en las estaciones de laguna La Brava dominó *Attheyella*, mientras que en laguna La Punta dominó los *Nauplius* de Cyclopoidae. Cabe señalar que ambos taxa se presentan en todas las estaciones. Las diversidades y equidades se presentan variables entre estaciones de acuerdo a la composición registrada en cada una de ellas.

Dentro del sector La Punta y La Brava, durante verano, dominaron principalmente tres taxa: en las estaciones La Brava dominó *Attheyella* y *Ostracoda*, mientras que en La Punta dominó *Boeckella*. Las diversidades y equidades se presentan variables entre estaciones de acuerdo a la composición registrada en cada una de ellas con un máximo en LB-1.

En ambos monitoreos, la Clase dominante para el sector correspondió a Copépoda.

En el Sector Tilopozo, se observó durante verano un aumento de abundancia y riqueza para TB-1, una disminución de riqueza y abundancia para TB-2, y un aumento tanto de riqueza como de abundancia para TB-3.

Dentro del zooplancton, para el monitoreo de invierno del sector Tilopozo, la mayor diversidad se encontró en TB-1, donde dominó la especie *Attheyella* sp., mientras que en las estaciones TB-2 y TB-3 con una diversidad más baja, destacan también otros grupos como los rotíferos con los géneros *Lepadella* y *Philodina*. Durante verano dentro del zooplancton del sector Tilopozo, la mayor diversidad se encontró en TB-3, donde 3 taxa corresponden a casi el 90% de la muestra, mientras que en las estaciones TB-2 y TB-1, *Attheyella* dominó ampliamente. Durante invierno dominaron los rotíferos en el sector, mientras que en verano dominaron los copépodos seguidos por rotíferos.

- Macrófitas

La comunidad de macrófitas estuvo presente en los tres sectores estudiados. En sector Peine y en sector La Punta y La Brava, los registros corresponden a la presencia del género *Ruppia* en densidades inferiores al 10% de cobertura a lo largo de los dos monitoreos. Por otra parte en Tilopozo, la especie *Zanichellia palustris* durante invierno

cubrió buena parte de la superficie del espejo de agua de las estaciones, además que sus hojas constituyen una buena base para el asentamiento de algunas algas, aumentando la cobertura vegetal, mientras que en verano, esta cobertura se redujo considerablemente manteniéndose solo en las riberas de las estaciones TB-1 y TB-3.

12.6 En relación con Área de Lagunas

12.6.1 Análisis de comparación con registros históricos de línea de base

En el análisis comparativo de las superficies de cuerpos de agua determinadas para el periodo de invierno de 2016 a partir de las imágenes de alta resolución, respecto de los registros históricos, se observa que el promedio anual de la superficie lagunar del sector de La Punta y La Brava es mayor al mínimo histórico en 12,6 ha (+39,9%) y al máximo histórico en 9,2 ha (+29,1%). Para el sector de Peine, el promedio anual es mayor al mínimo histórico en 13,3 ha (+27,2%) y menor al máximo histórico en 11,4 ha (-23,3%).

Los valores de las superficies estimadas para verano 2016 están por sobre los mínimos históricos en ambos sistemas lagunares, siendo estos valores 31,6 ha para La Punta y La Brava, y 48,9 ha para el Sistema Peine (**Tabla N° 12-7; Figura N° 12-33; Figura N° 12-34**).

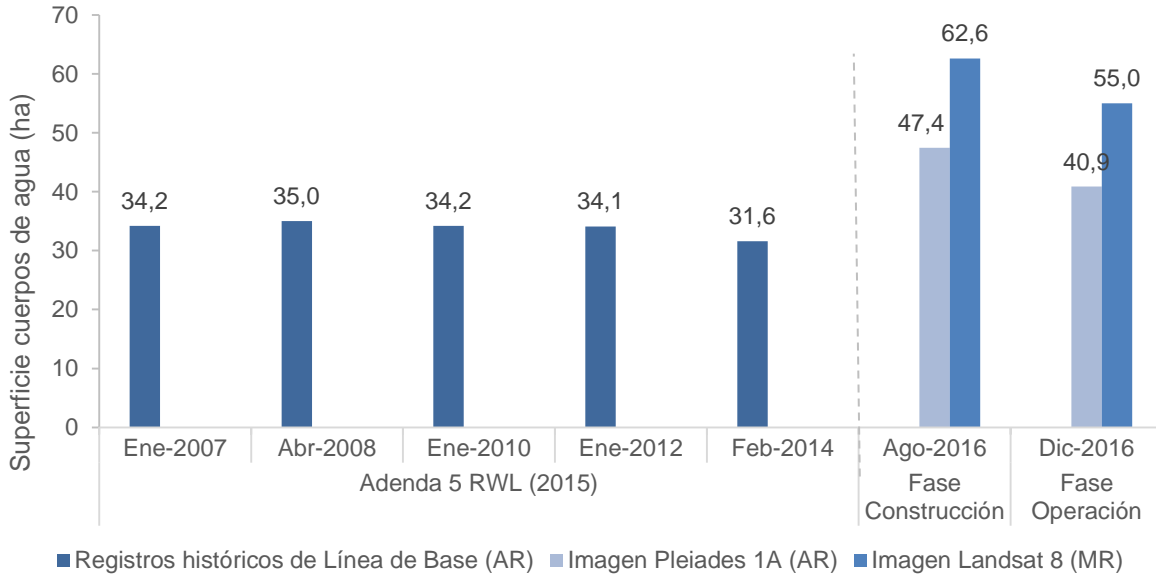
Tabla N° 12-7. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales de Alta Resolución (AR) y media resolución (L8): entre registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015) y monitoreos de invierno y verano de 2016 (Fases de Construcción y Operación, 2016).

Sistema Lagunar	Superficies (ha) de registros históricos (Adenda 5 RWL, 2015)			Superficies (ha) Pleiades 1A de alta resolución 2016			Superficies (ha) Landsat 8 de media resolución 2016		
	Mínimo	Máximo	Promedio*	Invierno	Verano	Promedio anual	Invierno	Verano	Promedio anual
La Punta y La Brava	31,6	35	33,8	47,4	40,9	44,2	62,6	55	58,8
Peine	48,9	73,6	64,8	74,1	50,2	62,2	114,7	110,3	112,5

* Corresponde a la integración de las coberturas multianuales analizadas en la línea de base.

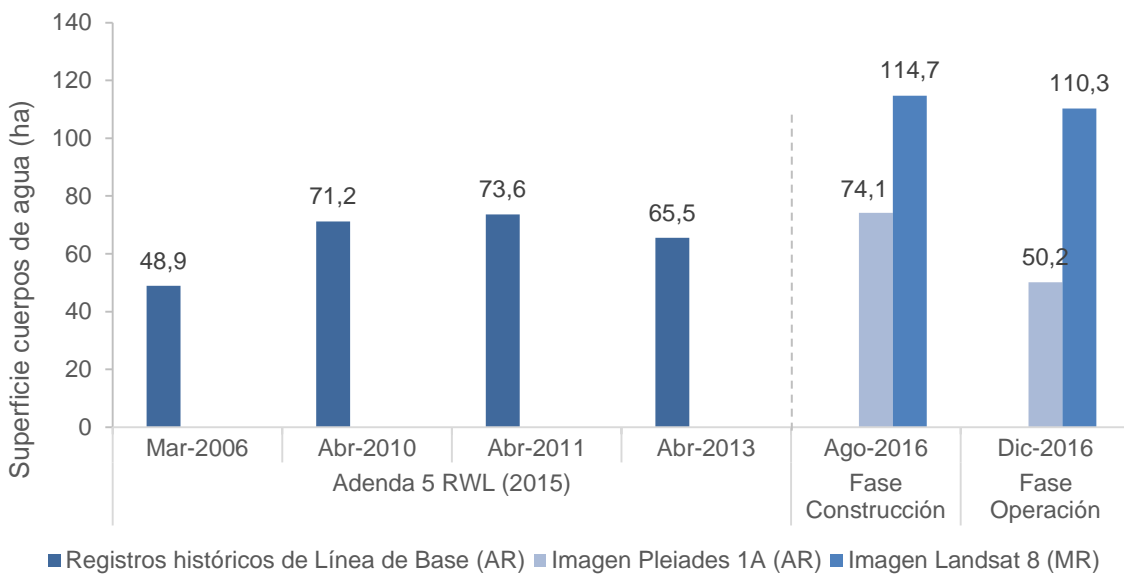
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12-33. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).
 Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

Figura N° 12-34. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).
 Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

12.6.2 Análisis de límites considerados en el seguimiento de los cuerpos de agua

De acuerdo a lo expresado en la sección *Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua*, y según el análisis comparativo de las superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar, presentado recientemente (sección 12.6.1), se obtuvo que las superficies de los cuerpos de agua se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos, considerando el criterio indicado en la Adenda 5 del proyecto RWL: “[...] la variable de estado se mantiene dentro del registro de línea base”. Esto, según se puede observar de los registros históricos presentados y en los resultados del monitoreo de invierno y verano de 2016, considerando que lo observado en ambos periodos corresponden a variaciones estacionales propias del sistema en estudio.

12.6.3 Análisis de la validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

En general el modelo de clasificación presentó un ajuste confiable, con valores entre 0,59 y 0,90 del índice *Kappa*, en el periodo de invierno de 2016, y valores entre 0,82 y 0,91 del índice *Kappa* (**Tabla N° 12-8**) para el periodo de verano 2016, desde imágenes de alta resolución; en ambos periodos los mayores ajustes se presentan en el sistema Peine, debido a la fisonomía de este sistema lagunar, mostrando una mayor definición de los cuerpos de agua, por sus características de topografía y tipo de sustrato, ya que se encuentra total o parcialmente delimitada por 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.

En cuanto a los valores *Kappa* más bajos reportados en La Punta y La Brava, 0,59 en el periodo de invierno 2016, y 0,82 en el periodo de verano 2016 (**Tabla N° 12-8**), estos indican una menor precisión en la cobertura de cuerpos de agua estimada dentro del área de estudio. Esta reducción en el ajuste del modelo, se debe principalmente a que este sistema lagunar posee un gradiente de la laguna que conforma un ecotono de vegetación, el cual condujo a una estimación menos precisa de la superficie de agua proveniente principalmente de los parámetros NDVI y NIR.

Tabla N° 12-8. Consolidado de índices *Kappa* de validación del modelo de clasificación por sistema lagunar.

Sistema Lagunar	Monitoreo Invierno 2016 - Verano 2016							
	Invierno – 2016 (Fase Construcción)				Verano – 2016 (Fase Operación)			
	PLEIADES 1A -AR		LANDSAT 8 -MR		PLEIADES 1A -AR		LANDSAT 8 -MR	
	Superficie (ha)	Índice <i>Kappa</i>	Superficie (ha)	Índice <i>Kappa</i>	Superficie (ha)	Índice <i>Kappa</i>	Superficie (ha)	Índice <i>Kappa</i>
La Punta y La Brava	40,9	0,59	62,6	0,47	40,9	0,82	55	0,62
Peine	50,2	0,90	114,7	0,83	50,2	0,91	110,3	0,83

Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que durante la campaña de verano de 2016 se realizó además un ajuste, a modo de calibración, con el fin de robustecer el modelo de clasificación supervisada en base a las diferencias estacionales, por lo que además de las réplicas de los puntos validados en la campaña de invierno de 2016, se agregaron puntos de muestreo en sectores donde se observaron diferencias entre las superficies lagunares de línea de base y la campaña de invierno 2016.

Debido a la validación complementaria descrita anteriormente, se registró un ascenso de los índices *Kappa*²³ y un descenso de la mayoría de las superficies de cuerpos de agua estimadas previas a este proceso (Tabla N° 12-9).

Tabla N° 12-9. Variación en coberturas de invierno 2016 por validación complementaria realizada durante el monitoreo de sistemas lagunares en la campaña de verano de 2016.

Sistema Lagunar	Índice <i>Kappa</i>						Superficie cuerpos de agua (Ha)					
	PLEIADES 1A AR			LANDSAT 8 MR			PLEIADES 1A AR			LANDSAT 8 MR		
	Previo a VC	Ajuste con VC	Dif. (%)	Previo a VC	Ajuste con VC	Dif. (%)	Previo a VC	Ajuste con VC	Dif. (%)	Previo a VC	Ajuste con VC	Dif. (%)
La Punta y La Brava	0,45	0,59	31%	0,47	0,62	32%	57,1	47,4	-17%	76,9	62,6	-19%
Peine	0,89	0,9	1%	0,83	0,84	1%	79,3	74,1	-7%	123,8	114,7	-7%

Dónde: **VC**: Validación complementaria; **Dif. (%)**: Diferencias porcentual entre los parámetros previo y posterior al ajuste.

Fuente: Elaboración propia, en base a validación complementaria realizada en campaña de terreno de diciembre (2016).

Particularmente, las mayores variaciones obtenidas en el sector La Punta y la Brava, se debe a la validación de “*otros recubrimientos*” en zonas que previamente fueron delimitadas como cuerpos de agua. Estas corresponden a superficies húmedas con afloramientos de agua someros y desarrollo visible de tapete microbiano (**Fotografía N°**

²³ 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 un mejor ajuste entre los elementos de clasificación.

12-1, a y b). Debido a la alta humedad superficial y sub-superficial en estas zonas, los parámetros del modelo indicaron inicialmente una respuesta espectral similar a “*cuerpos de agua*”.

Fotografía N° 12-1. Principales variaciones en el tipo de recubrimiento de suelo obtenidas durante la validación complementaria: (a) y (b) representan otros recubrimientos –no cuerpos de agua- rectificados sobre zonas de napas someras y con desarrollo de tapete microbiano en el sector La Punta y La Brava.



Fuente: Elaboración propia en campaña de verano de 2016

12.6.4 Análisis de comparación entre imágenes Pleiades y Landsat

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos con imágenes de alta resolución (Pleiades 1A) y las imágenes de media resolución (Landsat 8) en la **Tabla N° 12-8**, se observa que en el sector de La Punta y La Brava la superficie de invierno de 2016 es mayor al mínimo histórico en 27,2 ha (+86,1%) y en 63,6 ha (+130,1%) en el sector de Peine. En tanto, la superficie de verano de 2016 calculada para el sector de La Punta y La Brava es mayor al máximo histórico en 23,8 ha (+68%) y en 38,9 ha (+52,9%) en el sector de Peine.

Al comparar estos valores entre las imágenes de alta resolución (Pleiades 1A) y de media resolución (Landsat 8), la diferencia de superficies para el sector de La Punta y La Brava es de 15,2 ha (32,1%) más en la superficie desde Landsat 8, en tanto en verano, se observan 14,1 ha (34,5%) más en la superficie desde Landsat 8. Para el sector de Peine, la diferencia de superficies es de 40,6 ha (54,8%) más en la superficie desde Landsat 8, mientras que en verano, es de 60,1 ha (119,7%) más en la superficie desde Landsat 8.

En cuanto a los valores de ajuste desde Landsat 8, a partir del índice *Kappa*, en general, los valores de ajuste del modelo son menores desde Landsat 8.

Las diferencias determinadas entre el tipo de imágenes, es esperable y atribuible a diferencias en su resolución espacial, lo cual condujo a una estimación mayor de la

superficie Landsat 8 (Resolución media de 30 m) en todos los casos de estudio (ver detalles en 10.1.5).

12.7 En relación con Nivel Freático de Lagunas

De los resultados de niveles freáticos en ambos sistemas, se puede apreciar que el Sistema La Punta-La Brava, presenta mayor variabilidad estacional que las Lagunas de Peine, en las zonas donde se ubican los piezómetros, indicado por el rango de amplitud de sus niveles. Esto además indicaría mayor sensibilidad en el Sistema de LP-LB, como respuesta a cambios hidrológicos por ejemplo. Ambos sistemas presentan sus mínimos registros en temporada de enero-marzo de cada año.

Por otro lado, de acuerdo a lo indicado bajo el criterio de análisis para la evaluación de la condición de cambio del estado ecológico de los ecosistemas, se señala que: *“Se establece como criterio de mantención del estado ecológico, que las variables de estado se mantengan dentro del registro de línea de base, esto es que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan en el rango de los valores registrados históricamente por sector.”* (Ref. Cap. 4.2.7 pág. 417 del Anexo 2 Adenda 5). Dada dicha premisa, los valores promedio registrados a la fecha para el último año de medición, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente (Ver **Tabla N° 11-9**), y se presentan por sobre los valores mínimos registrados en línea base.

12.8 En relación al estado ecológico del Sistema

De acuerdo al numeral 4.2.7 “Criterios para detección de cambio de estado ecológico”, comprometido en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico” (PMB), en donde se señala textual: *“Se establece como criterio de mantención del estado ecológico, que las variables de estado se mantengan dentro del registro de línea de base, esto es que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan en el rango de los valores registrados históricamente por sector.”* Al respecto, en este acápite corresponde al análisis de este punto en específico.

La evaluación de la condición del estado ecológico, se presenta por sector de manera independiente, para Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, mediante análisis de tendencia. El Sistema La Punta- La Brava, está constituido por las Lagunas La Punta y La Brava y por las Vegas de Tilopozo. El Sistema Peine, lo constituyen las Lagunas Salada, Saladita e Interna.

De acuerdo a lo señalado en el PMB, se entenderá como un cambio en tendencia según la evaluación realizada después de 3 años consecutivos (periodos), respecto su comportamiento previo de línea de base o registros históricos.

A continuación, se presenta el detalle de análisis para cada componente, por cada uno de los dos sistemas lagunares.

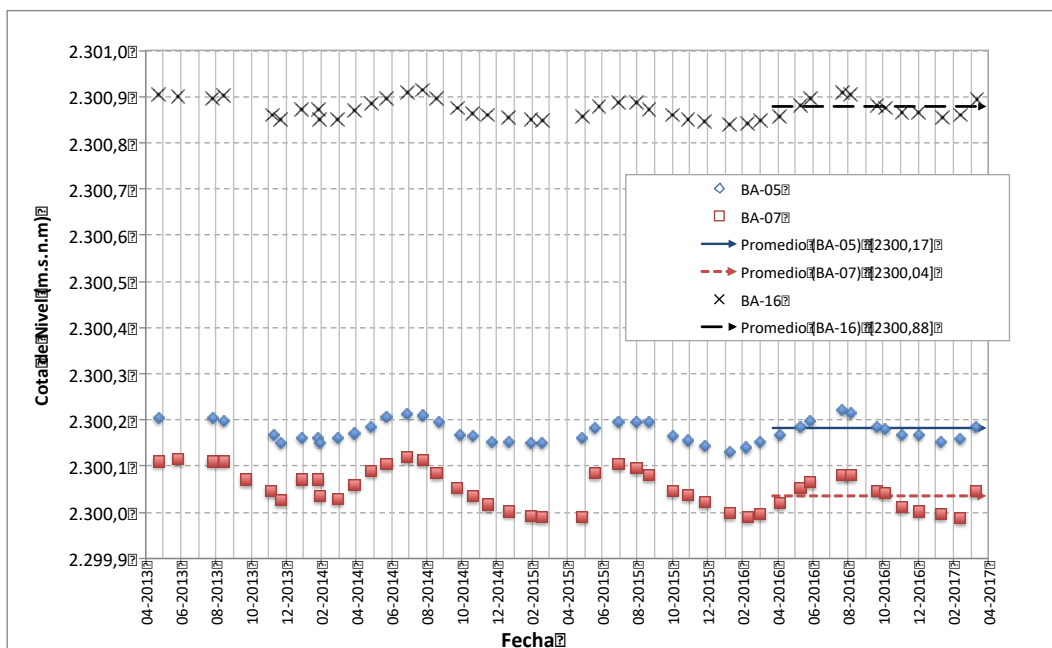
12.8.1 Sistema La Punta – La Brava

12.8.1.1 Niveles Freáticos.

En la **Figura N° 12-35** se observa gráficamente la variación temporal de niveles desde el año 2013 a la fecha, valores históricos, incluyendo las reportadas hasta marzo de 2017, que contiene la variación en el tiempo y los promedios del período actual.

De acuerdo a lo indicado bajo el criterio de análisis para la evaluación de la condición de cambio del estado ecológico de los ecosistemas, los valores promedio registrados a la fecha para el último año de medición, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, presentándose sobre los mínimos en el sector La Punta y La Brava.

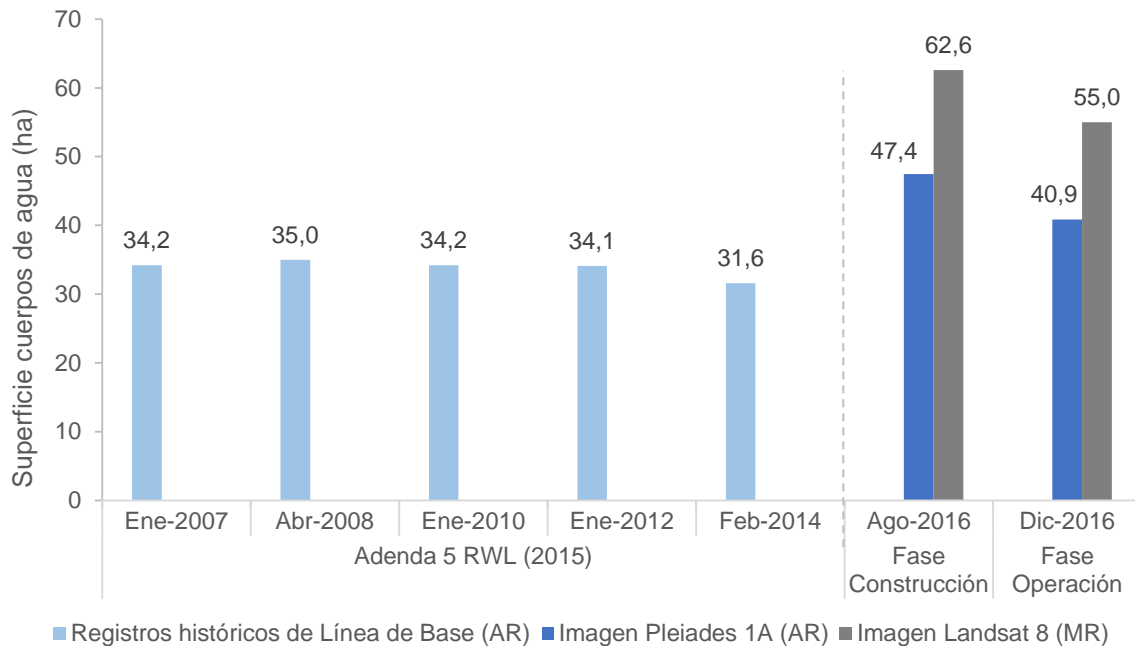
Figura N° 12-35. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

12.8.1.2 Superficie de Lagunas.

En términos generales, el valor promedio anual de las superficies lagunares correspondientes al monitoreo invierno 2016 y verano 2016-2017 (44,2 ha), se encuentra por sobre el mínimo histórico. La **Figura N° 12-36** muestra la comparación gráfica y numérica de las superficies con los registros históricos en la zona, que incluyen las reportadas en agosto 2016 y diciembre de 2016, fases de construcción y operación del proyecto, respectivamente.

Figura N° 12-36. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.

Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

12.8.1.3 Vegetación

12.8.1.3.1 Flora y Vegetación – Transectas

Con respecto al seguimiento de composición y cobertura de especies, es posible realizar la comparación entre la línea de base y los monitoreos, en siete de doce transectas, las que presentan resultados congruentes con la información levantada durante los meses de abril y julio de 2014, y con la misma metodología aplicada en los monitoreos de invierno 2016 (M1) y M2 (verano 2017) (M2); no obstante, la georreferencia de los registros históricos difiere de la ubicación actual de las transectas, debido a que los primeros señalaban un punto referencial de la formación que describía, mientras que las transectas implementadas en el Monitoreo Base 0²⁴, se fijaron en terreno dentro de las formaciones

²⁴ 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", que define las transectas y su metodología para la evaluación pre operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales.

que son objeto de monitoreo, previo a la fase de operación del Proyecto (sección 4.2.7.2, Anexo 2, Adenda 5 – RWL, 2015).

Por este motivo se realiza la comparación con los resultados obtenidos en el Monitoreo Base 0, considerando lo establecido en el Anexo 2, Adenda 5 – RWL (2015), donde se señala que “previo al inicio de la operación se instalarán transectos para el monitoreo de la vegetación”. La implementación del Monitoreo Base 0, fue llevada a cabo en terreno en el mes de julio de 2016.

Descrito lo anterior, de acuerdo con el análisis respecto de la línea de base (abril y julio de 2014), se obtuvo que para el herbazal de *Distichlis spicata* existe una (T26) de seis transectas con datos comparables con la línea de base, en que la cobertura de esta especie es menor en un 2,2% en M1 y en un 8,8% M2.

Respecto de la formación herbazal de *Schoenoplectus californicus*, existen dos transectas (T19 y T29) que son comparables con la línea de base, donde la cobertura absoluta se mantiene en 100% desde la línea de base hasta M2 y en donde la variación se presenta sólo en la cobertura por especie. En la especie *Baccharis juncea* es menor en un 40,8% en M1, en ambas transectas, y en M2, es menor en un 6% en la transecta T19 y en 12% en la transecta T29.

De la formación vegetal de matorral de *Sarcocornia fruticosa*, la transecta T12 es comparable con la línea de base, en la que la cobertura de esta especie es menor en un 13% en M1 y en un 24% en M2. En tanto, la cobertura de la especie *Puccinellia frigida* es menor en 19,2% en M1 y en un 19,6% en M2.

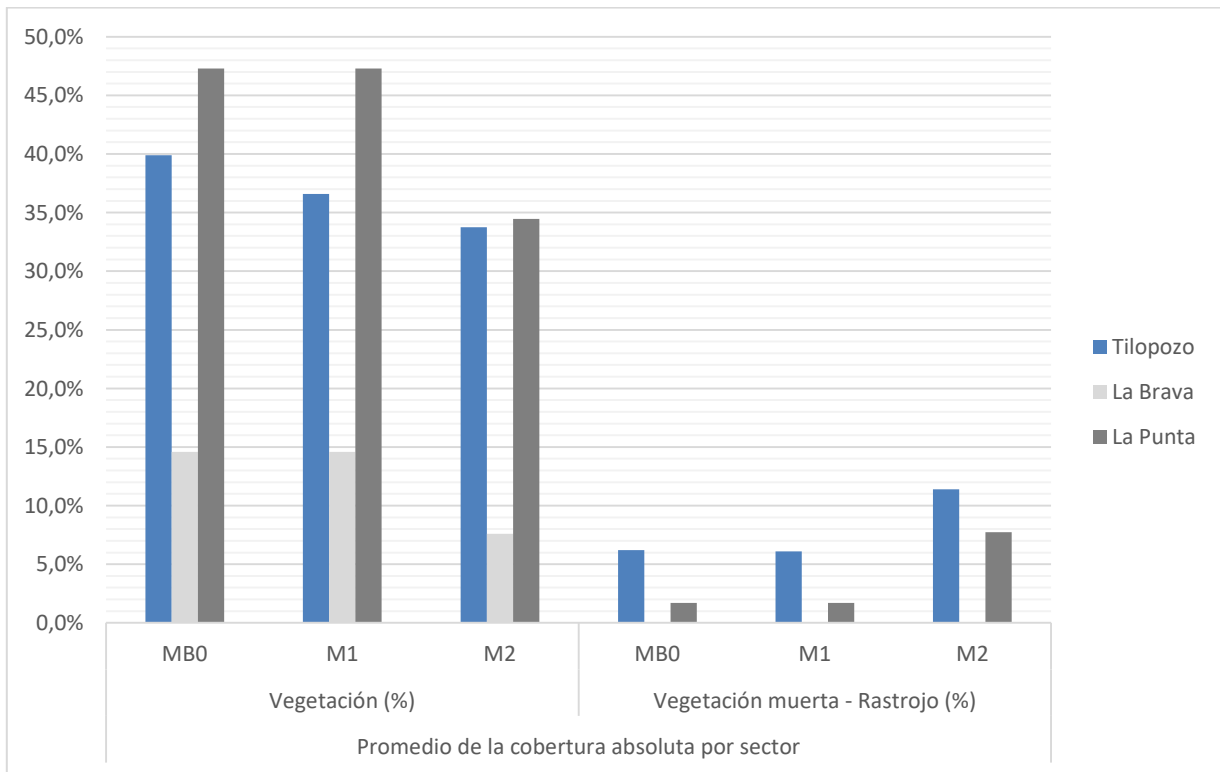
Por último, respecto de la formación vegetal de matorral de *Tessaria absinthioides*, es posible comparar tres transectas con línea de base (T23, T24 y T25). En la transecta T23, la cobertura de la especie *Tessaria absinthioides* es menor en un 77,8% en M1 y en un 85,2% en M2, en tanto, la cobertura de la especie *Distichlis spicata* no se registra, en contraste con la línea de base que presenta una cobertura del 15% de esta especie. En la transecta T24, la cobertura de la especie *Tessaria absinthioides* es menor en un 54,8% en M1 y en un 78,6% en M2, en tanto, la cobertura de la especie *Distichlis spicata*, es mayor en un 8,2% en M1 y en un 1,8% en M2. En la transecta T25, la cobertura de la especie *Tessaria absinthioides* es menor en un 85,6% en M1 y en un 86,4% en M2, mientras que, la cobertura de la especie *Distichlis spicata*, es menor en un 7% en M1 y en M2 no se registra.

En cuanto al análisis respecto del Monitoreo Base 0, los sectores La Punta, La Brava, y Tilopozo presentan valores similares entre ellos, tanto en el Monitoreo base 0 como en el M1, con coberturas promedio entre 14,6% y 47,3% (**Figura N° 12-37**). De estos tres sectores, Tilopozo registra una leve disminución de la cobertura absoluta de la vegetación, desde un 39,9% registrado en el Monitoreo base 0, a un 36,6% observado en

el M1. Las variaciones observadas en M2 corresponden a un 34,5%, en La Punta, y un 7,6% en La Brava.

En términos generales, las dos formaciones vegetales azonales hidrófilas incluidas en los monitoreos de este sector presentan valores de cobertura sin mayores variaciones al comparar los resultados obtenidos por transecta en el Monitoreo Base 0 y los resultantes del M1 y M2. Exceptuando al herbazal de *Schoenoplectus californicus* (con una variación promedio del 9%), todas las formaciones presentaron escenarios de cobertura muy similares a la condición inicial determinada para la primera fase pre - operacional de este estudio.

Figura N° 12-37. Cobertura promedio sector La Punta, La Brava, y Tilopozo, para el Monitoreo Base 0, M1 y M2.



Fuente: Elaboración propia.

12.8.1.3.2 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – método de imágenes satelitales (NDVI)

De acuerdo a los registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat para sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava (Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos señalados y sobre los mínimos históricos en relación a partir de imágenes de alta resolución (**Tabla N°12-10**).

Tabla N°12-10. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Tilopozo – La Punta y La Brava.

Sector	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Valores históricos desde Landsat		Valores históricos desde imágenes alta resolución	
			Superficie máx. (ha)	Superficie mín. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie mín. (ha)
Tilopozo - La Punta y La Brava	2.727,9	613,2	1.580,0	202,0	343,3	113,6

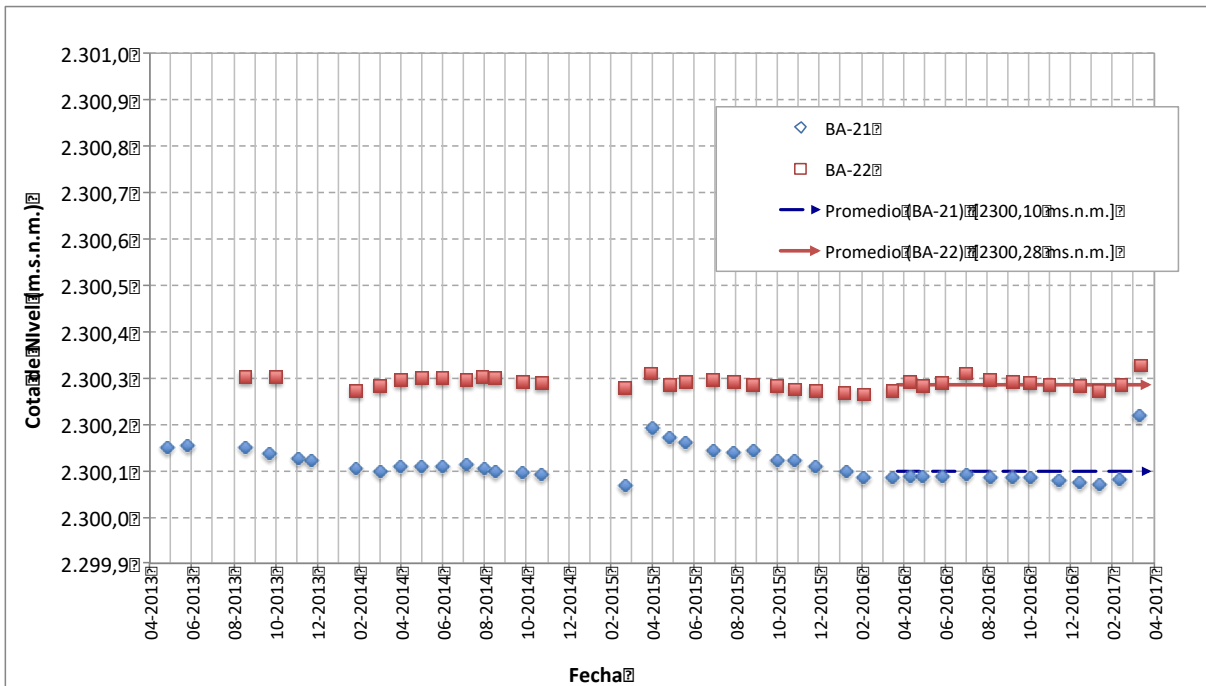
Fuente: Elaboración propia Cedrem Consultores. Datos Registros históricos PMB-RWL 2015.

12.8.2 Sistema Peine

12.8.2.1 Niveles Freáticos.

En la **Figura N° 12-38**, se observa gráficamente la variación temporal de niveles comprometidos desde el año 2013 a la fecha, para los puntos BA-21 y BA-22, valores históricos, incluyendo las reportadas en este informe de marzo de 2017.

Figura N° 12-38. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine



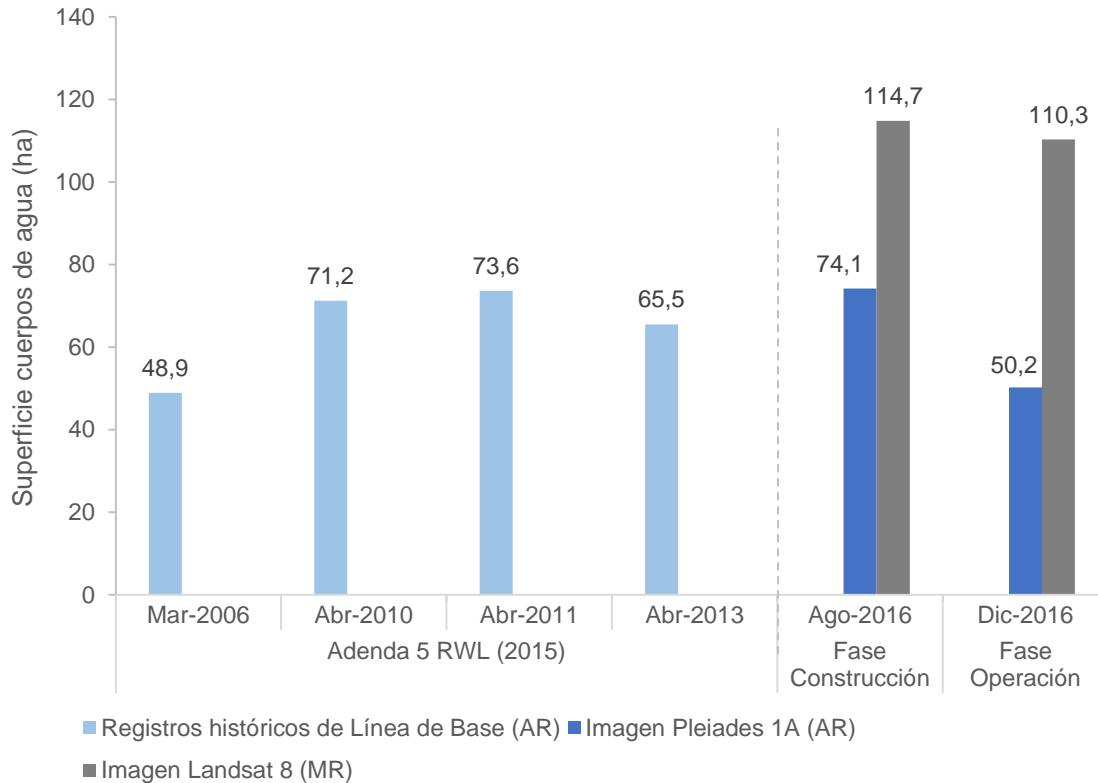
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo indicado bajo el criterio de análisis para la evaluación de la condición de cambio del estado ecológico de los ecosistemas, los valores promedio registrados a la fecha para el último año de medición, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, presentándose sobre los mínimos. En la **Figura N° 12-38** se muestran los valores en el tiempo y promedios del período.

12.8.2.2 Superficie de Lagunas.

En términos generales, el valor promedio anual de las superficies lagunares correspondientes al monitoreo invierno 2016 y verano 2016-2017 (62,2 ha), se encuentra por sobre el mínimo histórico. La **Figura N°12-39** muestra la comparación gráfica y numérica de las superficies con los registros históricos en la zona, que incluyen las reportadas en agosto y diciembre de 2016, fases de construcción y operación del proyecto, respectivamente.

Figura N°12-39. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

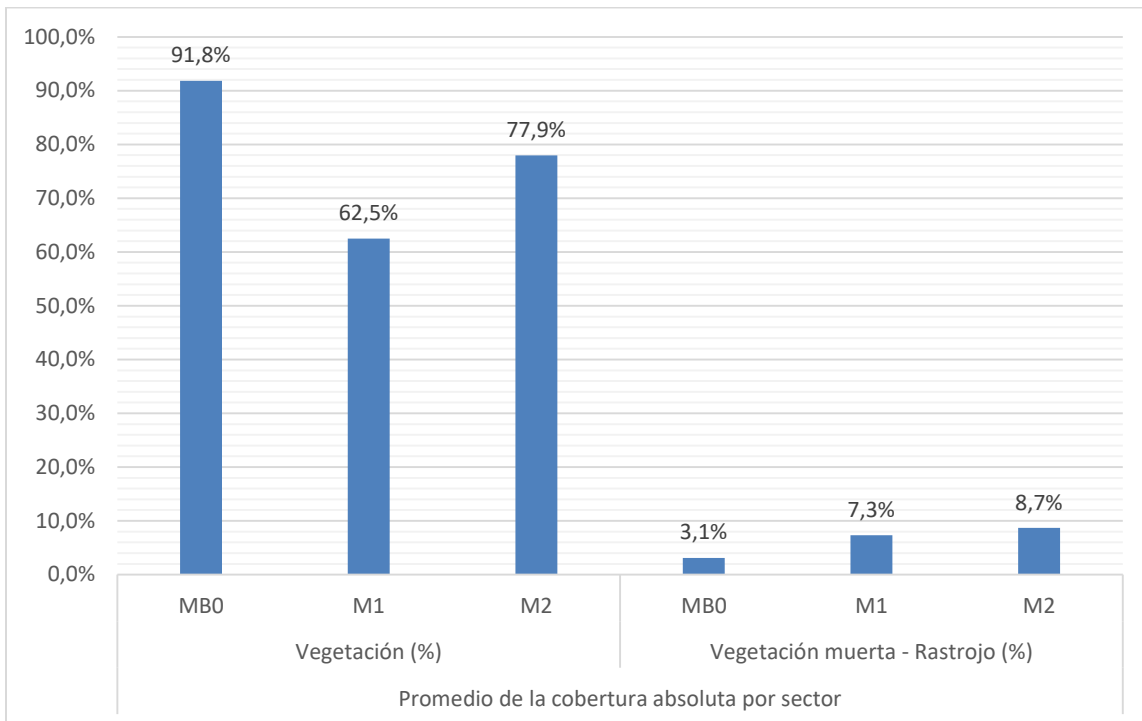
12.8.2.3 Vegetación.

12.8.2.3.1 Flora y Vegetación – Transectas

Con respecto al seguimiento de composición y cobertura de especies en este sector, y en concordancia con la metodología señalada en la sección 12.8.1.3.1, es posible realizar la comparación entre la línea de base y el monitoreo en una de nueve transectas, ya que presentan resultados con información levantada durante los meses de abril y julio de 2014. De acuerdo con este análisis, en la transecta T08, en la formación vegetal de herbazal de *Distichlis spicata*, la cobertura de esta especie es mayor en un 12,5% en M1 y en un 5,6% en M2. En cuanto a la especie *Baccharis juncea*, ésta presenta una cobertura menor en un 25,8% en M1 y en un 27,8% en M2.

En cuanto al análisis respecto del Monitoreo Base 0, en la Figura N° 12-40, se observan los valores promedios de cobertura por sector, para los tres monitoreos realizados, Base 0, 1 y 2. En el Monitoreo Base 0, este sector presenta un 91,8% de cobertura vegetal, mientras que en el Monitoreo 1 el valor desciende a 62,5% y en M2 aumenta a 77,9% respecto a M1.

Figura N° 12-40. Cobertura promedio sector Peine, para el Monitoreo Base 0, M1 y M2.



Fuente: Elaboración propia.

12.8.2.3.2 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – método de imágenes satelitales (NDVI)

De acuerdo a los registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat para sectores Peine (Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos históricos, señalados y sobre los mínimos históricos a partir de imágenes de alta resolución (**Tabla N° 12-11**).

Tabla N° 12-11. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Tilopozo – La Punta y La Brava.

Sector	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Valores históricos desde Landsat		Valores históricos desde alta resolución	
			Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)
Peine	2.990,9	677,1	1.919,0	310,0	242,8	157,7

Fuente: Elaboración propia. Datos Registros históricos PMB-RWL 2015.

13 CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las principales conclusiones del primer año de monitoreo del Plan de Seguimiento Biótico, PMB, de RWL. Las conclusiones se presentan de manera ordenada por subcomponente, siguiendo la línea de presentación de este informe.

13.1 En relación con Flora y Vegetación

En relación a las formaciones vegetacionales, se puede indicar que:

En el Monitoreo de invierno (agosto 2016; M1), las formaciones vegetales caracterizadas corresponden a las mismas observadas en el Monitoreo Base 0, y conservan las características fisiológicas 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 *Sarcocornia fruticosa* y matorral de *Tessaria absinthioides*.

En el Monitoreo de verano (abril 2017; M2), las formaciones vegetales caracterizadas siguen siendo las mismas observadas en el Monitoreo 1, y conservan las características fisiológicas y de composición de especies determinadas como condición inicial de la vegetación en la etapa pre operacional del proyecto. La diferencia observada en este monitoreo es con respecto a la humedad del suelo, con varios sustratos saturados o sobresaturados en suelos observados no saturados en el monitoreo de invierno 2016, y la razón es porque este monitoreo en abril 2017 se desarrolló programado posterior a las lluvias en el sector.

Las conclusiones en cuanto a las condiciones generales de la vegetación del área de estudio, indican una similitud entre los resultados obtenidos en MB0 y M1. Las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo, son las que desarrollan mayor cobertura vegetal: las formaciones de *Schoenoplectus californicus* y algunas transectas con formaciones de herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, además de algunas transectas localizadas en cercanías a cuerpos de agua, en los sectores La Punta y Quelana.

Por otro lado, en M1 las formaciones que continúan presentando menor cobertura vegetal y a su vez, mayor cobertura de vegetación muerta, son las transectas localizadas en el sector de Tilopozo, en formaciones de herbazal de *Distichlis spicata*, en un matorral de *Tessaria absinthioides* y en un herbazal de *Juncus balticus*, y adicionalmente una transecta localizada en el sector de Peine en un matorral de *T. absinthioides*. En todas estas transectas se observó un sustrato con menor contenido de humedad, muchas veces altamente salino (*herbazales de D. spicata*), y en sustratos de textura terrosa, localizados más al borde del salar de Atacama.

Al considerar los resultados de M2, el análisis de diferencias no es concluyente, ya que en M2 si bien el herbazal de *S. californicus* continúa siendo la formación vegetal con mayor cobertura vegetal con una respuesta clara en el aumento o mantención de sus coberturas en la estación de verano, todas las otras formaciones vegetales presentaron una fluctuación de cobertura vegetal, por especies y por transecta, la cual debiera ser estudiada en los próximos monitoreos para hacer seguimiento de una posible tendencia.

En cuanto a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), en el monitoreo de invierno 2016, el ajuste a los límites sectoriales y la delimitación de las unidades cartográficas (polígonos) a la escala de trabajo propuesta (1:2.000), basados en la imagen satelital de alta resolución, y la confirmación en terreno las formaciones vegetales de línea de base; se traducen en diferencias no biológicas que reorganizan las unidades en estudio. El aumento de recubrimientos de áreas desprovistas de vegetación se justifica debido a la mayor superficie incluida como área de estudio, la incorporación de cuerpos de agua, la incorporación de matorrales y matorrales – humedales a los nuevos límites sectoriales, y la identificación de nuevas formaciones vegetales, surgidas del detalle en la fotointerpretación y la separación de las especies dominantes en asociaciones vegetales con codominancia de dos o más especies, coincidentes en los resultados de monitoreo por transectas. El ajuste consecuente, producto del monitoreo de verano de 2017, detalla estas variabilidades vegetales, que son confirmadas en terreno, validando los hallazgos de línea de base, y robusteciendo la información base para monitoreos siguientes.

En cuanto al análisis de distribución y cobertura de la vegetación azonal mediante el método de extracción de valores de NDVI, a partir de imágenes de alta resolución Pleiades 1A, se puede concluir que las superficies de vegetación activa se encuentran dentro del rango de los registros históricos desde Landsat y sobrepasan los valores históricos de vegetación activa desde imágenes de alta resolución.

13.2 En relación con Fauna Vertebrados

El área de estudio se divide en tres sectores: a) La Punta y la Brava; b) Peine (Salada, Saladita e Interna, además de dos puntos de ambientes terrestres), ambos ambientes de humedales; y c) Tilopozo (en su mayoría ambientes terrestres).

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 con vegetación.

En total, considerando el total acumulado para las campañas de invierno 2016 y verano 2017, la riqueza es de 30 especies de vertebrados, con dos especies de reptiles, 22 especies de aves y seis especies de mamíferos. Los tres sectores presentan una riqueza relativamente similar, variando entre 14 especies (La Punta y La Brava) a 16 especies

(Tilopozo y Peine), aunque la composición es muy diferente: en los sectores de humedal salar dominan las aves acuáticas y en Tilopozo los mamíferos.

A la escala de similitud de los ambientes (con mayor sentido biológico que la división de sectores), existen dos grupos, un dúo formado por los dos sistemas con ambientes de humedal salar, unido a un segundo grupo de cuatro ambientes terrestres, como son el matorral, humedal pajonal, herbazal y quebrada con vegetación, mientras que el área desprovista de vegetación no registra especie, por lo que no se asocia a ningún ambiente (actuando como un control).

En cuanto a la caracterización de la fauna detectada:

En relación al origen geográfico, 29 de las especies detectadas son nativas (tres de ellas endémicas) y una especie es introducida.

De las 30 especies de fauna detectadas, 12 (40,0%) se encuentran en categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, y decretos posteriores), la Ley de Caza (MINAGRI, 1998) o de acuerdo a Cofré y Marquet (1999). Del total de 12 especies en categoría de conservación, ocho están amenazadas, es decir, en alguna de las categorías En Peligro (EN) y Vulnerable (V). El desglose de las categorías de conservación de las 12 especies es el siguiente:

- **Reptiles (dos especies):** en categoría *bajo amenaza* en categoría En peligro, *Liolaemus fabiani* (Lagartija de Fabián); y en categoría *sin amenaza*, Rara: *Liolaemus constanzae* (Lagartija de Constanza). Ambas especies se registran en abundancia similar, aunque segregadas espacialmente: la Lagartija de Constanza domina en ambientes terrestres como matorrales, y la Lagartija de Fabián utiliza básicamente los bordes de salares. Los valores de abundancia cuantificados en estos primeros muestreos servirán de base para establecer posibles variaciones numéricas en el tiempo.
- **Aves (cinco especies):** en categoría *bajo amenaza* Vulnerable: *Chroicocephalus serranus* (Gaviota andina), *Phoenicoparrus andinus* (Parina grande), *Phoenicoarrus jamesi* (Parina chica), *Phoenicopterus chilensis* (Flamenco chileno) y *Falco peregrinus* (Halcón peregrino). De estas especies amenazadas, la Gaviota andina se ha registrado en las campañas de 2016-2017, pero en baja abundancia (similar a estudios previos), mientras que el Halcón peregrino es una especie esporádica, no residente estable en el sector (y en muy bajo número), en tanto que las tres especies de flamencos se comportan de forma similar a los estudios de Línea de Base históricos, siendo en su conjunto, especies residentes frecuentes en los salares (sobre todo en los salares del Sistema Peine), y lejos dominantes en cuanto a su alta abundancia (sobre todo la Parina grande).

- **Mamíferos (cinco especies):** en categoría *bajo amenaza* En Peligro: *Lama guanicoe* (Guanaco), en categoría Vulnerable: *Ctenomys fulvus* (Tuco tuco de Atacama), y en categorías *sin amenaza*: Preocupación menor: *Lycalopex culpaeus* (Zorro culpeo); y sin preocupación inmediata: *Abrothrix andinus* (Ratón andino) y *Phyllotis xanthopygus* (Ratón orejudo amarillento). De estas especies en categoría, el guanaco es una especie muy esporádica en el sector y su registro es accidental, mientras que las otras especies son residentes frecuentes, y su estado pareciera ser similar a lo reportado históricamente: el zorro presente en bajos números (uno o pocos ejemplares), el Tuco tuco de Atacama pareciera tener poblaciones numerosas en los ambientes terrestres más cercanos a las pozas de Tilopozo (aunque no es posible inferir tamaños poblacionales, por ser una especie fosorial), mientras que las otras dos especies de roedores (el Ratón orejudo amarillento y el Ratón andino), son dominantes en las capturas de micromamíferos de los ambientes terrestres (similar a lo registrado en las Línea de Base históricas).

Ninguna de las especies registradas se considera Monumento Natural.

Del total de especies, tres corresponden a especies de baja movilidad, dos a especies de movilidad media, y 25 a especies con alta movilidad. En relación a las especies especialistas de hábitat, 11 especies se consideran especialistas, como un reptil (*Liolaemus fabiani*) y diez aves (de humedal).

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), cinco se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto, otras cinco se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio, y por último 18 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo.

Además de la caracterización de fauna, y en relación a las abundancias y frecuencias, los dos reptiles registrados presentan abundancias y frecuencias relativamente similares, aunque segregadas espacialmente: mientras la Lagartija de Fabián se registra en los bordes de salares, la Lagartija de Constanza se presenta en los ambientes terrestres de Tilopozo. Para las aves, predominan las aves acuáticas, y dentro de ellas, destacan las tres especies de flamencos, muy dominantes numéricamente (sobre el 83% de abundancia total).

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, variando entre 2,0 a 4,0 individuos/transecto (invierno 2016 y verano 2017, respectivamente), seguido por el humedal salar, con 0,8 a 1,0 individuos/transecto, y el matorral, con 0,1 a 0,25 individuos/transecto, mientras que los ambientes con menor

abundancia relativa fueron la quebrada (1,0 a 0,0 ind/transecto), el herbazal (0,0 a 0,5 ind/transecto), y finalmente el área desprovista de vegetación, sin registro en ambas campañas. Para las aves, y para ambas campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 24,5 individuos/transecto (en verano 2017) a 38,9 ind/transecto (en invierno 2016), seguido por la quebrada con vegetación, variando entre 2,0 ind/transecto (en invierno 2016) a 15,0 ind/transecto (verano 2017), valores mucho mayores al siguiente ambiente, el humedal pajonal, el que osciló entre 2,0 a 3,0 ind/transecto, seguido del herbazal (0,0 a 1,5 ind/transecto), mientras que los ambientes con menor abundancia fueron el matorral (0,1 ind/transecto, en ambas campañas), y el área desprovista de vegetación, sin registró de ningún ejemplar.

En el caso de los micromamíferos trapeados, de las dos especies registradas, y para ambas campañas, el Ratón orejado amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en cuatro de los seis ambientes, y con un IDR variando entre 1,7% a 11,7% en los ambientes en que se encontró (dos a 11 ejemplares), mientras que el Ratón andino fue registrado en tres ambientes (en ambas campañas), variando entre un IDR = 0,8% a un 3,3%.

Comparando con los valores y criterios especificados en el plan de seguimiento ambiental, 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 de invierno 2016 y verano 2017, en la riqueza, composición y sobre todo, abundancia de fauna (mayor en verano 2017 que en verano 2015), se concluye que se encuentran dentro de los registros históricos y las variaciones no son significativas, 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). En general, la composición de las especies y el patrón de dominancia numérica de los flamencos en los sistemas acuáticos se mantiene.

13.3 En relación con Tapetes Microbianos

Los monitoreos invierno 2016 y verano 2017, corresponden a las primeras campañas de monitoreo semestral del subcomponente tapetes microbianos, y en consecuencia, los primeros registros que se tendrán de éstos. Este seguimiento quedó comprometido en la Adenda 5 del EIA, justamente con el fin de ir generando información de base para esta variable y que permita conocer su comportamiento en el tiempo.

Del monitoreo, en el área de estudio se observa una presencia constante de tapetes microbianos en el Sector de Peine, específicamente Laguna Salada y en el Sector La Punta-La Brava, en Laguna La Brava. En Laguna Salada los tapetes registrados están principalmente inmersos en superficies expuestas del borde lagunar, planicies que presentan

una coloración rosada. En Laguna La Brava, los tapetes se localizan especialmente en la zona de fluctuación costera, parcial o completamente sumergidos, detectables a simple vista.

De los resultados del registro de tapetes microbianos en los sistemas lagunares: Sector Peine conformada por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna; Sector La Punta-La Brava: Laguna La Brava, Laguna La Punta y Tilopozo, se detectaron en 12 puntos de monitoreo (75%) en invierno de 2016, y en 11 sitios (68,8%) en verano de 2017, respecto de los 16 puntos establecidos en los sistemas lagunares.

Por otro lado, a través de la identificación visual se registró en ambos periodos la presencia de microbialitos en 4 puntos de monitoreo (I-11, LP-23, LP-24, LB-1) y ausencia de evaporitas.

De acuerdo a la caracterización de las capas en los tapetes microbianos registrados en invierno 2016 y verano 2017, se diferencian principalmente tapetes con tres zonas macroscópicas de pigmentación, zona sub-superficial con capas de color amarillo y/o naranja y verde, zona intermedia con capas de color blanco y rosado/púrpura, y zona profunda que presenta pigmentación principalmente café y verde.

El espesor máximo de los tapetes descritos fue de 30 mm en invierno 2016 y 25 mm en verano 2017, los máximos valores fueron observados en el Sector Peine, Laguna Salada en ambos periodos.

En ambos periodos, cada sector estudiado presentó tapetes con una morfología particular, principalmente se distinguen 3 tipos: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente bien estructurados, estratificados y pigmentados, característicos de laguna Salada. 2) Tapetes menos laminados, de menor espesor, convexos/esferoidales, con apariencia y textura de tipo “cuero”, los cuales predominan en Laguna La Brava. 3) Tapete de textura gelatinosa, especialmente en la zona sub-superficial, planos, con débil cohesión de capas, distintivos de Laguna La Brava (LB-2).

De los parámetros que caracterizan esta subcomponente, es posible señalar aproximaciones descriptivas referidas a la constancia de los tapetes y estado de madurez. Al respecto, según comparación de dos condiciones estacionales contrastantes, M1 (invierno 2016) y M2 (verano 2017 – post lluvia), se observa una estructura pigmentaria física similar con predominancia de tres macrozonas de pigmentación. Según lo descrito en literatura y lo observado en M1 y M2, se distingue una tendencia de estabilidad física de pigmentos de tapetes microbianos, que alcanza mayor desarrollo en periodos post-lluvia y condiciones de concentración de salinidad y oxígeno particulares, entre otros factores.

El monitoreo y seguimiento realizado a los tapetes microbianos, cumple el objetivo inicial planteado en el PMB respecto a localizar el componente tapete microbiano presente en cada laguna de los sectores de Peine y La Punta-La Brava.

13.4 En relación con Suelo o Sustrato

Los suelos del área de estudio, corresponden a tipo entisol, es decir, suelos con escaso o nulo desarrollo pedogenético, de origen mayoritariamente depositacional, tanto eólico como por transporte de flujos de agua (aluvional recientes).

Para el sector de La Punta-La Brava, en particular La Brava, predominan las texturas medias, en cambio para La Punta lo hacen las texturas moderadamente gruesas y muy escasas las medias. Las texturas Medias son dominantes en los suelos del sector de Peine y con una menor participación se presentan las texturas moderadamente gruesas y muy finas. Finalmente para Tilopozo los suelos son de texturas moderadamente gruesas, moderadamente finas y medias.

En lo que dice relación con la topografía, la mayoría de los suelos son planos a moderadamente inclinados, sin pedregosidad y/o rocosidad superficial, En lo que dice relación con la erosión, en la totalidad del área ésta es no aparente, y en general los suelos del área son de Capacidad de Uso VII²⁵ y VIII.²⁶

Para el área los niveles de materia orgánica varían desde porcentaje inferiores a 0,1% hasta los 16,2%, en la mayoría de los puntos de muestreo los valores de materia orgánica se encuentran bajo el 5% para ambos monitoreos. Los puntos de menor porcentaje de materia orgánica, se asocian a sectores sin cobertura vegetal, o cuando esta existe, es del tipo arbustiva, pero asociadas a suelos de texturas gruesas o con alto contenido de sales, tanto en superficie como en el perfil.

Los puntos con mayor porcentaje de materia orgánica, se presentan en área con abundante cobertura vegetal, principalmente del tipo herbácea y alto contenido hídrico (humedal), excepto para el punto situado en La Brava (S6-2), donde a pesar de no presentar vegetación superficial, el contenido de materia orgánica en profundidad es muy alto, lo que se podría deber a la presencia en profundidad de abundantes restos vegetales, lo que se puede atribuir a antiguas vegas enterrada por fenómenos naturales.

El pH del área de estudio y considerando ambos monitoreos, varía entre 7,9 y 9,19, caracterizándose por una variación tanto entre los sectores, como también dentro del mismo

²⁵ Capacidad de Uso VII, son suelos con limitaciones severas que los hacen inadecuados para cultivos y su uso fundamental es pastoreo y forestal (CIREN, 1996)

²⁶ Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal, y su uso está limitados solamente para la visa silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas (CIREN, 1996).

sector e incluso en el perfil de suelo. En términos generales, los valores de pH fueron inferiores en el Monitoreo 2 respecto al Monitoreo 1.

Esta variación se podría deberse a dos condiciones, la época de medición y por un aumento en el contenido hídrico del perfil debido principalmente a las precipitaciones estivales ocurridas en el área.

La concentración de sales solubles para el área, varía entre 3.150 y 38.650 mg/kg para el primer monitoreo, y entre 4.254 y 87.202 mg/Kg para el segundo. Valores más altos son escasos en el área, la mayoría de ellos se encuentran bajo los 20.000 mg/Kg. Se observa una importante variación entre los datos de ambos monitoreos, siendo en general mayores en el segundo respecto al primero, lo cual se podría atribuir a las precipitaciones ocurridas en el área. Considerando el volumen de agua caída, se lavó el perfil y la sales percolaron en profundidad, y posteriormente por efecto de la evapotranspiración y evaporación (factores salinizantes), las sales no ascendieron lo suficiente. En otro caso las sales pueden haber sido percoladas a escasa profundidad y por efecto de los factores salinizantes, estas ascendieron a la profundidad de muestreo incluyendo en superficie.

Tanto los suelos no salino, como extremadamente salinos son escasos en el área de estudio, en ella dominan principalmente los suelos salino y muy salinos.

En los sectores de La Punta-La Brava y Peine, los valores de conductividad eléctrica, aun cuando son variables entre los monitoreos, presentan un comportamiento similar en términos de los valores que presentan, los que fluctúan entre 2.260 y 13.430 uS/cm para el Monitoreo 1 y 2.100 y 17.740 uS/cm en el Monitoreo 2.

Para el sector de Tilopozo, no se observa una relación entre los valores determinados para el Monitoreo 1, los cuales varían entre 1.270 y 12.020 uS/cm, incluyendo importantes variaciones en el mismo perfil de suelo, y para el Monitoreo 2 donde la variación para el sector es menor y se mantiene en general bajo los 7.740 uS/cm.

Específicamente, para el área y dada la proximidad de los puntos de muestreo, la mayoría de los factores ambientales no son relevantes en la variación de la conductividad, la cual se puede atribuir a la época de monitoreo, y un fenómeno no habitual en el área, como son las abundantes precipitaciones estivales ocurridas en el área (Febrero 2017), las cuales pueden lixiviar las sales del perfil y modificar los resultados, por lo tanto se requieren de mayores datos para corroborar el comportamiento de las sales en el perfil de suelo.

Los resultados de permeabilidad para el Monitoreo 2 (verano) presentan un descenso generalizado de aproximadamente un 33% respecto al Monitoreo 1 (invierno), excepto para las muestras S4-1 y S5-1. Esto es esperable por las recargas de agua con menor salinidad, que dispersa el suelo y disminuyen su velocidad de infiltración, lo que explica el fuerte descenso en las muestras S2-1 y S10-1.

Para el Monitoreo 2, llaman la atención los resultados de las muestras S 4-1 y S 5-1, dado que presentan un fuerte aumento. La explicación radica en que al tratarse de costras salinas, las condiciones de muestreo o de terreno pueden cambiar entre monitoreos, como por ejemplo, que se generen grietas, lo que aumenta la velocidad, o que, durante el secado estas se contraen. También existe un aumento en las muestras S 12-1 y S 13-1, aunque dentro de los límites esperables.

En el área de estudio, la humedad presentó un aumento en 17 muestras en el segundo monitoreo respecto al primero, con un rango de variación entre 3,2% (S 7-2) y 323% (S 12-2), y en las restantes se detectó una disminución en menores porcentajes, el cual varía entre 1,3% (S 11-1) a 33% (S 2-2).

Los mayores aumentos se presentaron en tres de los cuatro sectores (Peine, Tilopozo y La Punta), situación no esperable dado que el segundo monitoreo fue realizado en verano, donde existe una mayor pérdida de agua por evaporación y en menor medida evapotranspiración, situación que fue modificada por las precipitaciones ocurridas en el área. En términos de la tendencia de los valores de humedad, estos se mantienen similares entre ambas mediciones, exceptuando tres muestras en las cuales la variación es muy amplia, correspondiendo a S 5-2 (VLP1), S 10-1 (VTM1) y S 9-1 (VT3).

Respecto al nitrógeno disponible, la variación de los valores determinados para el Monitoreo 2 respecto al Monitoreo 1, fluctúa entre 8% (S 12-1) y 3.000% (S 8-1), con la mayor variación en aquellas muestras que en el Monitoreo 1 presentaban valores inferiores a 10 mg/kg, siendo estos los puntos S 1-2 (VT6), S 2-2 (VT5), S 3 (VLP3), S 4 (VLP2), S 5 (VLP1), S 6 (VLB2), S 7 (VT1), S 8 (VT2), S 9 (VT3), S 10-2 (VTM-1) y S 14-2 (VB03). Siendo imposible determinar el o los factores que influyen en estos resultados.

En cuanto al potasio disponible y de acuerdo a los resultados del Monitoreo 1, en el área se presenta valores muy variables, incluso a nivel de sector como también de calicata, valores que se presentan entre 677 y 8.763 mg/kg. En cambio, para el segundo monitoreo, los valores son menos variables tanto para el área como para los sectores, siendo las concentraciones inferiores a 2.200 mg/kg, excepto en el sector de Peine, donde en dos muestras los valores son superiores a 3.000 mg/kg.

El contenido de fósforo disponible para el área es superior para el segundo monitoreo respecto al primero, en la mayoría de los puntos de muestreo, excepto en la muestra S 9-1. Los valores de fósforo disponible para el área varían entre 1 y 100 mg/kg, presentándose los mayores en el sector de Tilopozo en ambas mediciones, destaca además el caso de los puntos en La Brava y en Peine (S 12-1), que para el Monitoreo 2 presentaron valores altos respecto a lo determinados en el primer monitoreo.

En nueve puntos se detectó nivel freático a profundidad de trabajo, en seis de los puntos [S 3 (VLP3), S 4 (VLP2), S 5 (VLP1), S 11 (VB01), S 13 (VT4) y S 14 (VB03)], el nivel freático

se detectó a mayor profundidad para el Monitoreo 2, esta situación es esperable considerando que en general el nivel freático se profundiza en verano y es más superficial en invierno. En los puntos restantes, es decir, S 6 (VLB2) y S 8 (VT2), el nivel se presentó más superficial y en uno éste permaneció constante (S 9-VT3), estas dos últimas situaciones son atípicas, las cuales podrían tener su explicación en el aporte de las precipitaciones de febrero.

En general al comparar los resultados entre ambos monitoreos, se observa variaciones tanto entre los sectores como en los puntos de una misma localidad o sector e incluso en un mismo punto. Lo anterior, debido a la existencia de múltiples y sinérgicos factores, que hacen variar la disponibilidad, presencia y/o concentración de los distintos parámetros, tales como: clima, temperatura, humedad, precipitaciones, cobertura vegetal, etc.

13.5 En relación con Limnología

Para calidad de agua, con los resultados obtenidos del primer año de monitoreo, se puede señalar que no existen cambios en los parámetros evaluados que puedan ser asociados al proyecto, sobre todo considerando que la campaña de invierno 2016 se realizó en etapa previa a la Operación del proyecto.

Durante la campaña verano de 2017, en general se mantienen los rangos de valores obtenidos en periodo anterior (invierno 2016), incluso en aquellos parámetros que se presentaron por fuera del rango establecido para línea de base, del PMB.

Si bien, hay algunas diferencias en calidad de agua, respecto a los registros de Línea Base, éstas pueden deberse a cambios naturales, a registros propios de la variación natural del sistema, sobre todo considerando que algunos rangos son establecidos con una sola campaña (enero de 2015), sin embargo, es parte del monitoreo mantener bajo vigilancia los distintos parámetros en las siguientes evaluaciones.

El análisis de sedimentos contó con solo un monitoreo previo como referencia, lo que en parte podría explicar las diferencias encontradas entre el actual registro y dicho monitoreo, como parte de la variación natural.

En cuanto a las comunidades biológicas, se detectaron abundancias y riquezas dentro del rango establecido previamente e incluso algunos valores superiores al registro de línea base que considera antecedentes de al menos cuatro campañas.

Los taxa encontrados corresponden a lo descrito en los estudios previos y se mantiene la presencia de la especie amenazada en categoría “En peligro Crítico” *Heleobia atacamensis*.

Los resultados de este monitoreo no muestran cambios de importancia con respecto a los estudios previos, ni vinculados a la operación del proyecto. Sin embargo, la continuidad de estas evaluaciones irá registrando patrones naturales o eventuales cambios en los sistemas en estudio.

13.6 En relación con Área Lagunas

La campaña de invierno de 2016, corresponde a una **medición y análisis de período de “Invierno” y en etapa de construcción del Proyecto**. En ella, se robusteció la metodología de análisis y se realizó la validación del modelo de clasificación, a partir del cual se obtuvieron las coberturas de cuerpos de agua, a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8, para dos sistemas lagunares en el Salar de Atacama (La Punta y La Brava, y Peine).

La campaña de verano de 2016 corresponde a la **medición y análisis de las superficies lagunares del sistema señalado durante la etapa de operación del Proyecto**, donde con el objetivo de tener un análisis más robusto y certero se adicionaron puntos en terreno en zonas donde existían diferencias de cobertura de agua entre la línea de base y la campaña de invierno.

Los resultados obtenidos, para cada sistema Lagunar, son los que se presentan en la **Tabla N° 13-1**, junto con los resultados de la Línea de Base (RWL-2015)

Tabla N° 13-1. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales de Alta Resolución (AR) y media resolución (L8): entre registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015) y monitoreos de invierno y verano de 2016 (Fases de Construcción y Operación, 2016).

Sistema Lagunar	Superficies (ha) de registros históricos (Adenda5 RWL, 2015)			Superficies (ha) Pleiades 1A de alta resolución 2016			Superficies (ha) Landsat 8 de media resolución 2016		
	Mínimo	Máximo	Promedio*	Invierno	Verano	Promedio anual	Invierno	Verano	Promedio anual
La Punta y La Brava	31,6	35	33,8	47,4	40,9	44,2	62,6	55	58,8
Peine	48,9	73,6	64,8	74,1	50,2	62,2	114,7	110,3	112,5

* Corresponde a la integración de las coberturas multianuales analizadas en la línea de base.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una validación, la cual contribuyó con la depuración de los límites de los cuerpos de agua; prevaleciendo el registro de validación de terreno por sobre la clasificación final del recubrimiento de suelo del modelo de invierno 2016 en las zonas señaladas, lo que implica la calibración del modelo de clasificación en función de lo observado en terreno, de esta forma se redujo la incertidumbre, mejorando considerablemente los resultados del modelo, lo que se refleja en el índice *Kappa*, donde el rango de diferencia de valores en relación a la disminución de la incertidumbre corresponde a un 1% en el sector de Peine y 31% en el sector de La Punta y La Brava, en las superficies calculadas en invierno, y un rango entre 0,82, para La Punta y La Brava, y 0,91 para Peine, en las superficies calculadas en verano, corroborando así la validación del modelo de clasificación.

De acuerdo a los valores obtenidos en ambos monitoreos, invierno y verano de 2016, es posible concluir que las superficies o áreas de las lagunas que son objeto de estudio se mantienen dentro de los valores registrados históricamente por sector, con áreas por sobre el mínimo histórico registrado en línea base. Complementariamente, se puede indicar que los rangos obtenidos de las superficies lagunares se pueden atribuir a variabilidad estacional intranual e interanual estacional del sistema en estudio.

13.7 En relación con Nivel Lagunas

Del monitoreo de niveles en los 5 puntos comprometidos como parte del Plan de Manejo Biótico, en los Sistemas de Lagunas: 3 puntos La Punta-La Brava, y 2 puntos en Peine, se puede concluir que:

- Los valores promedio registrados a la fecha, para cada uno de los puntos de monitoreo, para el período abril 2016 a marzo 2017, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, y se presentan por sobre los valores mínimos y bajo los valores máximos registrados en línea base.
- Los niveles para el Sistema La Punta La Brava, representado por los puntos BA-05, BA-07 y BA-16, y para los puntos del Sistema Peine, BA-21 y BA-22, presentan tendencias estables y cíclicas en el tiempo.
- Considerando los niveles de las lagunas, que es una de las variables que permiten evaluar el estado de evolución del cambio ecológico de los sistemas, se puede inferir que, de acuerdo a los niveles observados en este período, no se perciben cambios respecto de lo indicado en la evaluación del proyecto como línea de base.

13.8 En relación con cambio ecológico

Como conclusión se puede señalar que, si bien para el análisis de las variables de estado, aún no han transcurrido 3 años desde el inicio de la operación del proyecto, para este primer año de monitoreo, y considerando las variables ambientales que incluye este análisis y las variaciones estacionales del sistema, a la fecha, se mantiene estable el estado ecológico para la componente biótica.

14 REFERENCIAS

14.1 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. (1935). *A study by statistical methods of the distribution of species in grassland associations*. Annals of Botany, 49(196), 749-777.

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. (1999). Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* (Hook. et Arn.) DC. a la salinidad. Rev. Brasil. Bot. Sao Paulo, 22, 357-363.
- 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. (2014). 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.
- GOODALL, D. W. (1952). Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. Australian Journal of Biological Sciences, 5(1), 1-41.
- GREIG-SMITH, P. (1983). *Quantitative plant ecology* (Vol. 9). Univ of California Press.
- 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. Gutierrez. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena Chile. 2008. 3: 25-42.
- 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. Editorial Universitaria, Santiago. 2006. 316 pp.
- 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-DUMBOIS, D y H. ElleMBERG. Aims and methods of vegetation ecology. John Willey, Nueva York, 1974. 547 p.

- RAHMAN, M y A. Islam. *NDVI derived sugarcane area identification and crop condition assessment*. University of Rajshahi Bangladesh, Dept. of Geography and Environmental Studies, 1995.
- RAMSAR. Documento informativo Ramsar No. 1. Ramsar, Iran, 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 2016 del sitio web: <http://www.satimagingcorp.com>
- 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. (1973). Modified step-point system for botanical composition and basal cover estimates. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, 26(4), 302-303.

14.2 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.
- 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 zoológica*, 40, 1-342.
- Martínez, D. & González, G. (2005). *Las aves de Chile. Nueva guía de campo*. Santiago, Chile: Ediciones del naturalista.

- Muñoz-Pedrerros, A. (2010). *Huellas y signos de mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile: Ediciones CEA.
- Muñoz-Pedrerros, 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., Jarman, 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: ScienceVerlag.

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 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° 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, Iran.

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.

14.3 Tapetes microbianos

ALBARRACÍN VH, Kurth D, Ordoñez OF, et al. 2015. High-Up: A Remote Reservoir of Microbial Extremophiles in Central Andean Wetlands. *Front Microbiol* 6:1404

ARMITAGE DW, Gallagher KL, Youngblut ND, et al. 2012. Millimeter-scale patterns of phylogenetic and trait diversity in a salt marsh microbial mat.

BAUMGARTNER LK, Dupraz C, Buckley, et al. 2009. Microbial species richness and metabolic activities in hypersaline microbial mats: insight into biosignature formation through lithification. *Astrobiology* 9:861–87

BOLHUIS H, Cretoiu MS, Stal LJ. 2014. Molecular ecology of microbial mats. *FEMS Microbiol Ecol* 90(2): 335-350

CASTELL, S. 2010. Análisis de las comunidades microbianas asociadas a tapetes hipersalinos de la Laguna Rosada de Uaymitun, Yucatán, México. Tesis para optar al título de Maestro en Ciencias en Biotecnología Genómica. Instituto Politécnico Nacional. Reynosa, Tamps, México.114p

- CHE LM, Andréfouët S, Bothorel V, et al. 2001. Physical, chemical, and microbiological characteristics of microbial mats (KOPARA) in the South Pacific atolls of French Polynesia. *Can J Microbiol* 47(11): 994-1012
- DEMERGASSO C, Chong G, Galleguillos P, et al. 2003. Microbial mats from the Llamara salt flat, northern Chile. *Rev Chil Hist Nat* 76:485–499
- DEMERGASSO C, Casamayor EO, Chong G, et al. 2004. Distribution of prokaryotic genetic diversity in athalassohaline lakes of the Atacama Desert, Northern Chile. *FEMS Microbiol Ecol* 48:57–69
- DEMERGASSO C, Escudero L, Casamayor E, et al. 2008. Novelty and spatio-temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama). *Extremophiles* 12: 491–504
- DEMERGASSO C, Dorador C, Meneses D, et al. 2010. Prokaryotic diversity pattern in high-altitude ecosystems of the Chilean Altiplano. *J Geophys Res* 115:G00D0
- DORADOR C. 2007. Microbial communities in high altitude altiplanic wetlands in northern Chile: phylogeny, diversity and function. Doctoral dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany, p 166
- DORADOR C, Meneses D, Urtuvia V, et al. 2009. Diversity of Bacteroidetes in high-altitude saline evaporitic basins in northern Chile. *J Geophys Res* 114:G00D05
- DUPRAZ C. y Visscher PT. 2005. Microbial lithification in marine stromatolites and hypersaline mats. *Trends Microbiol* 13, 429–438
- ESTEVE I, M Martínez-Alonso, J Mir, et al. 1992. Distribution, typology and structure of microbial mat communities in Spain: a preliminary study. *Limnetica* 8: 185-195
- FARÍAS ME, Contreras M, Rasuk MC, et al. 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* 18,311–329.
- FRIGAARD N, Dahl C. 2009. Sulfur Metabolism in Phototrophic Sulfur Bacteria. *Adv Microb Physiol* 54:104-200
- GREEN SJ, Blackford C, Bucki P, et al. 2008. A salinity and sulfate manipulation of hypersaline microbial mats reveals stasis in the cyanobacterial community structure. *ISME J* 2:457–470
- GUERRERO MC. y DE Wit R. 1992. Microbial mats in the inland saline lakes of Spain. *Limnetica* 8: 197-204

- KONHAUSER K. 2007. Introduction to Geomicrobiology. Blackwell Science. Australia. 425pp.
- LARA J, González LE, Ferrero M, et al. 2012. Enrichment of arsenic transforming and resistant heterotrophic bacteria from sediments of two salt lakes in Northern Chile. *Extremophiles* 16:523–538
- LEY RE, Harris JK, Wilcox J, et al. 2006. Unexpected diversity and complexity of the Guerrero Negro hypersaline microbial mat. *Appl Environ Microb* 72:3685–3695
- MADIGAN M T. 1988. Microbiology, physiology, and ecology of phototrophic bacteria. In: Zehnder A J B, editor. *Biology of anaerobic microorganisms*. New York. John Wiley & Sons. pp 39–111
- MIR J, Martínez-Alonso M, Esteve I, et al. 1991. Vertical stratification and microbial assemblage of a microbial mat in the Ebro Delta (Spain). *FEMS Microbiol Lett* 86(1): 59-68.
- NICHOLSON JA, Stolz F. y Pierson, B. K. 1987. Structure of a microbial mat at great Sippewissett Marsh, Cape Cod, Massachusetts. *FEMS Microbiol Ecol*(45)343–364
- RIDING R. y Awramik, S.M. 2000. *Microbial Sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 331pp.
- RASUK MC, Kurth D, Flores, et al. 2014. Microbial characterization of microbial ecosystems associated to evaporites domes of gypsum in Salar de Llamara in Atacama desert. *Microb Ecol* 68, 483–494.
- ROTHSCHILD LJ. y Mancinelli R L. 2001. Life in extreme environments. *Nature* 409, 1092–1101
- RODRÍGUEZ-ARANDA P. y Sanz-Montero ME. 2015. Tapices microbianos: los organismos que fabrican estromatolitos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(2), 208.
- STAL LJ, van Gemerden H, Krumbein WE. 1985. Structure and development of a benthic marine microbial mat. *FEMS Microbiol Ecol* 1(2):111-125
- THAR R, Kühl M. 2001. Motility of *Marichromatium gracile* in response to Light, oxygen, and sulfide. *Appl Environ Microbiol* 67(12):5410-5419.
- THIEL V, Tank M, Neulinger SC, et al. 2010. Unique communities of anoxygenic phototrophic bacteria in saline lakes of Salar de Atacama (Chile): evidence for a new phylogenetic lineage of phototrophic Gammaproteobacteria from pufLM gene analyses. *FEMS Microbiol Ecol* 74(3), 510-522
- URMENETA J, Navarrete A. 2000. Mineralogical composition and biomass studies of the microbial mats sediments from the Ebro Delta, Spain. *Int Microbiol* 3(2):97-101

VAN GEMERDEN H.1993.Microbial mats: A joint ventura. Mar Geol 113:3-25

VISSCHER PT, Dupraz C, Braissant O, et al. 2010. Biogeochemistry of carbon cycling in hypersaline mats: linking the present to the past through biosignatures. In: Seckbach J, Oren A (eds) Microbial mats. Springer, Netherlands, pp 443–468

14.4 Suelo o Sustrato

American Public Health Association, 2012. American Water Works Association & Water Environment Federation. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. 2510 B. Laboratory Method.

American Public Health Association, 2005. American Water Works Association & Water Environment Federation. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 21nd Edition. 4500 B. Electrometic Method.

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, 1996. 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.

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.

Rioja Molina, A. (2002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., España.

U.S.D.A. 2012. Field book for describing and samplly soils. Versión 3.0.

SAG 2007. Protocolo de métodos de análisis para suelo y lodos. Determinación de textura.

Sierra C. Y Rojas, C. 1985. La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. INIA.

Sierra, C., Céspedes, R. y Osorio, A. 2001. Caracterización de la salinidad de los suelos y aguas del valle del río Copiapo. INIA.

Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. SCS. U.S. Dep. Agric. Handb. 18. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. (<http://soils.usda.gov/technical/manual/>).

www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/NITRATOS%20Y%20SALARES.pdf

14.5 Limnología

- Araya, J.M. y L. Zúñiga. (1985). Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Limnológico de Chile, UACH 110 p.
- Bertrand, H. (1995). Les insectes aquatiques d'Europe. Encyclopédie Entomologique. Volume II: Trichoptères, Lepidoptères, Diptères, Hyménoptères. Paul Lechevalier Editeur (Paris). 543 p.
- 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.
- De Los Ríos, 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.
- Domínguez, E., Molineri, C, Pescador, M., Hubbart, M. & Nieto, C. 2006. Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America. PENSOFF, Sofia, Moscow. 646 pp.
- Fernández, H. R. & Domínguez, 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 *Hyaella* from Lake Titicaca, and redescription of four others in the genus (Crustacea: Amphipoda). *Hydrobiologia* 497: 181–204.
- 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 separated from *Navicula* sensu lato Frustulia. In: H Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe* (Vol. 2) ARG Gantner Verlag, Ruggell. 526 p.
- Lopretto, E. y 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 South America. *Annals Limnology* 31: 233-243.

- Lugo-Ortiz, C.R. Y McCafferty. (1999). Revision of South American species of Baetidae (Ephemeroptera) previously placed in Baetis Leach and Pseudocloeon Klapálek. *Ann Limnol* 35:257-262.
- Merritt, R.W. & K.W. Cummins. (1996). An introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company. 862 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.
- 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.
- Rivera, P. (1983). A guide for references and distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28' S and 58°S. *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.
- 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.

Wetzel RG, Likens E. 1991. Limnological analyses. Springer–Verlag. New York, E. U. A.

14.6 Área de las Lagunas

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.

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. 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, 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.
- 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.
- 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”.

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 Sens. 50, 3950–3957.

14.7 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.

15 ANEXOS

El conjunto de Anexos asociados al Informe Anual N°1 del Plan de Manejo Biótico, se entregan separados y de forma individual al presente documento.