



Plan de Manejo Biótico

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

(RCA N°21/2016)”

INFORME ANUAL N°3

VOLUMEN 1

Monitoreo Invierno 2018 – Verano 2019



Región de Antofagasta

Agosto de 2019

VOLUMEN I

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCION	42
3	OBJETIVO	52
4	ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME	52
5	FLORA Y VEGETACIÓN	53
5.1	MATERIALES Y MÉTODOS	55
5.1.1	COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT).....	55
5.1.1.1	Descripción del área de estudio.....	55
5.1.1.2	Ubicación de puntos muestreo.....	57
5.1.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	59
5.1.1.4	Materiales y equipos utilizados.....	62
5.1.1.5	Metodología de muestreo.....	62
5.1.1.6	Metodología de cálculo y análisis.....	68
5.1.1.7	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	71
5.1.2	FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS).....	72
5.1.2.1	Ubicación de puntos muestreo.....	72
5.1.2.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	83
5.1.2.3	Materiales y equipos utilizados.....	84
5.1.2.4	Metodología de muestreo.....	84
5.1.2.5	Metodología de cálculo y análisis.....	88
5.1.2.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	90
5.1.3	DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL – MÉTODO DE IMÁGENES SATELITALES - NDVI.....	90
5.1.3.1	Ubicación de sectores para la medición.....	90
5.1.3.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	92
5.1.3.3	Materiales y equipos utilizados.....	92
5.1.3.4	Metodología de cálculo y análisis.....	93
5.1.3.5	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	95
5.2	RESULTADOS	99
5.2.1	RESULTADOS COBERTURA Y VEGETACION (COT).....	99
5.2.1.1	Resultados del muestreo campaña de invierno de 2018.....	99
5.2.1.2	Resultados del muestreo campaña de verano de 2019.....	115

5.2.2	RESULTADOS FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS).....	130
5.2.2.1	Resultados del muestreo de flora y vegetación, campaña de invierno de 2018.....	130
5.2.2.2	Resultados del muestreo de flora y vegetación campaña de verano 2019	148
5.2.3	RESULTADOS DE DISTRIBUCION Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL - MÉTODO NDVI.....	166
5.2.4	Límites considerados en la evaluación de la flora y vegetación.....	169
6	FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES.....	170
6.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	171
6.1.1	Descripción del área de estudio	171
6.1.2	Ubicación de puntos muestreo	173
6.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	179
6.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	179
6.1.4.1	Tipos de muestreo.....	179
6.1.4.2	Diseño de muestreo	179
6.1.4.3	Muestreo de terreno	180
6.1.4.4	Procedimiento de muestreo por taxón	181
6.1.4.5	Trabajo en gabinete post terreno	185
6.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	191
6.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	191
6.2	RESULTADOS	192
6.2.1	Resultados del monitoreo campaña de invierno 2018	192
6.2.1.1	Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres	192
6.2.1.2	Análisis por clase.....	197
6.2.1.3	Composición por ambiente.....	205
6.2.1.4	Similitud	207
6.2.1.5	Abundancia y Frecuencia	209
6.2.1.6	Abundancia por ambiente (Densidad).....	211
6.2.2	Resultados del monitoreo campaña de verano 2019.....	212
6.2.2.1	Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres	212
6.2.2.2	Análisis por clase.....	218
6.2.2.3	Composición por ambiente.....	225
6.2.2.4	Similitud	228
6.2.2.5	Abundancia y Frecuencia	229
6.2.2.6	Abundancia por ambiente (Densidad).....	232
6.2.3	Límites considerados en la evaluación	233
7	TAPETES MICROBIANOS.....	234
7.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	235

7.1.1	Descripción del Área de Estudio.....	235
7.1.2	Ubicación de Puntos Muestreo.....	235
7.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	237
7.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	237
7.1.5	Materiales y Equipos Utilizados.....	239
7.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	239
7.2	RESULTADOS	240
7.2.1	Resultados Campaña Invierno 2018.....	240
7.2.1.1	Sector Peine	245
7.2.1.2	Sector La Punta-La Brava	266
7.2.1.3	Sector Tilopozo.....	284
7.2.1.4	Registro de microbialitos y evaporitas, invierno 2018.	288
7.2.1.5	Resultados Parámetros fisicoquímicos	289
7.2.2	Resultados Campaña Verano 2019.....	291
7.2.2.1	Sector Peine	296
7.2.2.2	Sector La Punta-La Brava	317
7.2.2.3	Sector Tilopozo.....	334
7.2.2.4	Registro de microbialitos y evaporitas, verano 2019.	338
7.2.2.5	Resultados Parámetros fisicoquímicos	339
7.2.3	Límites Considerados en la evaluación de Tapetes Microbianos.....	340
8	SUELO O SUSTRATO	340
8.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	341
8.1.1	Descripción del área de estudio	341
8.1.2	Ubicación de puntos muestreo	341
8.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	345
8.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	345
8.1.4.1	Metodología in situ	345
8.1.4.2	Análisis de laboratorio	346
8.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	351
8.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	352
8.2	RESULTADOS	352
8.2.1	Resultados campaña de invierno 2018.....	352
8.2.1.1	Caracterización suelos	352
8.2.2	Resultados campaña de verano 2019	383
8.2.2.1	Caracterización suelos	383
8.2.3	Límites considerados en la evaluación de Suelo o Sustrato	410

VOLUMEN II**TABLA DE CONTENIDOS**

9	LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS).....	412
9.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	412
9.1.1	Descripción del área de estudio	412
9.1.2	Ubicación de puntos muestreo	413
9.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	416
9.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	417
9.1.4.1	Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos.....	417
9.1.4.2	Metodología de muestreo flora y fauna acuática	419
9.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	422
9.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	423
9.2	RESULTADOS	424
9.2.1	Caracterización del hábitat durante campañas de invierno 2018 y verano 2019	424
9.2.1.1	Sector Peine	424
9.2.1.2	Sector La Punta y La Brava	431
9.2.1.3	Sector Tilopozo.....	436
9.2.2	Resultados del muestreo campaña de invierno 2018 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)	441
9.2.2.1	Resultados Calidad de agua	441
9.2.2.2	Resultados Calidad de sedimentos.....	445
9.2.2.3	Resultados Biota acuática.....	449
9.2.3	Resultados del muestreo campaña de verano 2019 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)	475
9.2.3.1	Resultados Calidad de agua	475
9.2.3.2	Resultados Calidad de sedimentos.....	479
9.2.3.3	Resultados Biota acuática.....	482
9.2.4	Límites considerados en la evaluación de Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)	507
10	AREA DE LAGUNAS	509
10.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	512
10.1.1	Descripción del área de estudio	512
10.1.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua	515
10.1.3	Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua.....	515

10.1.4	Materiales y equipos utilizados.....	517
10.1.5	Metodología de muestreo y/o medición.....	517
10.1.6	Metodología de análisis de las imágenes satelitales para delimitación de cuerpos de agua.....	518
10.1.6.1	Imágenes de alta resolución – Pleiades-1A.....	518
10.1.6.2	Imagen de resolución media – LANDSAT 8.....	521
10.1.6.3	Procesamiento de las imágenes satelitales.....	522
10.1.6.4	Descripción del Modelo de Clasificación Supervisada de cuerpos de agua.....	523
10.1.6.5	Parámetros espectrales del modelo de clasificación.....	525
10.1.6.6	Umrales y validación del modelo de clasificación.....	526
10.1.6.7	Depuración cartográfica de cuerpos de agua.....	529
10.1.7	Análisis comparativo para seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua.....	530
10.1.8	Fechas de medición.....	531
10.2	RESULTADOS.....	531
10.2.1	Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua.....	531
10.2.2	Resultados Superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar.....	535
10.2.3	Límites considerados en el seguimiento de los cuerpos de agua.....	538
11	NIVEL FREÁTICO EN LAGUNAS.....	538
11.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	539
11.1.1	Área de Estudio.....	539
11.1.2	Ubicación de Puntos de Monitoreo.....	540
11.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables.....	541
11.1.4	Metodología de Muestreo, Medición y Análisis.....	541
11.1.5	Materiales y Equipos utilizados.....	542
11.1.6	Fechas de medición, muestro y/o análisis.....	543
11.2	RESULTADOS.....	543
11.2.1	Resultados de los registros Abril 2018 a Marzo 2019.....	543
11.2.2	Límites considerados en la evaluación.....	548
12	DISCUSIÓN.....	549
12.1	En relación con Flora y Vegetación.....	549
12.2	En relación con Fauna Vertebrados Terrestres.....	577
12.2.1	Representatividad del muestreo.....	577
12.2.2	Riqueza, composición y caracterización de la fauna de vertebrados terrestres.....	578
12.2.3	Análisis por clase.....	585
12.2.3.1	Anfibios.....	585
12.2.3.2	Reptiles.....	585

12.2.3.3 Aves.....	586
12.2.3.4 Mamíferos.....	586
12.2.4 Composición por ambiente.....	587
12.2.5 Similitud.....	590
12.2.6 Abundancia y frecuencia (comparación entre campañas).....	592
12.2.7 Abundancia por ambiente (densidad, comparación entre campañas).....	597
12.2.8 Evolución de Fauna Vertebrados Terrestres.....	601
12.2.8.1 Riqueza y composición.....	602
12.2.8.2 Abundancia.....	609
12.3 En relación con Tapetes Microbianos.....	623
12.3.1 Análisis Año 3: Monitoreo invierno 2018 y verano 2019.....	623
12.3.2 Análisis evolución inviernos 2016, 2017 y 2018.....	631
12.3.3 Análisis evolución veranos 2017, 2018 y 2019.....	649
12.3.4 Evolución de Parámetros Físico-Químicos.....	668
12.4 En relación con Suelo o Sustrato.....	673
12.4.1 Análisis comparativo campañas M5 (invierno 2018) y M6 (verano 2019).....	674
12.4.2 Análisis comparativo campañas periodos 2016 - 2017 – 2018 - 2019.....	690
12.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos).....	732
12.5.1.1 Comparación Invierno 2018 y Verano 2019.....	734
12.5.1.2 Comparación LB y Monitoreos (evolución en el tiempo).....	753
12.6 En relación con Área de Lagunas.....	799
12.6.1 Comparación de monitoreos con registros históricos de línea de base.....	799
12.6.1.1 La Punta y La Brava.....	800
12.6.1.2 Peine.....	807
12.6.2 Análisis de la validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua.....	813
12.7 En relación con Nivel Freático de Lagunas.....	815
12.7.1 Análisis comparativo invierno 2018 y verano 2019.....	815
12.7.2 Análisis comparativo con valores históricos.....	815
12.7.2.1 Nivel freático en Sector La Punta-La Brava.....	815
12.7.2.2 Nivel freático en Sector Peine.....	819
12.8 En relación con el Estado Ecológico del Sistema.....	822
13 CONCLUSIONES.....	883
13.1 En relación con Flora y Vegetación.....	883
13.2 En relación con Fauna Vertebrados.....	885
13.3 En relación con Tapetes Microbianos.....	888
13.4 En relación con Suelo o Sustrato.....	890

13.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos).....	896
13.6 En relación con Área Lagunas	898
13.7 En relación con Nivel Lagunas	899
13.7.1 Para los pozos del Sector la Punta-La Brava, se tiene que:	899
13.7.2 Para los pozos del Sector Peine, se tiene que:	900
13.8 En relación con el Estado Ecológico del Sistema	901
14 REFERENCIAS	904
14.1 Flora y Vegetación	904
14.2 Fauna Vertebrados Terrestres	906
14.3 Tapetes microbianos	912
14.4 Suelo o Sustrato.....	913
14.5 Limnología (Biota acuática, calidad de agua y sedimentos).....	914
14.6 Área de las Lagunas	918
14.7 Nivel Freático en Lagunas	921
15 ANEXOS.....	921

FIGURAS

Figura N° 2-1. Delimitación de las Areas de Estudio del Plan de Manejo Biótico	43
Figura N° 2-2. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio. Area Norte. Sector Soncor y Quelana (Transectas de vegetación azonal).....	47
Figura N° 2-3. Localización de Puntos de Monitoreo Finales en el área de estudio. Area Sur. Sector La Punta y La Brava, Peine y Tilopozo	48
Figura N° 5-1. Área de estudio para el monitoreo de la vegetación Invierno- 2018 y Verano – 2019 en el Salar de Atacama.....	56
Figura N° 5-2. Localización general de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el área de estudio, Salar de Atacama.	77
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.....	78
Figura N° 5-4. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Peine, Salar de Atacama.	79
Figura N° 5-5. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Aguas de Quelana, Salar de Atacama.....	80
Figura N° 5-6. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Soncor, Salar de Atacama.	81
Figura N° 5-7. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Tilopozo, Salar de Atacama.	82
Figura N° 5-8. Localización de sectores donde se obtienen los valores de NDVI en el área de estudio, Salar de Atacama.	91
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. Invierno de 2018.	104
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 en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Invierno de 2018.....	105

Figura N° 5-11. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Invierno de 2018.....	106
Figura N° 5-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Verano de 2019.	120
Figura N° 5-13. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Verano de 2019.....	121
Figura N° 5-14. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Verano de 2019.....	122
Figura N° 5-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	137
Figura N° 5-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de <i>Juncus balticus</i>	137
Figura N° 5-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus*</i>	138
Figura N° 5-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> . .	138
Figura N° 5-19. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> .	139
Figura N° 5-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	139
Figura N° 5-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	155
Figura N° 5-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de <i>Juncus balticus</i>	155
Figura N° 5-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	156

Figura N° 5-24. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> . .	156
Figura N° 5-25. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> .	157
Figura N° 5-26. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	157
Figura N° 6-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y Puntos de Muestreo en tres sectores (líneas discontinuas).....	172
Figura N° 6-2. Localización de Puntos y Tipo de Monitoreo del Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres en el área de estudio.	177
Figura N° 6-3. Categorías de conservación de la UICN.	187
Figura N° 6-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña invierno 2018.....	208
Figura N° 6-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña verano 2019.....	229
Figura N° 7-1. Ubicación puntos de muestreo Tapetes en el área de estudio	236
Figura N° 7-2. Zonación macroscópica utilizada para la caracterización de pigmentación laminar de tapetes microbianos en el área de estudio.	238
Figura N° 7-3. Distribución número de capas de tapetes microbianos, invierno 2018.	241
Figura N° 7-4. Espesor de tapetes microbianos (valores máximos), invierno 2018.	242
Figura N° 7-5. Tipos de Tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Salar de Atacama. Total área de estudio (A), Sector Peine (B), Sector La Punta-La Brava (C), invierno 2018.	243
Figura N° 7-6. Tipo de tapete microbiano en cada punto de monitoreo en el Salar de Atacama, invierno 2018.	244
Figura N° 7-7. Distribución número de capas de tapetes microbianos, verano 2019.	292
Figura N° 7-8. Espesor de tapetes microbianos (valores máximos), verano 2019.	293

Figura N° 7-9. Proporción de tipos de tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Salar de Atacama (Total área de estudio) (A), Sector Peine (B), Sector La Punta-La Brava (C), verano 2019.....	294
Figura N° 7-10. Proporción de Tipo de tapete microbiano presente en cada punto de monitoreo en el Salar de Atacama, verano 2019.....	295
Figura N° 8-1. Localización original y final de calicatas de monitoreo del componente físico – Suelo en el área de estudio, Salar de Atacama.	344
Figura N° 9-1. Ubicación de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Agua y Sedimentos, Salar de Atacama.	415
Figura N° 9-2. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Peine (invierno 2018).	452
Figura N° 9-3. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).....	454
Figura N° 9-4. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Tilopozo (invierno 2018).....	455
Figura N° 9-5. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Peine (invierno 2018).....	458
Figura N° 9-6. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).	460
Figura N° 9-7. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Tilopozo (invierno 2018).....	461
Figura N° 9-8. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Peine (invierno 2018).	463
Figura N° 9-9. Abundancia relativa del zooplancton en Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).	465
Figura N° 9-10. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (invierno 2018).	468
Figura N° 9-11. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2018).	470
Figura N° 9-12. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (invierno 2018).....	472

Figura N° 9-13. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector Peine (verano 2019).	485
Figura N° 9-14. Abundancia relativa (%) del fitobentos. Sector La Punta y La Brava (verano 2019).....	487
Figura N° 9-15. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo (verano 2019). .	489
Figura N° 9-16. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Peine (verano 2019).....	491
Figura N° 9-17. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector La Punta y La Brava (verano 2019).....	493
Figura N° 9-18. Abundancia relativa (%) del fitoplancton. Sector Tilopozo (verano 2019).....	495
Figura N° 9-19. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Peine (verano 2019).	497
Figura N° 9-20. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector La Punta y La Brava (verano 2019).	499
Figura N° 9-21. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (verano 2019).	501
Figura N° 9-22. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (verano 2019).....	503
Figura N° 9-23. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (verano 2019).....	504
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 Proyecto en el Salar de Atacama (PMB).	514
Figura N°10-2. Mosaico de imágenes de alta resolución Pleiades-1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, invierno 2018.	519
Figura N°10-3. Mosaico de imágenes de alta resolución Pleiades-1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama verano 2018.....	520
Figura N°10-4. Imagen Landsat 8 (Banda 5) correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio en invierno 2018 (izquierda) y verano 2018 (derecha).	521

Figura N°10-5. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.	523
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>).	530
Figura N° 10-7. 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, agosto – diciembre 2018.	536
Figura N° 10-8. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2018.	537
Figura N° 11-1. Área de Estudio	539
Figura N° 11-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta-La Brava y Peine	541
Figura N° 11-3. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava	547
Figura N° 11-4. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine.	547
Figura N° 12-1. Cobertura absoluta de las especies por monitoreos (M1-M6) en comparación con sus valores históricos de línea de base (2014) en sector Tilopozo.	563
Figura N° 12-2. Cobertura absoluta de las especies por monitoreos (M1-M6) en comparación con sus valores históricos de línea de base (2014) en matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en sector Aguas de Quelana.	564
Figura N° 12-3. Cobertura vegetal promedio, cobertura promedio de rastrojo, cobertura promedio de otros recubrimientos y riqueza por sector.	568
Figura N° 12-4. Cobertura promedio de otros recubrimientos por sector en los monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6.	569
Figura N° 12-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes (campañas integradas de invierno 2016 a verano 2019).	591
Figura N° 12-6. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa los periodos en Línea de Base y Monitoreo.	612
Figura N° 12-7. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves	

registradas en el sistema hidrológico Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.	614
Figura N° 12-8. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en el sistema hidrológico La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.	617
Figura N° 12-9. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.	618
Figura N° 12-10. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema hidrológico Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.	619
Figura N° 12-11. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema hidrológico de La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.	620
Figura N° 12-12. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de reptiles registradas en el área de estudio. Los valores son ejemplares contabilizados en 25 transectos para cada especie.	621
Figura N° 12-13. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de micromamíferos registradas en el área de estudio. Los valores son ejemplares capturados en 9 puntos de muestreo (con un total de 180 trampas por 3 noches).	622
Figura N° 12-14. Distribución del número promedio de capas pigmentadas de tapetes microbianos, campañas invierno 2018 y verano 2019.	625
Figura N° 12-15. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos por punto de monitoreo, campañas invierno 2018 y verano 2019.	625
Figura N° 12-16. Espesor promedio de tapetes microbianos, campañas invierno 2018 y verano 2019.	627

Figura N° 12-17. Espesor promedio de tapetes microbianos en Salar de Atacama, según punto de monitoreo, campañas invierno 2018 y verano 2019.	628
Figura N° 12-18. Proporción de tipos de Tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Salar de Atacama (Sector Peine, La Punta-La Brava, Tilopozo), campañas de invierno 2016, 2017, 2018.	631
Figura N° 12-19. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos, en Lagunas monitoreadas, campañas invierno 2016, 2017 y 2018.	632
Figura N° 12-20. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos en Salar de Atacama, según punto de monitoreo. Campañas	633
Figura N° 12-21. Espesor promedio de Tapetes en Salar de Atacama, campañas de invierno 2016, 2017, 2018.	634
Figura N° 12-22. Proporción de tipos de Tapetes en Sector Peine, según zonas macroscópicas de pigmentación, campañas de invierno 2016, 2017, 2018.	635
Figura N° 12-23. Proporción de tipos de Tapetes en Sector La Punta-La Brava, según zonas macroscópicas de pigmentación, campañas de invierno 2016, 2017, 2018.	642
Figura N° 12-24. Proporción de tipos de Tapetes en Salar de Atacama, según zonas macroscópicas de pigmentación, campañas de verano 2017, 2018, 2019.	650
Figura N° 12-25. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos, campañas verano 2017, 2018, 2019.	651
Figura N° 12-26. Distribución del número promedio de capas pigmentadas de tapetes microbianos, verano 2017, 2018 y 2019 por punto de monitoreo.	652
Figura N° 12-27. Espesor promedio de tapetes microbianos, en Lagunas monitoreadas, campañas verano 2017, 2018, 2019.	653
Figura N° 12-28. Proporción de tipos de Tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Sector Peine, campañas de verano 2017, 2018, 2019.	654

Figura N° 12-29. Proporción de tipos de Tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Sector La Punta- La Brava, campañas de verano 2017, 2018, 2019.....	660
Figura N° 12-30. Variación de salinidad promedio en Lagunas del Salar de Atacama, 2016-2019.....	669
Figura N° 12-31. Variación de oxígeno en Lagunas del Salar de Atacama, 2016-2019.....	670
Figura N° 12-32. Variación de turbiedad en Lagunas del Salar de Atacama, 2016-2019.....	672
Figura N° 12-33. Variación de pH en Lagunas del Salar de Atacama, 2016-2019.	673
Figura N° 12-34: Resultados análisis laboratorio Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	674
Figura N° 12-35: Resultados análisis laboratorio Materia orgánica (%). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).	676
Figura N° 12-36: Resultados análisis laboratorio pH. Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	677
Figura N° 12-37: Resultados análisis laboratorio Salinidad (mg/kg.). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).	678
Figura N° 12-38:Resultados análisis laboratorio Conductividad Hidráulica (cm/hr). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	680
Figura N° 12-39: Resultados análisis laboratorio Nitrógeno disponible (mg/kg). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	682
Figura N° 12-40: Resultados análisis laboratorio Potasio disponible (mg/kg). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	683
Figura N° 12-41: Resultados análisis laboratorio Fósforo disponible (mg/kg). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	685
Figura N° 12-42: Resultados análisis de laboratorio Humedad (%). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).	686
Figura N° 12-43: Resultados profundidad Nivel Freático (cm). Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	689
Figura N° 12-44: Resultados C.E ($\mu\text{S} /\text{cm}$). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	691

Figura N° 12-45: Resultados C.E. ($\mu\text{S} / \text{cm}$). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.	692
Figura N° 12-46: Resultados C.E ($\mu\text{S} / \text{cm}$). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	694
Figura N° 12-47: Resultados Materia Orgánica (%). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	696
Figura N° 12-48: Resultados Materia Orgánica (%). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.....	697
Figura N° 12-49: Resultados Materia Orgánica (%). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.....	699
Figura N° 12-50: Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	700
Figura N° 12-51: Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.....	702
Figura N° 12-52: Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	703
Figura N° 12-53: Resultados Salinidad (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	705
Figura N° 12-54: Resultados Salinidad (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.	706
Figura N° 12-55: Resultados Salinidad (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	707
Figura N° 12-56: Resultados Conductividad Hidráulica (cm/h). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.....	709
Figura N° 12-57: Resultados Conductividad Hidráulica (cm/h). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.	710
Figura N° 12-58: Resultados Conductividad Hidráulica (cm/h). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.....	711
Figura N° 12-59: Resultados Nitrógeno (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	713
Figura N° 12-60: Resultados Nitrógeno (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.	714

Figura N° 12-61: Resultados Nitrógeno (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	715
Figura N° 12-62. Resultados Potasio (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	717
Figura N° 12-63: Resultados Potasio (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5y M6. Sector Peine.	718
Figura N° 12-64: Resultados Potasio (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	719
Figura N° 12-65: Resultados Fósforo (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	721
Figura N° 12-66: Resultados Fósforo (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.	722
Figura N° 12-67: Resultados Fósforo (mg/kg). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	724
Figura N° 12-68: Resultados Humedad (%). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector La Punta-La Brava.	725
Figura N° 12-69: Resultados Humedad (%). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Peine.	726
Figura N° 12-70: Resultados Humedad (%). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Sector Tilopozo.	728
Figura N° 12-71: Profundidad nivel freático (cm). Sectores La Punta-La Brava, Peine y Tilopozo.	731
Figura N° 12-72. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	755
Figura N° 12-73. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua in situ, los relacionados con el pH y Cl-a en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	756
Figura N° 12-74. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	759

Figura N° 12-75. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua <i>in situ</i> , los relacionados con el pH y Cl-a en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	760
Figura N° 12-76. Variación temporal de parámetros de calidad de agua relacionados con las sales en el Sector Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	762
Figura N° 12-77. Variación temporal de los parámetros de calidad de agua <i>in situ</i> , los relacionados con el pH y Cl-a en el Sector Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	763
Figura N° 12-78. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	765
Figura N° 12-79. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector La Punta – La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	767
Figura N° 12-80. Variación temporal de parámetros de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano....	768
Figura N° 12-81. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	770
Figura N° 12-82. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	772
Figura N° 12-83. Rango de variación temporal para el fitobentos del Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	774
Figura N° 12-84. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	776
Figura N° 12-85. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	778
Figura N° 12-86. Rango de variación temporal para el fitoplancton del Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	780
Figura N° 12-87. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	782
Figura N° 12-88. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	784

Figura N° 12-89. Rango de variación temporal del zooplancton en el Sector de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	785
Figura N° 12-90. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.....	787
Figura N° 12-91. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector La Punta y La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	788
Figura N° 12-92. Rango de variación temporal del zoobentos en el Sector de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	790
Figura N° 12-93. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector Peine. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	793
Figura N° 12-94. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector La Punta-La Brava. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	796
Figura N° 12-95. Rango de variación temporal de las plantas vasculares acuáticas en el Sector vegas de Tilopozo. A. Campañas Invierno y B. Campañas Verano.	798
Figura N°12-96. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.	801
Figura N° 12-97. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017 - 2018, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1A.	803
Figura N°12-98. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017 - 2018, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Landsat 8.	804
Figura N°12-99. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017 - 2018, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1A.	805
Figura N°12-100. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017 - 2018, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Landsat 8.	806
Figura N°12-101. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.	807
Figura N° 12-102. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017 - 2018, sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1A.	809

Figura N°12-103. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017 - 2018, sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8.	810
Figura N°12-104. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017 - 2018, sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1A.	811
Figura N°12-105. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017 - 2018, sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8.....	812
Figura N° 12-106: Variación de niveles Pozo BA-05 – Sector LP-LB	817
Figura N° 12-107: Variación de niveles Pozo BA-07 – Sector LP-LB	818
Figura N° 12-108: Variación de niveles Pozo BA-16 – Sector LP-LB	819
Figura N° 12-109. Variación de niveles Pozo BA-21 – Sector Peine	821
Figura N° 12-110. Variación de niveles Pozo BA-22 – Sector Peine	822
Figura N° 12-111. Cobertura vegetal promedio, cobertura promedio de rastrojo, cobertura promedio de otros recubrimientos y riqueza en los sectores La Punta y La Brava y Tilopozo.....	826
Figura N° 12-112. Cobertura vegetal absoluta de las transectas en Monitoreo Base 0 (MB0), M1, M2, M3, M4, M5 y M6 en los sectores La Punta y La Brava y Tilopozo.	828
Figura N° 12-113. Promedio de cobertura anual y monitoreo inicial por especie en las formaciones vegetales de los sectores Tilopozo (arriba) y en La Punta y La Brava (abajo).....	830
Figura N° 12-114. Número promedio de intercepciones por especie en monitoreos, en herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en sector Tilopozo.....	832
Figura N° 12-115. Número promedio de intercepciones por especie en monitoreos, en herbazal de <i>Juncus balticus</i> , en sectores de Tilopozo y La Punta y La Brava.	833
Figura N° 12-116. Número promedio de intercepciones por especie en monitoreos, en herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en sector Tilopozo.	834
Figura N° 12-117. Número promedio de intercepciones por especie en monitoreos, en herbazal de <i>Triglochin concinna</i> en La Punta y La Brava.	835
Figura N° 12-118. Número promedio de intercepciones por especie y monitoreos, en matorrales de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Sarcocornia fruticosa</i> en sectores Tilopozo y La Punta y La Brava.	836

- Figura N° 12-119. Promedio anual de la cobertura de afloramientos salinos en transectas de vegetación durante los monitoreos del proyecto en los subsectores Tilopozo (arriba) y La Punta y La Brava (abajo). 838
- Figura N° 12-120. Comparación de la cobertura de vegetación durante monitoreos anuales en verano 2017-2019, con valores históricos obtenidos del NDVI de imágenes de alta resolución en el sector Tilopozo - La Punta y La Brava en superficie con vegetación del sector..... 840
- Figura N° 12-121. Formación de herbazal de *S. californicus*. Comparación de la cobertura de vegetación durante monitoreos anuales en verano 2017-2019, con valores históricos obtenidos del NDVI de imágenes de alta resolución en el sector Tilopozo - La Punta y La Brava..... 840
- Figura N° 12-122. Comparación con valores históricos del NDVI obtenido de imágenes Landsat, para el periodo de operación del proyecto durante las temporadas invernales (diciembre 2016 – marzo 2019) en la superficie con vegetación del sector Tilopozo- La Punta y La Brava. 841
- Figura N° 12-123. Formación de herbazal de *S. californicus*. Comparación con valores históricos del NDVI obtenido de imágenes Landsat, para el periodo de operación del proyecto durante las temporadas invernales (diciembre 2016 – marzo 2019) en el sector Tilopozo- La Punta y La Brava. 842
- Figura N° 12-124. Evaluación interanual de la cobertura activa obtenida del índice NDVI en los monitoreos anuales de verano (post-lluvia) 2017, 2018 y 2019: análisis del nivel de recurrencia en sitios estables y con variabilidad alta dentro de las formaciones azonales en seguimiento del sector Tilopozo – La Punta y La Brava. 844
- Figura N° 12-125. Series de tiempo del NDVI Landsat 2009-2019 y evaluación de tendencias interanuales (test Mann-Kendall) en los periodos histórico (previo al proyecto 2009-2016) y total, en formaciones vegetales monitoreadas del sector Tilopozo- La Punta y La Brava. 845
- Figura N°12-126. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava. 847
- Figura N° 12-127. Clasificación de estratos según análisis de recurrencia, sector La Punta y La Brava. 848
- Figura N°12-128. Superficies permanentes y no permanentes, en comparación con mínimo histórico, sector La Punta y La Brava. 849

Figura N°12-129. Variación temporal de valores de NDWI Landsat 2009 – 2019 según estrato de recurrencia y evaluación de tendencias (test Mann-Kendall) en escenarios pre operación (2009 – 2016) y periodo total (2009 – 2019), sector La Punta y La Brava.	850
Figura N°12-130. Variación temporal de valores de NDVI Landsat 2009 – 2019 según estrato de recurrencia y evaluación de tendencias (test Mann-Kendall) en escenarios pre operación (2009 – 2016) y periodo total (2009 – 2019), sector La Punta y La Brava.	852
Figura N° 12-131. Variación Niveles Pozo BA-05 – Sector LP-LB.	854
Figura N° 12-132. Variación Niveles Pozo BA-07 – Sector LP-LB.	854
Figura N° 12-133. Variación Niveles Pozo BA-16 – Sector LP-LB.	855
Figura N° 12-134. Cobertura vegetal promedio, cobertura promedio de rastrojo, cobertura promedio de otros recubrimientos y riqueza en sector Peine.....	857
Figura N° 12-135. Cobertura vegetal absoluta de las transectas en Monitoreo Base 0 (MB0), M1, M2, M3, M4, M5 y M6 en el sector Peine.....	859
Figura N° 12-136. Promedio de cobertura anual y monitoreo inicial por especie en las formaciones vegetales del sector Peine.....	861
Figura N° 12-137. Número promedio de intercepciones por especie en monitoreos, en herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en sector Peine.	863
Figura N° 12-138. Número promedio de intercepciones por especie en monitoreos, en herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en sector Peine.....	864
Figura N° 12-139. Número promedio de intercepciones por especie y monitoreos, en matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> en sector Peine.	864
Figura N° 12-140. Promedio anual de la cobertura de afloramientos salinos en transectas de vegetación durante los monitoreos del proyecto en el sector Peine.....	865
Figura N° 12-141. Comparación de la cobertura de vegetación durante monitoreos anuales en verano 2017-2019, con valores históricos obtenidos del NDVI de imágenes de alta resolución en el sector Peine en superficie con vegetación del sector.....	867
Figura N° 12-142. Formación de herbazal de <i>S. californicus</i> . Comparación de la cobertura de vegetación durante monitoreos anuales en verano 2017-	

2019, con valores históricos obtenidos del NDVI de imágenes de alta resolución en el sector Peine	867
Figura N° 12-143. Comparación con valores históricos del NDVI obtenido de imágenes Landsat, para el periodo operación del proyecto durante las temporadas invernales (diciembre 2016 – marzo 2019) en la superficie con vegetación del sector Peine.	868
Figura N° 12-144. Formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> . Comparación con valores históricos del NDVI obtenido de imágenes Landsat, para el periodo operación del proyecto durante las temporadas invernales (diciembre 2016 – marzo 2019) en el sector Peine.....	869
Figura N° 12-145. Variación de distribución de la cobertura de vegetación activa* durante monitoreos de verano 2018 y 2019 en unidades de herbazal de <i>S. californicus</i> en el sector Peine.	871
Figura N° 12-146. Series de tiempo del NDVI Landsat 2009-2019 y evaluación de tendencias interanuales (test Mann-Kendall) en los periodos histórico (previo al proyecto 2009-2016) y total, en formaciones vegetales monitoreadas del sector Peine.	874
Figura N°12-147. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.....	875
Figura N° 12-148. Clasificación de estratos según análisis de recurrencia, sector La Punta y La Brava.	876
Figura N°12-149. Superficies permanentes y no permanentes, en comparación con mínimo histórico, sector Peine.	877
Figura N°12-150. Variación temporal de valores de NDWI Landsat 2009 – 2019 según estrato de recurrencia y evaluación de tendencias (test Mann-Kendall) en escenarios pre operación (2009 – 2016) y periodo total (2009 – 2019), sector Peine.	878
Figura N°12-151. Variación temporal de valores de NDVI Landsat 2009 – 2019 según estrato de recurrencia y evaluación de tendencias (test Mann-Kendall) en escenarios pre operación (2009 – 2016) y periodo total (2009 – 2019), sector Peine.	880
Figura N° 12-152. Variación Niveles Pozo BA-21 – Sector Peine	881
Figura N° 12-153. Variación Niveles Pozo BA-22 – Sector Peine	882

TABLAS

Tabla N° 2-1. Detalle de las componentes, variables y estaciones reportadas 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.....	45
Tabla N° 2-2. Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis	49
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.	50
Tabla N° 5-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2018 y verano 2019, tercer año de monitoreo.	58
Tabla N° 5-2. Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes.	60
Tabla N° 5-3. Categorías de altura empleadas para la vegetación.....	60
Tabla N° 5-4. Rango de valores para la cobertura vegetal.....	61
Tabla N° 5-5. Categorías de posición topográfica.	61
Tabla N° 5-6. Caracterización del grado de alteración de la vegetación en las formaciones vegetales.	61
Tabla N° 5-7. Categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación en terreno.....	66
Tabla N° 5-8. Definición de categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones con presencia en el área de estudio.....	66
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.....	69
Tabla N° 5-10. Ejemplos de la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la codificación de las unidades vegetales (UV).....	69
Tabla N° 5-11. Ejemplos comparativos para la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la nomenclatura COT.....	70
Tabla N° 5-12. Ejemplo de agrupación de formaciones vegetales.	70

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).....	71
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.....	74
Tabla N° 5-15. Formaciones vegetales y número de transectas por sector.....	83
Tabla N° 5-16. Contenido de humedad del suelo.....	86
Tabla N° 5-17. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades - 1A.	93
Tabla N° 5-18. Umbrales de NDVI por formación vegetal y sector de monitoreo. ...	96
Tabla N° 5-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, invierno de 2018.	100
Tabla N° 5-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Invierno 2018.....	103
Tabla N° 5-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio, monitoreo verano de 2019.	116
Tabla N° 5-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Verano 2019.....	118
Tabla N° 5-23. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo.....	130
Tabla N° 5-24. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 5 (invierno 2018), en cada subsector.....	132
Tabla N° 5-25. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 5 (invierno 2018).	142
Tabla N° 5-26. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 5 (invierno 2018).	145
Tabla N° 5-27. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, en Monitoreo 5 (invierno 2018).....	147
Tabla N° 5-28. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 5 (invierno 2018).	148
Tabla N° 5-29. Resumen de la validación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 6 (verano 2019), en cada subsector.	149

Tabla N° 5-30. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 6 (verano 2019).....	160
Tabla N° 5-31. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 6 (verano 2019).....	163
Tabla N° 5-32. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, para el Monitoreo 6 (verano 2019).....	165
Tabla N° 5-33. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 6 (verano 2019).....	166
Tabla N° 5-34. Superficies de vegetación activa (NDVI) en base a la COT de verano 2019, por sector.	167
Tabla N° 6-1. Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo (PM) de fauna. Sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19.	174
Tabla N° 6-2. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la quinta campaña de monitoreo (invierno 2018). Se indica además, la presencia (X) en cada sector.	193
Tabla N° 6-3. Especies de fauna registradas por ambiente. Quinta campaña de monitoreo (invierno 2018). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.....	206
Tabla N° 6-4. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Quinta campaña de monitoreo (invierno 2018).....	210
Tabla N° 6-5. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Quinta campaña de monitoreo (invierno 2018).....	212
Tabla N° 6-6. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la sexta campaña de monitoreo (verano 2019). Se indica además, la presencia (X) en cada sector.	214
Tabla N° 6-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Sexta campaña de monitoreo (verano 2019). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.	227
Tabla N° 6-8 Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Sexta campaña de monitoreo (verano 2019).....	231
Tabla N° 6-9. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Sexta campaña de monitoreo (verano 2019).....	233
Tabla N° 7-1. Puntos de medición Tapetes Microbianos PMB	235

Tabla N° 7-2. Proporción de tapetes microbianos expuestos y sumergidos. Invierno 2018.....	240
Tabla N° 7-3 Caracterización Tapetes microbianos, invierno 2018.....	245
Tabla N° 7-4. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-6A, agosto 2018.....	249
Tabla N° 7-5. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-9, agosto 2018.....	251
Tabla N° 7-6. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo SA-25, agosto 2018.....	255
Tabla N° 7-7. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita, agosto 2018.....	258
Tabla N° 7-8. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018.....	261
Tabla N° 7-9. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018.....	263
Tabla N° 7-10. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos Tipo 1 Sector Peine, invierno 2018.	264
Tabla N° 7-11. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 Sector Peine, invierno 2018.	265
Tabla N° 7-12. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 Sector Peine, invierno 2018.	266
Tabla N° 7-13. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-23, Laguna La Punta, agosto 2018.	269
Tabla N° 7-14. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018.	272
Tabla N° 7-15. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-1, Laguna La Brava, agosto 2018.	275
Tabla N° 7-16. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018.	278
Tabla N° 7-17. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018.	281

Tabla N° 7-18. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.....	282
Tabla N° 7-19. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.....	283
Tabla N° 7-20. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.....	284
Tabla N° 7-21. Cuadro resumen del registro visual de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama, agosto 2018.	288
Tabla N° 7-22. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, invierno 2018.....	290
Tabla N° 7-23. Proporción de tapetes microbianos expuestos y sumergidos. Verano 2019.....	291
Tabla N° 7-24 Caracterización Tapetes microbianos, verano 2019.....	296
Tabla N° 7-25. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-6A.....	300
Tabla N° 7-26. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-9.	303
Tabla N° 7-27. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de Monitoreo SA-25.....	306
Tabla N° 7-28. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos asociados a una base vegetal (Punto SA-25).....	307
Tabla N° 7-29. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo S-11.	310
Tabla N° 7-30. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-11.....	312
Tabla N° 7-31. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-17.....	314
Tabla N° 7-32 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 Sector Peine, verano 2019.....	315
Tabla N° 7-33 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 Sector Peine, verano 2019.....	316

Tabla N° 7-34 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 Sector Peine, verano 2019.....	317
Tabla N° 7-35. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-23.	320
Tabla N° 7-36. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-24.	323
Tabla N° 7-37. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-1.	327
Tabla N° 7-38. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-2.	329
Tabla N° 7-39. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-3.	331
Tabla N° 7-40. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 Sector La Punta-La Brava, verano 2019.	333
Tabla N° 7-41. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 La Punta-La Brava, verano 2019.....	334
Tabla N° 7-42. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 La Punta-La Brava, verano 2019.....	334
Tabla N° 7-43 Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, verano 2019.	338
Tabla N° 7-44. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, verano 2019.	339
Tabla N° 8-1: Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S), originales. Posición final Monitoreos M1 a M6, puntos de muestreo suelo.	343
Tabla N° 8-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo.....	345
Tabla N° 8-3: Parámetros evaluados y método de análisis. Componente Suelo. ..	347
Tabla N° 8-4: Valores de Materia orgánica (%).....	348
Tabla N° 8-5: Interpretación del pH.....	348
Tabla N° 8-6: Categorías de Salinidad.....	348
Tabla N° 8-7: Niveles de Fosforo (mg/kg)	349

Tabla N° 8-8: Niveles de Nitrógeno (mg/kg).....	349
Tabla N° 8-9. Niveles de Potasio (mg/kg)	349
Tabla N° 8-10. Rangos de conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h)	349
Tabla N° 8-11. Tamaño de partículas que determina la textura del suelo	350
Tabla N° 8-12. Clases texturales del suelo.	350
Tabla N° 8-13. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Monitoreo invierno 2018.	354
Tabla N° 8-14. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Monitoreo invierno 2018.	356
Tabla N° 8-15. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Monitoreo invierno 2018.	359
Tabla N° 8-16. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Monitoreo invierno 2018.	361
Tabla N° 8-17. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Monitoreo invierno 2018.	363
Tabla N° 8-18. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Monitoreo invierno 2018.	365
Tabla N° 8-19. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Monitoreo invierno 2018.	367
Tabla N° 8-20. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Monitoreo invierno 2018.	369
Tabla N° 8-21. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Monitoreo invierno 2018.	371
Tabla N° 8-22. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Monitoreo invierno 2018.	373
Tabla N° 8-23. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Monitoreo invierno 2018.	375
Tabla N° 8-24. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Monitoreo invierno 2018.	377
Tabla N° 8-25. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Monitoreo invierno 2018.	379

Tabla N° 8-26. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Monitoreo invierno 2018.	381
Tabla N° 8-27. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Verano 2019.....	384
Tabla N° 8-28. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Verano 2019.....	386
Tabla N° 8-29. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Verano 2019.....	388
Tabla N° 8-30. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Verano 2019.....	390
Tabla N° 8-31. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Verano 2019.....	392
Tabla N° 8-32. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Verano 2019.....	394
Tabla N° 8-33. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Verano 2019.....	396
Tabla N° 8-34. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Verano 2019.....	398
Tabla N° 8-35. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Verano 2019.....	400
Tabla N° 8-36. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Verano 2019.....	402
Tabla N° 8-37. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Verano 2019.....	404
Tabla N° 8-38. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Verano 2019.....	406
Tabla N° 8-39. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Verano 2019.....	408
Tabla N° 8-40. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Verano 2019.....	410
Tabla N° 9-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2018 y verano 2019.	414

Tabla N° 9-2. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de agua.	418
Tabla N° 9-3. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de Sedimentos.....	418
Tabla N° 9-4. Escala de tamaño de grano utilizada en base a Wentworth (1922).	419
Tabla N° 9-5. Resumen de metodologías de muestreo de componentes biológicos.	420
Tabla N° 9-6. Instrumentos de medición <i>in situ</i> de parámetros del agua.....	422
Tabla N° 9-7. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática.....	423
Tabla N° 9-8. Fechas de muestreo de cada una de las variables.	423
Tabla N° 9-9. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine (invierno 2018).	441
Tabla N° 9-10. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).	442
Tabla N° 9-11. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo (invierno 2018).	444
Tabla N° 9-12. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine (invierno 2018).....	446
Tabla N° 9-13: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine (invierno 2018).	447
Tabla N° 9-14. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).	447
Tabla N° 9-15: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).	448
Tabla N° 9-16. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo (invierno 2018).....	448
Tabla N° 9-17: Resultados granulométricos de los Sedimentos en Sector Tilopozo (invierno 2018).	449
Tabla N° 9-18. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Peine (invierno 2018).	450

Tabla N° 9-19. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).....	453
Tabla N° 9-20. Comunidad fitobentónica. Sector Tilopozo (invierno 2018).....	455
Tabla N° 9-21. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Peine (invierno 2018).....	457
Tabla N° 9-22. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).....	459
Tabla N° 9-23. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (invierno 2018).....	461
Tabla N° 9-24. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (invierno 2018).....	463
Tabla N° 9-25. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).....	464
Tabla N° 9-26. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (invierno 2018).....	466
Tabla N° 9-27. Comunidad de zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza en Sector Peine (invierno 2018).....	467
Tabla N° 9-28. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza en en Sector La Punta y La Brava (invierno 2018).....	469
Tabla N° 9-29. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza en Sector Tilopozo (invierno 2018).....	471
Tabla N° 9-30. Plantas vasculares acuáticas detectadas en el área de estudio (invierno 2018).....	473
Tabla N° 9-31. Comunidad de Plantas vasculares acuáticas y porcentaje de cobertura en el área de estudio (invierno 2018).....	474
Tabla N° 9-32. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine (verano 2019).	475
Tabla N° 9-33. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava (verano 2019).....	476
Tabla N° 9-34. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo (verano 2019).	478

Tabla N° 9-35. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine (verano 2019).....	480
Tabla N° 9-36. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (verano 2019).	481
Tabla N° 9-37. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo (verano 2019).....	482
Tabla N° 9-38. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Peine (verano 2019).	483
Tabla N° 9-39. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (verano 2019).	486
Tabla N° 9-40. Comunidad fitobentónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (verano 2019).	488
Tabla N° 9-41. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Peine (verano 2019).	490
Tabla N° 9-42. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector La Punta y La Brava (verano 2019).	492
Tabla N° 9-43. Comunidad fitoplanctónica, abundancia total y riqueza de géneros. Sector Tilopozo (verano 2019).	494
Tabla N° 9-44. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (verano 2019).	496
Tabla N° 9-45. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (verano 2019).	498
Tabla N° 9-46. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza en Sector Peine (verano 2019).....	500
Tabla N° 9-47. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza en Sector La Punta y La Brava (verano 2019).....	502
Tabla N° 9-48. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m ²) y riqueza en Sector Tilopozo (verano 2019).	504
Tabla N° 9-49. Plantas vasculares acuáticas detectadas en el área de estudio (verano 2019).....	505
Tabla N° 9-50. Comunidad de plantas vasculares acuáticas y porcentaje de cobertura en el área de estudio.....	506

Tabla N°10-1. Resumen de Componentes y Variables	510
Tabla N°10-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargada de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control.....	511
Tabla N°10-3. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de invierno 2018, 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.....	516
Tabla N°10-4. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de verano 2018, 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.	516
Tabla N°10-5. Características técnicas del sensor Pleiades-1A.....	518
Tabla N°10-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8	521
Tabla N°10-7. Valores de los umbrales de clasificación de los parámetros espectrales usados, según Pleiades 1A y Landsat 8, para la delimitación de cuerpos de agua en los sistemas lagunares del Salar de Atacama, agosto y diciembre de 2018.	527
Tabla N°10-8. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice <i>Kappa</i> por sistema lagunar. Agosto, 2018.....	532
Tabla N°10-9. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice <i>Kappa</i> por sistema lagunar. Agosto, 2018.....	532
Tabla N°10-10. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice <i>Kappa</i> por sistema lagunar. Diciembre, 2018.....	533
Tabla N°10-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice <i>Kappa</i> por sistema lagunar. Diciembre, 2018.....	534
Tabla N° 10-12. Resultados de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1A y datos obtenidos en el monitoreo 2018 (invierno y verano).....	535

Tabla N° 10-13. Resultados de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos obtenidos en el monitoreo 2018 (invierno y verano).....	535
Tabla N° 11-1. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas	540
Tabla N° 11-2. Materiales y Equipos.....	542
Tabla N° 11-3. Fechas de Medición del Año	543
Tabla N° 11-4. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava	544
Tabla N° 11-5. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine.....	546
Tabla N° 12-1. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano 2019 respecto al monitoreo de invierno 2018.....	550
Tabla N° 12-2. Variaciones en la cantidad de formaciones descritas por campaña.	553
Tabla N° 12-3. Variaciones en los rangos de cobertura COT en transectas, entre invierno 2018 y verano 2019.	556
Tabla N° 12-4. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector.	574
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.	576
Tabla N° 12-6. Lista Sistemática de especies de fauna registradas a lo largo de las 6 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2019). Se indica además, la presencia (X) en cada sector.	580
Tabla N° 12-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Total acumulado en campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2019. Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.	588
Tabla N° 12-8. Abundancia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2019.	594
Tabla N° 12-9. Frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2019.	596

Tabla N° 12-10. Abundancia relativa (ind/ transecto) de reptiles y aves, en cada ambiente, en las 6 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2019).....	599
Tabla N° 12-11. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2019.....	600
Tabla N° 12-12. Comparación de la riqueza de especies (por clase) entre las campañas de estudio de Línea Base, con las campañas de invierno 2016, verano e invierno 2017, verano e invierno 2018, y verano 2019.	603
Tabla N° 12-13. Comparación de la riqueza y composición de aves en los sistemas acuáticos del área de estudio, para las campañas históricas del PMB (invierno 2014 y verano 2015), y del monitoreo (invierno 2016 a verano 2019).....	606
Tabla N° 12-14. Comparación de la riqueza y composición de reptiles y mamíferos en el área de estudio, para las campañas históricas del PMB (abril y julio 2014, verano 2015), y del monitoreo (invierno 2016 a verano 2019).....	609
Tabla N° 12-15. Comparación de la abundancia de aves en los sistemas lagunares (La Punta-La Brava y Peine), para los periodos de Línea de Base y monitoreo.....	610
Tabla N° 12-16. Comparación de la abundancia de aves en el sistema hidrológico Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna), para los periodos de Línea de Base y monitoreo.	613
Tabla N° 12-17. Comparación de la abundancia de aves en el sistema hidrológico La Punta y La Brava, para los periodos de Línea de Base y monitoreo.	615
Tabla N° 12-18 Cuadro resumen de principales capas pigmentadas en tapetes del Sector Peine, invierno 2018 y verano 2019.....	624
Tabla N° 12-19. Cuadro resumen de principales capas pigmentadas en tapetes del Sector La Punta-La Brava, invierno 2018 y verano 2019.....	629
Tabla N° 12-20. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna Salada, invierno 2016, 2017, 2018.	636

Tabla N° 12-21 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 de Laguna Salada, Saladita e Interna, invierno 2016, 2017, 2018.	637
Tabla N° 12-22 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna Saladita e Interna, invierno 2016, 2017, 2018.....	639
Tabla N° 12-23 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 en Sector Peine, invierno 2016, 2017, 2018.....	640
Tabla N° 12-24 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna La Brava, LB-1, LB-2, invierno 2016, 2017, 2018.	643
Tabla N° 12-25 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna La Brava, LB-3 invierno 2016, 2017, 2018.....	644
Tabla N° 12-26 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna La Punta, invierno 2016, 2017, 2018.....	645
Tabla N° 12-27 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 de Laguna La Punta, La Brava, Sector Tilopozo, invierno 2016, 2017, 2018.....	647
Tabla N° 12-28 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 de Laguna La Punta, La Brava, Sector Tilopozo, invierno 2016, 2017, 2018.....	648
Tabla N° 12-29. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, campañas de invierno 2016, 2017 y 2018. ..	649
Tabla N° 12-30 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna Salada, verano 2017, 2018, 2019.....	655
Tabla N° 12-31. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna Saladita e Interna, verano 2017, 2018, 2019.	657
Tabla N° 12-32 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 en Laguna Saladita e Interna, verano 2017, 2018, 2019.	658
Tabla N° 12-33 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 en Sector Peine, verano 2017, 2018, 2019.	659
Tabla N° 12-34 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna La Brava, verano 2017, 2018, 2019.....	662
Tabla N° 12-35 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 de Laguna La Punta, verano 2017, 2018, 2019.....	664

Tabla N° 12-36 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 de Sector La Punta-La Brava, verano 2017, 2018, 2019.....	666
Tabla N° 12-37 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 de Sector La Punta-La Brava, verano 2017, 2018, 2019.....	666
Tabla N° 12-38. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, campañas de verano 2017, 2018 y 2019.	667
Tabla N° 12-39: Resultados análisis de laboratorio textura. Monitoreo Invierno 2018 (M5) y verano 2019 (M6).....	687
Tabla N° 12-40: Profundidad Nivel Freático (cm). Monitoreos M1, M2, M3, M4, M5 y M6.....	730
Tabla N° 12-41. Resumen de especies detectadas en los sectores Peine, La Punta, La Brava y vegas de Tilopozo en campañas de línea de base y monitoreo.....	791
Tabla N°12-42. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades 1A y Landsat 8) y datos obtenidos en el monitoreo 2018 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).	799
Tabla N° 12-43. Consolidado de índices <i>Kappa</i> de validación del modelo de clasificación para imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8.	814
Tabla N° 12-44. Valores Mínimos y Promedio de la Serie Sector LP-LB.....	816
Tabla N° 12-45. Valores Mínimos y Promedio de la Serie - Sector Peine	820
Tabla N° 12-46. Valores Mínimos y Promedio Niveles Freáticos Sector LP-LB	853
Tabla N° 12-47. Valores Mínimos y Promedio Niveles Freáticos Sector Peine	881

FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 5-1. Ejemplo de estaca en el punto inicial de las transectas de monitoreo en el área del Salar.	85
Fotografía N° 5-2. Ejemplos de especies en estado fenológico vigoroso versus especies en estado latente y rastros.	87
Fotografía N° 5-3. Ejemplos de condiciones de sustrato definidas para el muestreo en áreas desprovistas de vegetación.	88
Fotografía N° 5-4. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal. Invierno 2018.	108
Fotografía N° 5-5. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal en invierno 2018.	112
Fotografía N° 5-6. Fisonomía de otros recubrimientos (sin vegetación) en el área de estudio.	114
Fotografía N° 5-7. Vegetación en lagunas al norte del sector Soncor.	114
Fotografía N° 5-8. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal. Verano 2019.	125
Fotografía N° 5-9. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal en verano 2019.	129
Fotografía N° 5-10. Fisonomía de herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en invierno 2018, en distintas transectas de estudio.	134
Fotografía N° 5-11. Fisonomía de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en invierno 2018, en transectas de estudio.	134
Fotografía N° 5-12. Fisonomía de herbazal de <i>Juncus balticus</i> en invierno 2018, en transectas de estudio.	135
Fotografía N° 5-13. Fisonomía de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> en invierno 2018, en transectas de estudio.	135
Fotografía N° 5-14. Fisonomía de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en invierno 2018, en transectas de estudio.	135

Fotografía N° 5-15. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> en invierno 2018, en transectas de estudio.	136
Fotografía N° 5-16. Fisonomía de herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en verano 2019, en distintas transectas de estudio.	152
Fotografía N° 5-17. Fisonomía de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en verano 2019, en transectas de estudio.....	152
Fotografía N° 5-18. Fisonomía de herbazal de <i>Juncus balticus</i> en verano 2019, en distintas transectas de estudio.	153
Fotografía N° 5-19. Fisonomía de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> en verano 2019, en transectas de estudio.	153
Fotografía N° 5-20. Fisonomía de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en verano 2019, en transectas de estudio.	153
Fotografía N° 5-21. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> en verano 2019, en transectas de estudio.	154
Fotografía N° 6-1. Ambientes del área de estudio. A) humedal salar (arriba; izquierda); B) humedal pajonal (arriba, derecha); C) herbazal (centro, izquierda); D) matorral (centro, derecha); E) quebrada (abajo, izquierda) y F) área desprovista de vegetación (abajo, derecha). ..	178
Fotografía N° 6-2. Instalación de cámara trampa con atrayente olfativo.	184
Fotografía N° 6-3. Instalación de trampa tipo Sherman cebada y etiquetada.	184
Fotografía N° 6-4. Reptiles del área de estudio: lagartija de Constanza (superior) y lagartija de Fabián (inferior).	199
Fotografía N° 6-5. Aves del área de estudio: playero de Baird (arriba, izquierda), parina grande (arriba, derecha), blanquillo (abajo, izquierda) y gaviota andina (abajo, derecha).	201
Fotografía N° 6-6. Macromamíferos del área de estudio: zorro culpeo.	203
Fotografía N° 6-7. Micromamíferos del área de estudio: tuco-tuco de Atacama (superior), y ratón orejudo amarillo (inferior).....	204
Fotografía N° 6-8. Sapo espinoso, única especie de anfibio registrada en el área de estudio, en la campaña de verano 2018.....	219
Fotografía N° 6-9. Reptiles del área de estudio: lagartija de Constanza (superior) y lagartija de Fabián (inferior).	220

Fotografía N° 6-10. Aves del área de estudio: playero de Baird (arriba, izquierda), garza azul (arriba, derecha), chorlo de la puna (abajo, izquierda) y caití (abajo, derecha).	222
Fotografía N° 6-11. Macromamífero del área de estudio: zorro chilla.....	224
Fotografía N° 6-12. Micromamíferos del área de estudio: lauchita de pie sedoso (izquierda), yaca del norte (superior, derecha) y ratón andino (inferior, derecha).....	225
Fotografía N° 7-1. Zonación de Tapete microbiano.....	239
Fotografía N° 7-2. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, agosto 2018.	246
Fotografía N° 7-3. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, agosto 2018.	246
Fotografía N° 7-4. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2018.....	247
Fotografía N° 7-5. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala= 3 mm), agosto 2018.....	248
Fotografía N° 7-6. Muestra de borde sumergido, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2018.	248
Fotografía N° 7-7. Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, agosto 2018.	250
Fotografía N° 7-8. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, Punto S-9 (marca de escala = 3 mm), agosto 2018.....	250
Fotografía N° 7-9. Muestra de borde sumergido, Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, agosto 2018.	251
Fotografía N° 7-10. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, agosto 2018....	252
Fotografía N° 7-11. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, agosto 2018.	253
Fotografía N° 7-12. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, Punto de Monitoreo SA-25, (marca de escala = 3 mm), agosto 2018.....	253
Fotografía N° 7-13. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, Punto de Monitoreo SA-25, agosto 2018.....	254

Fotografía N° 7-14. Tapete microbiano de base vegetal presente en el borde superficial de Laguna Saladita, Punto de Monitoreo SA-25, (marca de escala: 3 mm) agosto 2018.	254
Fotografía N° 7-15. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, agosto 2018.	255
Fotografía N° 7-16. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, agosto 2018.	256
Fotografía N° 7-17. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita, agosto 2018.	257
Fotografía N° 7-18. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita (marca de escala = 3 mm), agosto 2018.	257
Fotografía N° 7-19. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018.	259
Fotografía N° 7-20. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018.	259
Fotografía N° 7-21. Tapete microbiano en borde sumergido del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018 (marca de escala=3 mm).	260
Fotografía N° 7-22. Estructuras semejantes a evaporitas observadas en laguna Interna (I-11), agosto 2018.	260
Fotografía N° 7-23. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018.	262
Fotografía N° 7-24. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018).	262
Fotografía N° 7-25. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018.	263
Fotografía N° 7-26. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta, agosto 2018. ...	267
Fotografía N° 7-27. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta, agosto 2018.	268
Fotografía N° 7-28. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala=3 mm), agosto 2018.	268
Fotografía N° 7-29. Estructuras semejantes a microbialito observado en laguna La Punta (LP-23), agosto 2018.	269
Fotografía N° 7-30. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018. ...	270
Fotografía N° 7-31. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018.	271

Fotografía N° 7-32. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018 (marca de escala= 3 mm).....	271
Fotografía N° 7-33. Estructuras semejantes a evaporitas observadas en laguna La Punta (LP-24), agosto 2018.	272
Fotografía N° 7-34. Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava, agosto 2018.	273
Fotografía N° 7-35. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca de escala= 3 mm), agosto 2018.	274
Fotografía N° 7-36. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala= 3 mm).	274
Fotografía N° 7-37. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1), agosto 2018.	275
Fotografía N° 7-38. Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018.	276
Fotografía N° 7-39. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018.	277
Fotografía N° 7-40. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala= 3 mm).	277
Fotografía N° 7-41. Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018.	279
Fotografía N° 7-42. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala=3 mm).	279
Fotografía N° 7-43. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala=3 mm).	280
Fotografía N° 7-44. Muestra de sedimento en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018.	280
Fotografía N° 7-45. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, agosto 2018.	285
Fotografía N° 7-46. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, agosto 2018.	285
Fotografía N° 7-47. Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo, agosto 2018.	286
Fotografía N° 7-48. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo, agosto 2018.	286
Fotografía N° 7-49. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, agosto 2018.	287

Fotografía N° 7-50. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, agosto 2018.	287
Fotografía N° 7-51. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, abril 2019.	297
Fotografía N° 7-52. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, abril 2019.	298
Fotografía N° 7-53. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, abril 2019.	299
Fotografía N° 7-54. Muestra de sedimento en Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, abril 2019.	299
Fotografía N° 7-55. Tapete microbiano en Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, abril 2019 (marca de escala= 3 mm).	300
Fotografía N° 7-56. Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, abril 2019.	301
Fotografía N° 7-57. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, abril 2019.	302
Fotografía N° 7-58. Tapete microbiano en Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada (marca de escala=4 mm) abril 2019.	302
Fotografía N° 7-59. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019.	304
Fotografía N° 7-60. Formaciones esferoidales de base vegetal en Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019.	304
Fotografía N° 7-61. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019.	305
Fotografía N° 7-62. Muestra del borde superficial del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019 (marca de escala= 2 mm).	305
Fotografía N° 7-63. Tapete microbiano de base vegetal presente en el Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita (marca de escala= 2 mm), abril 2019.	306
Fotografía N° 7-64. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, abril 2019.	307
Fotografía N° 7-65. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, (marca de escala= 2 cm), abril 2019.	308
Fotografía N° 7-66. Punto de monitoreo S-11, Laguna Saladita, abril 2019.	309
Fotografía N° 7-67. Muestra de sedimento del punto de monitoreo S-11, Laguna Saladita, abril 2019.	309

Fotografía N° 7-68. Tapete microbiano del punto de monitoreo S-11, Laguna Saladita, abril 2019 (marca de escala= 2 mm).	310
Fotografía N° 7-69. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Saladita, abril 2019.....	311
Fotografía N° 7-70. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Saladita (marca de escala= 2 mm), abril 2019.	312
Fotografía N° 7-71. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, abril 2019.	313
Fotografía N° 7-72. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna (marca de escala = 5 mm), abril 2019.	314
Fotografía N° 7-73. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta, abril 2019.	318
Fotografía N° 7-74. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 2 mm), abril 2019.	319
Fotografía N° 7-75. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 3 mm), abril 2019.	319
Fotografía N° 7-76. Estructuras semejantes a microbialitos observado en laguna La Punta (LP-23), abril 2019.	320
Fotografía N° 7-77. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, abril 2019.	321
Fotografía N° 7-78. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 3 mm), abril 2019.	322
Fotografía N° 7-79. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, abril 2019.	322
Fotografía N° 7-80. Estructura semejante a evaporita observado en laguna La Punta (LP-24), abril 2019.	323
Fotografía N° 7-81. Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava, abril 2019.	324
Fotografía N° 7-82. Muestra de sedimento en Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca escala= 5 mm) abril 2019.	325
Fotografía N° 7-83. Tapete microbiano superficial en Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca de escala= 3 mm), abril 2019.	325
Fotografía N° 7-84. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca de escala=4 mm), abril 2019.	326
Fotografía N° 7-85. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1), abril 2019.	326

Fotografía N° 7-86. Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, abril 2019.....	327
Fotografía N° 7-87. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, (marca de escala= 3 mm) abril 2019.	328
Fotografía N° 7-88. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, (marca de escala= 3 mm) abril 2019.	328
Fotografía N° 7-89. Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, abril 2019.....	330
Fotografía N° 7-90. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, abril 2019.	330
Fotografía N° 7-91. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (escala de marca=2 mm), abril 2019.	331
Fotografía N° 7-92. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, abril 2019.	335
Fotografía N° 7-93. Muestra de sedimento en Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, abril 2019.	335
Fotografía N° 7-94. Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo, abril 2019.	336
Fotografía N° 7-95. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, abril 2019.	337
Fotografía N° 7-96. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, abril 2019.	337
Fotografía N° 8-1. Materiales utilizados para extraer muestras de suelo para conductividad hidráulica (permeabilidad).	351
Fotografía N° 8-2. Vista general punto de muestreo S 1. Monitoreo invierno 2018.	353
Fotografía N° 8-3. Vista general perfil punto de muestreo S 1, Monitoreo invierno 2018.....	355
Fotografía N° 8-4. Vista general punto de muestreo S 2. Monitoreo invierno 2018.	355
Fotografía N° 8-5. Vista general perfil punto de muestreo S 2, Monitoreo invierno 2018.....	357
Fotografía N° 8-6. Vista general punto de muestreo S 7. Monitoreo invierno 2018.	358
Fotografía N° 8-7. Vista general perfil punto de muestreo S 7, Monitoreo invierno 2018.....	359

Fotografía N° 8-8. Vista general punto de muestreo S 8. Monitoreo invierno 2018.	360
Fotografía N° 8-9. Vista general perfil punto de muestreo S 8, Monitoreo invierno 2018.....	361
Fotografía N° 8-10. Vista general punto de muestreo S 9. Monitoreo invierno 2018.	362
Fotografía N° 8-11. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Monitoreo invierno 2018.....	363
Fotografía N° 8-12. Vista general punto de muestreo S 13. Monitoreo invierno 2018.	364
Fotografía N° 8-13. Vista general perfil punto de muestreo S 13, Monitoreo invierno 2018.....	365
Fotografía N° 8-14. Vista general punto de muestreo S 3. Monitoreo invierno 2018.	366
Fotografía N° 8-15. Vista general perfil punto de muestreo S 3, Monitoreo invierno 2018.....	367
Fotografía N° 8-16. Vista general punto de muestreo S 4, Monitoreo invierno 2018.	368
Fotografía N° 8-17. Vista general perfil punto de muestreo S 4, Monitoreo invierno 2018.....	369
Fotografía N° 8-18. Vista general punto de muestreo S 5. Monitoreo invierno 2018.	370
Fotografía N° 8-19. Vista general perfil de suelo punto de muestreo S 5, Monitoreo invierno 2018.	371
Fotografía N° 8-20. Vista general calicata punto de muestreo S 5, nivel freático subsuperficial a 4 cm. Monitoreo invierno 2018.....	372
Fotografía N° 8-21. Vista general punto de muestreo S 6. Monitoreo invierno 2018.	372
Fotografía N° 8-22. Vista general perfil punto de muestreo S 6, Monitoreo invierno 2018.....	374
Fotografía N° 8-23. Vista general punto de muestreo S 10. Monitoreo invierno 2018.	374

Fotografía N° 8-24. Vista general perfil punto de muestreo S 10, Monitoreo invierno 2018.....	376
Fotografía N° 8-25. Vista general punto de muestreo S 11. Monitoreo invierno 2018.	376
Fotografía N° 8-26. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Monitoreo invierno 2018.....	378
Fotografía N° 8-27. Vista general punto de muestreo S 12. Monitoreo invierno 2018.	378
Fotografía N° 8-28. Vista general perfil punto de muestreo S 12, Monitoreo invierno 2018.....	380
Fotografía N° 8-29. Vista general punto de muestreo S 14. Monitoreo invierno 2018.	380
Fotografía N° 8-30. Vista general perfil punto de muestreo S 14, Monitoreo invierno 2018.....	382
Fotografía N° 8-31. Vista general punto de muestreo S 1. Verano 2019.	383
Fotografía N° 8-32. Vista general perfil punto de muestreo S 1. Verano 2019.	384
Fotografía N° 8-33. Vista general punto de muestreo S 2. Verano 2019.	385
Fotografía N° 8-34. Vista general perfil punto de muestreo S 2. Verano 2019.	386
Fotografía N° 8-35. Vista general punto de muestreo S 7. Verano 2019.	387
Fotografía N° 8-36. Vista general perfil punto de muestreo S 7. Verano 2019.	388
Fotografía N° 8-37. Vista general punto de muestreo S 8. Verano 2019.	389
Fotografía N° 8-38. Vista general perfil punto de muestreo S 8. Verano 2019.	390
Fotografía N° 8-39. Vista general punto de muestreo S 9. Verano 2019.....	391
Fotografía N° 8-40. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Verano 2019.	392
Fotografía N° 8-41. Vista general punto de muestreo S 13. Verano 2019.	393
Fotografía N° 8-42. Vista general perfil punto de muestreo S 13. Verano 2019.	394
Fotografía N° 8-43. Vista general punto de muestreo 3 (S 3). Verano 2019.....	395
Fotografía N° 8-44. Vista general perfil punto de muestreo S 3. Verano 2019.	396

Fotografía N° 8-45. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2019.	397
Fotografía N° 8-46. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2019.	398
Fotografía N° 8-47. Vista general punto de muestreo S 5. Verano 2019.	399
Fotografía N° 8-48. Vista general perfil punto de muestreo S 5. Verano 2019.	400
Fotografía N° 8-49. Vista general punto de muestreo S 6. Verano 2019.	401
Fotografía N° 8-50. Vista general perfil punto de muestreo S 6. Verano 2019.	402
Fotografía N° 8-51. Vista general punto de muestreo S 10. Verano 2019.	403
Fotografía N° 8-52. Vista general perfil punto de muestreo S 10. Verano 2019. ...	404
Fotografía N° 8-53. Vista general punto de muestreo S 11. Verano 2019.	405
Fotografía N° 8-54. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Verano 2019. ...	406
Fotografía N° 8-55. Vista general punto de muestreo S 12. Verano 2019.	407
Fotografía N° 8-56. Vista general perfil punto de muestreo S 12. Verano 2019. ...	408
Fotografía N° 8-57. Vista general punto de muestreo S 14. Verano 2019.	409
Fotografía N° 8-58. Vista general perfil punto de muestreo S 14. Verano, 2019. ..	410
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.	416
Fotografía N° 9-2. Estación S-9. Campaña de Invierno 2018 y Verano 2019. a. y c. Panorámica de la estación y b y d. Sustrato fino, bajo flujo y profundidad	425
Fotografía N° 9-3. Estación S-5. Campaña Invierno 2018. a. Panorámica de la estación. b. Hidrófita sumergida. Campaña Verano 2019. c. Panorámica de la estación. d. Parche de hidrófita <i>Ruppia</i> y sustrato fino.	426
Fotografía N° 9-4. Estación S-10. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación. b. Parche de hidrófita <i>Ruppia</i> y sustrato fino. Campaña Verano 2019. c. Vista panorámica de la estación. d. Sustrato fino.	427
Fotografía N° 9-5. Estación SA-25. Campaña Invierno 2018 y Verano 2019. a. y c. Vista panorámica de la estación en invierno. b. y d. Parche de la hidrófita <i>Ruppia</i> en línea de costa y sustrato fino.	428

- Fotografía N° 9-6. Estación I-11. Campaña Invierno 2018 y Verano 2019. a. y c. Vista panorámica de la estación. b. y d. Sustrato fino. 429
- Fotografía N° 9-7. Estación I-17. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2019. c y d. Vista panorámica de la estación. 430
- Fotografía N° 9-8. Estación LB-1. Campaña Invierno 2018 .a. y b. Vista panorámica de la estación sin hidrófitas.y Campaña Verano 2019 c. y d. Vista panorámica de la estación sin hidrófitas..... 431
- Fotografía N° 9-9. Estación LB-2. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y costra salina. Campaña Verano 2019. c. Vista panorámica de la estación y d. Especie emergente (Helófitas: *Triglochin concinna*). 432
- Fotografía N° 9-10. Estación LB-3. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino e hidrófitas. Campaña Verano 2019. c. y d. Vista panorámica de la estación y afluyente. 433
- Fotografía N° 9-11. Estación LP-23. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y parche *Sarcocornia fruticosa* y *Puccinellia frigida* (helófitas). Campaña Verano 2019. c. Vista panorámica de la estación y d. Parche helófitas *S. fruticosa*, y *T. concinna*. 434
- Fotografía N° 9-12. Estación LP-24. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2019. c. Vista panorámica y parche de helófitas *Sarcocornia fruticosa* en línea de costa d. Sustrato fino. 435
- Fotografía N° 9-13. Estación TB-1. Campaña Invierno 2018 a. Vista panorámica de la estación y b. Presencia de un burro muerto en la poza. Campaña Verano 2019 c. Vista panorámica de la estación, *Z. palustris* y lamas sobre el espejo de agua y d. Parche *Zannichellia palustris* (hidrófitas) con lamas de microalgas bajo el agua. 437
- Fotografía N° 9-14. Estación TB-2. Campaña Invierno 2018. a. Vista panorámica de la estación, presencia de pajonal hídrico y de la helófitas *Schoenoplectus californicus*. b. Se observó baja disponibilidad de agua. Campaña Verano 2019. c. y d. Vista panorámica de la estación 100% cubierta de *S. californicus* y sin disponibilidad de agua. 438
- Fotografía N° 9-15. Estación TB-3. Campaña Invierno 2018 a. Vista panorámica de la estación, presencia de hidrófitas dentro de la poza y helófitas en la

línea de costa. b. Presencia de peces del género *Gambusia*.y
Campaña Verano 2019 c. Vista panorámica de la estación y d.
Presencia de *Schoenoplectus californicus* en línea de costa. 440

1 RESUMEN

El presente informe corresponde al tercer Informe Anual de Monitoreo o Seguimiento del **Plan de Manejo Biótico (PMB)**, comprometido en el Proyecto “**Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta**” de Albemarle Limitada¹ (en adelante Albemarle o ALB), aprobado por Resolución de Calificación Ambiental (RCA) mediante **RCA N° 21 de fecha 20 de enero del 2016**.

En este documento se analizan las variables y los parámetros monitoreados o medidos en el marco del 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 2018 y verano 2018-2019, las cuales se desarrollaron durante los meses de agosto del 2018, y entre diciembre del 2018 (para seguimiento de superficies lagunares) y marzo - abril del 2019 (para todo el resto de las variables). La única variable que presenta datos mensuales corresponde a niveles freáticos, que se reporta desde Abril 2018 hasta Marzo 2019.

La campaña correspondiente a invierno 2018, se desarrolló entre los días 13 al 25 del mes de agosto de 2018, y constituye la quinta campaña de monitoreo del PMB del proyecto. Por su parte, la campaña correspondiente a verano 2018-2019, dependiendo de la variable, se desarrolló durante los meses de diciembre 2018 y marzo-abril 2019, constituyendo la sexta campaña PMB del proyecto. Corresponden estas fechas por una primera parte, a la campaña de medición de superficie de Lagunas, realizada entre el 19 y 22 de diciembre de 2018, y por la otra, a la campaña de seguimiento de componentes bióticas (PMB), realizada entre el 27 de marzo al 06 de abril de 2018.

El PMB indica que las campañas de verano deben realizarse de preferencia en época post-lluvias (referidas al invierno Boliviano). De este modo, la implementación de la campaña, tal como quedase estipulado en la evaluación ambiental, se realizó en situación post-lluvias, luego de las precipitaciones ocurridas tanto en la región, como sobre el salar mismo, durante fines de enero y parte del mes de febrero de 2019, y a la espera de su efecto condicionante sobre el sistema natural presente en el área de estudio. Cabe señalar que durante la campaña verano post-lluvias 2019, no fue posible ingresar al sector Soncor y Aguas de Quelana a monitorear las transectas de vegetación azonal debido a la restricción de acceso indicada formalmente por la Comunidad Atacameña de Toconao (**ver Carta en Anexo Vegetación y Flora**).

Cabe agregar que la variable Superficie de Lagunas, es también un compromiso del Plan de Seguimiento Hídrico (PSAH) del proyecto, la cual quedó establecida a realizarse en

¹ Rockwood Litio Limitada a partir del día 01 de noviembre de 2017 modificó su razón social a “Albemarle Limitada”.

julio y diciembre, con un mes de desfase, por lo que también se cumple con el compromiso semestral de la misma en el PMB. Es importante destacar, que éste fue reportado de manera independiente el día 22 de febrero del presente año².

A modo de contexto, la primera campaña del PMB del proyecto, en agosto del 2016, se realizó en etapa de Construcción, previo al inicio de operaciones³. En cambio, desde diciembre 2016 a abril 2019, se realizan las campañas 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 de línea de base (i.e. suelos y tapetes microbianos), éstos son analizados en la medida del avance obtenido en el tiempo de las campañas de monitoreo y de acuerdo con la evolución de sus resultados. Todo lo anterior será analizado con mayor detalle en el capítulo de discusión de este documento.

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 resultados y conclusiones del Informe N°3 del Plan de Manejo Biótico - PMB , según las variables comprometidas:

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 Julio 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

² Comprobante de Remisión de Antecedentes Respecto de las Condiciones, Compromisos y Medidas Establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental SMA con fecha 22 de febrero de 2019. División de Fiscalización SMA. Cod: 79482.

³ Rockwood Lithium (Actualmente Albemarle Limitada) dió inicio formal a la etapa de operación del proyecto el 28 de Septiembre 2016, mediante carta a la Superintendencia de Medio Ambiente una semana antes, fechada el 21 de septiembre de 2016.

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 a la cobertura vegetal activa derivada del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) a partir de imágenes satelitales de alta resolución.

En términos generales, si bien los resultados de cobertura en las transectas señalan ciertas formaciones con cobertura vegetal al alza y principalmente a la baja, los resultados de cobertura activa a través del NDVI, se encuentran dentro del rango histórico observado. Sumado a lo anterior, la riqueza florística se ha mantenido estable en el sistema. Asimismo la estructura general de la vegetación a través del seguimiento de la COT. Esto, sumado al análisis del comportamiento de las variables hidroclimáticas históricas, señala que la vegetación del sistema se encuentra en una condición oscilante y estable, aunque con algunos sectores particulares más sensibles a la baja (por ejemplo Peine).

En relación al monitoreo COT, a través de los puntos de seguimiento al tercer año de monitoreo, **se observa una estabilidad general en las formaciones vegetales caracterizadas en términos de su estructura y composición, además de la distribución de éstas en el área de estudio, con respecto a lo registrado en años anteriores.** Las variaciones observadas se asocian principalmente a la cobertura y composición de especies dentro de las formaciones dado el ajuste de límites en algunas unidades, y al cambio en la dominancia de especies en otras, originadas principalmente por ajustes metodológicos, y que reorganizan la configuración de las unidades en estudio.

En la COT de **invierno 2018 (M5)**, se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la “superficie sin vegetación” representada por un 78,1% de superficie del área de estudio. En cuanto a “superficie con vegetación”, se observa una representatividad de 8,7% con vegetación zonal y un 13,2% con vegetación azonal. A partir de lo anterior, se describieron cinco agrupaciones de formaciones de matorral zonal según dominancia (ocho formaciones en total); seis agrupaciones de formaciones vegetales azonales de humedal (10 formaciones en total); y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral – vega, y tres agrupaciones de matorral hídrico – vega según dominancia (13 formaciones en total).

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales con dominancia de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.626,8 hectáreas (4,9%),

concentrados en el sector de Peine. Por otra parte, en la vegetación azonal son más representativas las formaciones de vega con dominancia de *Distichlis spicata* con 970,1 hectáreas (2,9%) localizada principalmente en el sector de Tilopozo, y los matorrales – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* con 2.139,3 hectáreas (6,5%) ampliamente distribuidos en cuatro sectores, concentradas sus formaciones en el sector Tilopozo.

La formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (41 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, el matorral de *Atriplex imbricata*, la vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*, la vega de *Phragmites australis*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*, y el matorral hídrico – vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata* (Quelana), están representados por una unidad cartográfica en el área de estudio.

Descrito lo anterior, el monitoreo semestral de invierno 2018 describe 34 formaciones vegetales, que se observan en ambas temporadas y que incluye el seguimiento de las formaciones comprometidas en el PMB, aumentando la cantidad de formaciones descritas en el monitoreo de invierno anterior (2017) con 33 formaciones.

En la campaña de **verano 2019 (M6)**, se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la “superficie sin vegetación” representada por un 78,1% de superficie del área de estudio. En cuanto a “superficie con vegetación”, se observa una representatividad de 8,7% con vegetación zonal y un 13,2% con vegetación azonal. A partir de lo anterior, se describieron cinco agrupaciones de formaciones de matorral zonal según dominancia (ocho formaciones en total); seis agrupaciones de formaciones vegetales azonales de humedal (10 formaciones en total); y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral – vega, y tres agrupaciones de matorral hídrico – vega según dominancia (13 formaciones en total).

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales con dominancia de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.626,8 hectáreas (4,9%), concentrados en el sector de Peine. Por otra parte, en la vegetación azonal son más representativas las formaciones de vega con dominancia de *Distichlis spicata* con 970,1 hectáreas (2,9%) localizada principalmente en el sector de Tilopozo; y los matorrales – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* con 2.139,3 hectáreas (6,5%), distribuidos de manera más homogénea entre los sectores Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana.

La formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (41 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, el matorral de *Atriplex imbricata*, la vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*, la vega de

Phragmites australis, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*, y el matorral hídrico - vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata* (Quelana), están representados por una unidad cartográfica en el área de estudio.

Descrito lo anterior, el monitoreo semestral de verano 2019 describe 34 formaciones vegetales, 32 de las cuales se observan en ambas temporadas, y que incluye el seguimiento de las formaciones comprometidas en el PMB; cambiando dos formaciones descritas en el monitoreo de verano anterior (2018).

En cuanto a las formaciones vegetales, el análisis de flora y vegetación a través del método de transectas, muestra en general variaciones en las coberturas entre monitoreos del tercer año respecto de los monitoreos de años anteriores, registrando algunos descensos de las coberturas vegetales al tercer año. Por otro lado, se observa una estabilidad en la riqueza de especies registradas entre monitoreos para todos los sectores.

En los monitoreos (**invierno 2018, M5 y verano 2019, M6**) se observa, en general, las mismas características de estructura de las formaciones, composición de especies dominantes y fisonomía. Sin embargo, de acuerdo a los rangos de cobertura por estrato dominante de la COT, entre M5 y M6 se registran algunos cambios de la cobertura en la formación o de la cobertura de uno de los dos estratos dominantes (aumento de cobertura en T09 (Peine) y en uno de los estratos en T22, T18 T24 (todas en Tilopozo) y T06 (Peine), y disminución cobertura en T31 (Tilopozo) y T10 (La Brava)); también se registran algunas diferencias con respecto a las características físicas del suelo sobre el que se desarrollan estas formaciones vegetales, disminuyendo o aumentando el rango de afloramientos salinos en el monitoreo de verano (M6), registrándose mayores cambios en el herbazal de *D. spicata* (disminución de afloramientos salinos en M6) y en el matorral de *T. absinthioides* (aumento en M6); y, finalmente, algunas diferencias menores en la riqueza registrada entre monitoreos, donde en verano se registra una especie adicional en tres transectas (T21, T10 y T11, herbazal de *D. spicata* y de *T. concinna*), y tres especies adicionales en otra de ellas (T07, matorral de *T. absinthioides*), y, al contrario, se observa una especie adicional en invierno en las transectas T03 y T29 (herbazal de *S. californicus*).

Referente a la **composición y coberturas** registradas en las campañas de invierno (M5) y verano (M6), 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 seis transectas definidas en esta formación. Por otra parte, las especies dominantes presentes en las transectas de esta formación (*S. californicus*, *Baccharis juncea* y *D. spicata*) mantienen, en general, similares sus coberturas absolutas en M6 con respecto a M5. La mayor diferencia se presenta en T02 (Peine), donde la cobertura absoluta de *S. californicus* es notoriamente menor en M5 con respecto a monitoreos anteriores, aumentando en M6 a

una cobertura inclusive mayor que los monitoreos M1 a M5, equivalente a lo ocurrido para *B. juncea* donde alcanza la mayor cobertura en M6 con respecto a monitoreos anteriores en dicha transecta.

En cuanto a la **cobertura absoluta por transecta**, en M5 y M6 los mayores valores se observan en el herbazal de *S. californicus*. En cuanto a los valores de menor cobertura absoluta por transecta (menor al 10%), en M5 destacan tres transectas en herbazales de *D. spicata*, una transecta en un herbazal de *J. balticus*, una transecta en un matorral de *T. absinthioides*, y una transecta en un herbazal de *T. concinna*. En M6, el herbazal de *D. spicata* presenta nuevamente algunos de los valores más bajos de cobertura absoluta por transecta, siendo las mismas tres que en invierno 2018 y el herbazal de *T. concinna*, registra en el subsector La Brava la menor cobertura absoluta por transecta de la campaña (0,6% en T10). En general, la cobertura muerta (absoluta) se registra para todas las formaciones estudiadas (salvo para el herbazal de *S. californicus* que solo registra rastros en una transecta en M5 y en dos transectas en M6), presentando algunas diferencias entre monitoreos y entre transectas.

Con respecto a la **riqueza de especies**, en general se mantienen los registros desde M5 a M6, presentando algunas diferencias en pocas transectas. En M5 se registra una especie más en dos transectas (T03 de Peine y T29 en Tilopozo) y, al contrario, en M6 se registra una especie adicional en tres transectas (T21 en Tilopozo, y T10 y T11 en La Punta y La Brava) y tres especies adicionales en T07 (Peine), con respecto a M5, aumento más importante, probablemente relacionado al evento de mayor precipitación ocurrido en el verano de 2019 dando lugar a la regeneración y aparición de elementos florísticos nuevos en la formación.

Con respecto a la **cobertura absoluta de otros recubrimientos**, en general no se observan mayores diferencias de coberturas al comparar los resultados entre M5 y M6. El herbazal de *Schoenoplectus californicus* es el único que presenta muy baja o nula cobertura de otros recubrimientos, con menos de 1% en una transecta en M5. En los matorrales de *T. absinthioides* se observa una disminución generalizada de otros recubrimientos en M6 con respecto a M5, aunque con una variación menor del 10% en las seis transectas.

En los valores de **cobertura promedio por sector**, se observa un aumento en la cobertura vegetal de un 65,4% registrado en M5 a 72,5% en M6 en Peine, correspondiente al sector con mayor cobertura vegetal promedio, en contraste a los sectores de Tilopozo y La Punta y La Brava, con una disminución de cobertura desde invierno a monitoreo de verano, con un 35,4% y 30,4% en M5, respectivamente, pasando a 30,6% y 24,5% en M6. Para Aguas de Quelana, no es posible analizar M6, ya que no fue posible realizar el monitoreo por restricciones de accesibilidad al área.

De acuerdo a la comparación histórica entre los monitoreos de transectas, la relación que se hizo con algunos puntos de línea base de 2014, no es exacta en establecer con

precisión las posibles variaciones de las coberturas, ya que aunque sean las mismas formaciones vegetales, difieren de la localización puntual en que se está monitoreando. En Tilopozo, en la formación de *S. californicus* (T19/T29) y en matorral de *T. absinthioides* (T26/T24) se encontraron puntos más cercanos a las transectas en seguimiento, encontrando una relación con las coberturas históricas, indicando una estabilidad de las coberturas en relación al histórico 2014. Asimismo, en Aguas de Quelana, la transecta T17 podría ser una referencia para el seguimiento del valor histórico de línea base, donde indicaría igualmente una estabilidad frente a esta cobertura.

En relación a la comparación histórica desde MB0 a M6, en general, al analizar la **cobertura promedio de la vegetación entre sectores**, se observa algunas diferencias entre sectores. En Peine, sector con mayor cobertura vegetal, se presentan mayores variaciones entre monitoreos con una disminución en M1 respecto a MB0, observándose luego un alza sostenida en M5 y M6, registrando una cobertura de 72,5% en el último monitoreo. En los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava y Aguas de Quelana, se presenta una leve tendencia a la baja entre monitoreos, con rango de promedios desde 39,9% (en MB0) a 30,6% (M6); de 39,1% (en MB0) a 24,5% (en M6) y de 40,5% (en MB0) a 30,6% (en M4), respectivamente (en Aguas de Quelana no se presenta M6, ya que no se realizó el monitoreo de verano 2019 por restricciones de acceso).

Al relacionar la cobertura de rastrojos o cobertura muerta en los sectores, esta presenta un aumento moderado para todos los sectores, aunque con un mayor rango en Peine y Tilopozo, desde 5,5% (en MB0) a 20,2% (en M6) y 6,2% (en MB0) hasta 18,3% en M6, respectivamente.

En relación con la categoría “otros recubrimientos”, todos los sectores presentan una alta cobertura sin vegetación en todos los monitoreos, siendo la costra salina el tipo de recubrimiento más importante por su mayor presencia en todos los sectores. Entre monitoreos, las diferencias en la costra salina se relacionan en los niveles de saturación, principalmente en los sectores La Punta y La Brava y Aguas de Quelana, o en la terrosidad de la costra observada en los sectores de Peine y Tilopozo. Por otro lado, el recubrimiento de agua superficial es característico de los sectores La Punta y La Brava y Aguas de Quelana, donde en el primero no se observan variaciones importantes entre monitoreos, a diferencia de Aguas de Quelana donde la cobertura de agua solo se registra en monitoreos de invierno.

Con respecto a las variaciones estacionales para la vegetación azonal en seguimiento con las transectas, las coberturas absolutas de vegetación registradas en el tipo de formación herbazales tienen un mayor rango de variación entre las transectas de estudio comparado con las formaciones de matorral, aunque con variaciones menos marcadas entre las estaciones de invierno y verano, a diferencia de los matorrales que representan una mayor cobertura en invierno que en la estación de verano.

Al relacionar la variación de cobertura vegetal en las transectas, en general, se observa una disminución desde MB0 a M6, con excepción en tres transectas en el herbazal de *D. spicata* (T09 en Peine y T21 y T22 de Tilopozo), que presentan una cobertura mayor en M6 en relación a la registrada en el monitoreo inicial (MB0). Entre las variaciones descritas, los herbazales de *S. californicus* demuestran a pesar de su variabilidad interanual o estacional y de las intervenciones antrópicas ocurridas (incendios), la mayor cobertura absoluta del área en todos los monitoreos, con coberturas superiores o cercanas al 100%, tanto en Tilopozo y Peine. En contraste con la formación de *Triglochin concinna* en La Brava, que es una de las formaciones de herbazal que presenta baja cobertura vegetal (14,6% en MB0 y M1) y a la vez uno de los descensos más marcados en el tiempo, registrando una cobertura de 0,6% en M6.

En conclusión, a través de los registros monitoreados en las transectas en los tres años de seguimiento, se detecta en general un descenso de la cobertura vegetal, acompañada de un aumento de la cobertura de rastrojo; una estabilidad en la riqueza de especies y variaciones menores en los otros recubrimientos. Por una parte, las variaciones determinadas en las coberturas no determinan una tendencia clara al descenso de las coberturas, registrando diversidad de fluctuaciones en relación a los tipos de formaciones y estacionalidad en algunas transectas. Por otra parte, la variación interanual observada en los tres años de seguimiento, podría estar enmarcada a un ciclo natural del sistema por lo que debiera ampliarse la ventana de análisis.

En cuanto a la cobertura de vegetación activa, calculada a partir de imágenes de alta resolución Pleiades 1A en base al **Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)** por su sigla en inglés), la superficie de vegetación activa para los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava y Peine se encuentran dentro del rango de los registros históricos (obtenidos a partir de desde Landsat), tanto para el total de la vegetación del sector como para las formaciones de seguimiento, en los tres monitoreos anuales de verano post lluvia (marzo) 2017-2019.

En el sector de Quelana, el valor de superficie de vegetación activa es mayor al valor mínimo y máximo histórico en los tres monitoreos, diferencia que se debe al aumento de la superficie del área de muestreo para el monitoreo. En cambio, para Soncor la vegetación activa es menor en los tres monitoreos a la superficie mínima y máxima histórica, diferencias que se deben al mayor detalle definido por la COT en las campañas posteriores a la RCA, en el contexto del PMB.

Al comparar las superficies de vegetación activa de los tres monitoreos en los sectores, se observa una disminución desde verano 2017 a verano 2018, sin embargo, en el monitoreo de verano 2019 se observa un aumento en la superficie de vegetación activa, a excepción de Quelana donde se observa un descenso desde verano 2017 a verano 2019.

En cuanto a las formaciones de vega (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, para el sector de La Punta y La Brava y Tilopozo, ésta supera la superficie mínima en los tres años de monitoreo, encontrándose dentro del rango de los registros históricos. En tanto, el sector de Peine muestra un valor menor al mínimo histórico en los tres periodos y en orden decreciente desde el 2017 al 2019, por lo tanto es necesario analizar esta variación en un periodo de tiempo mayor a través de un análisis multitemporal.

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 la Resolución Exenta N°420/2017 y su correspondiente ampliación en la Resolución Exenta N°356/2018 del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Antofagasta (ver **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

La quinta campaña de monitoreo, invierno 2018, se realizó entre el 22 al 25 de agosto de 2018, con un equipo integrado por 6 especialistas, divididos en 3 grupos. Se muestrearon 25 puntos de muestreo, con la metodología de transectos (en los 25 puntos) y muestreos complementarios: trapeos de micromamíferos (en 9 puntos), playback de aves 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 28 especies, siendo estas 2 especies de reptiles, 21 especies de aves y 5 especies de mamíferos. Del total, 11 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, 7 se consideran amenazadas). En detalle, estas 11 especies corresponden a las 2 especies de reptiles detectadas, 5 de las especies de aves y 4 de las especies de mamíferos. En cuanto a su origen geográfico, 3 de las especies registradas en la campaña son endémicas de Chile (las 2 especies de reptiles registradas y 1 especie de mamífero); otras 24 especies se clasifican como nativas (21 especies de aves y 3 especies de mamíferos), mientras que 1 especie es

catalogada como introducida, *Equus asinus* (burro). 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, en la campaña invierno 2018, se registraron 15 especies en el sector de Tilopozo, seguido por el registro de 14 especies en Peine y La Punta y La Brava, predominando en los tres sectores el registro de especies de aves.

En cuanto a la composición por ambientes, se destaca que los humedales registraron la mayor riqueza total, destacando los grupos de reptiles y aves, variando entre un total de 14 especies registradas en el humedal salar de La Punta - La Brava, a 10 especies en el humedal salar y humedal pajonal de los sectores Peine y Tilopozo, respectivamente. Los ambientes con menor riqueza, en tanto, corresponden al matorral de Peine, con 5 especies, seguido por el herbazal y la quebrada de Tilopozo, ambos con 4 especies registradas. Por su parte, en el ambiente área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar), no se registraron especies durante esta campaña.

La sexta campaña de monitoreo, verano 2019, se realizó entre el 02 al 06 de abril de 2019, con un equipo integrado por 6 especialistas, divididos en 3 grupos. Se realizaron los mismos 25 puntos de muestreo de las campañas previas y las mismas metodologías señaladas anteriormente.

Se registró una riqueza total de 31 especies, identificándose: 2 especies de reptiles, 21 especies de aves y 8 especies de mamíferos, sin registro de anfibios (en esta campaña). Del total, 12 de estas especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, seis se consideran amenazadas). En detalle, estas especies en categoría de conservación corresponden a las dos especies de reptiles, cuatro especies de aves y seis especies de mamíferos. En cuanto a su origen geográfico, cabe destacar el registro de 3 especies endémicas de Chile (las 2 especies de reptiles registradas y 1 especie de mamífero), en tanto que otras 27 especies son nativas (21 especies de aves y 6 especies de mamíferos), y finalmente 1 especie es catalogada como introducida (un mamífero, *Equus asinus*).

En esta sexta campaña de verano 2019 se registraron 6 nuevas especies de fauna al monitoreo: 3 aves (churrete acanelado, garza azul y golondrina bermeja) y 3 mamíferos (zorro chilla, yaca del norte y lauchita de pie sedoso). De ellas, el churrete acanelado y la garza azul son especies nuevas incluso comparando con los datos históricos del PMB (2015).

En relación a la riqueza por sector, se registraron 19 especies en el sector Tilopozo, 18 especies en Peine y 11 especies en La Punta y La Brava, predominando en los tres sectores el registro de especies de aves.

En cuanto a la composición por ambientes, se destaca que los humedales registraron la mayor riqueza en los distintos grupos (reptiles, aves y mamíferos), variando entre 12 especies en el humedal pajonal de Tilopozo, a 11 especies en el humedal salar de Peine, al igual que el humedal salar de La Punta y La Brava.

En el área de estudio, y en relación a la riqueza acumulada en las seis campañas de monitoreo, ésta asciende a un total de 54 especies, identificándose 1 especie de anfibio, 2 especies de reptiles, 41 especies de aves y 10 especies de mamíferos.

En relación con la evolución de la fauna, en el caso de la única especie de anfibio, ésta fue registrada sólo en verano 2018, con 1 ejemplar detectado en un punto de muestreo (FT01, en el ambiente humedal pajonal del sector de Tilopozo).

Además de la caracterización de fauna, y en relación a las abundancias y frecuencias, las 2 especies de reptiles registradas presentan abundancias y frecuencias notoriamente diferentes, siendo mayor en las campañas de verano 2018 y verano 2019, y menor en invierno 2016. En todas las campañas, la especie más abundante y frecuente fue la lagartija de Fabián, dominando sobre la lagartija de Constanza. En relación a las aves, la abundancia fue mayor en verano 2018 y menor en verano 2017, destacando la parina grande y el flamenco chileno como las especies más abundantes en las campañas.

Comparando las seis 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 1,0 a 4,0 individuos/transecto (verano 2018 y verano 2017, respectivamente), seguido por el humedal salar (con 0,8 a 2,5 individuos/transecto, en invierno 2016 y verano 2018, respectivamente), la quebrada (1,0 ind/transecto, sólo en invierno 2016), el herbazal (0,5 ind/transecto, en invierno 2016 y verano 2018) y el matorral (con 0,4 individuos/transecto, en verano 2018 y verano 2019).

En el caso de las aves, y para todas las campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 24,5 individuos/transecto en verano 2017 a 39,6 ind/transecto en verano 2019; seguido por el matorral (máximo de 18,0 ind/transecto, en invierno 2018), la quebrada (máximo de 15,0 ind/transecto, en verano 2017), el humedal pajonal, variando entre 3,0 ind/transecto (en tres campañas) a 13,0 ind/transecto (verano 2018). Los ambientes con menor abundancia, en tanto, fueron el herbazal (1,5 ind/transecto, en invierno 2016) y el área desprovista de vegetación costra salar, sin registro de ejemplares.

En el caso de los micromamíferos trapeados, y para el total de campañas, de las 4 especies registradas, el ratón orejudo amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en los 6 ambientes, y con un IDR que varió (en las campañas en que se encontró, con uno a 12 ejemplares), entre 0,8% (en el ambiente herbazal y humedal

pajonal, en verano 2018, y en matorral, en invierno 2018) a 11,7% (en la quebrada, en invierno 2016). En cambio, el ratón andino fue registrado en 4 ambientes, variando entre un IDR de 0,8% (en tres ambientes y cuatro campañas) a un 13,3% (en el ambiente de humedal pajonal en verano 2019). La yaca del norte y la lauchita de pie sedoso solo se registraron en la campaña de verano 2019, ambas con un ejemplar capturado en el ambiente de matorral, con un IDR de 0,8%.

En una primera escala gruesa de comparación con la Línea de Base, las 54 especies registradas en total para las seis 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 el PMB (2015, presentado en el Anexo 2, Adenda 5). Sin embargo, hay varias especies nuevas (principalmente aves) que se han ido incorporando al registro dentro del monitoreo, que no se habían registrado en la Línea de Base (como la garza azul y el churrete acanelado, observados en la última campaña de verano 2019).

Comparando con los valores y criterios especificados en el Plan de Manejo Biótico (PMB), en general, a las distintas escalas de análisis (cualitativo y cuantitativo) y comparaciones con la línea de base (campañas previas), las variaciones observadas en las campañas de monitoreo, en la riqueza, composición y sobre todo, abundancia de fauna, se concluye que se encuentran dentro de los registros históricos (comparadas con Línea de Base). En particular, para las aves, los parámetros son mayores en el Monitoreo que en la Línea de Base (ej. mayor riqueza de especies, mayores valores de abundancia absoluta, mayor número de flamencos), con amplias variaciones estacionales naturales, las cuales pueden explicarse fundamentalmente por el comportamiento móvil, en algunas especies esporádico y sobre todo, migratorio de las especies de aves (como la de los flamencos y pollito de mar).

En general, la composición de las especies y el patrón de dominancia numérica de los flamencos en los sistemas acuáticos se mantiene. Esto se cumple tanto para los sistemas lagunares considerados en conjunto, como para el Sistema hidrológico Peine (el que aporta la mayor abundancia absoluta de aves, con centenares de ejemplares). Analizando el sistema hidrológico de La Punta y La Brava (con menor abundancia absoluta de aves, con algunas decenas de ejemplares), si bien la riqueza de aves es mayor en el monitoreo que en la Línea de Base, las abundancias de aves acuáticas muestran resultados disímiles: son relativamente similares (o incluso mayores) entre el monitoreo y la Línea de Base, pero no ocurre lo mismo en el caso particular de los flamencos en La Punta y La Brava, con menores valores en el monitoreo que en la Línea de Base, lo que está dado particularmente por la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*).

En relación con Tapetes microbianos:

El presente informe anual correspondiente a invierno 2018 y verano 2019, caracteriza las comunidades microbianas extremófilas de los sistemas lagunares ubicados en el Sector Peine, conformado por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna; y en el Sector La Punta-La Brava conformado por las Laguna La Brava, Laguna La Punta; y Sector Tilopozo. Para ello, se realizaron campañas de monitoreo en invierno 2018 (22, 23 y 24 de agosto de 2018) y verano post-lluvias 2019 (2, 3 y 4 de abril de 2019), que corresponde al tercer monitoreo anual del subcomponente tapetes microbianos.

Se analizaron *in situ* muestras de 16 puntos de monitoreo distribuidos en los sistemas lagunares nombrados. 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 y 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 que se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**. 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 eléctrica de la columna de agua de cada laguna, así como datos de radiación solar del área durante el período de monitoreo.

Los resultados de los monitoreos invierno 2018 y verano 2019, indican para este periodo la presencia de tapetes microbianos en 11 de los 16 puntos de monitoreo establecidos (68,8%). Las características macroscópicas de los tapetes microbianos analizados *in situ* en las dos condiciones estacionales indican la presencia de tapetes con tres macrozonas de pigmentación (Tipo 1). En el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, estos tapetes presentaron en la macrozona subsuperficial, capas comunes de color naranja y tonalidades color verde. Respecto a las capas de la zona Intermedia, generalmente presentaron tonalidades color púrpura y/o rosada. Las capas siguientes de localización profunda, sin embargo, presentaron pigmentación variable entre periodos.

A su vez, se observa la disminución de tapetes Tipo 1 en verano 2019 respecto a invierno 2018, que se relaciona con la detección de tapetes con menor estratificación en verano 2019 respecto a invierno 2018, lo cual se observó especialmente en los tapetes de Laguna Salada (S-6A, S-9) y Laguna Interna (I-11).

Respecto al espesor máximo obtenido en los tapetes, los valores correspondieron a 25 mm en invierno 2018 y 28 mm en verano 2019, ambos registrados en Laguna Salada (S6-A) ubicada en el Sector Peine.

El sector Tilopozo en las campañas invierno 2018 y verano 2019, no registró presencia de tapetes microbianos.

Por otro lado, a través de la identificación visual, se sugiere para la campaña invierno 2018 y verano 2019, presencia en el Sector La Punta-La Brava de microbialitos (LP-23, LB-1) y de evaporitas (LP-24). Para el Sector Peine la presencia de evaporitas se observó solo en la campaña invierno 2018, en Laguna Interna (I-11). No se observan este tipo de estructuras en el sector Tilopozo.

En relación a la evolución de los cambios observados en las campañas de monitoreo de invierno 2016, verano e invierno 2017, verano e invierno 2018 y verano 2019, se destacan los siguientes aspectos:

En relación a la estructura de pigmentación en tapetes microbianos, se observó la presencia de tapetes Tipo 1 en las 6 campañas semestrales, en todos los sectores. Estos tapetes predominaron en 2016, 2017, 2018, sin embargo, en la campaña verano 2019 disminuyeron respecto a lo observado en campañas anteriores, a razón de una mayor detección de tapetes Tipo 2 en verano 2019. A su vez, esta disminución se observa principalmente en el Sector Peine.

En general, los tapetes Tipo 1 durante las 6 campañas de monitoreo se caracterizaron por presentar en la zona subsuperficial capas de color verde, en la macrozona Intermedia, en tanto, se distinguen capas de color rosado y/o púrpura. Respecto a la macrozona Profunda, se observó variación en las capas pigmentadas según sector (Peine, La Punta-La Brava) y entre puntos de monitoreo de un mismo sector, siendo las capas más comunes correspondientes a tonalidades de color verde y café, entre otras.

De los cambios importantes detectados en la estratificación de capas pigmentadas de tapetes microbianos se observa disminución de capas pigmentadas, principalmente en el Sector Peine Laguna Salada en S-11, en verano 2018, y en Laguna Salada S-6A y S-9, Laguna Interna (I-11) en verano 2019.

Se destaca en el Sector Peine, la variabilidad de la presencia de tapetes microbianos sumergidos en SA-25, los cuales se han registrado principalmente en verano 2017, invierno 2017 y verano 2018.

Respecto al Sector La Punta-La Brava, la disminución de capas se observa particularmente en verano 2019 respecto a invierno 2018. Los tapetes superficiales en estas áreas presentaron disminución de capas de la zona subsuperficial y/o profunda (destaca en LB-1 y LB-3 de Laguna La Brava). Otro cambio observado en el sector se relaciona con la detección de tapetes en el ambiente sedimentario de LB-3 en Laguna La Brava en verano 2019, que en campañas anteriores no habían sido detectados.

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, se sugiere la presencia de microbialitos en el Sector La Punta - La Brava (LB-1, LP-23) en las seis campañas de

monitoreo. Respecto a las evaporitas, se sugiere la presencia de estas estructuras en invierno 2017, verano e invierno 2018 para el Sector Peine en Laguna Interna (I-11). En relación con el Sector La Punta-La Brava, en Laguna La Punta (LP-23) estas estructuras se observaron en invierno 2017, verano e invierno 2018 y verano 2019.

Para el caso del Sector Tilopozo, pese a que el PMB no lo incluye, la variable Tapetes Microbianos fue incorporada con 3 puntos de monitoreo voluntariamente por parte del Titular, a fin de robustecer la caracterización de las zonas. A la fecha, sólo se ha presencia de tapetes en la campaña inicial de invierno 2016, durante las campañas siguientes de verano 2017, invierno 2017, verano 2018, invierno 2018 y verano 2019, no se han detectado tapetes en este sector.

En relación con Suelo o Sustrato:

El periodo reportado para la componente de Suelos (subcomponente sustrato), en el presente informe anual se enmarca entre los días 12 y 17 de agosto de 2018, fecha entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno (M5), y la campaña de verano post-lluvias estivales, realizada entre los días 27 y 30 de marzo de 2019, correspondiente al monitoreo 6 (M6).

Para el área de estudio, se evaluaron 14 puntos de muestreo, en los cuales se confeccionaron 14 calicatas de una profundidad máxima de 96 cm. En cada una de ellas se extraen muestras de suelo a dos profundidades diferentes, las cuales se encuentran en función del número y potencia de los estratos u horizontes, independiente de su número, el muestreo se realiza siempre en 2 horizontes, teniendo en consideración que estas sean tomadas, lo más próximo a las profundidades de muestreo establecidas en el PMB.

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

El área de estudio comprende tres sectores:

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

⁴ Entre paréntesis se indica **código original Punto Muestreo Suelos (PMB, 2015)**

De acuerdo con los **resultados para los monitoreos M5 y M6**, en cuanto a la **conductividad eléctrica** dominan los suelos salinos, ligeramente salinos y muy salinos, mientras que los no salinos y extremadamente salinos, son muy escasos.

En **La Punta-La Brava**, se observa en general un leve aumento de la conductividad eléctrica en M6 respecto a M5 (5 puntos), principalmente en los puntos ubicados cerca de la laguna La Brava. Por otro lado, se detectan descensos en la conductividad para M6, en el punto localizado al oeste de la laguna (S 3), como también en S 4-2. Estas variaciones determinan que la mitad de los puntos presenta un aumento en la salinidad de los suelos.

Mientras que, en **Peine**, en la mitad de los puntos de muestreo (S 10-1, S 10-2, S 11-1, S 14-2), la conductividad aumenta en M6, respecto a M5, y en los restantes ésta es menor en M6. En la mayoría de los puntos (5) de este sector y donde se produce una variación en la conductividad, se presenta un cambio de categoría, aumentando en la mayoría de los puntos, lo que indica que los suelos se estarían salinizando en este sector.

En **Tilopozo**, en un bajo número de puntos (5), la conductividad eléctrica es mayor en M6 respecto a M5. Del total de puntos muestreados para este sector, en 5 la categoría se modifica, y en algunos de estos (3), la salinidad aumenta, correspondiendo a una condición puntual.

En relación a la **materia orgánica**, las categorías dominantes son muy baja, muy alta y baja, siendo muy escasas las categorías normal y alta, esto es una característica normal para los suelos del norte de Chile y, por lo tanto, para el área de estudio.

En **La Punta-La Brava**, del total de puntos muestreados, en S 6-1, S 3-2 y S 3-2, el porcentaje de materia orgánica aumenta en M6, observándose un descenso en los restantes. Los puntos que presentan un aumento en M6, corresponden principalmente a los más alejados de las lagunas. En aquellos puntos donde se determina un cambio de categoría (6 puntos), la mitad suben de categoría en M6.

En cambio, en **Peine**, en la mayoría de los puntos (7) la materia orgánica aumenta en M6 respecto a M5, y en uno es igual para ambas evaluaciones. Del total de puntos que presentan variación en el porcentaje, en la mitad la categoría aumenta para M6, destacando el punto S 11, con porcentaje alto y muy alto de materia orgánica, el cual se asocia a vegetación del tipo azonal (vega).

En casi la totalidad de los puntos de muestreo para el sector de **Tilopozo**, la materia orgánica aumenta para M6, excepto en S 9-1, donde es igual para ambas evaluaciones. Aun cuando se observan cambios en los porcentajes de materia orgánica entre ambos monitoreos, no se presentan cambios en la categoría, permaneciendo constantes en este sentido. En este sector destacan los puntos S 7 y S 8, con los mayores porcentajes y los cuales se asocian a área con vegetación azonal.

Respecto al **pH**, para el área de estudio los suelos dominantes son de pH moderadamente básico y medianamente básico, mientras que aquellos en los cuales el pH es ligeramente alcalino, neutro y alcalino, son muy escasos.

En el sector de **La Punta-La Brava**, en la totalidad de los puntos pertenecientes a M6, se determinó un aumento en el pH, respecto a M5, y en estos puntos, el cambio es inmediatamente hacia la categoría superior (incremento en la alcalinidad). En los suelos de este sector el pH dominante es moderadamente básico, las otras categorías presentes (ligeramente alcalino y medianamente básico) son muy escasas.

En **Peine**, en la mitad de los puntos de muestreo (S 10-1, S 11-1, S 11-2, S 12-2), el pH aumenta en M6, bajando en los restantes puntos. En la mayoría de los puntos del sector (7), el pH cambia de categoría, y en la totalidad de ellos lo hacen a la categoría superior o inferior. En este sector el pH dominante para ambos monitoreos es moderadamente básico y en menor proporción medianamente básico, tanto los pH alcalino, como ligeramente alcalino y neutro, son poco frecuentes.

En **Tilopozo**, en la mayoría de los puntos del monitoreo M6 el pH es superior al de M5, y la mitad de estos puntos no hay modificación en la categoría, manteniéndose en moderadamente básico. En los restantes puntos las variaciones son mínimas, cambiando sólo en una categoría, excepto el punto S 13-1, donde el pH baja de 8,1 (moderadamente básico) a 7,2 (neutro).

En el área de estudio la concentración de sales solubles (salinidad), varía en M5 desde 4.813 a 187.805 mg/kg., mientras que, en M6 la fluctuación es entre 6.915 a 98.162 mg/kg.

En **La Punta-La Brava** se determina un aumento en la concentración de sales en la totalidad de los puntos para M6. En cambio, en **Peine** la mitad de los puntos de muestreo presenta un aumento de las sales para M6, disminuyendo en los restantes, y en **Tilopozo** en la mayoría de los puntos (7) la concentración de sales es superior en M6 respecto a M5.

Para el área de estudio, la **conductividad hidráulica**, en la mayoría de los suelos es muy alta, con una menor proporción de suelos donde ésta es alta, y sólo en M6, se determinó en un reducido número de puntos (3) donde la permeabilidad es moderadamente alta, variación determinada principalmente por las características fisicoquímicas de los suelos.

En el sector de **La Punta-La Brava**, en la totalidad de los puntos de muestreo para M5 la permeabilidad es muy alta, mientras que, en M6 en la mayoría de los puntos ésta es similar, y en un reducido número de puntos es moderadamente alta y alta. Mientras que, en **Peine** en M5, en la mayoría de los puntos la permeabilidad es muy alta y en un menor número alta, situación similar se presenta para M6.

En **Tilopozo**, se presenta una mayor diversidad en la velocidad de infiltración del agua para ambos monitoreos, siendo ésta mayoritariamente muy alta, con una baja proporción de puntos cuya permeabilidad es alta, y sólo en M6 se observa un punto con permeabilidad moderadamente alta.

Las categorías dominantes de **nitrógeno disponible** son muy baja y baja. Mientras que, las categorías media y alta son muy escasas, condición es normal para los suelos de la zona norte de Chile.

En el sector de **La Punta-La Brava**, en la mayoría de los puntos para M6, el nitrógeno disponible es superior al determinado para M5. En la mitad los puntos de este sector, el aumento en el nitrógeno implica un cambio en categoría de disponibilidad de muy bajo a bajo. Mientras que, en el sector de **Peine**, en la mayoría de los puntos el nitrógeno es superior en M6 respecto a M5, y en la mitad de éstos se observa un cambio de categoría, de muy bajo aumenta a bajo, medio y alto, esto es un indicador de un aumento en la disponibilidad de nitrógeno en M6 respecto a M5. El nitrógeno disponible en el sector de **Tilopozo**, presenta un aumento en la mayoría de los puntos de muestreo en M6.

En cuanto al **potasio disponible**, en la mayoría de los puntos presenta una disponibilidad alta y en un reducido número de puntos ésta es adecuada, aun cuando se observa una variación significativa en la concentración para todos los puntos.

En el sector de **La Punta-La Brava**, en la totalidad de los puntos la disponibilidad de potasio es alta, y en la mayoría de éstos la concentración es mayor en M6 respecto a M5. En cambio, en **Peine** la mayoría de los puntos de muestreo presenta una disponibilidad adecuada y en un bajo número de puntos (3) el potasio es superior para M6. En 3 puntos (S 12-1, S 12-2 y S 14-2) del total, la variación en la concentración determina un cambio en la categoría bajando de alta en M5 a adecuada en M6.

En el sector de **Tilopozo**, la mayoría de los puntos tanto para M5 como M6, presenta una disponibilidad alta y en un reducido número de puntos esta es adecuada. Sólo en 2 puntos (S 1-1 y S 8-2) la disminución de la concentración de potasio implica un descenso de la categoría de alta en M5 a adecuada para M6.

En general, el **fósforo disponible**, se presenta principalmente en las categorías muy baja y baja, siendo las categorías media, alta y muy alta, muy escasas en los diferentes sectores, los cuales se caracterizan por presentar concentraciones menores en M6, donde la variabilidad es el comportamiento normal de este macroelemento en el área.

En el sector de **La Punta-La Brava**, en un bajo número de puntos (S 6-2, S 3-1 y S 4-2) la concentración de fósforo es mayor en M6 y en los restantes es inferior a M5. En la mayoría de los puntos (6), la variación en la concentración determina un cambio de categoría y en la mitad de estos puntos (3) el cambio se produce en M6. En general para

este sector se observa una disminución en la concentración de fósforo en el monitoreo estival 2019 (M6).

En **Peine**, al igual que en el sector anterior se presenta una disminución del fósforo disponible en M6 respecto a M5, esto implica un descenso en la mayoría de las categorías para M6, excepto en S 11-1 y S 12-2, donde la disponibilidad es mayor.

La concentración de fósforo en **Tilopozo** es muy variable, siendo posible determinar todas las categorías de disponibilidad, y el comportamiento es similar a lo observado en los sectores anteriores, en relación con la disminución de la concentración y las categorías en M6.

En cuanto al porcentaje de **humedad**, en la mayoría de los puntos de muestreo es mayor en M6 respecto a M5 y los puntos de menor humedad se asocian a suelos de texturas gruesas y fuera de la costra salina superficial (S 12, S 1 y S 2).

En **La Punta-La Brava**, tanto en M5 como M6 los porcentajes mínimos y máximos de humedad son similares, los valores mínimos para M5 y M6, se presentan en S 6-1 y S 5-1, respectivamente, mientras que, los máximos para ambos monitoreos se observan en S 6-2. La humedad en la mayoría de los puntos es mayor en M6 respecto a M5.

En el sector de **Peine**, al igual que en el sector anterior los valores extremos son similares, presentándose los mínimos en S 12-1 y los máximos en S 11-1. Sector en el cual la mayoría de los puntos de M6, presentan los porcentajes más alto de humedad en comparación a M5.

En **Tilopozo**, el comportamiento de la humedad es similar a los sectores anteriores, en el cual los valores mínimos se presentan en el punto S 1-1 y los máximos en S 9-1. Sector en el cual se observa una disminución en la humedad en la mayoría de los puntos para M6.

En la totalidad de los puntos de muestreo del sector **La Punta-La Brava**, se observó **nivel freático** a profundidad de trabajo, y en general el agua se detectó a mayor profundidad en M6, respecto a M5. Mientras que, en **Peine**, la mitad de los puntos de muestreo presenta nivel freático a profundidad de trabajo. En uno de ellos el agua se encuentra a mayor profundidad en M6 y en los restantes es más superficial. Del total de puntos de muestreo en el sector de **Tilopozo**, en la mitad de ellos se detectó nivel freático en M5, disminuyendo a 2 puntos para M6, lo que implica una profundización del agua o menor disponibilidad en el perfil.

En relación con el análisis comparativo de todas las campañas que se han realizado del PMB (2016-2017-2018-2019) se tiene que:

La **conductividad eléctrica** en el sector de **La Punta-La Brava**, presenta un leve aumento en los monitores estivales respecto a los invernales, siendo un sector que se caracteriza por una amplia variación en los valores para un mismo punto, en los diferentes monitoreos. En este sector destacan los puntos S 6-1, S 6-2, S 3-1 y S 3-2, los cuales en general, presentan de manera estable la mayor conductividad eléctrica.

En cambio, en el sector de **Peine**, en la mayoría de los puntos de M1 se observa una menor conductividad eléctrica respecto a los monitoreos posteriores, observándose un aumento en la conductividad en la mayoría de los puntos. En este sector destacan los puntos S 12-2, S 10-1 y S 12-1, los que presentan altos valores de conductividad eléctrica para los diferentes monitoreos.

En el sector de **Tilopozo**, la conductividad eléctrica presenta una variación en términos numéricos, tanto entre los puntos como entre los monitoreos, observándose valores altos tanto en verano como en invierno, aquí destacan los puntos S 7-1 y S 2-1, los cuales presentan de manera estable valores altos en la mayoría de los monitoreos.

Respecto a la **materia orgánica** en el sector **La Punta-La Brava**, se observa una disminución en algunos puntos (S 3-1 y S 6-1) para M2, M3, M4 y M5, y en los restantes, los porcentajes de materia orgánica son similares o superiores a M1, y en aquellos en los cuales se presenta esta disminución es mínima. Mientras que, en M6 la materia orgánica es similar a los valores presentados por M1. En este sector, los mayores porcentajes de materia orgánica, en general, están representadas por los mismos puntos (S 6-2, S 4-2, S 5-2, S 4-1 y S 5-1), excepto para M4 donde los muestreos realizados en S 6-1 y S 6-2, presentan los valores mínimos de este parámetro, respecto a esto último, sólo el punto S 3-1 presenta esta condición para M2, M3, M4 y M5.

En **Peine**, la materia orgánica presenta en general, una variabilidad en los porcentajes para los mismos puntos entre monitoreos, destacando los puntos S 12-1, S 12-2 y S 14-1, en los cuales ésta disminuye a partir de M2, en los restantes puntos ésta es muy variable, excepto S 11-1 y S 11-2, los cuales presentan en la mayoría de los monitoreos, los mayores porcentajes.

En el sector de **Tilopozo**, a partir de M2 hasta M5, en la mayoría de los puntos de muestreo se presenta un descenso en el porcentaje de materia orgánica, y en M6 se observa un leve aumento. Destacan en este sector, los puntos S 7-1, S 7-2, S 8-1 y S 8-2, donde la materia orgánica presenta los mayores porcentajes para todos los monitoreos, llamando la atención también los puntos S 9-1 y S 13-2, los que presentan una mínima variación en la mayoría de las evaluaciones.

Respecto al **pH**, en el sector de **La Punta- La Brava**, entre M1 y M4 los valores son similares entre ellos, observándose una leve acidificación del suelo en M5, para luego en M6 volver a valores similares a los 4 primeros monitoreos. Este sector se caracteriza por presentar mayoritariamente un pH moderadamente básico a ligeramente alcalino.

En el sector de **Peine**, el pH presenta una variación numérica tanto entre los diferentes monitoreos, como entre los puntos de muestreo. Sin embargo, esta variación es mínima en M2, M3 y M4, respecto a M1, y se observa una leve acidificación de los suelos en M5 y M6 comparada con el primer monitoreo. En general, el pH de este sector es a moderadamente básico y en menor proporción a ligeramente alcalino, los suelos neutro y alcalino son escasos.

En el sector de **Tilopozo**, los monitoreos M1, M2, M3 y M4, aun cuando presentan variaciones numéricas el pH, estas no son significativas, por cuanto la mayoría de los puntos mantiene su categoría (moderadamente básico y ligeramente alcalino). En cambio, en M5 se observa una leve acidificación del suelo, ocurriendo en M6 lo contrario, es decir, una alcalinización en la mayoría de los puntos.

En general, las variaciones presentadas por el pH se deben principalmente por cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo, debido a la heterogeneidad de los materiales que lo conforman y a los procesos formativos, esto hace que exista una variación entre puntos muy cercanos.

Respecto a la concentración de **sales solubles**, en el sector **La Punta-La Brava**, en general se está dando un aumento de éstas a partir de M2, excepto para S 3-1 y S 3-2, los cuales permanecen relativamente estables en el tiempo. Además, en este sector los puntos S 6-1, S 6-2, S 3-1 y S 3-2, son los que presentan la mayor concentración, aun cuando presentan variaciones numéricas entre sí.

El sector de **Peine**, se puede observar un leve incremento en la salinización de los suelos, ya que se presenta en la mayoría de los puntos, un ligero aumento en la concentración de sales a partir de M2. También se observan algunos puntos con alta concentración de sales en algunos monitoreos, entre estos destacan S 12-2, S 10-1 y S 12-1.

Para el sector de **Tilopozo**, la concentración de sales solubles presenta un aumento a partir de M3 en la mayoría de los puntos, los cuales se caracterizan por presentar una amplia variabilidad entre monitoreos. En este sector destaca el punto S 2-1 donde se presenta la mayor concentración en casi todos los monitoreos, destacando también los puntos S 8-2, S 9-1, S 9-2 y S 13-2, los cuales son los más estables en términos de concentración para todos los monitoreos.

En relación con la conductividad hidráulica, en el sector de **La Punta-La Brava**, no presenta una relación entre los resultados para los diferentes monitoreos, ni entre los mismos puntos, observándose resultados muy variables. Igual situación se presenta en **Peine y Tilopozo**. En general la permeabilidad dominante para el área de estudio es muy alta, en una menor proporción alta, y en algunos puntos moderadamente alta.

Respecto al nitrógeno disponible, para el sector **La Punta-La Brava**, se observa una clara estacionalidad entre los monitoreos invernales y estivales principalmente M2 y M4, siendo menor en M6. En las evaluaciones invernales, la mayoría de los puntos presenta una concentración muy baja, mientras que, en los monitoreos estivales, son principalmente media y baja.

Para el sector de **Peine**, se observa una leve diferencia entre los monitoreos invernales y estivales, siendo mayor en M2, con una disponibilidad de nitrógeno dominante media. En los restantes monitoreos tanto estivales como invernales, la disponibilidad varía muy baja a media, siendo la categoría alta muy escasa. En este sector el punto S 12 (S 12-1 y S 12-2), es el que presenta en la mayoría de los monitoreos, las concentraciones más altas de nitrógeno disponible.

En el sector de **Tilopozo**, el nitrógeno presenta una estacionalidad con marcadas diferencias entre los monitoreos invernales y en dos de los estivales (M2 y M4), mientras que, en M6 en la mitad de los puntos el nitrógeno es similar o inferior al presentado en los monitoreos invernales y en los restantes puntos, similar a M2 y M4. En algunos monitoreos (M1, M5 y M6) y en la mayoría de los puntos, el nitrógeno se presenta en las categorías muy baja, baja y la categoría media, sólo se presenta en un punto por monitoreo. En los restantes monitoreos la concentración varía de baja a alta, siendo las de mayor rango las más escasas.

La concentración de potasio para el sector de **La Punta-La Brava**, es en la totalidad de los monitoreos alta, aun cuando se observan importantes variaciones en la concentración para los mismos puntos, en los diferentes monitoreos.

Para el sector de **Peine**, en la mayoría de los puntos el potasio presenta una disminución en la concentración a partir de M2, con una leve recuperación en M5, volviendo a disminuir en M6, excepto en los puntos S 10-1 y S 10-2, en los cuales se presenta una concentración similar o levemente inferior a los anteriores.

En el sector de **Tilopozo**, los resultados de los monitoreos no presentan relación entre ellos, con una variación significativa de la concentración para los puntos entre los diferentes monitoreos. Sin embargo, es necesario destacar que en la mayoría de los puntos de los monitoreos M3, M4 y M5, las concentraciones son mayores a las determinadas para M1 y M6.

En lo referente al fósforo, en el sector de **La Punta-La Brava**, se observa un aumento en la concentración de fósforo a partir de M2 con un máximo en M3, para luego iniciar un descenso hasta valores mínimos en M6, siendo estos últimos similares o inferiores a M1. En términos de la categoría, tanto en M1 como M6, la mayoría de los puntos el potasio se encuentra mayoritariamente en el rango muy bajo. En los restantes monitoreos el potasio varía de muy bajo a muy alto.

En **Peine**, se observa un aumento en la concentración de fósforo en la mayoría de los puntos a partir de M2, siendo estos valores muy superiores a los determinados en M1, incluso aumentando la categoría en la mayoría de ellos.

En la mayoría de los puntos, en el sector de **Tilopozo**, se observa un aumento en la concentración de fósforo a partir de M2 hasta M5, con un leve descenso en M6. Este sector se caracteriza por presentar una amplia variación en la concentración para los puntos entre evaluaciones, determinando cambios en las categorías de disponibilidad. Es así como en M1 la mayoría de los puntos presentan una categoría muy baja, aumentando a baja y media en los restantes monitoreos. Las otras categorías (alta y muy alta) son poco frecuentes en el sector.

En términos generales, la **humedad** de los suelos del área de estudio presenta una variación del porcentaje entre monitoreos como también entre los puntos, y no se observa una tendencia clara del comportamiento estacional.

Para el sector de **La Punta-La Brava**, en la mitad de los puntos de muestreo (S 3-1, S 3-2, S 4-1 y S 4-2), el porcentaje de humedad aumenta a partir del monitoreo M2, en cambio los puntos S 5-1 y S 6-1 se comportan inversamente. En los puntos restantes, no se observa una tendencia clara en su comportamiento, es decir, pueden bajar o subir en algunos de los monitoreos.

Para el sector de **Peine**, en la mayoría de los puntos de los monitoreos M1, M3, M4, M5 y M6, la humedad presenta un comportamiento similar en términos de porcentajes altos y bajos de humedad. En cambio, en M2, destacan los puntos S 10-1, y S 14-1, en los cuales la humedad es el doble o más de los valores determinados para estos mismos puntos en los otros monitoreos. En los restantes puntos de monitoreo, la humedad tiene un comportamiento similar y estable.

En el sector de **Tilopozo**, en general tanto los puntos que marcan mayor y menor porcentaje de humedad corresponden a los mismos para todos los monitoreos, no observándose grandes variaciones, esto sugiere cierta estabilidad de la variable en este sector a lo largo de las evaluaciones.

En el área de estudio, en M1, M2 y M5 se detectaron 9 puntos de muestreo con el **nivel freático** a profundidad, disminuyendo a 8 para M3, a 6 para M6 y con 4 detecciones en el monitoreo M4, observándose una variabilidad en la profundidad para todos los monitoreos.

En el sector de **La Punta-La Brava**, tanto los valores máximos como los mínimos se presentan en los mismos puntos, siendo S 6 el más profundo y S 5 el más superficial, en este sector. Para M6 se observa que, en la mayoría de los puntos, el nivel freático se detectó a mayor profundidad.

En el sector de **Peine**, en la mitad de los puntos de muestreo, se determinó nivel freático a profundidad de trabajo correspondiendo a los puntos S 14 y S 11. En el primero la profundidad permanece relativamente constante, excepto en M4 donde ésta aumenta fuertemente, y en S 11 la profundidad aumenta a partir de M4 en adelante.

En el sector de **Tilopozo**, en un tercio de los puntos de muestreo, se detectó nivel freático a profundidad de trabajo, destacando la ausencia de nivel freático en un punto (S 9) en M3 y en M6 (S 8 y S 13). Es importante señalar que para este sector se observa un aumento en la superficialidad del nivel del agua en las calicatas a partir de M3, lo que sugiere una mayor disponibilidad de este elemento en el sector en los monitoreos posteriores.

En relación con Limnología:

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

A la fecha de este informe, el monitoreo de Limnología cuenta con seis campañas semestrales en las cuales se evalúan los subcomponentes biota acuática, calidad de aguas y sedimento, realizadas en los periodos de agosto de 2016, 2017 y 2018 correspondiente a la época de invierno, y marzo de 2017 y abril 2018 y 2019, correspondientes a la época de verano post lluvias.

El área estudiada 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.

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

En este tercer año, los resultados del componente agua de las campañas de monitoreo de invierno 2018 y verano 2019, presentan la temporalidad de los parámetros, así como algunas diferencias respecto a la comparación con el registro del Plan de Manejo Biótico, las cuales se detallan a continuación.

En general, los registros de parámetros de calidad de agua en invierno 2018 y verano 2019, tanto para el sector de Peine, sector de La Punta y La Brava y el sector de Tilopozo, estuvieron dentro de los rangos de línea de base. Estos sistemas de lagunas se caracterizaron por presentar en sus aguas alta salinidad y conductividad específica, asociadas a la alta concentración de sales como cloruros, además de altas temperaturas acordes con la baja profundidad de sus cuerpos de agua (cercano a 150 y 200 cm de profundidad respectivamente en TB-1 y TB-3, entre 0 y 6,5 cm en TB-2, 9,6 cm de profundidad promedio en laguna Salada, 15,7 cm de profundidad promedio en laguna Saladita, 22,3 cm de profundidad promedio en laguna Interna, 22,2 cm de profundidad promedio en laguna La Punta y 11,9 cm de profundidad promedio en laguna La Brava, según los registros de las campañas de invierno 2018 y verano 2019).

En el **Sector de Peine**, la conductividad mostró un incremento desde laguna Salada hacia laguna Interna en ambos periodos, siendo mayores los valores en verano 2019 respecto invierno 2018, alcanzando un máximo de 212.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en I-17 que corresponde a una salinidad de 105 g/kg. Cabe mencionar que la conductividad detectada en I-17 en esa campaña, ha sido la más alta registrada durante los monitoreos del PMB, pero no superando las concentraciones registradas en línea base (LB) (agua hipersalina). El Sulfato, registró altos valores de concentración entre 883,9 y 7.367,5 mg/L, acordes con el tipo de sedimentos de esta zona, ricos en sulfatos y yeso, incrementándose también de laguna Salada a laguna Interna, tanto en invierno como en verano. Cabe mencionar que estas altas conductividades, salinidades y concentraciones de sulfato, son propias de estos sistemas salobres y están dadas por la cercanía de las lagunas al núcleo del salar.

Por otra parte, estas lagunas de Peine presentan un carácter principalmente básico, con un pH en general por sobre un valor de 8 (en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados) alcanzando las 9,4 unidades de pH en laguna Saladita (SA-25) en verano 2018 y un mínimo neutro de 7,1 en verano 2019 en I-17. Respecto al oxígeno disuelto, las concentraciones en general fueron bajas en Saladita e

Interna (< 5 mg/L), lo cual se relaciona con las altas salinidades y temperaturas registradas, que generan una menor solubilidad del oxígeno en el agua.

Para el **sector La Punta-La Brava**, desde la laguna La Punta hacia La Brava, también se observa un incremento en conductividad y salinidad, alcanzando en máximo histórico de 165.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en LB-2, correspondiente a una salinidad de 81,4 g/kg en verano de 2019 (agua hipersalina). También presentaron valores alcalinos de pH por sobre un valor de 8, esto en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados (entre 292 y 631 mg/L). En estas lagunas, el oxígeno disuelto también presentó concentraciones bajas, principalmente en La Brava, lo cual se relaciona con las altas salinidades y temperaturas registradas, que generan una menor solubilidad del oxígeno en el agua.

Otro parámetro presente en altos contenidos en estos sistemas, es el sulfato, que registró altos valores de concentración tanto en invierno como en verano, incrementándose desde laguna La Punta a La Brava. Esto concuerda con las altas concentraciones de sulfato encontradas en este sistema (entre 1.573,3 y 12.861 mg/L). Cabe mencionar que las mayores conductividades, salinidades y concentraciones de sulfato, se registraron en las estaciones más cercanas al núcleo del salar (LB-1 y LB-2 en La Brava e I-17 en Interna), en concordancia con lo descrito anteriormente.

Los valores de calidad de agua obtenidos en el **sector de Tilopozo**, muestran un sistema con menor conductividad eléctrica (entre 4.481 y 4.690 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (2 a 3 gr/Kg) y cloruro (entre 702 y 1.326 mg/L) que los otros sectores de estudio, condición esperable dada las características propias de estas estaciones de sistema de vegas y de su lejanía del núcleo del salar. Se registró un pH entre neutro y alcalino (6,9 a 9), con valores de alcalinidad total y de bicarbonato (entre 274 y 413 mg/L) acordes con los registros de pH. Las estaciones TB-1 y TB-3 correspondieron a pozas de 1,5 y 2 m de profundidad, respectivamente, y TB-2 a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad. Por tal razón algunos parámetros tuvieron resultados similares para TB-1 y TB-3, en relación a la temperatura, pH, conductividad específica, oxígeno disuelto, alcalinidad total, bicarbonato, sulfato, nitrato, clorofila "a" y turbiedad. Cabe mencionar que la estación TB-2 se encontró sin agua en verano 2019.

Respecto a la calidad de sedimentos, los resultados descritos para las estaciones del **sector Peine** (laguna Salada, Saladita e Interna), tanto para el invierno 2018 como el verano 2019, presentan valores sobre el máximo registrado en la línea base (PMB), para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total. El potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores negativos, lo cual se relaciona directamente con que los sedimentos de esta zona marginal del Salar (que rodea el núcleo), corresponden a sedimentos salinos delgados

que son ricos en sulfatos. Respecto a los análisis granulométricos del sector de Peine realizados en los inviernos 2017 y 2018 como el verano 2018, los sedimentos mostraron que el diámetro medio de grano estuvo comprendido entre *arena fina* y *arena media*, observándose porciones más finas en verano 2018, respecto de invierno 2017 e invierno 2018. Los grados de selección obtenidos implican que la composición granulométrica de los sedimentos presentó varios tipos de tamaño de arena y limo, pero principalmente *arena fina* en Laguna Salada (invierno 2017 y verano 2018), *arena fina* y *arena media* en Saladita (invierno 2017 e invierno 2018) y mayoritariamente *arena media* en Laguna Interna (invierno 2017 e invierno 2018). Cabe mencionar que en verano 2019 no se pudo llevar a cabo análisis granulométrico en laboratorio debido a factores técnicos explicados por la ETFA encargada de realizar los análisis (ANAM S.A.) en la Carta R64/2019 incluida en el **Anexo Limnología – Sedimentos**. La entidad informó que las muestras de sedimento obtenidas en abril de 2019, formaron una masa compacta al evaporar el contenido de agua a baja temperatura (proceso que se realiza en el laboratorio de forma previa según el método), imposibilitando la determinación del ensayo de Granulometría.

Los resultados de sedimentos para las estaciones del **sector La Punta y La Brava**, muestran valores sobre el máximo registrado para la línea base (PMB). Al igual que para el sector de Peine, los valores en la mayoría de los parámetros analizados se encuentran fuera de los rangos establecidos en la línea base (carbono orgánico total COT, materia orgánica, fósforo total y potencial óxido reducción). Sin embargo, estos parámetros han mostrado generalmente valores fuera del rango de la línea base en los monitoreos realizados desde invierno 2016 dentro del Plan de Manejo Biótico, evidenciando que tales valores se corresponden a ambientes acuáticos alcalinos con ocurrencia de biota, con altas concentraciones de sales y con materia orgánica en su sedimento recalcitrante a su degradación.

Respecto a la granulometría obtenida en los distintos periodos, en laguna La Punta los diámetros medios de grano obtenidos tanto en LP-23 como en LP-24, correspondieron de *arena muy fina* a *arena media* con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* en todos los casos. En laguna La Brava, el diámetro medio de grano estuvo comprendido de *arena fina* a *arena muy gruesa*, con grados de selección de *Muy pobremente seleccionado* a *Pobremente seleccionado*.

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, por lo que los desvíos con respecto a dichos datos, pueden deberse a la variación natural de los sistemas. En el caso de la materia orgánica y COT, están relacionados directamente con actividad biológica, dado por los subproductos orgánicos e inorgánicos de microorganismos halófilicos, que por lo demás pueden afectar la morfología, cinética de precipitación y la ocurrencia de muchos minerales de evaporitas que se forman en estos

sistemas. Aunque los sedimentos son relativamente ricos en materia orgánica, gran parte de esa materia orgánica es aparentemente recalcitrante a la degradación microbiana anaeróbica (Javor, 1989). El alto contenido de fósforo puede deberse a la misma razón.

En las estaciones del **sector Tilopozo**, también se registraron altos valores para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total en los sedimentos, este último alcanzando los 1094,2 mg/Kg en la estación TB-2 en invierno 2016, además de importantes concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl en el sector, en invierno 2016 TB-3. Por su parte, el potencial redox presentó características reductoras en la mayoría de los periodos en las tres estaciones de monitoreo. Cabe mencionar que los registros de carbono orgánico total y materia orgánica fueron más altos en TB-2, esto relacionado con que esa estación está ubicada a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad, el cual en verano 2019 se encontró sin agua. Por su parte las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden principalmente a pozas de 1,5 y 2 m de profundidad, respectivamente, de modo que se favorece en estas últimas la acumulación de compuestos orgánicos en sus sedimentos. Los resultados granulométricos para el Sector de Tilopozo, muestran que el diámetro medio de grano obtenido en las estaciones correspondieron de *arena muy fina* a *arena media* en las tres estaciones monitoreadas, con grados de selección de *Pobremente seleccionado* a *Muy pobremente seleccionado*.

A continuación se comentan las variables de riqueza y abundancia de las distintas comunidades del componente de biota acuática, las cuales en general se encontraron dentro del rango establecido por la Línea de Base del Plan de Manejo Biótico o a la comparación entre campañas de monitoreo, exceptuando por algunos casos puntuales que se comentan a continuación. En los componentes de fitobentos, fitoplancton y zooplancton se observaron en general valores menores de abundancia en el periodo de verano respecto al de invierno.

En general, para los tres sistemas estudiados (Peine, La Punta y La Brava, y vegas de Tilopozo) y para ambos periodos de monitoreo inviernos y veranos se reportó la alta frecuencia y dominancia en el *fitobentos* y el *fitoplancton* de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas), seguido de Cyanophyceae. Respecto de los géneros frecuentes y dominantes reportados en invierno 2018 y verano 2019, estos correspondieron a las diatomeas *Denticula*, *Cocconeis*, *Amphora*, *Halamphora*, *Nitzschia* y *Navicula* (de estas últimos géneros solo algunas especies), todos correspondieron a taxones halófilos encontrados en ambientes salinos y en algunos casos endémicos como *Haloroundia* (que se distribuye a un ámbito geográfico reducido) (Maidana & Seeligmann 2015; Rivera & Cruces 2009). Cabe mencionar la presencia de cianófitas de los géneros *Oscillatoria* y *Chroococcus* los cuales son cosmopolitas, determinados para el Salar de Atacama, estos taxa pueden colonizar variados ambientes entre ellos los halófilos, además de estar en estrecha relación con los denominados tapetes microbianos (Mirande & Tracanna 2015).

En relación a las variaciones obtenidas para el *fitobentos* y *fitoplancton* en riqueza de géneros y abundancia total en los 3 sistemas, es probable que tengan relación con las variaciones estacionales dadas entre los periodos invierno y verano (muestreo post lluvias). Cabe destacar que en la campaña post lluvias se observó disminuciones en la abundancia y riqueza probablemente debido a que el invierno altiplánico de verano 2019 fue intenso, presentándose estaciones inundadas y diluidas como I-17 de la laguna Interna, o con altos niveles de salinidad en la misma laguna Interna y Saladita. Por otra parte, se observó retracción del espejo de agua en algunas estaciones de laguna La Brava, con menores profundidades lo cual también afectó el número de géneros presentes y la disminución de las abundancias totales.

En el **sector Peine** para fitobentos y fitoplancton al comparar la composición y la riqueza total entre invierno 2018 y verano 2019, se observó para el fitobentos un mayor registro en el verano (29 géneros) respecto de invierno (19 géneros). El fitoplancton presentó un registro similar en invierno (10 géneros) respecto de verano (11 géneros).

En el fitobentos las mayores riquezas por estación de muestreo fueron observados en la laguna Salada en ambos periodos de monitoreo. En invierno las estaciones S-5 y S-9 presentaron la mayor riqueza, mientras que, en verano la mayor riqueza la presentó solo la estación S-9. Para el fitoplancton las mayores riquezas por estación de muestreo fueron observados en la laguna Salada en invierno y en la laguna Saladita en verano. En invierno la estación S-9 presentó la mayor riqueza, mientras que, en verano fue la estación SA-25. Por otra parte para fitobentos y fitoplancton, en la laguna Interna específicamente en la estación I-17 se observaron las menores riquezas en ambos periodos invierno y verano.

La abundancia total para *fitobentos* como para *fitoplancton*, fue levemente mayor en el periodo de invierno 2018 respecto de verano 2019. En relación a las abundancias por estación de monitoreo estas fueron variables para ambos componentes, para *fitobentos* en invierno 2018 se detectó la mayor abundancia en la estación SA-25 (laguna Saladita), mientras que, en verano 2019 se observó la mayor abundancia en la estación S-5 (laguna Salada). Por el contrario, la menor abundancia para ambos periodos de monitoreo invierno y verano fue detectada en la estación S-10 (laguna Saladita). Para el *fitoplancton* en invierno 2018 se detectó la mayor abundancia en la estación S-9 (laguna Salada), mientras que, en verano 2019 se observó la mayor abundancia en la estación I-11 (laguna Interna). Por el contrario, la menor abundancia para invierno fue detectada en la estación S-10 (laguna Saladita) y en verano en I-17 (laguna Interna).

Por otra parte, durante invierno 2018 el *fitobentos* presentó una diversidad y equidad mayor en la estación S-10 (laguna Saladita). En verano 2019, la diversidad y equidad fue mayor en la estación S-9 (laguna Salada). Para el *fitoplancton*, en invierno 2018 la

diversidad y equidad fue mayor en la estación S-5 (laguna Salada). En verano 2019, la diversidad fue mayor en la estación SA-25 (laguna Saladita) y la mayor equidad fue registrada en la estación S-9 (laguna Salada).

Respecto del *fitobentos* y su evolución histórica en el **sector Peine**, para la riqueza de géneros y la abundancia total, en el contexto comparativo invierno 2018 y línea de base (periodos de invierno) y verano 2019 y línea de base (periodos de verano), se observó que los registros fueron similares para un mismo periodo estacional. Al comparar los registros de riqueza de géneros de invierno con los de verano se observó que estos también fueron similares. En cambio, los registros para la abundancia comparando invierno y verano, fueron menores en verano. Para el *fitoplancton* invierno 2018 y línea de base (periodos de invierno), se observaron registros similares de riqueza y abundancia total. En tanto, en verano 2019 y línea de base (periodos de verano), se observaron registros menores de riqueza y abundancia total para este verano 2019. Al comparar los registros de riqueza de géneros de invierno con los de verano se observó que estos también fueron similares. En cambio, los registros para la abundancia comparando invierno y verano, fueron menores en verano.

La comparación de la composición y la riqueza total de la comunidad fitobentónica y fitoplanctónica entre invierno 2018 y verano 2019 considerando el sector **La Punta y La Brava**, presentó un registro similar entre el periodo de invierno y verano con 24 y 26 géneros para *fitobentos* y de 16 y 19 géneros en total para *fitoplancton*.

Las mayores riquezas por estación de muestreo para *fitobentos* fueron observadas en la laguna La Punta en ambos periodos de monitoreo. En invierno la estación LP-23 presentó la mayor riqueza, mientras que, en verano fue la estación LP-24. Por otra parte, en la laguna La Brava en la estación LB-1 se observaron las menores riquezas en ambos periodos de monitoreo. Para el *fitoplancton*, las mayores riquezas por estación de muestreo fueron observadas en la laguna Salada en invierno y en la laguna Saladita en verano. En invierno la estación S-9 presentó la mayor riqueza, mientras que, en verano fue la estación SA-25. Por otra parte, en la laguna Interna en la estación I-17 se observaron las menores riquezas en ambos periodos de monitoreo.

La abundancia total detectada en La Punta y La Brava para *fitobentos*, fue menor en el periodo de invierno 2018 respecto de verano 2019. En relación a las abundancias por estación de monitoreo, en invierno 2018 y verano 2019 se detectó la mayor abundancia en la estación LB-1 (laguna La Brava). Por el contrario, la menor abundancia fue detectada en la estación LP-23 (laguna La Punta) en invierno 2018 y en la estación LB-2 (laguna La Brava) en verano 2019. Para el *fitoplancton* la abundancia total en La Punta y La Brava, fue mayor en el periodo de invierno 2018 respecto de verano 2019. Las abundancias por estación de monitoreo, entre invierno 2018 y verano 2019 presentaron la

mayor abundancia en la estación LB-3 (laguna La Brava). Por el contrario, la menor abundancia fue detectada en la estación LB-1 (laguna La Brava) en invierno 2018 y en verano 2019.

Por otra parte, durante invierno 2018 y verano 2019 el *fitobentos* presentó en este sector, una diversidad y equidad mayor en la estación LP-24 (laguna La Punta). En cambio, la menor diversidad y equidad durante invierno 2018 y verano 2019 fue observada en la estación LB-1 (laguna La Brava). Por otra parte, en invierno 2018 el *fitoplancton* presentó, una diversidad y equidad mayor en la estación LB-3 (laguna La Brava). En cambio, la menor diversidad y equidad fue observada en la estación LB-1 y LB-2 (ambas en laguna La Brava). En verano 2019 la mayor diversidad fue observada en la estación LP-23 y la mayor equidad en la estación LP-24 (ambas laguna La Punta). En cambio, la menor diversidad fue detectada en la estación LP-24 (laguna La Punta) y la menor equidad en la estación LB-1 (laguna La Brava).

Respecto del *fitobentos* y su evolución histórica en el **La Punta y La Brava**, para la riqueza de géneros y la abundancia total del fitobentos, en el contexto comparativo entre invierno 2018 y línea de base (periodos de invierno) y verano 2019 y línea de base (periodos de verano), se observó que los registros fueron similares para un mismo periodo estacional. Al comparar los registros de riqueza de géneros de invierno con los de verano se observó que estos también fueron similares. En cambio, los registros para la abundancia fueron variables. La riqueza de géneros para el *fitoplancton* al comparar invierno 2018 y línea de base (periodos de invierno), se observó registros similares. En el contexto comparativo de la riqueza de géneros, entre verano 2019 y línea de base (periodos de verano), se observó registros ligeramente mayor de riqueza en verano 2019 respecto de la línea de base. En cambio la abundancia total presentó valores menores en verano 2019, no obstante dentro del rango de variación de la línea de base. Al comparar los registros de riqueza de géneros y de abundancia total de invierno con los de verano se observó que ambos parámetros fueron similares.

La comparación de la composición y la riqueza total de la comunidad fitobentónica entre invierno 2018 y verano 2019 considerando el sector **Vegas de Tilopozo**, presentó un registro similar entre el periodo de invierno y verano. Para la comunidad fitoplanctónica entre invierno 2018 y verano 2019, presentó un registro similar entre el periodo de invierno y verano.

Para *fitobentos*, las mayores riquezas por estación de muestreo en invierno lo presentó la estación TB-1, mientras que, para verano fue la estación TB-3. Para *fitoplancton*, los mayores valores de riqueza por estación de muestreo en invierno lo presentó la estación TB-2, mientras que, para verano fue la estación TB-3.

La abundancia total detectada en vegas de Tilopozo para *fitobentos*, fue menor en el periodo de invierno 2018 respecto de verano 2019. En relación a las abundancias por estación de monitoreo, en invierno 2018 y verano 2019 se detectó la mayor abundancia en la estación TB-3. Por el contrario, la menor abundancia fue detectada en la estación TB-2 en invierno 2018 y en la estación TB-1 en verano 2019. Para el *fitoplancton* la abundancia total, fue mayor en el periodo de invierno 2018 respecto de verano 2019. En relación a las abundancias por estación de monitoreo, en invierno se detectó la mayor abundancia en la estación TB-2 y verano en la estación TB-1. Por el contrario, la menor abundancia fue detectada en la estación TB-1 en invierno y en la estación TB-3 en verano.

En la campaña de invierno 2018 y verano 2019 para *fitobentos*, los valores de diversidad y equidad fueron mayores en la estación TB-1 y menores en TB-3 solo en invierno de 2018. Para *fitoplancton*, en la campaña de invierno 2018, los valores de diversidad y equidad fueron mayores en la estación TB-2 y en la estación TB-1 respectivamente. En verano 2019 fueron mayores en TB-3 diversidad como equidad.

Respecto a la evolución temporal entre periodos de invierno el *fitobentos*, presentó diferencias en los registros de riqueza de géneros y abundancias entre invierno 2016, 2017 e invierno 2018, observándose mayores valores en invierno 2016 y los menores en invierno 2018. Específicamente la estación TB-1 presentó un alto valor de riqueza en invierno 2016. Por otro lado en periodos de verano, los registros de riqueza de géneros entre verano 2017, 2018 y 2019 fueron similares, observándose valores ligeramente mayores en verano 2017. Cabe resaltar que la estación TB-3 presentó un alto valor de riqueza en verano 2019. Para el *fitoplancton*, los registros de riqueza de géneros y la abundancia total entre invierno 2016, 2017 y 2018 presentaron diferencias, observándose mayores valores en invierno 2016 (TB-2). En cambio, los registros de riqueza de géneros y la abundancia total entre verano 2017, 2018 y 2019 presentaron diferencias, observándose mayores valores en verano 2017 (TB1 y TB3).

La comunidad de *zooplancton* en el **Sector Peine**, registró en general valores de abundancia total y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, excepto por casos puntuales de alta abundancia como en S-9 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna) tanto en invierno 2017 como verano 2018, mostrando en general bajas riquezas entre 1 y 5 *taxa* en los periodos monitoreados.

Cabe mencionar que en este sistema los zooplancteres más abundantes fueron copépodos Harpacticoidea y el branquiópodo *Artemia franciscana*. Esta última fue más abundante en verano 2018, donde se constató un incremento de su abundancia desde laguna Salada a laguna Interna, lo cual tiene relación con la misma variación en conductividad y salinidad dada en este sistema. Cabe considerar que esta especie se

considera como halofílica, encontrándose en ambientes incluso hipersalinos con salinidades por sobre los 90 g/L (De los Ríos-Escalante, 2010).

La comunidad de zooplancton en La **Punta y La Brava**, también se registraron valores de abundancia total y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, excepto en invierno 2017 en las estaciones LP-23, LB-1 y LB-1 y en verano 2018 en las estaciones LP-23 y LP-24, donde se sobrepasó en abundancia total. Las riquezas fueron bajas, entre 1 y 4 *taxa* en los periodos de verano e invierno monitoreados. En este sistema se observó que en invierno 2017 dominaron los copépodos Harpacticoidea (principalmente en La Brava), mientras que en verano 2018, invierno 2018 y verano 2019 dominaron copépodos del género *Boeckella* y *Artemia franciscana*. Cabe mencionar que *Boeckella* spp. se encontró mayoritariamente en laguna La Punta y *Artemia franciscana* en La Brava, lo que se puede relacionar con su nivel de tolerancia a la salinidad o bien, a las interacciones con otros organismos zooplanctónicos. Según la literatura especializada, algunos copépodos son animales omnívoros que filtran fitoplancton y también predan sobre protozoos y estadíos tempranos de desarrollo de otros zooplancteres, como es el caso de *Boeckella poopoensis* que preda sobre las larvas nauplio de *Artemia franciscana*, lo cual podría ser la causa que ambas especies no coexistan a pesar de que sus rangos de tolerancia a la salinidad lo permiten. Ahora bien, una característica importante de los cuerpos de agua en Chile, es que se ha observado una mayor riqueza de zooplancteres en salinidades entre 5 g/L y 90 g/L, siendo posible encontrar conviviendo dos especies de copépodos. Sin embargo, sobre 90 g/L en salinidad, solo es posible encontrar presente a *Artemia franciscana* (De los Ríos-Escalante, 2010).

Para el sector **Tilopozo**, las riquezas totales estuvieron en el rango de 0 a 5 *taxa* en las campañas de invierno y entre 0 y 7 en las campañas de verano, mostrando en general bajas abundancias totales (menores a 90 ind/L). En las campañas de invierno se registraron las mayores abundancias totales (en TB-2 en invierno 2016 y en TB-1 en invierno 2017), mientras que en verano las abundancias totales fueron muy bajas o cercanas a 0. En invierno dominaron copépodos ciclopoídeos en TB-1, en verano dominaron dípteros quironómidos en TB-2 (única estación con organismos zooplanctónicos). La ocurrencia de estos insectos en esa estación puede estar relacionada con el bajo nivel de agua encontrado en el sistema en ese periodo, catalogándose como pajonal hídrico. Cabe mencionar que el sector de Tilopozo no posee registros de Línea Base dentro del Plan de Monitoreo Biótico, por lo que los resultados no se compararon con registros de este tipo.

El *zoobentos* del **Sector Peine** tanto en invierno como en verano, mostró en general bajas riquezas de *taxa* (entre 0 y 4 *taxa* por estación), con mayores valores de riqueza en las estaciones de laguna Salada. Las abundancias totales en Peine durante los inviernos y veranos monitoreados, mostraron valores en general bajo los 3000 ind/m², excepto en

invierno 2017 para las estaciones S-9 y S-10 y en verano 2018 en las estaciones S-9 e I-11, registrándose un máximo de 261.974 ind/m² en S-9 en 2017.

En relación a los *taxa* dominantes registrados en las estaciones de Peine durante estas campañas, se observó que dominaron los insectos dípteros en todas las estaciones donde hubo registros, exceptuando por S-9 en verano 2019, donde dominaron los gasterópodos del género *Heleobia* sp. De los dípteros, cabe mencionar a las familias Stratiomyidae, Empididae y Ceratopogonidae para laguna Salada, las familias Empididae, Ceratopogonidae y Dolichopodidae para laguna Saladita y Ceratopogonidae y Ephydriidae para laguna Interna.

La comunidad zoobentónica en el sector **La Punta y La Brava**, mostró que las riquezas totales por estación también fueron bajas en este sector en todos los periodos, con un máximo de 6 *taxa* tanto en LB-3 en invierno 2016 como en LP-23 en verano 2017. Las abundancias totales en La Punta y La Brava fueron mayores en verano 2017, invierno 2017, verano 2018 e invierno 2018, principalmente en LP-23, LP-24 y LB-1, alcanzando un máximo de 31.592 ind/m² en LP-23 durante el verano 2017.

En relación a los *taxa* dominantes registrados en La Punta y La Brava, se observó que las mayores representatividades fueron diferentes dependiendo de la laguna y campaña. En La Punta, durante invierno 2018, dominaron en LP-23 y LP-24 los gasterópodos *Heleobia* sp. seguidos por los dípteros Ceratopogonidae. En verano 2019, en LP-23 dominó el díptero Stratiomyidae seguido por Ephydriidae, mientras que en LP-24 dominó solo el díptero Ephydriidae en esa campaña. Por su parte, en la estación LB-1 de La Brava, dominaron ampliamente en verano 2019 los copépodos bentónicos Canthocamptidae y en las estaciones LB-2 y LB-3 de La Brava, en invierno 2018, dominaron los dípteros Ceratopogonidae, mientras que en verano 2019 fueron dominantes los dípteros Stratiomyidae.

El *zoobentos* del **Sector de Tilopozo**, en las campañas de invierno mostró muy bajas riquezas de *taxa* (0 a 1) a diferencia de las campañas de verano (entre 0 y 10 *taxa* por estación), con el mayor valor de riqueza en las estaciones TB-1 y TB-2 en verano 2017. La mayor abundancia total ocurrió en TB-2 en verano 2017 (96.664 ind/m²) mientras que esa misma estación en verano 2019 se encontró sin agua al momento del monitoreo.

En relación a los *taxa* dominantes registrados en las estaciones de Tilopozo durante estas campañas, se observó que en TB-1 y TB-3 dominaron ampliamente los gasterópodos *Heleobia atacamensis*, tanto en invierno como en verano (ambas estaciones corresponden a pozas con afloramiento de agua subsuperficial). En la estación TB-2 (que corresponde a un pajonal hídrico de baja profundidad) dominaron los dípteros.

La presencia de Cochliopidae, representado por *Heleobia atacamensis* es de significancia ya que está clasificada En Peligro Crítico (CR) según el DS 52/2014 (MMA) y ha sido descrita en literatura para el sector de Tilopozo. Su ciclo de vida es completamente acuático al respirar por branquias (Philippi, 1860), y es la única especie del género descrita en Chile y por ende endémica (Collado & Méndez, 2011). No se conocen datos sobre tendencias poblacionales salvo que no se registran antecedentes en otros sistemas hidrológicos del norte de Chile, sin embargo, su presencia ha sido descrita en el sector de Tilopozo (Biese, 1947), el cual es alimentado superficialmente por quebradas de orientación sur a norte mientras que el sector La Punta y La Brava es alimentada por la quebrada del Tucúcaro. Ambos sistemas no presentan comunicación superficial aparente, aunque no se descarta que exista una pendiente de escorrentía desde el sector Tilopozo a La Punta y La Brava la cual permita el desplazamiento de *Heleobia atacamensis* de un sector a otro, ampliando de esta forma el área de distribución actualmente conocido para esta especie.

Respecto de las *plantas vasculares acuáticas*, en los tres sectores evaluados, fueron detectadas ocho (9) especies, las que correspondieron a *Ruppia filifolia* y *Zannichellia palustris* y a las helófitas *Schoenoplectus californicus*, *Juncus balticus*, *Sarcocornia fruticosa*, las gramíneas *Puccinellia frigida* y *Distichlis spicata*, *Triglochin concinna* y *Baccharis* sp. En relación al origen, corresponden todas a especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación.

En invierno 2018 y verano 2019, los sectores de Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo presentaron baja riqueza. Se observó en los sectores de Peine y La Punta - La Brava la presencia de parches de *Ruppia filifolia* en porcentajes intermedios. Solo en las orillas de la laguna La Punta se reportó la presencia de la helófito emergente *S. fruticosa*, además de *P. frigida*, mientras que, *T. concinna* fue reportada en verano e invierno 2018 y verano 2019, en las lagunas La Punta y La Brava.

En el Sector de vegas de Tilopozo, se detectó la presencia de la hidrófito libre flotante *Zannichellia palustris* en altos porcentajes de cobertura. Otras especies detectadas correspondieron a las helófito emergentes *Schoenoplectus californicus*, *Baccharis* sp., *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*. Caber destacar que, *Z. palustris* durante invierno y verano 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 lamas de microalgas, aumentando la cobertura, además de servir de ambientes refugiales y de desove para invertebrados y peces.

En relación con Área de las Lagunas:

El propósito es realizar el 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, obtenidas en invierno y verano, correspondientes a los meses de agosto y diciembre 2018.

Las etapas metodológicas empleadas durante la campaña y análisis correspondieron a: i) Trabajo en terreno para revalidación estacional de puntos de monitoreo registrados en la campaña de invierno y verano de 2018, y anteriores, clasificando el recubrimiento de suelo en dichos puntos como “*cuerpos de agua*” u “*otros recubrimientos*”; ii) Obtención y procesamiento de las imágenes satelitales en forma paralela a las campañas de terreno; iii) Desarrollo y validación del modelo de clasificación supervisada, para determinar umbrales de clasificación de los parámetros espectrales NDWI, NDVI, NIR, Transformada *Tasseled Cap* “*Wetness*” y Algebra de bandas espectrales en alta resolución; seguido por una depuración cartográfica, obteniendo de esta forma las coberturas de lagunas por sector.

Los valores de ajuste presentan una concordancia considerable para ambos sistemas lagunares, con un rango de valores de índice *Kappa*⁵ para el periodo de verano de 2018 entre 0,83 (La Punta y La Brava) y 0,80 (Peine) desde imágenes de alta resolución, con una precisión global⁶ entre 0,93 y 0,91 respectivamente. En tanto desde Landsat 8 los valores *Kappa* muestran un rango entre 0,84 (La Punta y La Brava) y 0,83 (Peine), con valores de precisión global entre 0,94 y 0,92 respectivamente. Todos los valores antes indicados indican una alta precisión del modelo de clasificación supervisada aplicado y muestra consistencia con el índice *Kappa*.

Las superficies lagunares estimadas en este monitoreo desde imágenes de alta resolución (Pleiades 1A) en invierno de 2018 correspondieron a: 61,9 ha en La Punta y La Brava y 51,5 ha en Peine, en tanto para verano de 2018 las superficies son: 35,9 ha en La Punta y La Brava y 49,4 ha en Peine.

Las superficies lagunares estimadas en el monitoreo desde imágenes de media resolución (Landsat 8), para invierno de 2018 corresponden a 63,7 ha en La Punta y La Brava y 78,4 ha en Peine, en tanto para verano de 2018, corresponden a 44,4 ha en La Punta y La Brava y 81,7 ha Peine.

⁵ El Índice *Kappa* corresponde a una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). Valores cercanos a 1,00 indican una mayor concordancia inter-observador.

⁶ Este valor describe la exactitud de los aciertos en la clasificación supervisada expresada en porcentaje (0 a 100%). Se interpreta como la proporción de píxeles de una imagen clasificados correctamente en concordancia con los datos de terreno, p.e. todos los píxeles identificados como “agua” en la imagen, también corresponden a “agua” en terreno, en este caso de un 100% de coincidencia es una clasificación perfecta.

En relación al análisis comparativo de las superficies con la línea de base, es posible señalar que las superficies de los cuerpos de agua se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos. En ambos sistemas lagunares, las coberturas están por sobre los registros mínimos de línea de base, donde las diferencias porcentuales se atribuyen principalmente a las variaciones estacionales intranuales e interanuales y a la fisonomía de estos sistemas lagunares.

En relación al análisis comparativo entre las imágenes satelitales, las diferencias en la resolución espacial entre las imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8, para los periodos de invierno y verano de 2018, son atribuibles principalmente a la resolución espacial. La variación más importante se observa en el sistema lagunar de Peine, en ambos periodos, con una diferencia de superficie de 26,9 ha (+52,2%) en invierno y de 32,3 ha (+65,4%) en verano, de Landsat por sobre Pleiades; en tanto para el sector de La Punta y La Brava se observa una diferencia de 8,5 ha (+23,7%) en verano y 1,8 ha (+2,9%) en invierno. No obstante, los resultados de los valores de ajuste para ambos tipos de imágenes son, en síntesis, considerables en ambos sectores y periodos.

En relación con los monitoreos desde imágenes de alta resolución, el sector de La Punta y La Brava presenta valores de superficie mayores en invierno en comparación con verano, con una diferencia de +26,1 ha (+42,1%). Asimismo, el sector de Peine también presenta valores de superficie mayores en invierno, aunque con una diferencia menor entre temporadas, de +2,1 ha (+4,1%). Desde imágenes de media resolución el patrón de comportamiento es más variable, presentando un valor de superficie mayor en invierno para La Punta y La Brava +19,3 ha (+30,3%) y menor en invierno para Peine -3,4 ha (-4,3%).

En relación con Nivel Freático en Lagunas:

Se realizó medición de los niveles freáticos en 5 los puntos distribuidos en los Sistemas Lagunares La Punta - La Brava (3) y Peine (2), que conforman el monitoreo de niveles del PMB, con una frecuencia de medición mensual, para el periodo comprendido en el semestre de **abril 2018 a marzo 2019**.

La metodología continua siendo la misma de los últimos 3 años, 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. 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.

Para este período 2018-2019, se presentan registros de mayor frecuencia de medición, a partir del mes de Julio del 2018, extendiéndolo por varios meses más como una manera de robustecer el análisis, para los pozos que son parte del PAT Hídrico (PATH), es decir los barrenos BA-05, BA-07 y BA-16. En el caso de los pozos BA-21 y BA-22 del sector

Peine, si bien éstos no son pozos puntos PATH, si son parte del seguimiento ambiental, razón por la cual sólo se presentan 2 mediciones mensuales para éstos cuando hubo activación. Lo anterior, se enmarca dentro de lo comprometido **para el Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH)**, específicamente lo estipulado en el Plan de Alerta Temprana Hídrico (PATH⁷).

Para los 5 puntos monitoreados se puede concluir que, el valor promedio anual del período, para cada pozo, se encuentra dentro del rango de los valores históricos registrados.

En general, considerando ambos sectores, se presentan por un lado pozos de variabilidad histórica estable, como es el caso de los pozos BA-05, BA-16 (en La Punta-La Brava) y BA-22 (Peine); y por otro lado, otros como los pozos BA-07 en La Punta La Brava y BA-21 en Peine, que presentan tendencia al descenso de sus niveles, marcado por la disminución de los valores mínimos.

En resumen, se tiene para el verano 2019 (diciembre 2018 y/o enero 2019) que todos los pozos presentan niveles bajo los mínimos históricos, sin embargo muestran pick de cota en el mes siguiente, febrero 2019, esto se observa en un alza directa del nivel freático producto de las lluvias del invierno boliviano (febrero). Posterior a ello, en el mes de marzo 2019, los niveles vuelven a bajar, aproximadamente en promedio entre 6,0 cm. a 7,7 cm en LP-LB; y entre 3,4 a 3,6 cm. en Peine. Lo anterior indica una mayor sensibilidad en los niveles freáticos en las lagunas de LP-LB en relación a la precipitación del sector. A pesar de estos descensos en los niveles, la condición para marzo 2019 se presenta superior en cota a la de marzo 2018.

En particular, para el Sistema La Punta La Brava, considerando toda la data observada (abril 2013- marzo 2019) se observan niveles estables en los pozos BA-05 y BA-16, con ciclos anuales representados por mayores niveles (o aguas mas someras) en los meses de invierno, entre julio y agosto, y valores de niveles menores o aguas más profundas, en los meses de verano entre enero a febrero. El pozo BA-07 se presenta con una tendencia al descenso de sus niveles, tanto los valores máximos como los mínimos se observan año tras año mas bajos que el anterior. La excepción es el registro de Febrero 2019, donde llega a un pick máximo de cota 2.300,1 ms.n.m. ascenso nunca antes registrado en época de verano, posterior al año 2013. Sin embargo, posterior a ello, en el mes de marzo, los niveles descienden 7,7 cm. idem a pozo BA-05. A pesar de esta fuerte bajada, el valor de marzo 2019 es superior en 4,1 cm. al valor registrado para marzo 2018.

⁷ El PATH (Plan de Alerta Temprana Hídrico), tiene por objetivo detectar anticipadamente (en el tiempo y en el espacio) desviaciones respecto de los pronósticos del comportamiento del componente hídrico que pudieren llegar a afectar los sistemas objeto de protección (cuerpos lagunares) y, activar las medidas preventivas necesarias para evitar efectos no previstos. Existen 3 sectores de alerta PATH: núcleo, acuífero y norte, los cuáles presentan diferentes condiciones de activación; entre ellas, para el PATH del sector norte, Albemarle se activa automáticamente si lo hace SQM y en julio 2018 y enero 2019 se activó el PAT de SQM, por lo que se activó también el PATH de Albemarle.

En relación con el mismo análisis histórico, para el Sistema Peine, representado por los pozos BA-21 y BA-22, se tiene para los niveles de BA-21, ciclos (entre un valor alto y uno bajo), más extensos que BA-22 y más extensos que los pozos del sector La Punta-La Brava. En abril 2015, marzo 2017 y febrero 2019, se observan los ascensos de nivel de aguas subterráneas, como respuesta directa a eventos de precipitaciones ocurridas en los períodos de invierno boliviano, lluvias que generalmente acontecen en febrero. Para BA-21, los registros de la serie indican una tendencia al descenso de los valores mínimos de la serie, y un ascenso de los valores máximos. Para el pozo BA-22 en cambio, la serie presenta oscilaciones de nivel dentro de una variación estable de sus niveles, con comportamiento de aumento de los niveles en los meses de invierno (junio a agosto) y descensos en la temporada de verano (enero-febrero).

En particular, BA-21 presentó en el año 2018 hasta enero 2019 registros de niveles de hasta 2.300,037 ms.n.m., es decir cota 3,5 cm. bajo el mínimo histórico de 2.300,072 ms.n.m. (2013-abr 2016). A pesar de ello, el promedio anual del último periodo se presenta por sobre el mínimo histórico. Para BA-22, los valores en diciembre 2018 y enero 2019, estuvieron a casi 1 cm. bajo el mínimo histórico (2.300,268 ms.n.m.), llegando hasta una cota de 2.300,260 ms.n.m. Sin embargo estos valores aumentaron en las mediciones de febrero y marzo 2019, llegando hasta un pick de 2.300,312 ms.n.m. en febrero 2019. La medida de marzo 2019 (2300,278 ms.n.m) si bien bajó respecto de la febrero, indica estar por sobre la cota de marzo 2018 (2300,261 ms.n.m). Con todo lo anterior, el promedio de sus niveles el último año, se encuentra por sobre el mínimo histórico y de línea de base.

En relación con el Estado Ecológico del Sistema:

En relación con el indicador de cobertura promedio de vegetación por sector, se muestra en general una tendencia estable a lo largo del tiempo entre M1 a M6 para los sectores Peine y Tilopozo, y leve tendencia al descenso en La Punta – La Brava, variando para este último sector desde un 39,1% en MB0 y M1 hasta un 24,5 % en M6. En particular, para el sector Peine, sector con mayor cobertura vegetal, se presentan las mayores variaciones entre monitoreos, con rango entre coberturas de 91,8% en MB0 a 62,5% (en M1). Después de M1 hasta M6 las variaciones fueron del orden entre los 62% y 78%, llegando a 72,5% en M6.

Respecto de la cobertura vegetal por transecta, se observa una variabilidad intermitente de las coberturas vegetales entre monitoreos, desde MB0 a M6. Si bien, el herbazal de *S. californicus*, en Tilopozo y Peine registra variaciones entre monitoreos, éstos siempre registran una cobertura absoluta cercana o sobre el 100%, aunque mostrando una mayor variabilidad en la transecta T02 de Peine. El herbazal de *Juncus balticus* presenta una mayor variación entre monitoreos, destacando un leve descenso en M2 para las transectas T13 en La Punta y La Brava y en T30 y T31 en Tilopozo, aunque con alzas posteriores donde demuestra la variabilidad en los 3 años de monitoreo. En el

herbazal de *D. spicata* en Tilopozo, destacan las transectas T28 y T21 que se observan más estables y con coberturas entre M1 y M6 mayores o muy cercanas a lo registrado en MB0. Por otro lado, en el herbazal de *T. concinna* destaca por la disminución en T10 en La Punta y La Brava, sobre todo por la cobertura registrada en M6.

Respecto de la estructura comunitaria, o composición de las especies, durante el periodo de seguimiento a nivel de los sectores de evaluación, se presenta en general estable con cambios específicos en la estructura de ciertas transectas. En términos generales, estas variaciones no constituirían cambios significativos y los cambios se enmarcan probablemente en un ciclo de variación histórica de la vegetación del Salar. De acuerdo a la cobertura vegetal por especie, destaca la especie *S. californicus*, que presenta la mayor cobertura promedio en los tres años de seguimiento, manteniéndose estable en Tilopozo, mientras que en Peine presenta una disminución de su cobertura promedio desde el primer año, aunque se mantiene en una cobertura sobre el 80% en los tres años. En general, las otras especies presentan mayor variación entre monitoreos y entre transectas, destacando entre las más importantes: la especie *D. spicata* presenta que un aumento de su cobertura expresada en una variación del 75% en la transecta T21 (Tilopozo); en La Punta y La Brava, la especie *Triglochin concinna* presenta una disminución paulatina en T10 expresada en una variación del 85%, y en la transecta T12 con una variación del 95%, probablemente porque desaparece su presencia desde M3 a M6; en Peine, la especie *T. absinthioides* presenta una disminución de su cobertura en la transecta T05, probablemente significativa por un descenso constante de su cobertura expresada con una variación de 27,5%.

En relación a la salinidad, la mayor parte de las transectas de monitoreo, registran estabilidad en la cobertura de la costra salina durante el periodo de seguimiento (3 años), con variaciones anuales en promedio inferiores a un 10% en esta cobertura. Las transectas con variaciones superiores son: *En el subsector Tilopozo*, la T27 (herbazal *D. spicata*) y T18 (herbazal de *J. balticus*) registran un descenso e incremento con promedio de -81% y +14% respectivamente, durante monitoreos y respecto a M1. *En el sector Peine*, la T05 y la T06 (ambas en matorral de *T. absinthioides*) registran un ascenso promedio de 73% y 56% respectivamente, durante monitoreos. Además, la T09 registra un descenso de la cobertura salina en promedio de 12% para los tres años de seguimiento del proyecto.

En relación a la vegetación activa con el NDVI, se observa una mantención general de la variabilidad dentro del rango histórico en la actividad vegetal según la cobertura y los valores del NDVI obtenidos tanto de imágenes de alta resolución como Landsat en los sectores de estudio Tilopozo- La Punta y La Brava y Peine. Para la formación de herbazal de *S. californicus* del sector Peine, se detecta una baja respecto al histórico.

La evaluación en el NDVI Landsat, sugiere una estabilidad en la actividad/vigor de la vegetación, incluso con una leve tendencia al ascenso en las formaciones de monitoreo

del salar en el periodo operacional del proyecto (2016-2019). Destaca la condición previa al 2011 de NDVI bajos, para todas las formaciones, situación que no se ha dado en los últimos 3 años.

En relación al indicador superficies de lagunas, es posible señalar que las superficies de los cuerpos de agua se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos. En ambos sistemas lagunares, las coberturas están por sobre los registros mínimos de línea de base, donde las diferencias porcentuales se atribuyen principalmente a las variaciones estacionales intranuales e interanuales y a la fisonomía de estos sistemas lagunares. Lo anterior, se confirma a partir del análisis de tendencia del comportamiento temporal de los sistemas lagunares de La Punta y La Brava y Peine presentado en este informe, que indica que, al comparar la dinámica pre-operación y post-operación del proyecto, éstas no representan un cambio en el estado ecológico de los sistemas lagunares hasta este tercer año de monitoreo.

En relación al indicador Niveles Freáticos, se puede señalar que, del análisis de tendencia para los 3 últimos años de monitoreo, en general, los niveles freáticos se presentan estables para ambos Sectores. En particular, para el Sector La Punta-La Brava los 3 pozos del Sector (BA-05, BA-07 y BA-16) presentan sus promedios anuales dentro del rango histórico y por sobre el mínimo histórico. Para el Barreno BA-07, se observa que cada año el promedio de sus niveles es menor, aun así están dentro del mínimo histórico.

Para el Sector Peine, se tiene que los niveles freáticos para el pozo BA-21 se presentan con una inclinación a la baja en sus valores mínimos, pero con promedios anuales de nivel por sobre el mínimo. El último año (período abril 2018 – marzo 2019) se presenta con un promedio muy cercano al mínimo de línea de base. El pozo BA-22 se presenta con una variación de niveles más estables a lo largo de los 3 años, con sus promedios anuales dentro del rango histórico y por sobre el mínimo de línea de base.

De acuerdo con lo anterior, se observa a partir del comportamiento de las variables de estado monitoreadas durante estos 3 años consecutivos (período 2016-2019), la mantención del estado ecológico del sistema, por cuanto no se han registrado cambios significativos en su dinámica, permaneciendo dentro de los rangos de línea de base registrados históricamente por sector.

2 INTRODUCCION

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

Albemarle inició sus campañas del PMB en agosto de 2016, en etapa de Construcción, previo al inicio de operaciones⁸. A partir de diciembre 2016, se realizan las campañas semestrales en etapa de operación del proyecto, las cuales se continúan ejecutando a la fecha. El objetivo de este Informe es entregar los resultados del Monitoreo Biótico Anual N°3, 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 del PMB se presenta en la **Figura N° 2-1** se incluye para todas las variables, los sectores de:

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

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

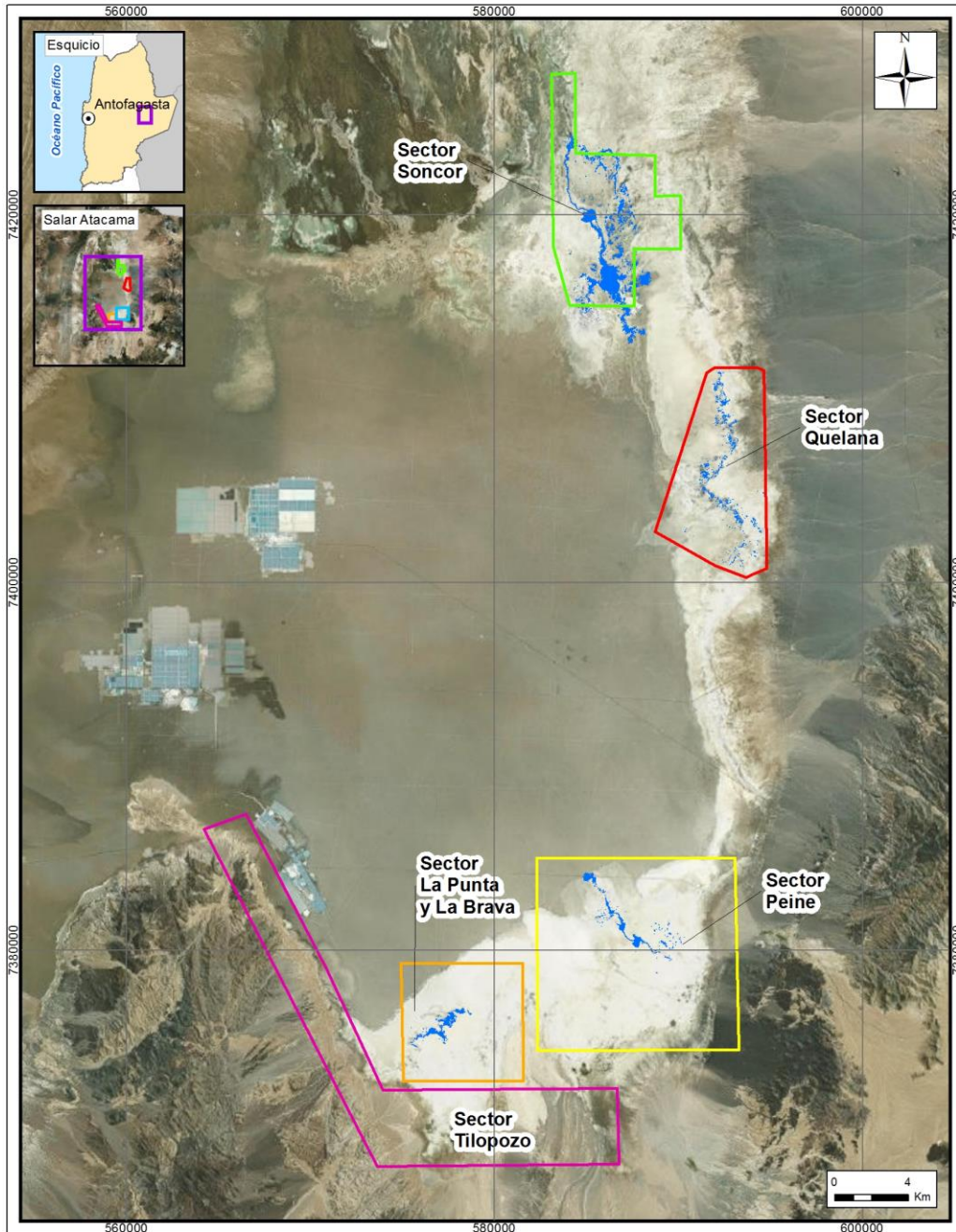
- 4) Sistema Soncor (*), constituido por las lagunas Barros Negros y Chaxa; y
- 5) Quelana (*), Aguas de Quelana (ubicadas ambas 4 y 5 en la Reserva Nacional Los Flamencos).

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

⁸ Rockwood Lithium (Actualmente Albemarle Limitada) dió inicio formal a la etapa de operación del proyecto el 28 de Septiembre 2016, mediante carta a la Superintendencia de Medio Ambiente una semana antes, fechada el 21 de septiembre de 2016.

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

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



Fuente: Elaboración Propia

El presente Informe, da cuenta de las campañas de invierno 2018 y verano 2018-2019, las cuales se desarrollaron durante los meses de agosto del 2018, y entre diciembre del 2018 (para seguimiento de superficies lagunares) y marzo - abril del 2019. Para el caso de los niveles freáticos, estos presentan medición mensual desde abril 2018 a marzo 2019.

La campaña correspondiente a invierno 2018, se desarrolló entre los días 13 al 25 del mes de agosto de 2018, y constituye la quinta campaña de monitoreo del PMB del proyecto. Por su parte, la campaña correspondiente a verano 2018-2019, dependiendo de la variable, se desarrolló durante los meses de diciembre 2018 y marzo-abril 2019, constituyendo la sexta campaña PMB del proyecto. Corresponden estas fechas por una primera parte, a la campaña de medición de superficie de Lagunas, realizada entre el 19 y 22 de diciembre de 2018, y por la otra, a la campaña de seguimiento de componentes bióticas (PMB), realizada entre el 27 de marzo al 06 de abril de 2018.

El PMB indica que las campañas de verano deben realizarse de preferencia en época post-lluvias (referidas al invierno Boliviano). De este modo, la implementación de la campaña, tal como quedase estipulado en la evaluación ambiental, se realizó en situación post-lluvias, luego de las precipitaciones ocurridas tanto en la región, como sobre el salar mismo, durante fines de enero y parte del mes de febrero de 2019, y a la espera de su efecto condicionante sobre el sistema natural presente en el área de estudio.

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

La **Tabla N° 2-1** presenta resumidamente todos los componentes y subcomponentes de las variables comprometidas, así como frecuencia y estaciones a monitorear en cada campaña, de acuerdo a los establecido en el PMB y en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del proyecto de fecha 20 de enero del 2016, RCA 21/2016.

Tabla N° 2-1. Detalle de las componentes, variables y estaciones reportadas 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	59**	-	59**
	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).

** Estos 59 puntos de monitoreo corresponden a puntos de validación semestral de la COT del área de estudio. En el Informe Anual N°2, se reportó un total de 61 punto de monitoreo. El número efectivo de puntos de monitoreo para validación COT corresponde a un total de 59. En el Informe Anual N°2, por criterio experto se decidió incorporar de modo puntual y voluntario 2 puntos de monitoreo adicional COT en el sector Aguas de Quelana, solo para efectos de verificación y mejora cartográfica.

*** 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.

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

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

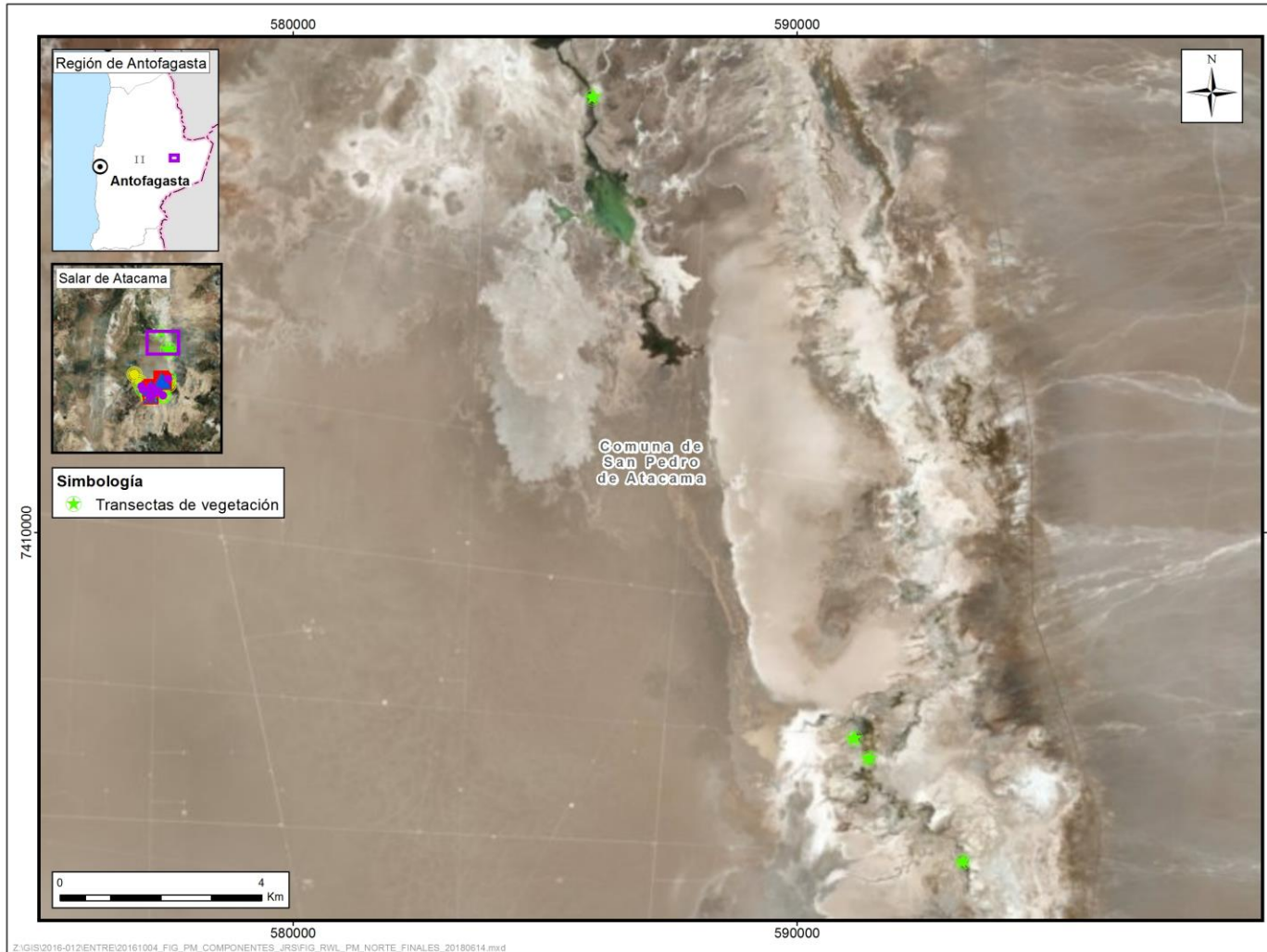
El estado ecológico, de acuerdo a lo establecido en el PMB, se evalúa en términos de tres variables de estado: (1) nivel freático, (2) vegetación azonal⁹, y (3) superficie de las lagunas, las cuales se analizan en el **capítulo 12.8** de este informe.

Adicionalmente a lo establecido en el PMB y en la RCA, y con el objetivo de dar cumplimiento a cabalidad a la detección temprana de algún potencial cambio en las distintas variables del seguimiento, **se han sumado al monitoreo del PMB voluntariamente nuevas estaciones que permitan mejorar la representatividad**, por ejemplo de hábitats. Dichas incorporaciones han sido realizadas por el equipo experto que apoya la ejecución de estas campañas de seguimiento y ya han sido reportadas e informadas previamente desde el Informe Anual N°1 del PMB (**Tabla N° 2-1**, campo estaciones voluntarias).

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

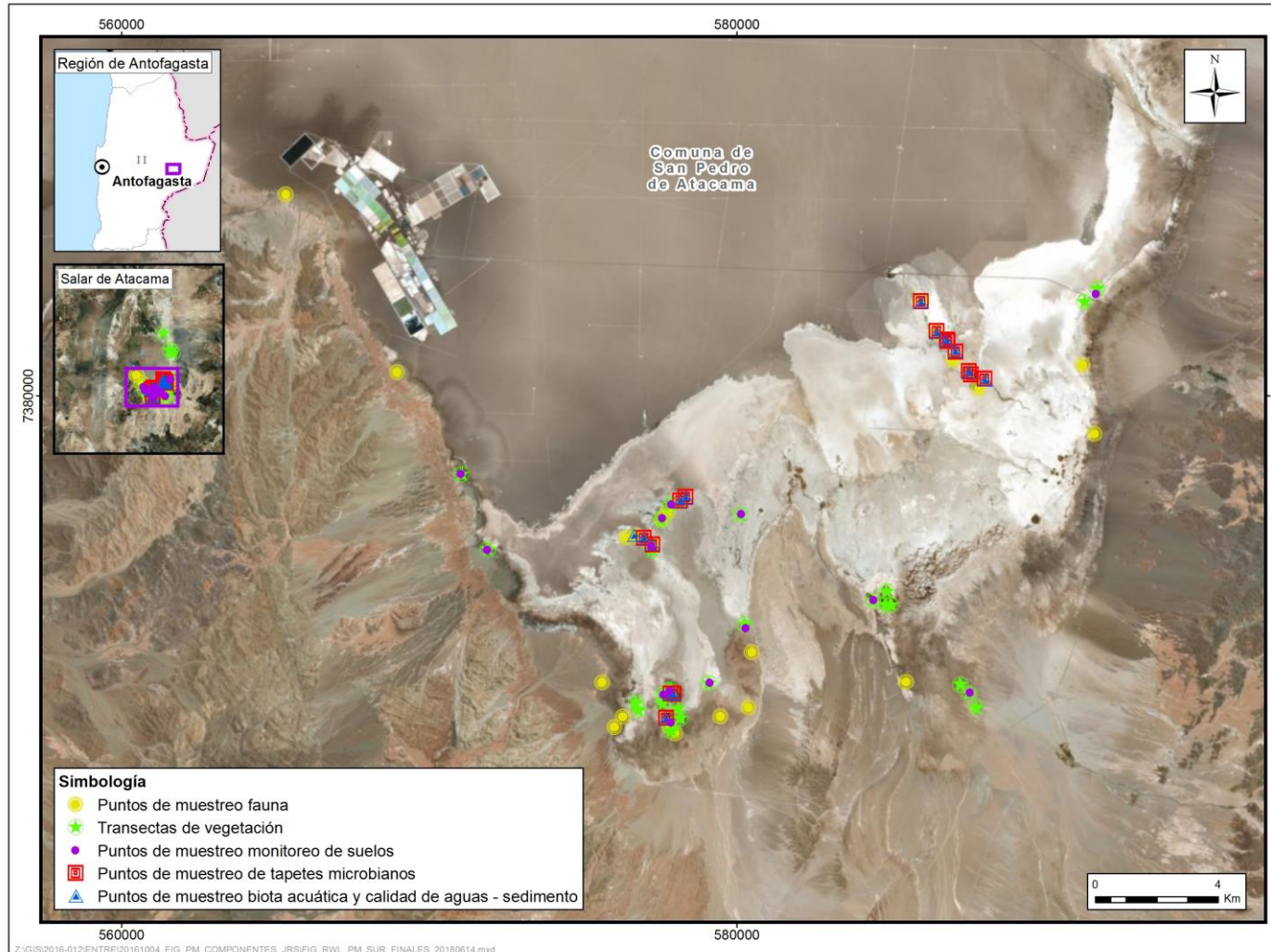
⁹ La definición de puntos de transectas de vegetación azonal, para la subcomponente de flora terrestre, se realiza en levantamiento previo realizado en terreno en el mes de julio de 2016, denominado en adelante "Monitoreo Base 0 – MB0" (RWL-Cedrem agosto 2016), como cumplimiento al acápite 10.2 de la RCA 21/2016, según lo establecido por el informe de "Monitoreo de Vegetación, Ubicación de Transectas (Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016), el cual fue aprobado por el SAG a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL.

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



Fuente: Elaboración Propia

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



Fuente: Elaboración Propia

Es importante indicar que, como estructura de informe, **cada subcomponente con sus variables se 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 las campañas de invierno 2018 y verano post-lluvias 2019 reportadas en el presente informe consolidado anual, de acuerdo a las variables y/o parámetros correspondientes. En **Anexo Responsables y Participantes de las actividades de muestreo** se presenta los responsables de cada componente.

Tabla N° 2-2. 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	Cedrem Consultores / Limnológica Estudios Ambientales	Cedrem Consultores / Limnológica Estudios Ambientales	AquaExpert EIRL
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. 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	SGA CONSULTORES	No aplica	No aplica
	Superficie	Cedrem Consultores	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)	Monitoreo: Composición y Cobertura de Especies, en 14 puntos. Parámetros: Composición y cobertura de especies. Procedimiento de medición: Point Cuadrat, con frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos: mantención dentro de su variación histórica.
	7.- BIÓTICO Vegetación (pág.56, 57)	Monitoreo: Distribución y cobertura de la vegetación azonal, en 14 puntos. Procedimiento: método de imágenes satelitales y método de Carta de Ocupación de Tierras (COT). ambas de frecuencia semestral durante fase de construcción y operación, y reporte anual. Niveles o límites comprometidos: mantención dentro de su variación histórica.
	7.- FÍSICO Sustrato (pág. 57)	Parámetros físico químicos del suelo, en 14 puntos. 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: 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 Informe, es presentar los resultados del monitoreo correspondiente al Informe Anual N°3 del Plan de Manejo Biótico del proyecto RWL, comprometido en la RCA 21/2016, los que involucran las componentes y variables de medición de frecuencia Semestral, correspondientes a la temporada de invierno 2018 y a la estación de verano 2018-2019, de tal manera de poder verificar tempranamente el comportamiento de las variables y cualquier cambio en su estado ecológico.

4 ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME

Para cada subcomponente o agrupación de éstas se presenta un capítulo específico, indicando las fechas específicas de muestreo, medición o análisis de la campaña, el área de estudio, ubicación de los puntos de muestreo, metodologías específicas, materiales y métodos, parámetros de evaluación y los resultados, 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 indican los límites comprometidos por el Plan de Seguimiento, a saber: Mantención dentro de su variación histórica (numeral 7 Plan de Seguimiento Ambiental Propuesto en el EIA y sus Adendas de la RCA 21/2016), por tanto, cada variable es analizada con los registros establecidos en el Anexo 2 de la Adenda 5, línea de base y además con el monitoreo MBO 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 monitoreadas para dar cuenta de la evolución que se pudiera haber percibido en este tercer 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, cuya relevancia radica en que son variables que tienen la propiedad de mantener funcionalmente la trama trófica presente en el área de estudio.

De acuerdo con lo señalado por el Plan de Manejo Biótico (Anexo 2, Adenda 5), la evaluación de la condición de cambio de las variables de estado señaladas, se realizará por sector de manera independiente (Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo), mediante un análisis de tendencia, cuyos contenidos son incorporados en el Capítulo Estado Ecológico del Sistema del presente informe. Estos cambios de estado ecológico son evaluados comparando la evolución de las variables de estado en los 6 monitoreos semestrales

realizados hasta la fecha (Año 1, 2 y 3), versus su comportamiento previo (línea de base y registros históricos).

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 anual de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos correspondiente a invierno 2018 y verano 2019, de frecuencia semestral, para el subcomponente ambiental Flora y Vegetación. Asimismo, se entrega un análisis de tendencias con la evolución histórica de los resultados de este componente en los tres años de monitoreo, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE N°21/2016 del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama” de la empresa actual Albemarle, ubicado en la Región de Antofagasta, en adelante el Proyecto.

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

El periodo reportado en el presente informe consolidado anual se enmarca entre los días 14 y 17 de agosto de 2018, fechas en que se realizó la campaña estacional de invierno de 2018 (Monitoreo 5 o M5), y entre los días 27 y 31 de marzo de 2019, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de verano de 2019, llamado en adelante Monitoreo 6 (M6). Es importante destacar, que el monitoreo de verano 2019, se desarrolló en las fechas antes mencionadas, durante el periodo de post lluvias estivales (invierno altiplánico o andino) tal como quedase establecido en el PMB.

El objetivo del seguimiento de la variable “Flora y Vegetación” es monitorear y caracterizar la situación de la flora y vegetación azonal en el área de estudio, a través de las metodologías establecidas en la RCA 0021/2016, éstas son: seguimiento a la carta ocupación de tierras (COT), seguimiento de transectas de vegetación con el método de intercepto de puntos en base a la metodología *point quadrat* y seguimiento de la vegetación activa a través del índice NDVI a partir de imágenes satelitales, con el fin de contrastar los resultados del monitoreo con la situación pre operacional del proyecto y de línea base y su evolución en el tiempo.

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

- Monitorear la distribución y la cobertura de la vegetación (zonal y azonal), en su estructura comunitaria horizontal y vertical, en resultados semestrales (invierno 2018 y verano 2019) a través del método de carta de ocupación de tierras (COT).
- Determinar la cobertura, riqueza, abundancia, y composición vegetal en las transectas de vegetación azonal, en resultados de los monitoreos de frecuencia semestral (invierno y verano).
- 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), de frecuencia anual en estación de verano post lluvias.
- Comparar los valores de vegetación activa de cada sector, obtenidos a partir del índice NDVI, en verano 2019 (monitoreo 6), con los registros históricos de la línea de base y el monitoreo realizado en verano 2018 (monitoreo 4), y en verano 2017 (monitoreo 2) (Adenda 5 RWL, 2015, Apéndice B). Lo anterior, dado que el método NDVI tiene establecido frecuencia anual de análisis, en base a campañas de verano.
- Comparar en la discusión la cobertura y composición vegetal actual (Monitoreo 5 y Monitoreo 6) con el monitoreo inicial (MB0) realizado en la etapa pre operacional del proyecto, junto con la información de línea de base.

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. 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 Brava¹⁰, (3) Peine, (4) Soncor y (5) Aguas de Quelana¹¹ (**Figura N° 5-1**). Es importante mencionar que en la campaña de verano de 2019 no se pudo acceder al subsector Aguas de Quelana, por lo que no pudieron replicarse las tres transectas allí localizadas. Al igual que la transecta localizada en Soncor, la cual no ha tenido acceso desde el primer monitoreo.

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*.

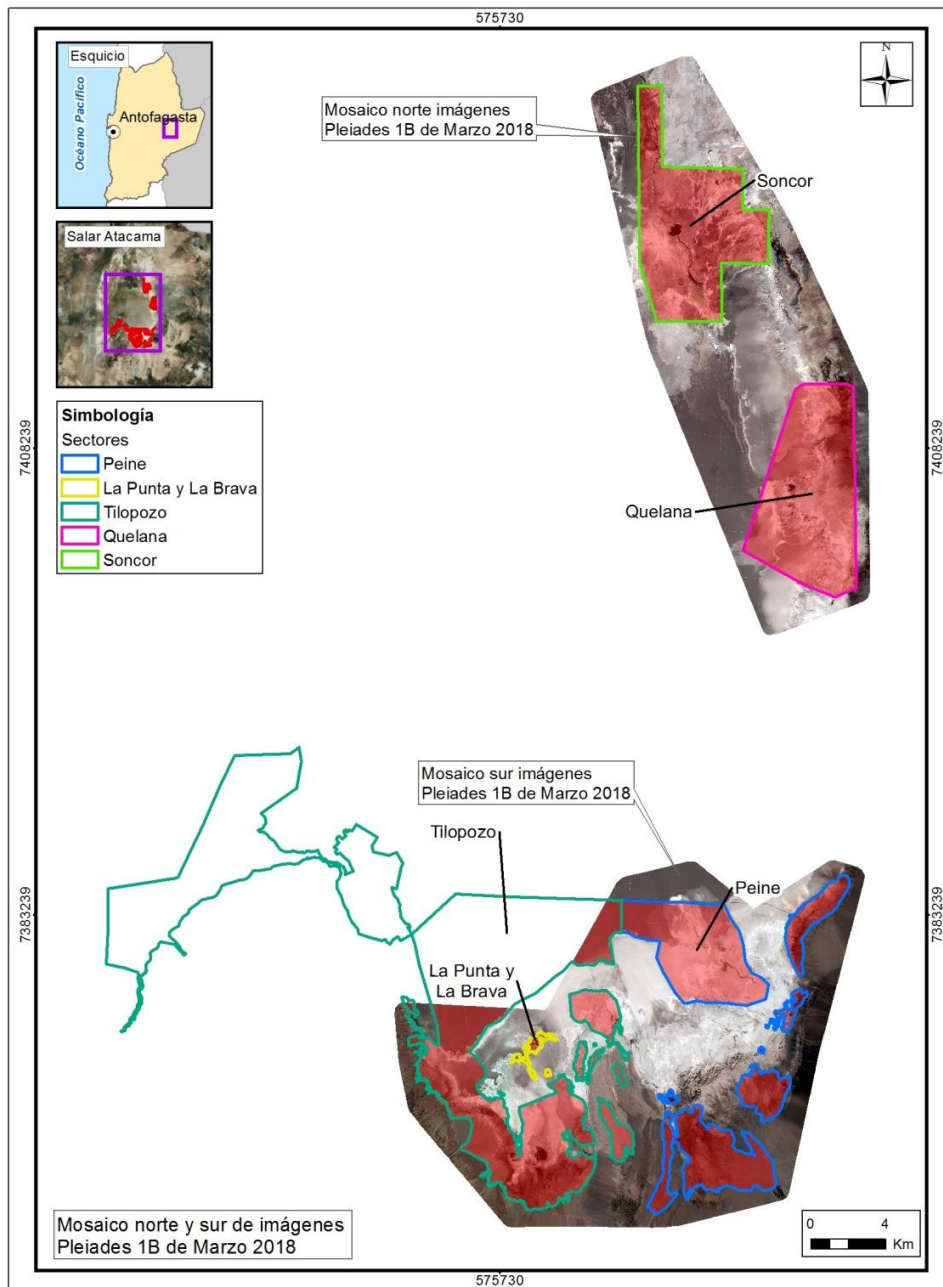
Por otro lado, considerando los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2017), el área del Salar se encuentra ubicada en el llamado Matorral Desértico Tropical Interior de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*: se manifiesta como un matorral alto, freatófilo, dominado por los arbustos *Atriplex atacamensis*, *Tessaria absinthioides* y la gramínea *Distichlis spicata*. Su presencia asociada a los salares, estaría determinada por

¹⁰ 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*.

¹¹ 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.

la existencia de una napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por la escasez de precipitaciones, a pesar de lo cual se ha considerado como una unidad independiente. Ocasionalmente es posible observar la presencia de los árboles espinosos *Prosopis alba* y *Geoffroea decorticans*. Debido a estar edáficamente condicionada no es posible reconocer comunidades zonales e intrazonales.

Figura N° 5-1. Área de estudio para el monitoreo de la vegetación Invierno- 2018 y Verano – 2019 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 esta componente. Cabe señalar que, para el seguimiento de la COT, no se contaba previamente en el marco del PMB con puntos de muestreo establecidos para su seguimiento semestral en terreno, por lo que se definieron a partir del monitoreo base MB0 en julio de 2016. Para dicha definición, se consideraron como primera referencia los puntos de inicio de las transectas (ver sección 5.1.2 de este capítulo), a los cuales se les aplicó la metodología COT de manera de poder obtener una cobertura más robusta y representativa del sistema a caracterizar. Todos estos puntos originales y adicionales ya han sido informados en el Informe Anual N°1 año 2017 e Informe Anual N°2 año 2018.

Para este monitoreo se levantó información de 59 puntos de monitoreo correspondientes a cada polígono sujeto a seguimiento definido en la COT. Estos 59 puntos de monitoreo COT corresponden a los 59 puntos de monitoreo previamente definidos en campañas anteriores.

Es importante señalar que, los puntos monitoreados son seleccionados bajo los siguientes criterios:

- Polígonos representativos de las formaciones comprometidas en el Anexo 2, Adenda 5 RWL: Herbazal de *Schoenoplectus californicus*, Herbazal de *Juncus balticus*, Herbazal de *Distichlis spicata*, Matorral de *Sarcocornia fruticosa*, donde se incorporó el polígono con co-dominancia de *Nitrophila atacamensis* (Formaciones Azonales); y el Matorral de *Tessaria absinthioides* (Formación Zonal).
- Los puntos iniciales de cada transecta de vegetación y flora (31 transectas).
- Que los puntos seleccionados hayan sido muestreados anteriormente en las campañas de validación COT (trazabilidad).
- Accesibilidad permanente al punto de monitoreo.

Considerando la extensión del área de estudio, se realizó el recorrido en vehículo y en forma pedestre, las unidades cartográficas designadas para el monitoreo, que incluye el criterio de accesibilidad a los distintos subsectores.

Tabla N° 5-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2018 y verano 2019, tercer año de monitoreo.

SUB-SECTOR	CÓDIGO PUNTOS COT	CÓDIGO ASOCIADO A TRANSECTAS	Coordenadas UTM (WGS84)	
			Este	Norte
Peine	PE003	T03	584870	7373199
	PE004	T04	584450	7373358
	PE007	T07	587538	7370322
	PE008	T08	591329	7383068
	PE009	T09	591730	7383499
	PE010	-	587738	7371289
	PE014	-	591508	7378099
	PE015	-	592690	7383248
	PE016	-	591901	7383155
	PE017	-	591476	7383136
	PE020	-	585013	7373509
	PE022	-	585727	7372392
	PE024	-	585149	7373376
	PE025	T02	584864	7373653
	PE026	T01	584979	7373198
	PE027	T05	587784	7369847
	PE028	T06	587249	7370627
PE029	-	591440	7383173	
La Brava	LB003	T10	577230	7374967
La Punta	LP001	T11	577546	7375994
	LP002	T12	577872	7376446
Tilopozo	TL001	T18	576735	7370058
	TL003	T20	577581	7370304
	TL004	T21	579122	7370660
	TL005	T22	578107	7369841
	TL006	T23	578198	7369527
	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	-	575683	7372556
	TL016	-	574559	7372618
	TL022	-	571517	7376668
	TL024	-	576632	7370652
TL025	-	576303	7370302	

SUB-SECTOR	CÓDIGO PUNTOS COT	CÓDIGO ASOCIADO A TRANSECTAS	Coordenadas UTM (WGS84)	
			Este	Norte
	TL027	-	576506	7370061
	TL029	-	577770	7369319
	TL033	-	579309	7373995
	TL036	-	575742	7371469
	TL039	-	572401	7374900
	TL044	-	577604	7370528
	TL047	-	577553	7369903
	TL051	-	579936	7369678
	TL052	-	580977	7375826
	TL054	-	575790	7371575
	TL055	-	577758	7370522
	TL056	T19	577853	7370416
	TL057	T24	577922	7369310
	TL058	T25	577901	7369109
	TL059	T13	580099	7376130
Aguas de Quelana	QE001	T15*	593317	7403472
	QE002	T16*	591112	7405899
	QE003	T17*	591450	7405511
	QE005	-	594640	7401839
	QE006	-	594624	7402441
	QE008	-	594578	7403454
Soncor	SO001	T14**	585849	7418685

*: Transectas sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso al sector Aguas de Quelana.

** : No se realizó directamente la COT en la coordenada del T14 por falta de acceso, sin embargo se realizó a distancia para validar la formación.

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 2018 y verano 2019.

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
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	2

GRADO DE ALTERACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO
	continuidad de las formaciones vegetales).	
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. En el caso del monitoreo de invierno, la fecha de las imágenes es de agosto de 2018 y para verano es de marzo de 2019.

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 tiene como propósito ejecutar el diseño de muestreo preparado en gabinete para recabar los registros de vegetación en los sectores de estudio.

El relevamiento, según este método considera el siguiente procedimiento para el catastro de información:

- Validación en terreno de la delimitación de unidades cartográficas (realizada mediante fotointerpretación en gabinete, sobre los polígonos descritos en la COT de este periodo);
- En cada unidad cartográfica, estratificación de la comunidad vegetal según tipo biológico y determinación en cada estrato de las especies dominantes, definidas como aquellas especies que presentan el mayor porcentaje de cobertura (Etienne & Prado 1982);
- Caracterización en términos estructurales de cada unidad cartográfica con vegetación: registro de la cobertura por tipo biológico y, para las especies dominantes, de su altura y cobertura vegetal;
- Reconocimiento de la composición florística de cada unidad descrita;
- Determinación cualitativa del relieve y la topografía de la unidad.
- Reconocimiento de los atributos que describen el estado de la vegetación, orientado a determinar su grado de alteración en cada unidad cartográfica.

Considerando la extensión del área de estudio, se recorrieron en vehículo y en forma pedestre, las unidades cartográficas más representativas de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio, que estuvieran ubicadas en lugares accesibles y/o libres de peligros.

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 & Pliscoff 2017). 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 suelo¹² 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 & Pliscoff 2006; Font-Quer 1965). Esta cobertura de vegetación está controlada fundamentalmente por el aporte de agua subterránea y condiciones climáticas regionales, los que las hace particularmente frágiles (MMA, 2011).

En “otros recubrimientos”, se distinguen tres recubrimientos de suelo que no presentan vegetación, ya sea por causas naturales (áreas desprovistas de vegetación) o por causas antrópicas (áreas industriales), y en el caso de los cuerpos de agua que corresponden a lagunas dentro del salar.

¹² 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.
<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.

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
RECUBRIMIENTOS DE SUELO	
<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, por lo que sólo se traduce en una adaptación de la propuesta metodológica original de la COT, ya que establece la denominación de la formación por el uso del tipo biológico dominante seguido por su estratificación y cobertura (ej. formación leñosa alta muy escasa), de manera que su comprensión es más directa, y facilita la interpretación para fines del seguimiento de las formaciones vegetales. En la **Tabla N° 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	4(2-5)	2(1-2)	3	4
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	3	3	2
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>	Eb dp	4(2-5)	2	2(2-3)	2

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

Fuente: Elaboración propia

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 14 y 17 de agosto de 2018.

La campaña de verano se realizó durante el período tardío de verano, a inicios de la estación de otoño 27 y 31 de marzo de 2019.

5.1.2 FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS)

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)”, éste fue aprobado a través del Ord. SAG N°315/2016. “Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL”, el cual determina el número y ubicación de las transectas y su metodología para la evaluación pre operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

Cabe recordar, que el programa de monitoreo mencionado en el párrafo anterior, para el subcomponente de flora y vegetación propuestos en el Plan de Manejo Biótico (RCA y Adenda 5), incluía 24 estaciones o puntos de monitoreo, con 10 puntos en el sector de Peine y 14 puntos en el sector La Punta - La Brava, sector que incluye los subsectores de La Punta, La Brava y Tilopozo. Posteriormente, y que se incluyeron siete puntos como áreas de control de la vegetación en sectores de laguna. Éstas son parte del Plan de Manejo Biótico y fueron propuestas por Albemarle (ex.Rockwood) a la autoridad ambiental competente, a través de Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016 aprobado en Ord. SAG N°315/2016. Los 7 puntos que se mencionan, se traducen en transectas que 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**). Es importante mencionar que en la campaña de verano de 2019 no se pudo acceder al área de la Reserva Nacional Los Flamencos, que incorpora los sectores Soncor - Aguas de Quelana, por indicación de la Comunidad Atacameña de Toconao y de CONAF, por lo que no pudieron replicarse las tres transectas localizadas en Aguas de Quelana (T15, T16 y T17), al igual que para la transecta localizada en Soncor (T14), la cual no ha tenido acceso desde el primer monitoreo, principalmente por daños en el camino de acceso vehicular, e inundaciones en

el acceso a la transecta ubicada en Soncor (**Revisar carta comunidad en Anexo I Vegetación y Flora**).

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 concinna</i>	T10	T10i	577230	7374967	2.302	NE
				T10f	577264	7375004		
La Punta	VLP1	Herbazal de <i>Triglochin concinna</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		

SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
	VLP3	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	T13	T13i	580099	7376130	2.304	NE
				T13f	580149	7376130		
Soncor**	VS*	Área desprovista de vegetación	T14	T14i	585970	7418664	2.300	SO
		Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>		T14f	585937	7418624		
Quelana**	VQ*	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T15	T15i	593317	7403472	2.301	SO
				T15f	593279	7403439		
	T16	T16i	591112	7405899	2.296	NE		
		T16f	591159	7405919				
T17	T17i	591450	7405511	2.299	SO			
	T17f	591402	7405498					
Tilopozo	VT1	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	T18	T18i	576735	7370058	2.306	SO
				T18f	576733	7370008		
	VT2	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	T19	T19i	577853	7370416	2.307	SO
		Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>		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		
	VT2	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T22	T22i	578107	7369841	2.306	SO
				T22f	578068	7369811		
	VT4	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T23	T23i	578198	7369527	2.307	SO
				T23f	578153	7369506		
	VT4	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T24	T24i	577922	7369310	2.310	SO
				T24f	577879	7369283		
	VT4	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T25	T25i	577901	7369109	2.311	SO
T25f				577851	7369103			
VT5	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T26	T26i	571909	7375029	2.303	SE	

SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
				T26f	571931	7374985		
	VT6	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T27	T27i	571081	7377447	2.304	NO
				T27f	571031	7377448		
	VTM1*	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>		T28	T28i	580249		
			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;

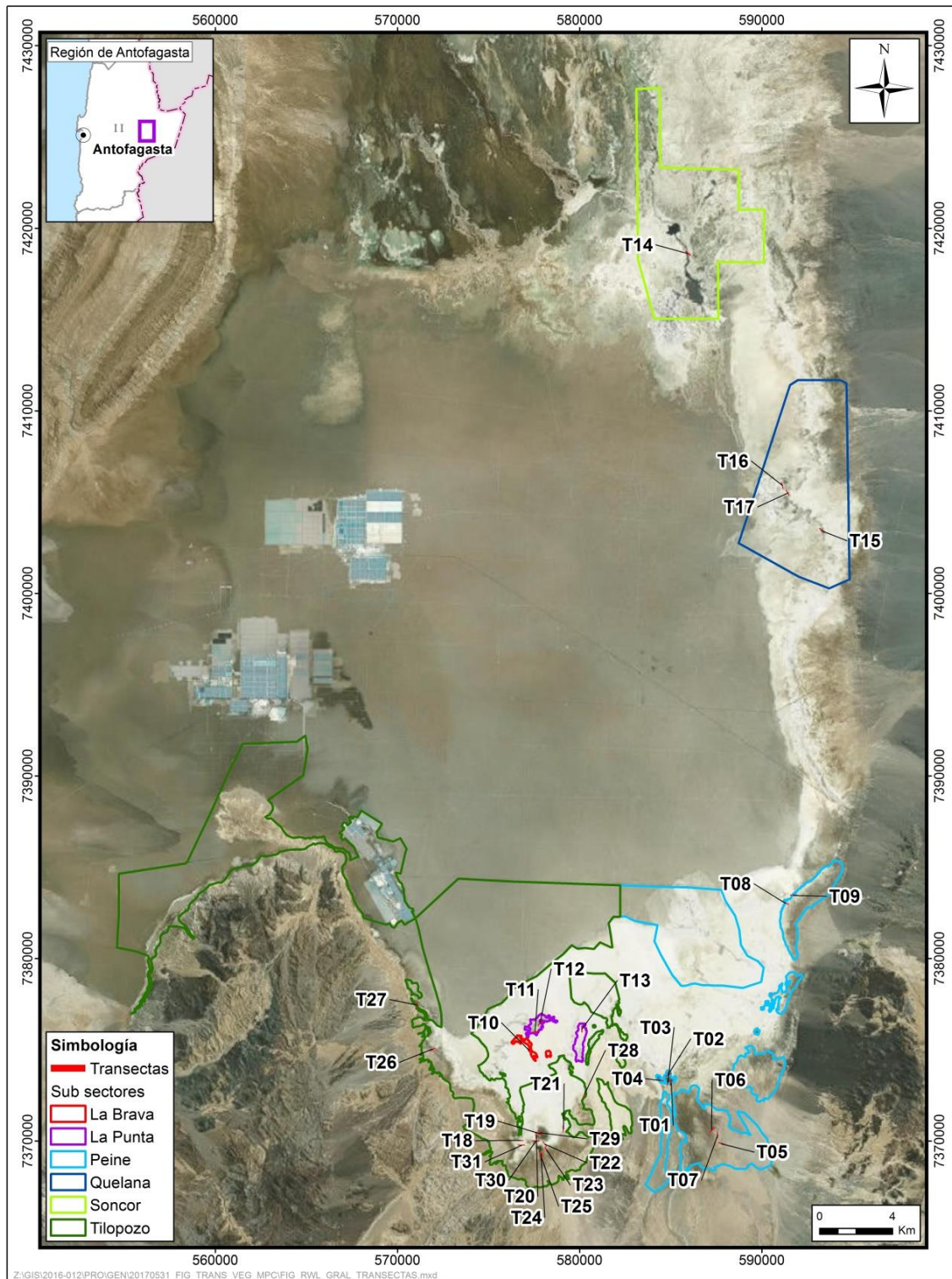
VTM1*: Cabe señalar que en Plan de Manejo Biótico (PMB 2015) esta transecta fue identificada para el sector Peine, la cual se muestra en el sector de Tilopozo para efectos del Seguimiento, por mayor cercanía a este sector, identificando la transecta T28 al sector Tilopozo;

VQ* y **VS***: Puntos asociados al Sector Soncor y Quelana en el informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación transectos de Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016), aprobado a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL; y el cual determina las transectas y su metodología para la evaluación pre operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

** : Subsector Aguas de Quelana sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso al área; y subsector Soncor sin muestreo en Monitoreo 6 debido a restricciones de acceso y malas condiciones de caminos, del que se conoce no registra cobertura vegetal

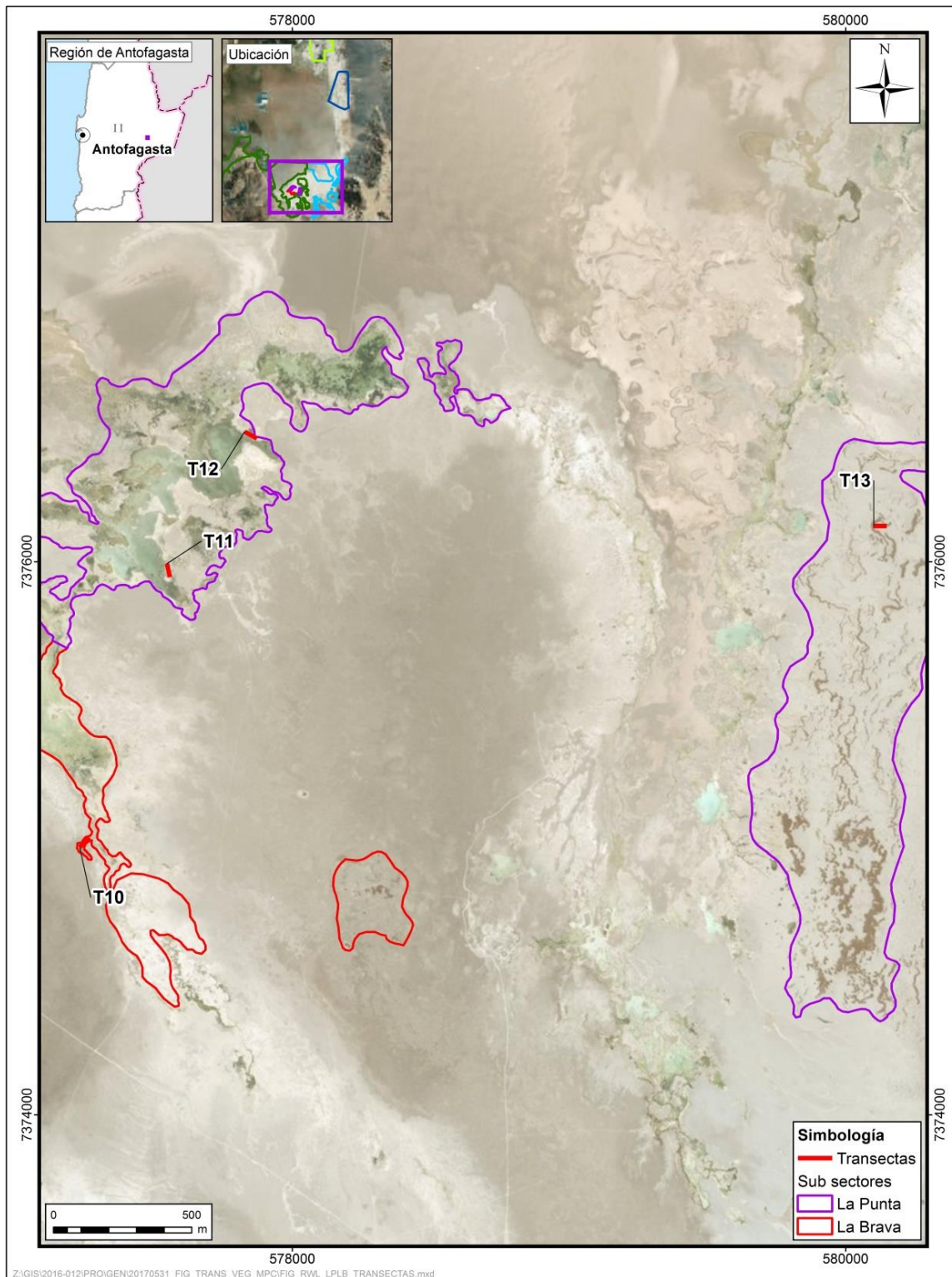
Fuente: Elaboración propia.

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



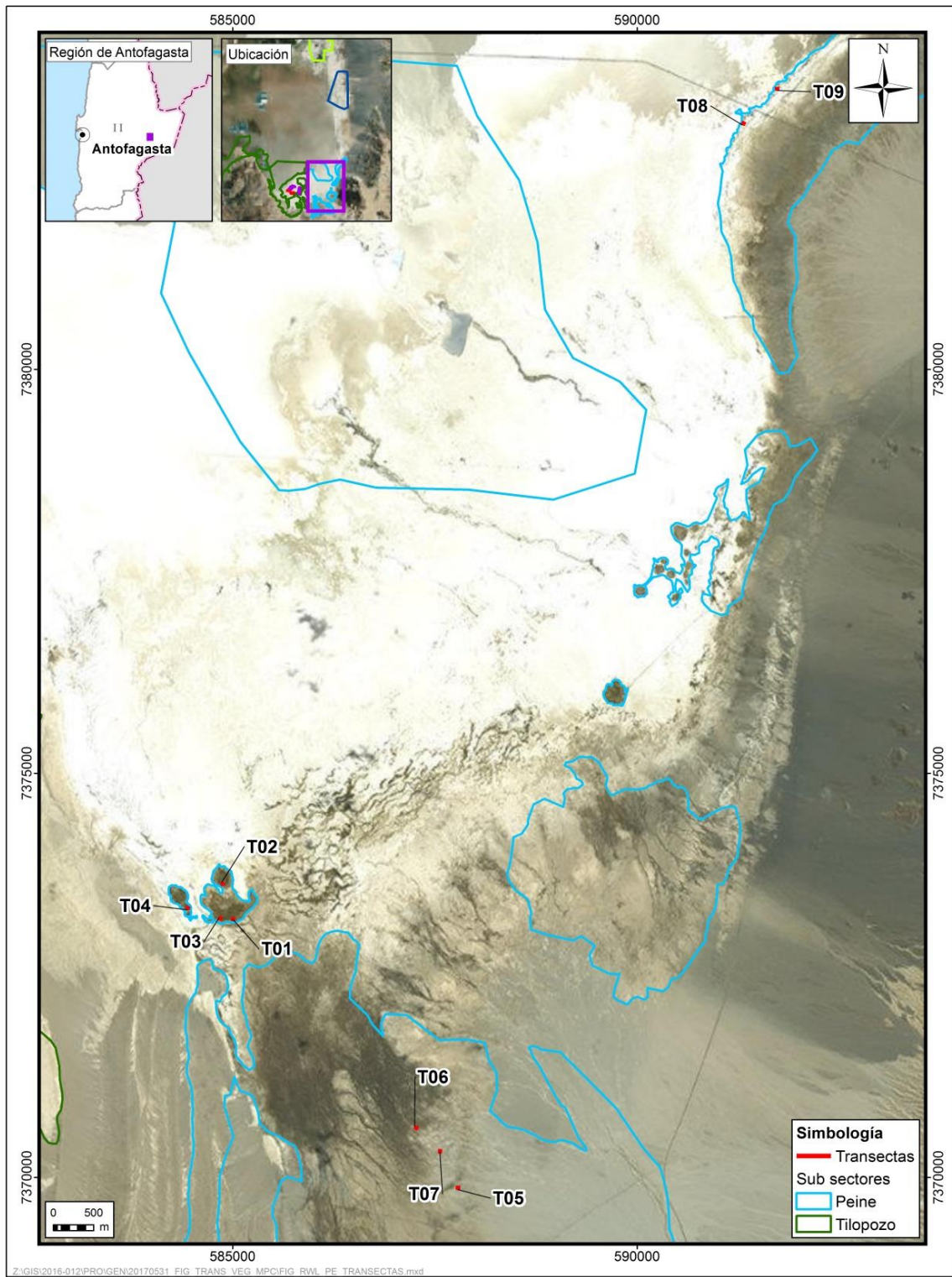
Fuente: Elaboración propia.

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.



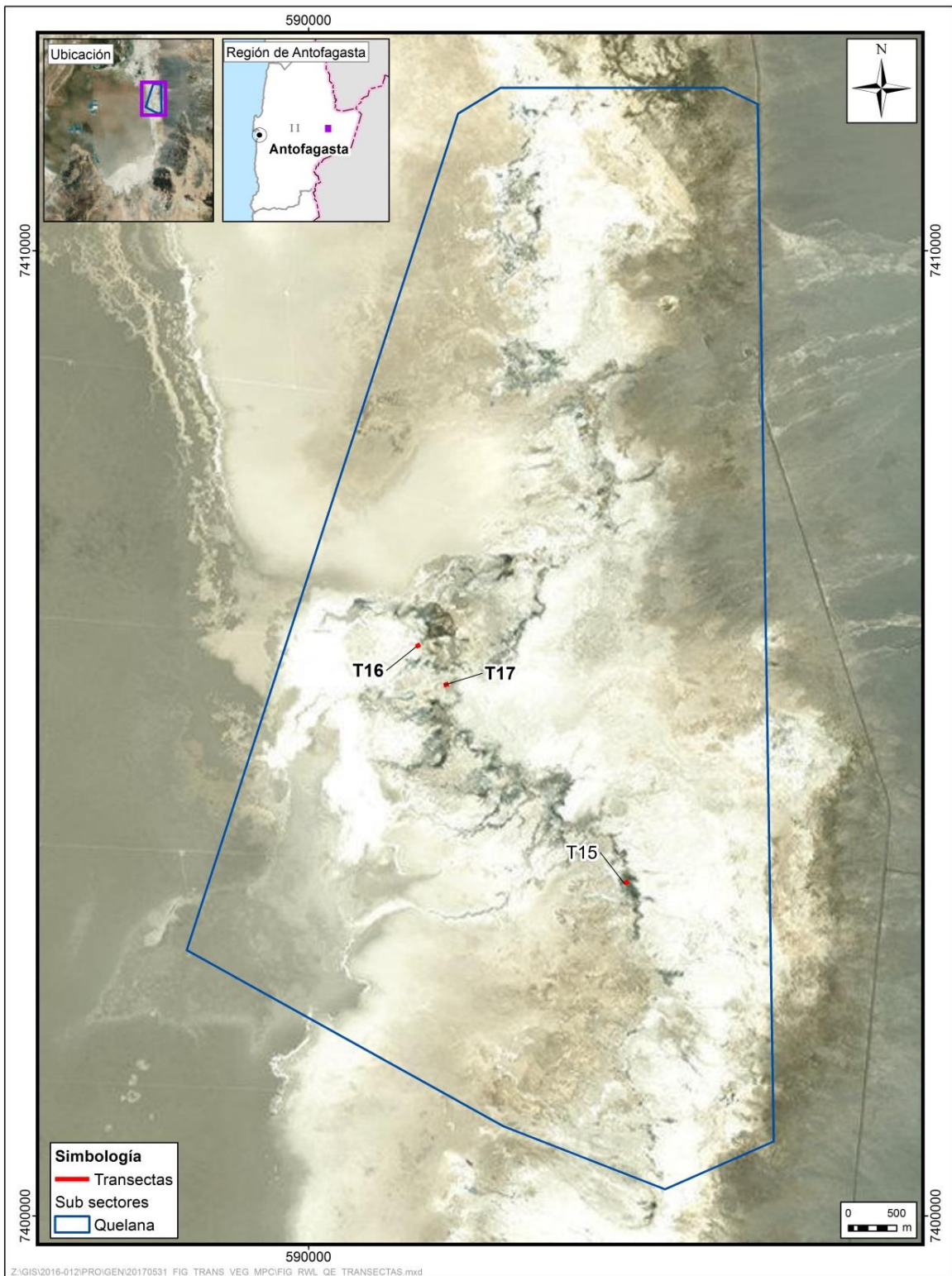
Fuente: Elaboración propia.

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



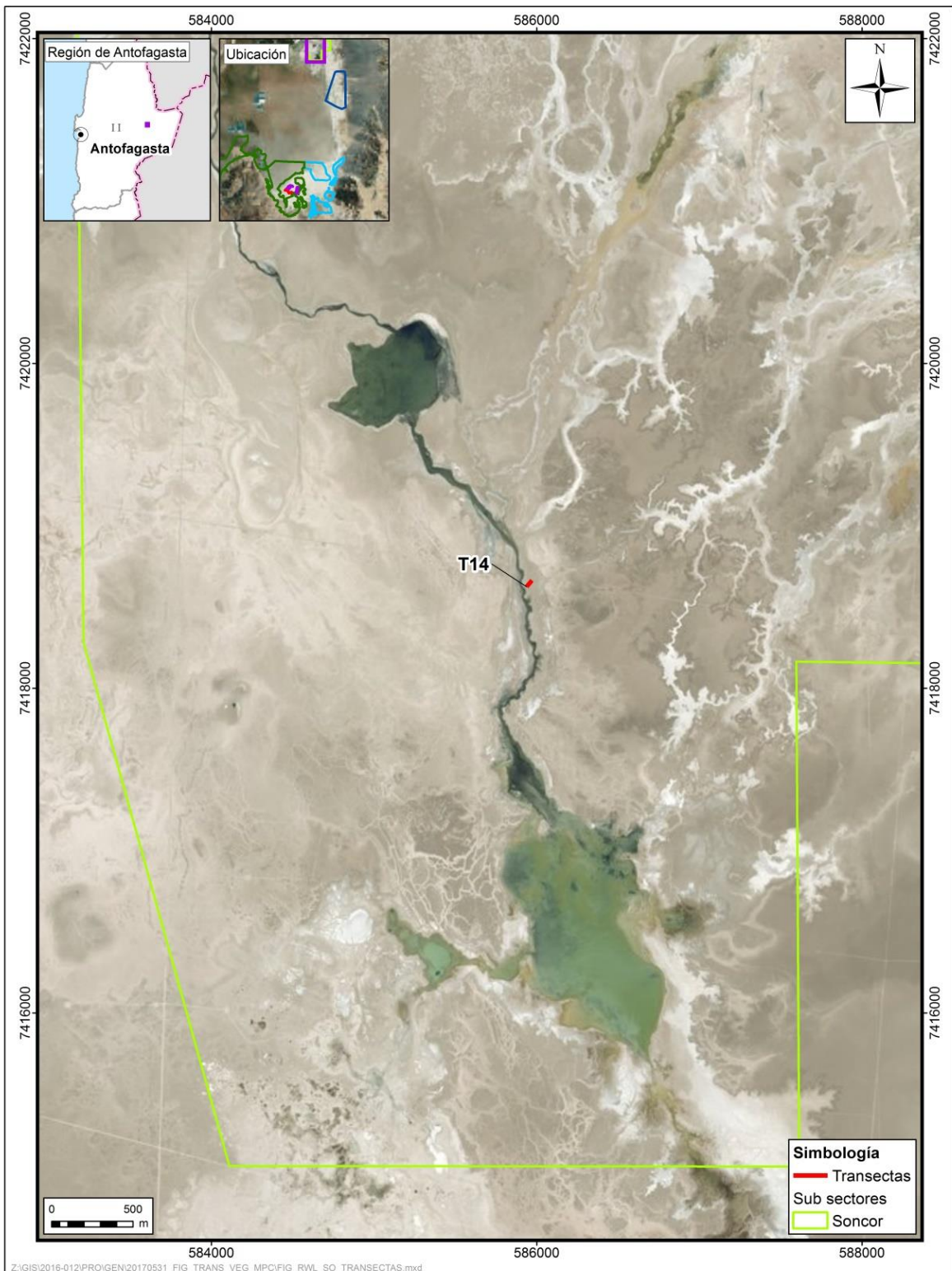
Fuente: Elaboración propia.

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



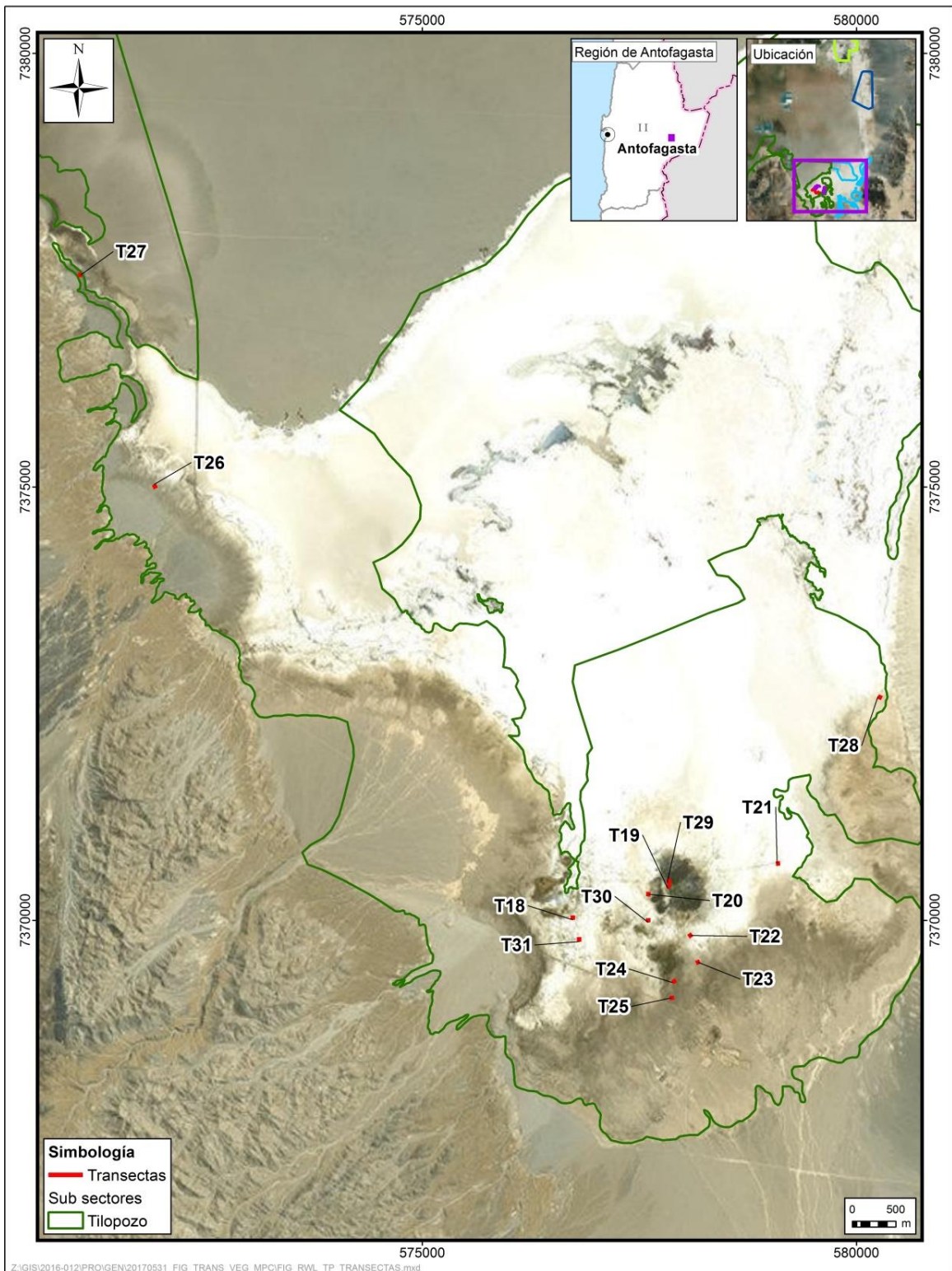
Fuente: Elaboración propia.

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 (rastrojo).

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 I 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.

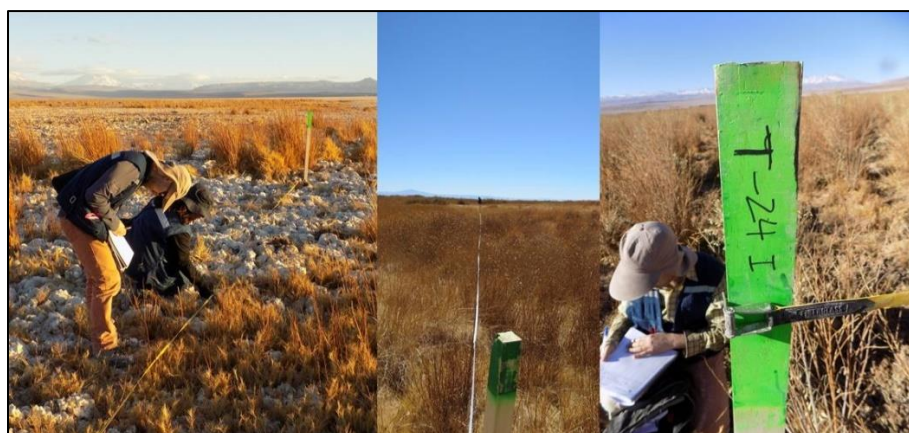
El método de intercepto de puntos en transectos, entrega una estimación de coberturas más precisas que el uso de grillas, para la misma cantidad de puntos muestreados

(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 realiza en cada campaña estacional, y se divide en tres fases: i) validación de la formación vegetal, ii) registro de características físicas del terreno y iii) la caracterización de la flora.

En primer lugar, se verifica la formación vegetal de la transecta en base a la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT) modificada de Etienne & Prado (1982), en base a la caracterización de la vegetación realizada para toda el área de estudio según lo presentado en los resultados de vegetación (COT). En este proceso, se observaron y registraron los siguientes parámetros:

- El estrato biológico dominante (tipo de formación), permitiendo distinguir y clasificar los tipos biológicos presentes en la formación vegetal.

- Las especies dominantes, definidas como aquellas especies que presentan el mayor porcentaje de cobertura,
- La cobertura total de la transecta, que representa la proporción del terreno que es ocupada por la vegetación o por su proyección horizontal, y
- El grado de alteración de la vegetación, a través de un índice, en relación 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

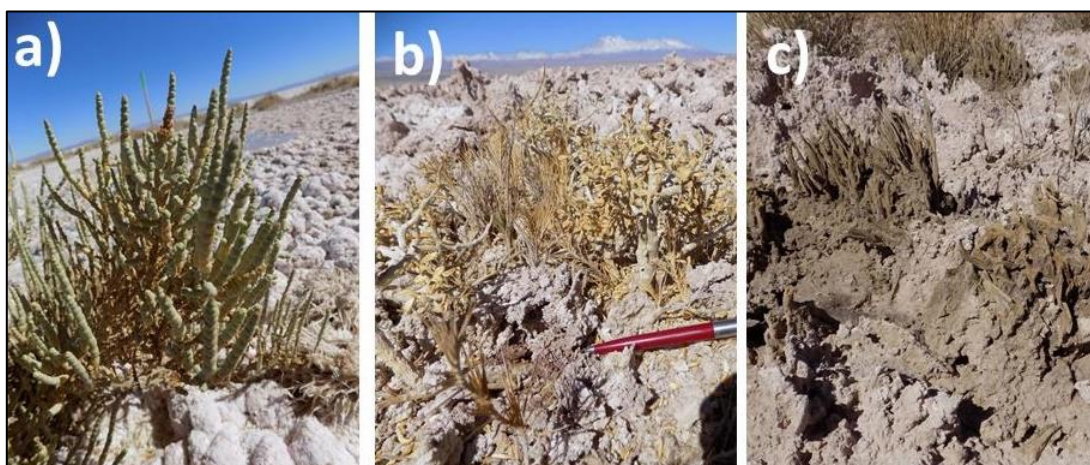
Fuente: Elaboración propia

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.

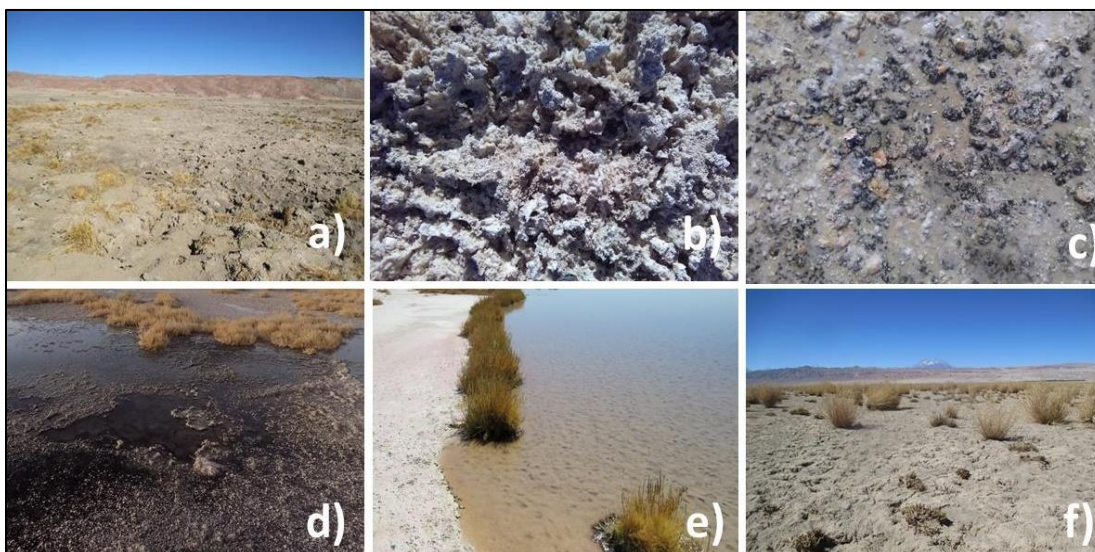
Fuente: Elaboración propia

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. Se identifican como “otros recubrimientos” para el seguimiento de sus coberturas, correspondientes a las siguientes clases:

- **Costra salina:** corresponde al recubrimiento de suelo con alto contenido salino y que puede identificarse visualmente como afloramiento salino.
- **Costra salina terrosa:** costra salina y con presencia de recubrimiento de suelo el cual presenta textura terrosa.
- **Costra salina saturada:** costra salina con un contenido de humedad que se encuentra en el límite superior de almacenamiento de agua o en su capacidad de campo.

- **Costra salina sobresaturada:** costra salina con un contenido de humedad el cual sobrepasa su límite superior de almacenamiento de agua o su capacidad de campo, por lo tanto, se observa un suelo anegado.
- **Agua superficial:** corresponde al sustrato cuyo contenido de humedad supera su capacidad de almacenamiento, generándose una película de agua sobre la superficie del suelo. Dependiendo de la cantidad de agua, y de la morfología del terreno puede observarse como un cuerpo de agua.
- **Sustrato terroso:** corresponde a sustrato de suelo desnudo en cuya textura se observa un bajo contenido salino y predomina la apariencia de suelo de textura terrosa.

Fotografía N° 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 coordenadas¹³ 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.

¹³ UTM (Universal Transversal de Mercator)

Posteriormente, se desarrolló un trabajo de revisión y sistematización de la información (**Anexo II de Vegetación y Flora**), comparando la información proveniente de los formularios, con los registros preexistentes de las formaciones vegetales y de la flora con nombres científicos verificados, y las fotografías de terreno. Esto, en conjunto con las observaciones provenientes de terreno, permite validar o reclasificar cuando fue necesario, las distintas formaciones vegetales y composición florística de cada transecta.

Para el análisis de coberturas de la vegetación y flora en su condición estacional, se realizan distintos cálculos para obtener la cobertura absoluta de las especies por transecta, el promedio de la cobertura absoluta en las transectas y el promedio de la cobertura absoluta en los sectores.

El cálculo del porcentaje de cobertura absoluta de las especies, se realiza asumiendo que la probabilidad que un taxa intercepte la recta proyectada en los puntos a lo largo de la transecta, es en función de su cobertura (Mueller-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)**

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

Donde:

$\sum Cat$ = 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 5 de transectas, invierno 2018, se llevó a cabo en una campaña de terreno, ejecutada durante la estación de invierno, entre los días 14 y 17 de agosto de 2018.

El Monitoreo 6, de verano 2019, se desarrolló en una campaña durante el período tardío de verano en situación post lluvias, entre 27 y 31 de marzo de 2019.

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).

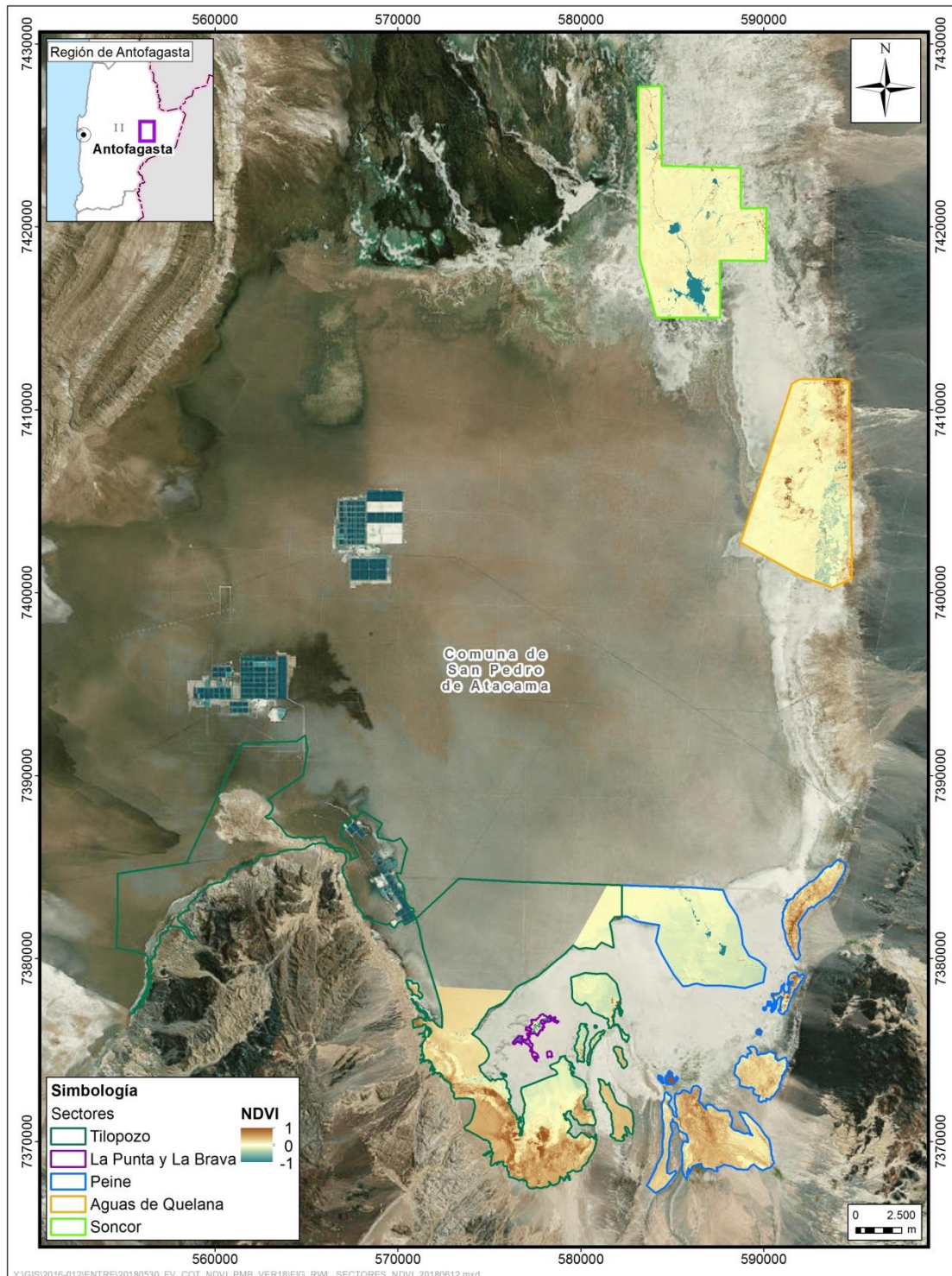
La superficie de la cobertura vegetal activa, se calcula a partir del **Índice de Vegetación Normalizado** (NDVI por su sigla en inglés), siendo éste el establecido en el Apéndice B del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, y siendo éste el índice más usado en los análisis de la vegetación mediante imágenes 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 2019: (i) Tilopozo, (ii) La Punta y La Brava, (iii) Peine, (iv) Aguas de Quelana y (v) Soncor (**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 seguimiento utilizado en el presente análisis, corresponde a las **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.

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 a los valores mínimos y máximos históricos 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 multispectrales 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 multispectrales de alta resolución usadas en el presente estudio, provienen del sensor Pleiades-1A de marzo 2019. En su conjunto, las imágenes 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; Multispectral, 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 I 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 de alta resolución 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 ($W / (m^2 * sr * \mu m)$)¹⁴. 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).

¹⁴ Dónde: W: Watts; m²: metro cuadrado; sr: estereorradián; μm : micrómetro.

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).

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.

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 y su cobertura vegetal, para lograr representar el patrón de distribución espacial de la vegetación activa.

Siguiendo dicho patrón de distribución, los umbrales se calculan en consideración del método de clasificación de datos “Quiebres naturales” o “*Natural breaks*”¹⁵, para cada formación vegetal (polígonos) definidas en la COT, considerando la cobertura de verano de 2019. En algunos casos de Matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa* y Matorral hídrico – Vega de *Sarcocornia fruticosa* y *Nitrophila atacamensis* se consideró un umbral >0 , ya que en valores menores se incorporan áreas inundadas, lo que es propio del NDVI¹⁶.

¹⁵ 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).

¹⁶ El agua tiene reflectancia $R > IRC$, por lo tanto valores negativos de NDVI.

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 compara con los valores históricos de línea de base, indicados por formación vegetal y por sector (**Tabla N° 5-18**).

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

La captura de imágenes Pleiades 1A se realizó con fecha de marzo 2019 (en detalle **metadata imágenes satelitales en Anexo I Vegetación y Flora**), cuyo análisis se complementa con la información levantada durante la campaña de terreno post lluvias estivales en la región, realizada durante los días 27 y 31 de marzo de 2019.

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

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA		
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN	
Tilopozo - La Punta y La Brava	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)	
		Áreas industriales	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)	
		Cuerpos de agua	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)	
	Zonal	Matorrales	Matorral de <i>Ephedra breana</i>		>0,272	Quiebres naturales (LB3)
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>		>0,348	Quiebres naturales
	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>		>0,355	Quiebres naturales (H5)
			Vega de <i>Juncus balticus</i>		>0,159	Quiebres naturales
			Vega de <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>		>0,231	Quiebres naturales
			Vega de <i>Nitrophila atacamensis</i> y <i>Triglochin concinna</i>		>0,105	Quiebres naturales
			Vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>		>0,195	Quiebres naturales
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>		>0,275	Quiebres naturales
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>		>0,502	Quiebres naturales
		Vega de <i>Triglochin concinna</i>		>0,157	Quiebres naturales	
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>		>0,336	Quiebres naturales (LB3H2)
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>		>0,297	Quiebres naturales
	Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>			>0,229	Quiebres naturales	
	Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Juncus balticus</i>			>0,202	Quiebres naturales	
	Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>			>0,300	Quiebres naturales	
Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>		>0,225	Quiebres naturales			

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA		
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	>0,293	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	>0,219	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Triglochin concinna</i> y <i>Nitrophila atacamensis</i>	>0,142	Quiebres naturales	
			Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	>0,138	Quiebres naturales	
Peine	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)	
		Cuerpos de agua	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)	
	Zonal	Matorrales	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>		>0,194	Quiebres naturales
			Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>		>0,175	Quiebres naturales
			Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Adesmia imbricata</i>		>0,171	Quiebres naturales
			Matorral de <i>Adesmia imbricata</i>		>0,191	Quiebres naturales
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>		>0,348	Quiebres naturales
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>		>0,238	Quiebres naturales
	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>		>0,355	Quiebres naturales (H5)
			Vega de <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>		>0,217	Quiebres naturales
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>		>0,624	Quiebres naturales
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>		>0,502	Quiebres naturales
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>		>0,336	Quiebres naturales (LB3H2)
			Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>		>0,206	Quiebres naturales
Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>				>0,233	Quiebres naturales	
Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>				>0	Valores >0	
Aguas de Quelana	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)	
		Cuerpos de agua	-	>0,349	Quiebres naturales sector	

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA	
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN
					sur (TL/ PB/PE)
	Zonal	Matorrales	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	>0,349	Quiebres naturales
			Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Lycium humile</i>	>0,090	Quiebres naturales
	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,355	Quiebres naturales (H5)
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,336	Quiebres naturales (LB3H2)
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Nitrophila atacamensis</i>	>0	Valores >0
			Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	>0,219	Quiebres naturales
			Matorral hídrico - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,040	Quiebres naturales
			Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	>0	Valores >0
Soncor	No aplica	Áreas desprovistas de vegetación	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)
		Cuerpos de agua	-	>0,349	Quiebres naturales sector sur (TL/ PB/PE)
	Azonal	Humedales	Vega de <i>Distichlis spicata</i>	>0,355	Quiebres naturales (H5)
		Matorral - Humedal	Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	>0,336	Quiebres naturales (LB3H2)

Fuente: Elaboración propia.

5.2 RESULTADOS

5.2.1 RESULTADOS COBERTURA Y VEGETACION (COT)

5.2.1.1 Resultados del muestreo campaña de invierno de 2018

5.2.1.1.1 Caracterización de la vegetación en el área de estudio

De acuerdo a los resultados de invierno 2018, se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación representada por un 78,1% de superficie del área de estudio, mientras que la cobertura vegetal se extiende en una superficie de 7.238,9 hectáreas (22,0% del área de estudio), ver **Tabla N° 5-19**. En cuanto a superficie con vegetación, se observa una representatividad de 8,7% con vegetación zonal y un 13,2% con vegetación azonal. Dentro de los tipos de formaciones, se identificaron cinco formaciones de matorrales zonales, clasificadas según dominancia; seis formaciones vegetales azonales de humedal, clasificadas de acuerdo a la dominancia de sus especies, y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral – vega, y tres de matorral hídrico – vega, agrupadas según la dominancia de sus especies.

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.626,8 hectáreas (4,9%), y los de *Atriplex atacamensis* con 542,8 hectáreas (1,6%), ambos concentrados en el sector de Peine (**Figura N° 5-11**). Por otra parte, en la vegetación azonal son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 970,1 hectáreas (2,9%) y las vegas de *Juncus balticus* con 241,6 hectáreas (0,7%), ambas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo (**Figura N° 5-10**), los matorrales hídricos de *Sarcocornia fruticosa* con 209,1 hectáreas (0,6%) distribuido principalmente en el sector Aguas de Quelana (**Figura N° 5-9**), y la formación mixta matorral – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, con una superficie de 2.139,3 hectáreas (6,5%) distribuida de manera más homogénea entre los sectores Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana. En la **Tabla N° 5-19** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, su representatividad en función de las unidades cartográficas (polígonos) y 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, invierno de 2018.

TIPO DE RECUBRIMIENTO <i>RECUBRIMIENTO DE SUELO</i> Tipo de formación o recubrimiento <i>Formación vegetal</i>	SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)					TOTAL		
	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana	Soncor	UC*	ha	%
OTROS RECUBRIMIENTOS	14.408,0	58,2	2.936,0	3.435,4	4.993,5	84	25.831,1	78,1
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	13.154,2	18,4	2.864,3	3.410,1	4.749,3	50	24.196,3	73,2
Salares	12.539,7	18,4	2.707,3	3.410,1	4.749,3	33	23.424,7	70,8
Áreas denudadas	614,5		157,0			17	771,5	2,3
AREAS INDUSTRIALES	1.245,2					4	1.245,2	3,8
Centros industriales	1.198,1					1	1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					3	47,1	0,1
CUERPOS DE AGUA	8,6	39,8	71,8	25,4	244,2	30	389,6	1,2
Lagunas	8,6	39,8	71,8	25,4	244,2	30	389,6	1,2
VEGETACIÓN ZONAL	583,0		2.181,0	114,8		28	2.878,7	8,7
MATORRALES	583,0		2.181,0	114,8		28	2.878,7	8,7
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>			542,8			2	542,8	1,6
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>			69,5			2	69,5	0,2
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>	491,1					9	491,1	1,5
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	91,8		1.420,2	114,8		14	1.626,8	4,9
<i>Matorral de Ai</i>			148,5			1	148,5	0,4
VEGETACIÓN AZONAL	2.063,2	60,3	808,0	1.404,0	24,8	101	4.360,2	13,2
HUMEDALES	1.043,2	19,1	108,2	203,9	16,9	67	1.391,4	4,2
<i>Vega con dominancia de dp</i>	661,8	2,3	85,2	203,9	16,9	41	970,1	2,9
<i>Vega con dominancia de jb</i>	241,6					7	241,6	0,7
<i>Vega con dominancia de tc</i>	24,5	13,6				2	38,1	0,1
<i>Vega de nia tc</i>		3,3				1	3,3	0,0

TIPO DE RECUBRIMIENTO <i>RECUBRIMIENTO DE SUELO</i>	SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)					TOTAL		
	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana	Soncor	UC*	ha	%
Tipo de formación o recubrimiento								
<i>Formación vegetal</i>								
<i>Vega de ph dp sca</i>	42,5					1	42,5	0,1
<i>Vega con dominancia de sca</i>	72,7		23,0			15	95,7	0,3
MATORRAL - HUMEDAL	1.019,9	41,1	699,8	1.200,1	7,8	34	2.968,9	9,0
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	145,3		3,4			8	148,7	0,4
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	18,2	41,1	9,0	335,2		7	403,6	1,2
<i>Matorral hídrico con dominancia de Lh</i>	49,6					3	49,6	0,2
<i>Matorral hídrico con dominancia de Sf</i>				209,1		6	209,1	0,6
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>				18,6		1	18,6	0,1
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	806,8		687,4	637,3	7,8	9	2.139,3	6,5
Total general (ha)	17.054,1	118,5	5.925,0	4.954,2	5.018,2	213	33.070,1	100
Total general (%)	51,6	0,4	17,9	15,0	15,2	100		

Donde: Códigos especies arbustivas: Aa: *Atriplex atacamensis*, Ad: *Aloisia deserticola*, Ai: *Atriplex imbricata*, Eb: *Ephedra breana*, Lh: *Lycium humile*, Sf: *Sarcocornia fruticosa*, Tb: *Tessaria absinthioides*; Especies herbáceas: bj: *Baccharis juncea*, dp: *Distichlis spicata*, jb: *Juncus balticus*, ph: *Phragmites australis*, sca: *Schoenoplectus californicus*, tc: *Triglochin concinna*; UC: número de unidades cartográficas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al proceso de mejoramiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 5-20**, se presenta un resumen de las coberturas y de las especies dominantes por formación vegetal.

Como se observa en la **Tabla N° 5-19**, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (41 unidades) y a su vez, las unidades de esta formación presentan una variación de cobertura vegetal, de escasa a densa (5% a 90%; ver **Tabla N° 5-20**). En contraste, cuatro formaciones vegetales están representadas por una unidad cartográfica.

Particularmente en Soncor, durante el proceso de actualización de la COT, se realizó la delimitación de la vegetación según este método, dado que durante la línea base (Adenda 5 RWL, 2015) este sector se reportó como “Área Soncor”. A partir de esto, en el sector destaca la principal ocupación de áreas desprovistas de vegetación con 4.749,3 hectáreas (73,2% del sector), mientras que en la superficie restante existen formaciones vegetales azonales de vega (16,9 hectáreas), matorral – vega (7,8 hectáreas) y cuerpos de agua (244,2 hectáreas). Los resultados en detalle se pueden revisar en los anexos cartográficos de invierno 2018 (**Anexo I Vegetación y Flora**).

Tabla N° 5-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Invierno 2018.

RECUBRIMIENTO DE SUELO <i>Formación vegetal</i>	Especies Dominantes	Cobertura vegetal Rango*	
		LB	H
VEGETACIÓN ZONAL			
MATORRALES			
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>	Aa cid Tt	4(3-4)	4
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	Ad Aa Ai cis cid	3	4
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	2
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>	Eb dp	3(2-3)	2
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	Tb Aa Lh	4(2-5)	1
VEGETACIÓN AZONAL			
HUMEDALES			
<i>Vega de ph dp sca</i>	ph dp sca		5
<i>Vega con dominancia de dp</i>	dp bj	1	4(2-6)
<i>Vega con dominancia de jb</i>	jb dp	1	4(3-4)
<i>Vega con dominancia de sca</i>	sca bj dp		5(2-7)
<i>Vega con dominancia de tc</i>	tc	1	4(3-4)
<i>Vega de nia tc</i>	nia tc		2
MATORRAL - HUMEDAL			
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	Tb dp	4(3-4)	4(2-5)
<i>Matorral hídrico con dominancia de Lh</i>	Lh	3	
<i>Matorral hídrico con dominancia de Sf</i>	Sf	3(2-3)	
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	Lh dp sca jb bj	3(2-4)	4(3-4)
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	Sf dp bj sca nia pu tc	4(2-5)	4(2-5)
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>	Tb Lh dp	3	2
Total Unidades cartográficas con cobertura vegetal			

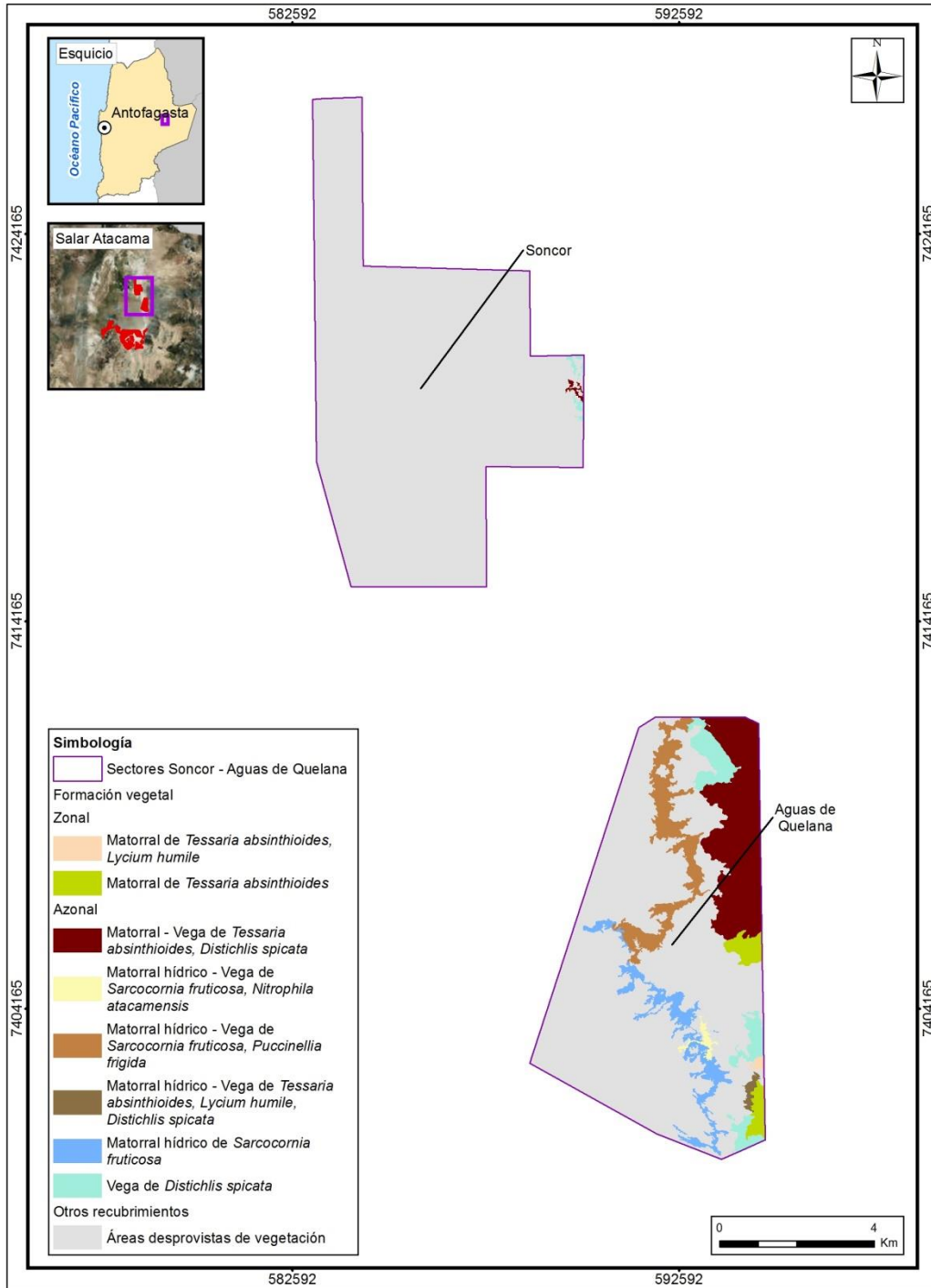
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Dónde:

COT: Carta Ocupación de Tierras			
Cobertura vegetal (%)	Códigos de especies	Herbáceas (H):	
1 muy escasa (1-5)	Arbustivas (LB):	bj	<i>Baccharis juncea</i>
2 escasa (5-10)	Aa <i>Atriplex atacamensis</i>	cid	<i>Cistanthe densiflora</i>
3 muy clara (10-25)	Ad <i>Aloysia deserticola</i>	cis	<i>Cistanthe salsoloides</i>
4 clara (25-50)	Ai <i>Atriplex imbricata</i>	dp	<i>Distichlis spicata</i>
5 poco densa (50-75)	Eb <i>Ephedra breana</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>

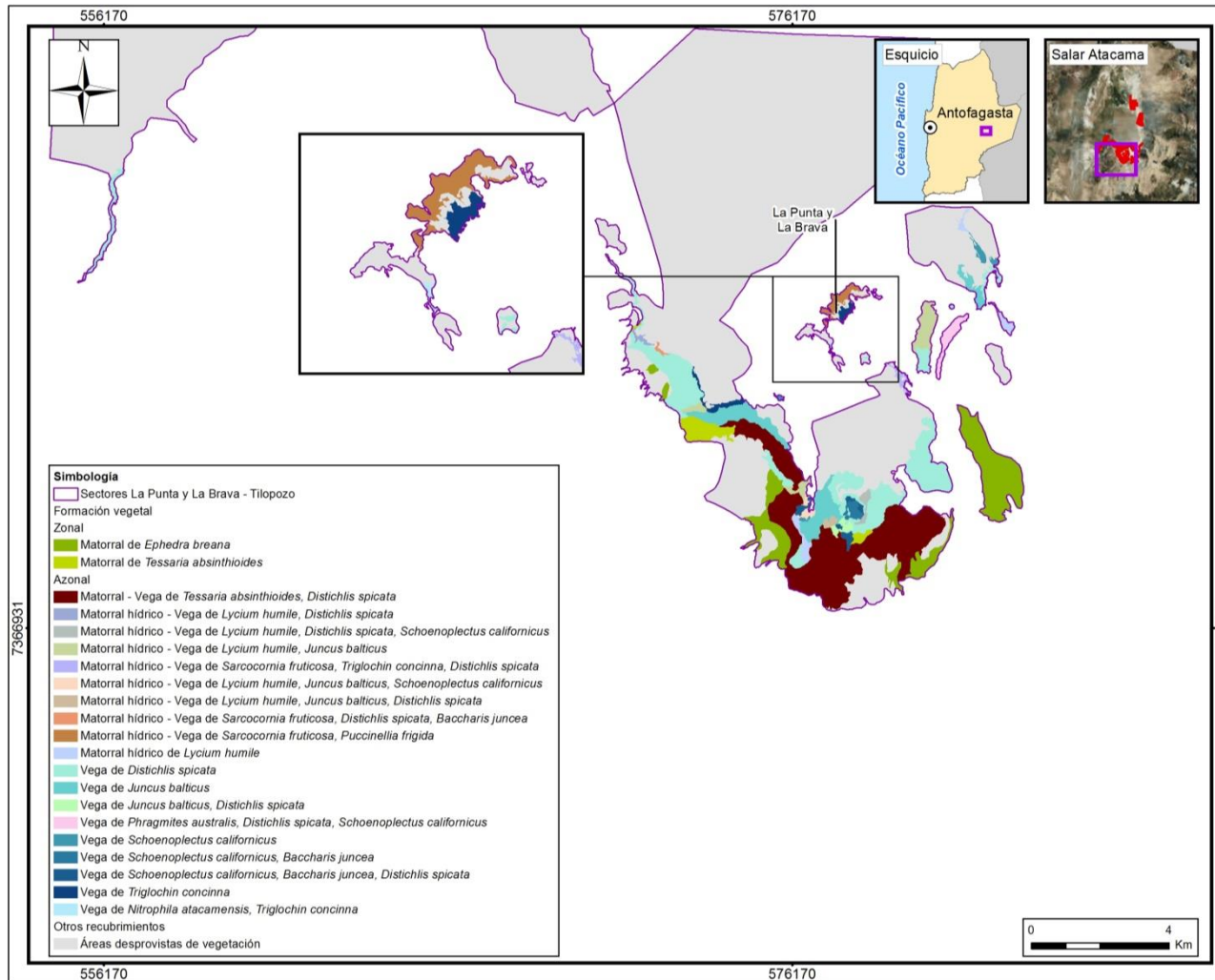
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-9. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Invierno de 2018.



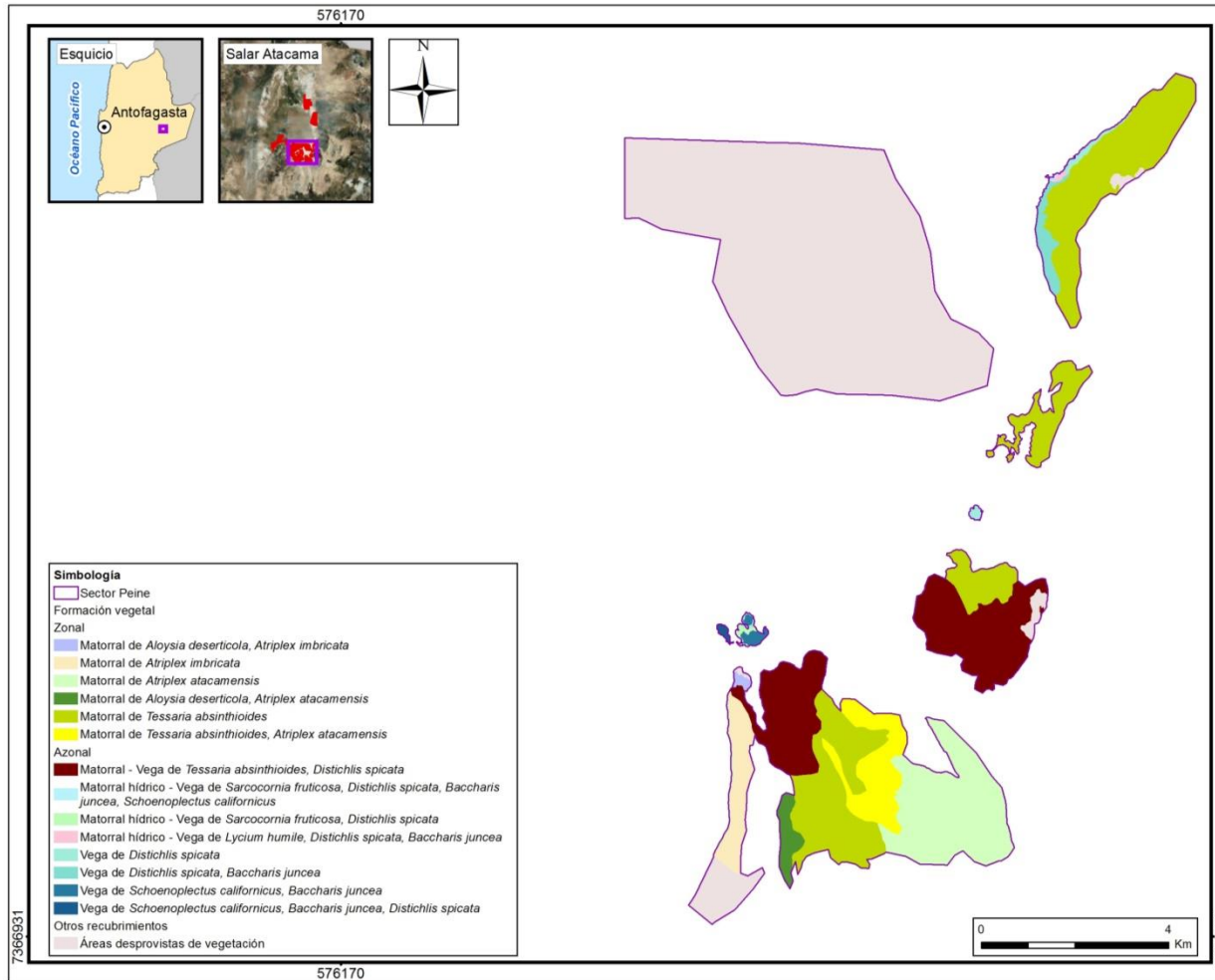
Fuente: Elaboración propia

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 en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Invierno de 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-11. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Invierno de 2018.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.2 Formaciones vegetales - invierno 2018

A continuación, como resultado de la campaña de invierno 2018, 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 figuras previas presentadas, **Figura N° 5-9**, **Figura N° 5-10** y **Figura N° 5-11**, se muestra 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. Los resultados de la cartografía para el monitoreo de invierno de 2018 se pueden revisar en detalle en los anexos cartográficos (**Anexo I Vegetación y Flora**).

a) Vegetación Zonal

- *Matorral con dominancia de **Atriplex atacamensis***

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex atacamensis* “cachiyuyo”, donde destacan otras especies acompañantes como *Tiquilia atacamensis* y la herbácea *Cistanthe densiflora*. La cobertura vegetal varía entre muy clara y clara (10 a 50%) para el estrato arbustivo y clara (25-50%) para el herbáceo (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en dos unidades cartográficas ubicadas en el sector de Peine, abarcando una superficie de 542,8 hectáreas, que representa un 1,6% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral con dominancia de **Aloysia deserticola***

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Aloysia deserticola* “rica-rica”, donde destacan otras especies acompañantes como *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata* y las herbáceas *Cistanthe densiflora* y *Cistanthe salsoides*. La cobertura vegetal se observa como muy clara (10 a 25%) para el estrato arbustivo y clara (25-50%) para el herbáceo (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en dos unidades cartográficas ubicadas principalmente en el sector de Peine, abarcando una superficie de 69,5 hectáreas, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral de **Atriplex imbricata***

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex imbricata* “ojalar”, donde destaca la herbácea *Cistanthe densiflora* como especie acompañante en la formación. La cobertura vegetal es muy clara (10 a 25%) para el estrato arbustivo y escasa (5-10%) para el herbáceo (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación está representada por una unidad cartográfica ubicada en el sector de Peine, abarcando una superficie de 148,5 hectáreas, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral de Ephedra breana*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Ephedra breana* “pingo-pingo”, acompañada de la herbácea *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo con una cobertura vegetal que varía entre escasa y muy clara (5 a 25%), y una cobertura herbácea muy escasa (5-10%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en nueve unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 491,1 hectáreas, que representa un 1,5% 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” donde destaca el arbusto *Atriplex atacamensis* como especie acompañante en la formación y *Lycium humile*. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo que varía de escasa a poco densa (5 a 75%), y un estrato herbáceo presente muy escaso (1-5%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en 14 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana. Es la formación zonal más representativa, abarcando una superficie de 1.626,8 hectáreas, que representa un 4,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

Fotografía N° 5-4. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal. Invierno 2018.



Donde a: *Matorral de Tessaria absinthioides* en Tilopozo y b: *Matorral de Tessaria absinthioides* en Peine.
Fuente: Elaboración propia.

b) Vegetación Azonal

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

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Phragmites australis* “carrizo”, *Distichlis spicata* “grama salada” y *Schoenoplectus californicus* “junco”. La cobertura vegetal observada es poco densa (50 a 75%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación está representada por una unidad cartográfica en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 42,5 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega con dominancia de Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”, y en algunas unidades se observa como acompañante la especie *Baccharis juncea*. La cobertura vegetal varía de escasa a densa (5 a 90%) entre sus unidades, presentando alguna de ellas cobertura arbustiva muy escasa (1-5%) (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en 41 unidades cartográficas ubicadas en todos los sectores del área de estudio, Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine, Quelana y Soncor. Es la formación azonal más representativa, abarcando una superficie de 970,1 hectáreas, que representa un 2,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega con dominancia de Juncus balticus*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus* “junquillo”, siendo acompañado en una unidad por la especie *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades, pudiendo existir un estrato arbustivo de cobertura muy escasa en algunas unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en siete unidades cartográficas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 241,6 hectáreas, que representa un 0,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega con dominancia de Schoenoplectus californicus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* “junco”, y como especies acompañantes *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de escasa a muy densa (5 a 100%) entre sus unidades, frecuentemente con unidades poco densas a muy densas (>50%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en 15 unidades cartográficas en el sector de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 95,7 hectáreas, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de con dominancia de Triglochin concinna*

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

Esta formación se observó en dos unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 38,1 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Nitrophila atacamensis y Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal observada es escasa (5 a 10%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación está representada por una unidad cartográfica en el sector de La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 3,3 hectáreas, que representa un 0,01% 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 representado por el arbusto *Tessaria absinthioides* “brea”, junto a un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía entre muy clara y clara (10 a 50%) y la del estrato herbáceo varía entre escasa y poco densa (5 a 75%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en nueve unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine, Aguas de Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 2.139,3 hectáreas, que representa un 6,5% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral hídrico con dominancia de Lycium humile*

La formación presenta una fisonomía de matorral dominado por 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 tres unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 49,6 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral hídrico con dominancia de Sarcocornia fruticosa*

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

Esta formación se observó en seis unidades cartográficas ubicadas en el sector Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 209,1 hectáreas, que representa un 0,6% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral dominado por la especie *Lycium humile* “jume” y un estrato herbáceo representado por las especies *Distichlis spicata* “grama salada”, *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Juncus balticus* “junquillo” y *Baccharis juncea*. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 y 50%) y la del estrato herbáceo entre muy clara y clara (10 a 50%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en ocho unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 148,7 hectáreas, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral dominado por la especie *Sarcocornia fruticosa* “sosa” y un estrato herbáceo representado por las especies *Distichlis spicata* “grama salada”, *Baccharis juncea* “suncho”, *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Nitrophila atacamensis*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal observada tanto para el estrato leñoso bajo, como para el estrato herbáceo varía de escasa a poco densa (5 a 75%), ver **Tabla N° 5-20**.

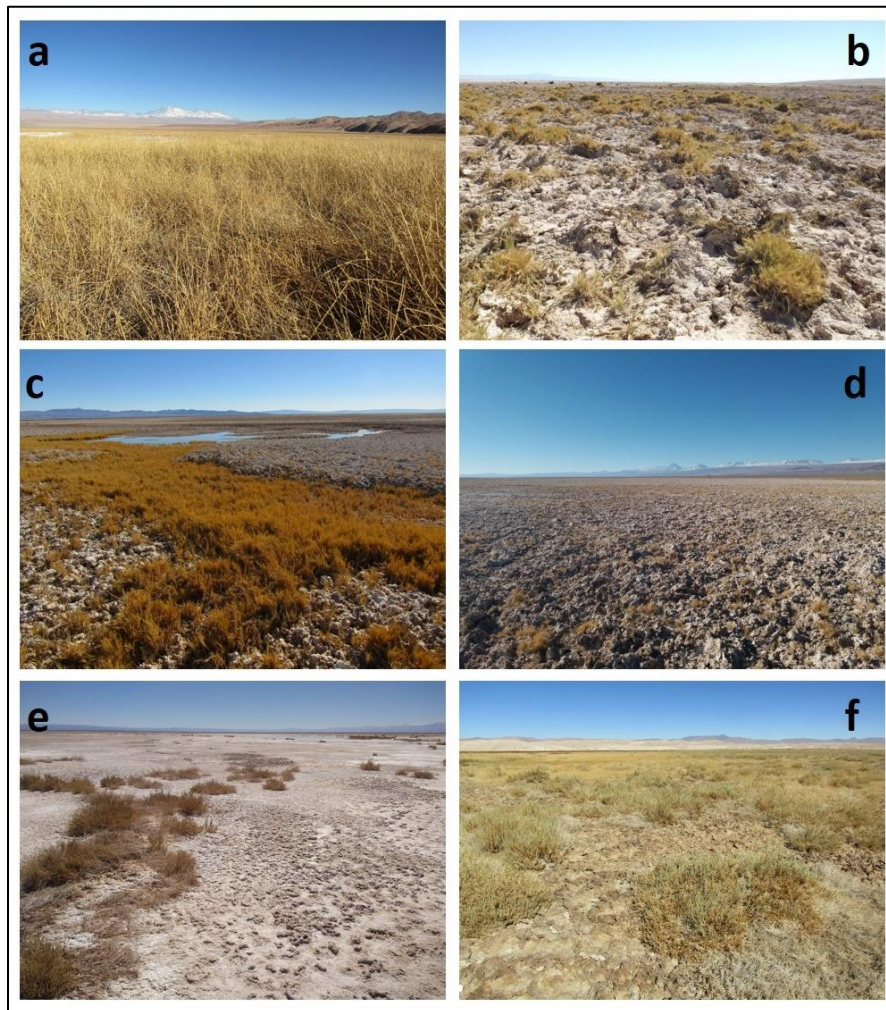
Esta formación se observó en siete unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine y Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 403,6 hectáreas, que representa un 1,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral hídrico – Vega de Tessaria absinthioides, Lycium humile y Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral representado por los arbustos *Tessaria absinthioides* “brea” y *Lycium humile* “jume” junto a un 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 escasa (5 a 10%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación está representada por una unidad cartográfica ubicada al sureste del sector de Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 18,6 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

Fotografía N° 5-5. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal en invierno 2018.



Donde a: *Vega de Schoenoplectus californicus* en Tilopozo; b, c, d: *Vega de Distichlis spicata*, en Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana, respectivamente; e, f: Matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa*, en Aguas de Quelana y Peine, respectivamente.

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 desnudas 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 24.196,3 hectáreas, lo que representa la mayor superficie del área de estudio con un 73,2%, distribuido en todos los sectores en 50 unidades cartográficas (**Tabla N° 5-19**).

- Áreas industriales

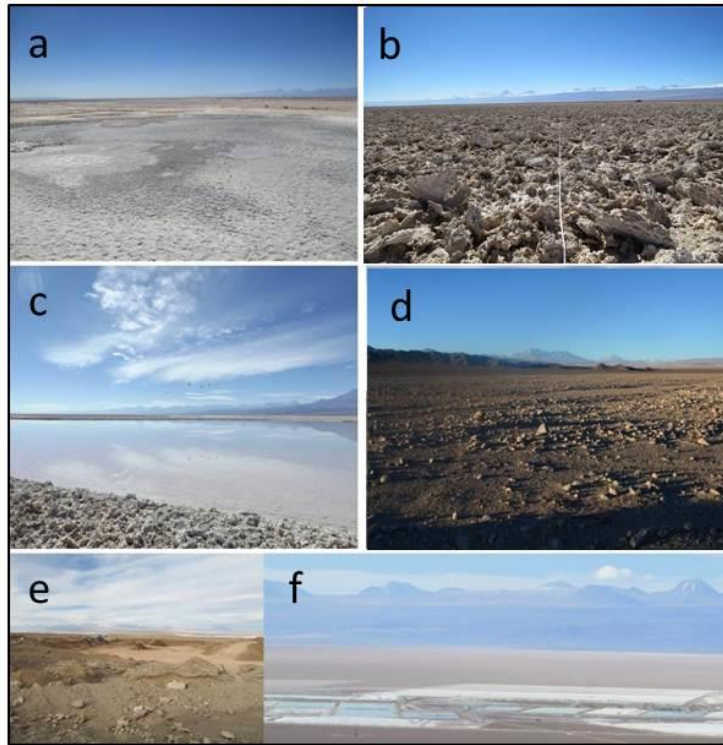
El recubrimiento de áreas industriales está representado por la formación caracterizada como centro industrial que correspondería a las instalaciones de Albemarle y se añaden unas unidades identificadas como suelos removidos, que son zonas claramente intervenidas identificadas dentro del área de estudio. Este recubrimiento abarca una superficie de 1.245,2 hectáreas, lo que representa un 3,8% del área de estudio, con las cuatro unidades localizadas en el sector denominado 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 389,6 hectáreas, lo que representa un 1,2% del área de estudio. Particularmente en el sector Soncor, destaca la mayor concentración de la superficie de lagunas con 244,2 hectáreas¹⁷ (62,7% del total; **Tabla N° 5-19**) y en la parte norte, la presencia notable de vegetación acuática al interior de éstas.

¹⁷ 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.



Donde: a y b) Salares, c) Lagunas, d) Áreas desnudas, e) Suelos removidos, 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 de 2019

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 2019, sobre los mismos recubrimientos de suelo descritos en la sección anterior.

De acuerdo a lo observado en verano 2019, no se han presentado mayores modificaciones en la descripción y delimitación de la COT, en relación al monitoreo de verano de 2017 en adelante, dando como resultado superficies similares en los distintos tipos de recubrimiento, con una estabilidad principalmente en las formaciones vegetales.

En la campaña de verano se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación (otros recubrimientos) equivalente a un 78,1% de la superficie del área de estudio. La cobertura vegetal se extiende, así, en una superficie de 7.238,9 hectáreas equivalentes a 21,9% del área de estudio, estando representada en un 8,7% por vegetación zonal y en un 13,2% por vegetación azonal. Dentro de los tipos de formaciones, se identificaron cinco formaciones de matorrales zonales, clasificadas según dominancia; seis formaciones vegetales azonales de humedal, clasificadas de acuerdo a la dominancia de sus especies; y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, una de matorral - vega, y tres de matorral hídrico - vega, agrupadas según la dominancia de sus especies.

Entre las formaciones más representativas de la vegetación zonal, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.626,8 hectáreas (4,9% del área de estudio) y los de *Atriplex atacamensis* con 542,8 hectáreas (1,6%), ambos concentrados principalmente en el sector de Peine (**Figura N° 5-14**). Por otra parte, en la vegetación azonal de humedales, son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 970,1 hectáreas (2,9%) y las vegas de *Juncus balticus* con 241,6 hectáreas (0,7%), ambas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo (**Figura N° 5-13**). En el caso de la vegetación azonal mixta, las formaciones más representativas corresponden al matorral - vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, con una superficie de 2.139,3 hectáreas (6,5%), distribuida de manera más homogénea entre los sectores Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana; y el matorral hídrico - vega con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*, con una superficie de 403,6 hectáreas (1,2%), distribuida principalmente en el sector Aguas de Quelana (**Figura N° 5-12**). En la **Tabla N° 5-21** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, su representatividad en función de las unidades cartográficas (polígonos) y la superficie ocupada por cada uno y su representatividad en el área de estudio en esta campaña.

Tabla N° 5-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio, monitoreo verano de 2019.

TIPO DE RECUBRIMIENTO <i>RECUBRIMIENTO DE SUELO</i> Tipo de formación o recubrimiento <i>Formación vegetal</i>	SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)					TOTAL		
	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana	Soncor	UC*	ha	%
OTROS RECUBRIMIENTOS	14.408,0	58,2	2.936,0	3.435,4	4.993,5	91	25.831,1	78,1
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	13.088,6	18,4	2.815,0	3.410,1	4.749,3	50	24.081,4	72,8
Salares	12.474,0	18,4	2.658,0	3.410,1	4.749,3	33	23.309,8	70,5
Áreas denudadas	614,5		157,0			17	771,5	2,3
AREAS INDUSTRIALES	1.245,2					4	1.245,2	3,8
Centros industriales	1.198,1					1	1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					3	47,1	0,1
CUERPOS DE AGUA	74,2	39,8	121,0	25,4	244,2	37	504,6	1,5
Lagunas	74,2	39,8	121,0	25,4	244,2	37	504,6	1,5
VEGETACIÓN ZONAL	583,0		2.181,0	114,8		28	2.878,7	8,7
MATORRALES	583,0		2.181,0	114,8		28	2.878,7	8,7
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>			542,8			2	542,8	1,6
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>			69,5			2	69,5	0,2
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>	491,1					9	491,1	1,5
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	91,8		1.420,2	114,8		14	1.626,8	4,9
<i>Matorral de Ai</i>			148,5			1	148,5	0,4
VEGETACIÓN AZONAL	2.063,2	60,3	808,0	1.404,0	24,8	101	4.360,2	13,2
HUMEDALES	1.043,2	19,1	108,2	203,9	16,9	67	1.391,4	4,2
<i>Vega con dominancia de dp</i>	661,8	2,3	85,2	203,9	16,9	41	970,1	2,9
<i>Vega con dominancia de jb</i>	241,6					7	241,6	0,7
<i>Vega con dominancia de sca</i>	72,7		23,0			2	95,7	0,3
<i>Vega con dominancia de tc</i>	24,5	13,6				1	38,1	0,1

TIPO DE RECUBRIMIENTO <i>RECUBRIMIENTO DE SUELO</i>	SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)					TOTAL		
	Tilopozo	La Punta y La Bruja	Peine	Aguas de Queleros	Soncor	UC*	ha	%
<i>Vega de nia tc</i>		3,3				1	3,3	0,01
<i>Vega de ph dp sca</i>	42,5					15	42,5	0,1
MATORRAL - HUMEDAL	1.019,9	41,1	699,8	1.200,1	7,8	34	2.968,9	9,0
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	145,3		3,4			8	148,7	0,4
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	18,2	41,1	9,0	335,2		7	403,6	1,2
<i>Matorral hídrico con dominancia de Lh</i>	49,6					3	49,6	0,2
<i>Matorral hídrico con dominancia de Sf</i>				209,1		6	209,1	0,6
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>				18,6		1	18,6	0,1
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	806,8		687,4	637,3	7,8	9	2.139,3	6,5
Total general (ha)	17.054,1	118,5	5.925,0	4.954,2	5.018,2	220	33.070,1	100
Total general (%)	51,6	0,4	17,9	15,0	15,2	100		

Donde: Códigos especies arbustivas: Aa: *Atriplex atacamensis*, Ad: *Aloysia deserticola*, Ai: *Atriplex imbricata*, Eb: *Ephedra breana*, Lh: *Lycium humile*, Sf: *Sarcocornia fruticosa*, Tb: *Tessaria absinthioides*; Especies herbáceas: bj: *Baccharis juncea*, dp: *Distichlis spicata*, jb: *Juncus balticus*, ph: *Phragmites australis*, nia: *Nitrophila atacamensis*, sca: *Schoenoplectus californicus*; UC: número de unidades cartográficas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al proceso de mejoramiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 5-22** se presenta un resumen de las coberturas y de las especies dominantes por formación vegetal.

Según se observa en la **Tabla N° 5-21**, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (41 unidades), las cuales presentan cobertura escasa en su estrato arbustivo, y una variación de cobertura vegetal de escasa a densa (5 a 90%) en su estrato herbáceo (**Tabla N° 5-22**). En contraste, cuatro formaciones vegetales están representadas por solo una unidad cartográfica.

Particularmente en Soncor, durante el proceso de actualización de la COT, se realizó la delimitación de la vegetación según este método, dado que durante la línea base (Adenda 5 RWL, 2015) este sector se reportó como “Área Soncor”. A partir de esto, en el sector destaca la principal ocupación de áreas desprovistas de vegetación con 4.749,3 hectáreas (94,6% del sector), mientras que en la superficie restante existen formaciones vegetales azonales de vega (16,9 hectáreas), matorral - vega (7,8 hectáreas) y cuerpos de agua (244,2 hectáreas). Los resultados en detalle para el monitoreo de verano de 2019 se pueden revisar en los anexos cartográficos (**Anexo I Vegetación y Flora**).

Tabla N° 5-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Verano 2019.

RECUBRIMIENTO DE SUELO	Especies Dominantes	Cobertura vegetal	
		Rango*	
<i>Formación vegetal</i>		LB	H
VEGETACIÓN ZONAL			
MATORRALES			
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>	Aa cid Tt	4(3-4)	4
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	Ad Aa Ai cis cid	3	4
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	2
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>	Eb dp	2(2-3)	2
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	Tb Aa Lh	3(2-5)	1
VEGETACIÓN AZONAL			
HUMEDALES			
<i>Vega de ph dp sca</i>	ph dp sca		5
<i>Vega con dominancia de dp</i>	dp Lh bj	2	4(2-6)
<i>Vega con dominancia de jb</i>	jb dp	1	4(3-4)
<i>Vega con dominancia de sca</i>	sca bj dp		6(2-7)
<i>Vega con dominancia de tc</i>	tc	1	4(3-4)
<i>Vega de nia tc</i>	nia tc		2
MATORRAL - HUMEDAL			
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	Tb dp	3(3-4)	3(2-5)
<i>Matorral hídrico con dominancia de Lh</i>	Lh	3	
<i>Matorral hídrico con dominancia de Sf</i>	Sf	3(2-3)	
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	Lh dp sca jb bj	3(2-4)	4(3-4)
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	Sf dp bj sca nia pu tc	3(2-5)	3(2-5)

RECUBRIMIENTO DE SUELO	Especies Dominantes	Cobertura vegetal	
		Rango*	
<i>Formación vegetal</i>		LB	H
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>	Tb Lh dp	3	2
Total Unidades cartográficas con cobertura vegetal			

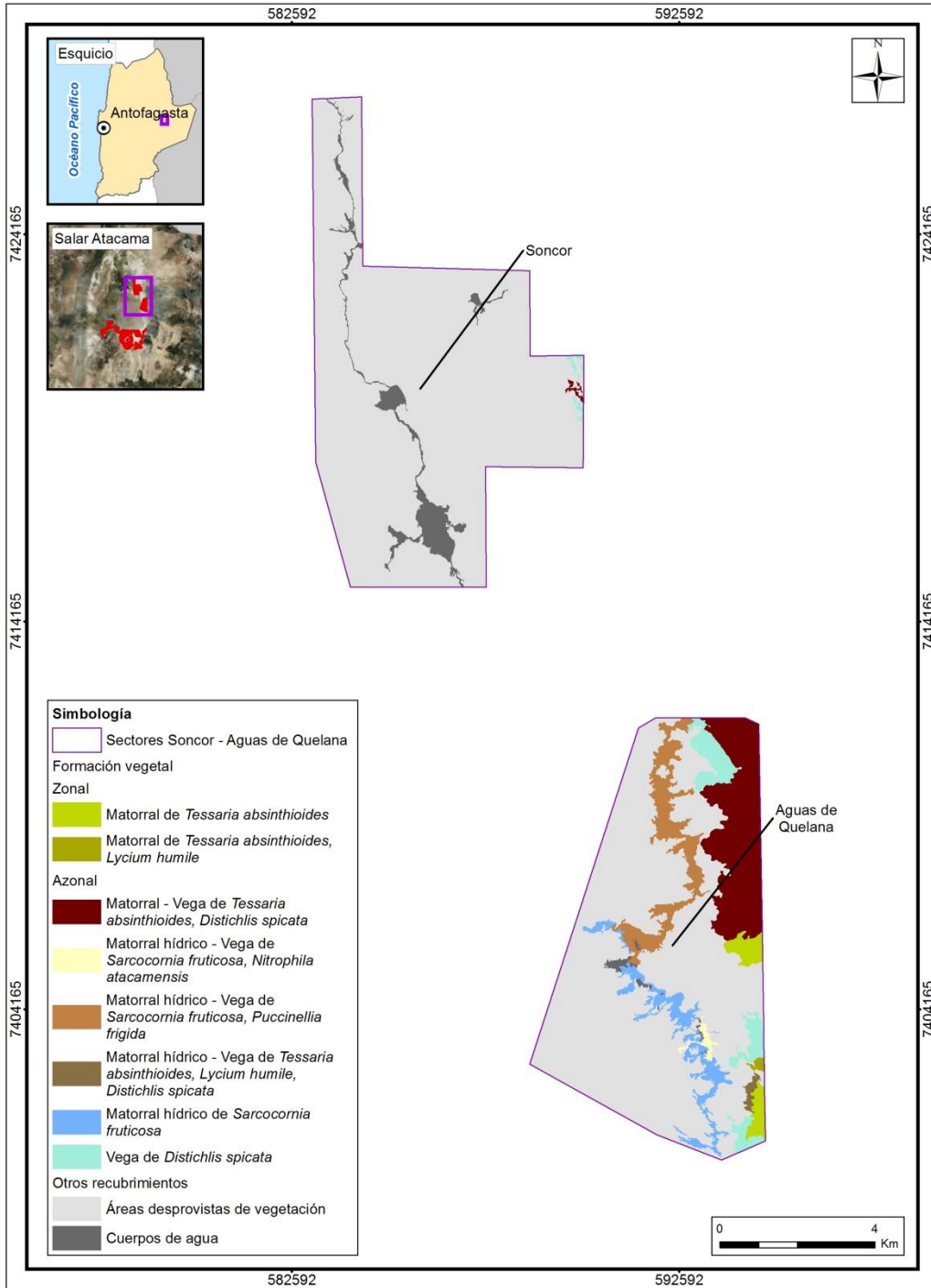
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Dónde:

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

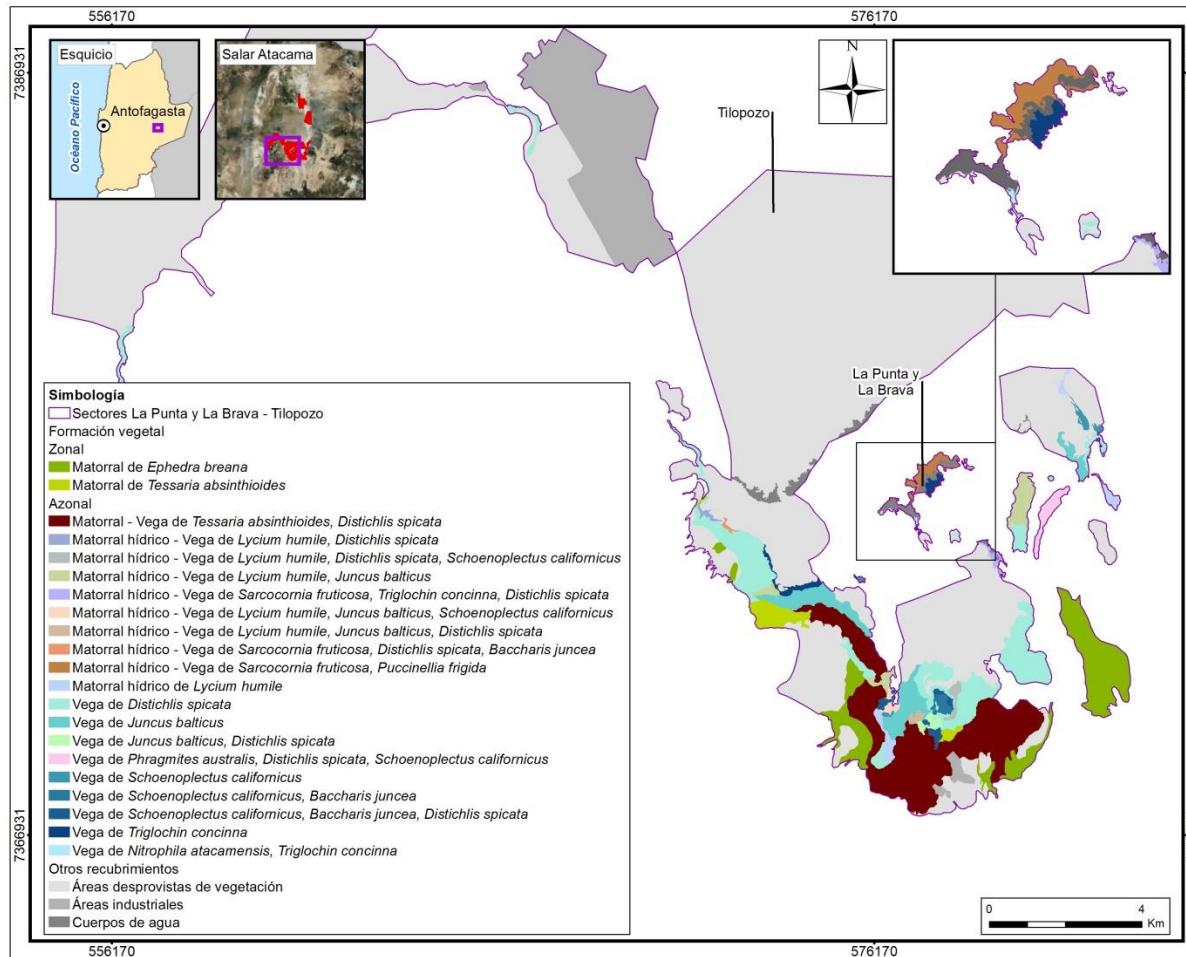
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio. Verano de 2019.



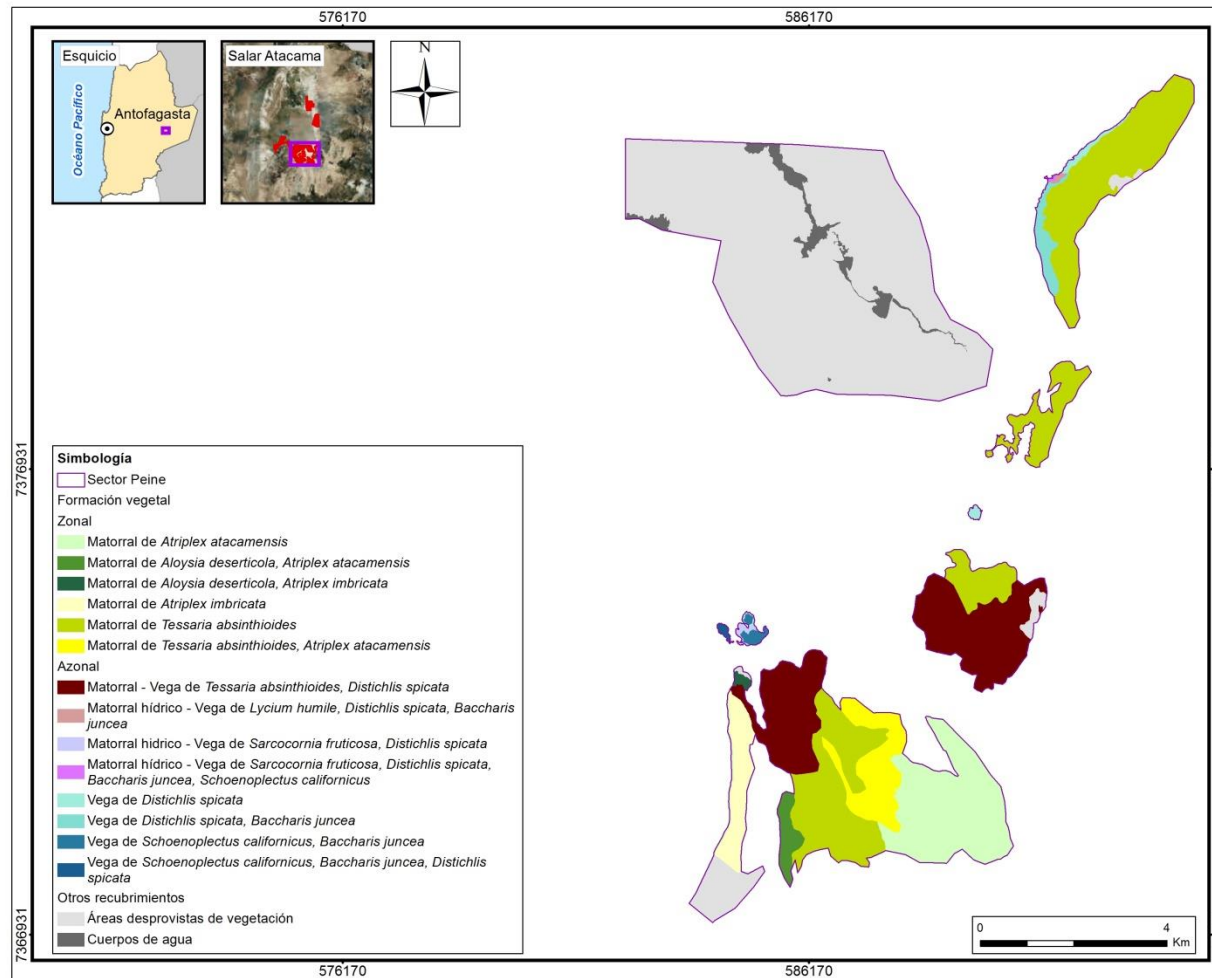
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-13. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava. Verano de 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-14. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona sur del área de estudio en el sector Peine. Verano de 2019.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2.2 Formaciones vegetales – verano 2019

A continuación, como resultado de la campaña de verano 2019, 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 figuras previas presentadas, **Figura N° 5-12, Figura N° 5-13 y Figura N° 5-14**, se muestra 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. Los resultados de la cartografía para el monitoreo de verano de 2019 se pueden revisar en detalle en los anexos cartográficos de verano 2019 (**Anexo I Vegetación y Flora**).

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***

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex atacamensis*, “cachiyuyo”, donde destacan otras especies acompañantes como *Tiquilia atacamensis* y la herbácea *Cistanthe densiflora*. La cobertura vegetal varía entre muy clara y clara (10 a 50%) para el estrato arbustivo y clara (25-50%) para el herbáceo (**Tabla N° 5-22**).

Esta formación se observó en dos unidades cartográficas ubicadas en el sector de Peine, abarcando una superficie de 542,8 hectáreas, que representa un 1,6% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Matorral con dominancia de **Aloysia deserticola***

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Aloysia deserticola* “rica-rica”, donde destacan otras especies acompañantes como *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata* y las herbáceas *Cistanthe densiflora* y *Cistanthe salsoloides*. La cobertura vegetal del estrato arbustivo se observa como muy clara (10 a 25%), y para el estrato herbáceo como clara (25-50%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en dos unidades cartográficas ubicadas principalmente en el sector de Peine, abarcando una superficie de 69,5 hectáreas, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Matorral de Atriplex imbricata*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Atriplex imbricata* “ojalar”, donde destaca la herbácea *Cistanthe densiflora* como especie acompañante en la formación. La cobertura vegetal es muy clara (10 a 25%) para el estrato arbustivo y escasa (5-10%) para el herbáceo (**Tabla N° 5-22**).

Esta formación está representada por una unidad cartográfica ubicada en el sector de Peine, abarcando una superficie de 148,5 hectáreas, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *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”, acompañada de la herbácea *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo con una cobertura vegetal que varía entre escasa y muy clara (5 a 25%), y una cobertura herbácea muy escasa (5-10%), ver **Tabla N° 5-22**.

- *Matorral con dominancia Tessaria absinthioides*

La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Tessaria absinthioides* “brea”, donde destaca el arbusto *Atriplex atacamensis* como especie acompañante en la formación y *Lycium humile*. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo que varía de escaso a poco denso (5 a 75%), y un estrato herbáceo presente muy escaso (1-5%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en 14 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana. Es la formación zonal más representativa, abarcando una superficie de 1.626,8 hectáreas, que representa un 4,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

Fotografía N° 5-8. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal. Verano 2019.

Donde a: *Matorral de Tessaria absinthioides* en Tilopozo y b: *Matorral de Tessaria absinthioides* en Peine.
Fuente: Elaboración propia.

b) Vegetación Azonal

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

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Phragmites australis* “carrizo”, *Distichlis spicata* “grama salada” y *Schoenoplectus californicus* “junco”. La cobertura vegetal observada es poco densa (50 a 75%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación está representada por una unidad cartográfica en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 42,5 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Vega con dominancia de Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”, siendo acompañada en una unidad cartográfica por la especie *Baccharis juncea*, y en otra unidad por la especie *Lycium humile*. La cobertura vegetal del estrato arbustivo se observa como muy escasa (5-10%), mientras que el estrato herbáceo varía de escaso a denso (5 a 90%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-22**).

Esta formación se observó en 41 unidades cartográficas ubicadas en todos los sectores del área de estudio, Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine, Quelana y Soncor. Es la formación azonal más representativa, abarcando una superficie de 970,1 hectáreas, que representa un 2,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Vega con dominancia de Juncus balticus*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus* “junquillo”, siendo acompañado en una unidad por la especie *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades, pudiendo existir un estrato arbustivo de cobertura muy escasa en algunas unidades (**Tabla N° 5-22**).

Esta formación se observó en siete unidades cartográficas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 241,6 hectáreas, que representa un 0,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Vega con dominancia de Schoenoplectus californicus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* “junco”, y como especies acompañantes *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de escasa a muy densa (5 a 100%) entre sus unidades, ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en 15 unidades cartográficas en el sector de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 95,7 hectáreas, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Vega con dominancia de Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal herbácea varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades, pudiendo existir un estrato arbustivo de cobertura muy escasa (1-5%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en dos unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 38,1 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Vega de Nitrophila atacamensis y Triglochin concinna*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal observada es escasa (5 a 10%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación está representada por una unidad cartográfica en el sector de La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 3,3 hectáreas, que representa un 0,01% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral – vega representado por el arbusto *Tessaria absinthioides* “brea”, junto a un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía entre muy clara y clara (10 a 50%), y la del estrato herbáceo varía entre escasa y poco densa (5 a 75%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en nueve unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine, Aguas de Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 2.139,3 hectáreas, que representa un 6,5% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Matorral hídrico con dominancia de Lycium humile*

La formación presenta una fisonomía de matorral dominado por 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° 5-22**).

Esta formación se observó en tres unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 49,6 hectáreas, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Matorral hídrico con dominancia de Sarcocornia fruticosa*

La formación presenta una fisonomía de matorral distribuida en bordes de lagunas, lo cual le da la caracterización de formación azonal hídrica. Está dominada por la especie arbustiva *Sarcocornia fruticosa* “sosa”, especie halófila que se desarrolla especialmente sobre costras salinas, alcanzando una cobertura vegetal entre escasa y muy clara (5 a 25%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-22**).

Esta formación se observó en seis unidades cartográficas ubicadas en el sector Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 209,1 hectáreas, que representa un 0,6% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral – vega dominada por la especie arbustiva *Lycium humile* “jume” y un estrato herbáceo representado por las especies *Distichlis spicata* “grama salada”, *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Juncus balticus* “junquillo” y *Baccharis juncea*. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 y 50%) y la del estrato herbáceo entre muy clara y clara (10 a 50%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en ocho unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 148,7 hectáreas, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral – vega dominado por el arbusto *Sarcocornia fruticosa* “sosa” y un estrato herbáceo representado por las especies *Distichlis spicata* “grama salada”, *Baccharis juncea* “suncho”, *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Nitrophila atacamensis*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*. La cobertura vegetal observada tanto para el estrato leñoso bajo, como para el estrato herbáceo varía de escasa a poco densa (5 a 75%), ver **Tabla N° 5-22**.

Esta formación se observó en siete unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine y Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 403,6 hectáreas, que representa un 1,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

- *Matorral hídrico - Vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*.*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral – vega representado por los arbustos *Tessaria absinthioides* “brea” y *Lycium humile* “jume”, junto a un 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 escasa (5 a 10%) (**Tabla N° 5-22**).

Esta formación está representada por una unidad cartográfica ubicada al sureste del sector de Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 18,6 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-21**).

Fotografía N° 5-9. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal en verano 2019.

Donde a: *Vega de Schoenoplectus californicus* en Tilopozo; b y c: *Vega de Distichlis spicata*, en Tilopozo y Peine, respectivamente; d: Matorral hídrico – vega de *Sarcocornia fruticosa* y *Distichlis spicata*, en Peine.

Fuente: Elaboración propia.

d) 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 desnudas 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 24.081,4 hectáreas, lo que representa la mayor superficie del área de estudio con un 72,8%, distribuido en todos los sectores en 50 unidades cartográficas (**Tabla N° 5-21**).

- Áreas industriales

El recubrimiento de áreas industriales está representado por una unidad caracterizada como centro industrial que correspondería a las instalaciones de Albemarle y se añaden tres 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 hectáreas, lo que representa un 3,8% del área de estudio, con las cuatro unidades localizadas en el sector Tilopozo (**Tabla N° 5-21**).

- Cuerpos de agua

Los cuerpos de agua corresponden a lagunas de distintas superficies distribuidas en todos los sectores del área de estudio. Abarcan una superficie de 504,6 hectáreas, lo que representa un 1,5% del área de estudio. Particularmente en el sector Soncor, destaca la mayor concentración de la superficie de lagunas con 244,2 hectáreas¹⁸ (48,4% del total; **Tabla N° 5-21**) y en la parte norte, la presencia notable de vegetación acuática al interior de éstas.

5.2.2 RESULTADOS FLORA Y VEGETACIÓN (TRANSECTAS)

5.2.2.1 Resultados del muestreo de flora y vegetación, campaña de invierno de 2018

5.2.2.1.1 Formaciones vegetales

En la **Tabla N° 5-23**, se presentan los tipos de vegetación identificados en cada una de las transectas durante la campaña de invierno 2018.

Cabe destacar que, por problemas de accesibilidad en la campaña de invierno 2018, 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° 5-23. 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>Baccharis juncea</i> , <i>Lycium humile</i>	T08; T09; T20; T21; T22; T26; T27; T28

¹⁸ 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).

TIPO DE FORMACIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN	FORMACIÓN VEGETAL	ESPECIE(S) ACOMPAÑANTE(S)	TRANSECTAS
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>Atriplex atacamensis</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° 5-24**, se presentan las principales características de las transectas para la campaña de invierno 2018, 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° 5-10**, **Fotografía N° 5-11**, **Fotografía N° 5-12**, **Fotografía N° 5-13**, **Fotografía N° 5-14** y **Fotografía N° 5-15**.

Tabla N° 5-24. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 5 (invierno 2018), 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 bj	Saturado	>80%	1	2
		T09	H3	dp	No saturado	>80%	1	1
	Tilopozo	T20	H5	dp	No saturado	>80%	1	1
		T21	H2	dp	No saturado	50-80%	1	1
		T22	LB1 H3	dp	No saturado	50-80%	1	3
		T26	H3	dp	No saturado	50-80%	1	1
		T27	H3	dp	No saturado	<10%	1	1
		T28	H4	dp	No saturado	30-50%	1	1
Riqueza total en formación vegetal								4
Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	LB2 H4	jb Lh	No saturado	>80%	1	2
	Tilopozo	T18	H4	jb	No saturado	>80%	1	2
		T30	H4	jb dp	No saturado	>80%	1	3
		T31	H4	jb	No saturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	H7	sca bj	Sobresaturado	<10%	1	4
		T02	H7	sca bj	Saturado	<10%	1	4
		T03	H7	sca bj	Saturado	<10%	1	4
		T04	H7	sca bj dp	Saturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T19	H7	sca	Saturado	<10%	2*	3
		T29	H7	sca	Sobresaturado	<10%	2*	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	H3	tc nia	Saturado	>80%	1	3
	La Punta	T11	LB1 H4	tc	Sobresaturado	>80%	1	2
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	La Punta	T12	LB3 H2	Sf	Saturado	10-30%	1	1

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
	Aguas de Quelana	T15	LB3	Sf	No saturado	50-80%	1	4
		T16	LB3	Sf pu	Saturado	>80%	1	1
		T17	LB4 H2	Sf pu	Saturado	30-50%	1	1
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	LB4	Tb Aa	No saturado	<10%	1	1
		T06	LB4 H2	Tb Aa dp	No saturado	<10%	1	2
		T07	LB4	Tb Aa	No saturado	<10%	1	1
	Tilopozo	T23	LB4	Tb	No saturado	30-50%	1	1
		T24	LB4 H2	Tb dp	No saturado	10-30%	1	2
		T25	LB4 H3	Tb dp	No saturado	30-50%	1	2
Riqueza total en formación vegetal								2
Área desprovista de vegetación	Soncor	T14	ADV	-	-	-	-	-

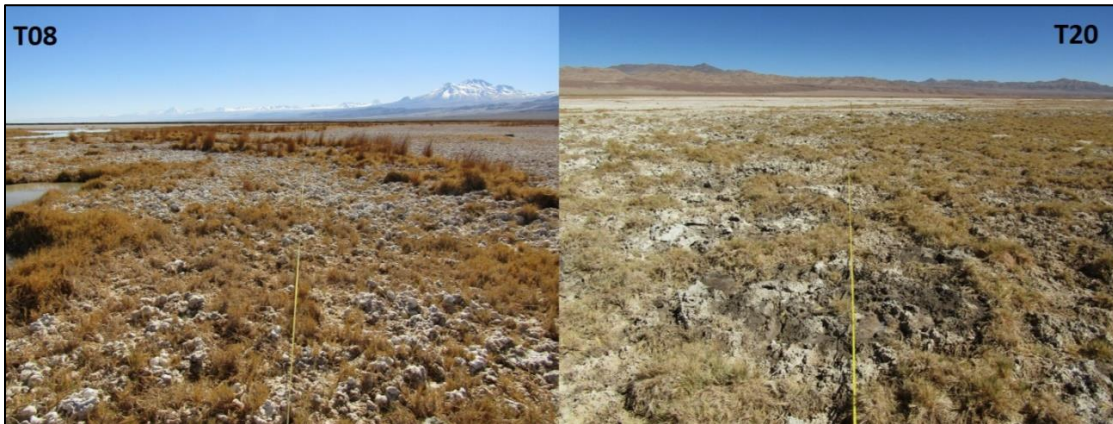
*Formación vegetal con signos de alteración por manejo tradicional de la vegetación a través de quemas controladas realizadas por las comunidades atacameñas.

Donde:

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

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5-10. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en invierno 2018, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5-11. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en invierno 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5-12. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en invierno 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5-13. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en invierno 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5-14. Fisonomía de matorral de *Sarcocornia fruticosa* en invierno 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5-15. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en invierno 2018, en transectas de estudio.



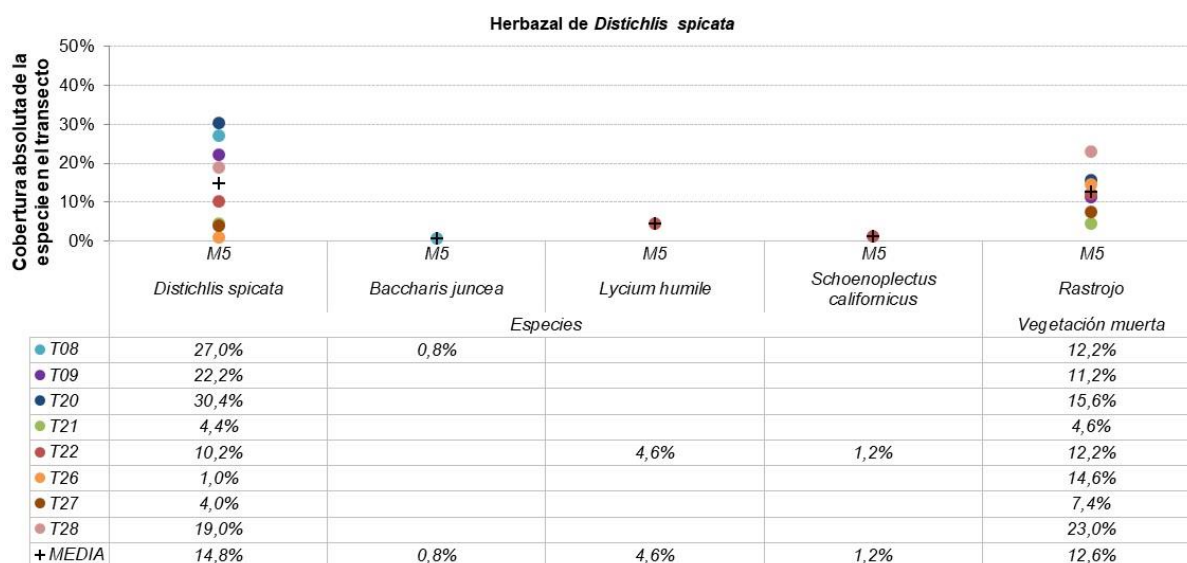
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.2 Composición y cobertura

5.2.2.1.2.1 Cobertura absoluta de especies

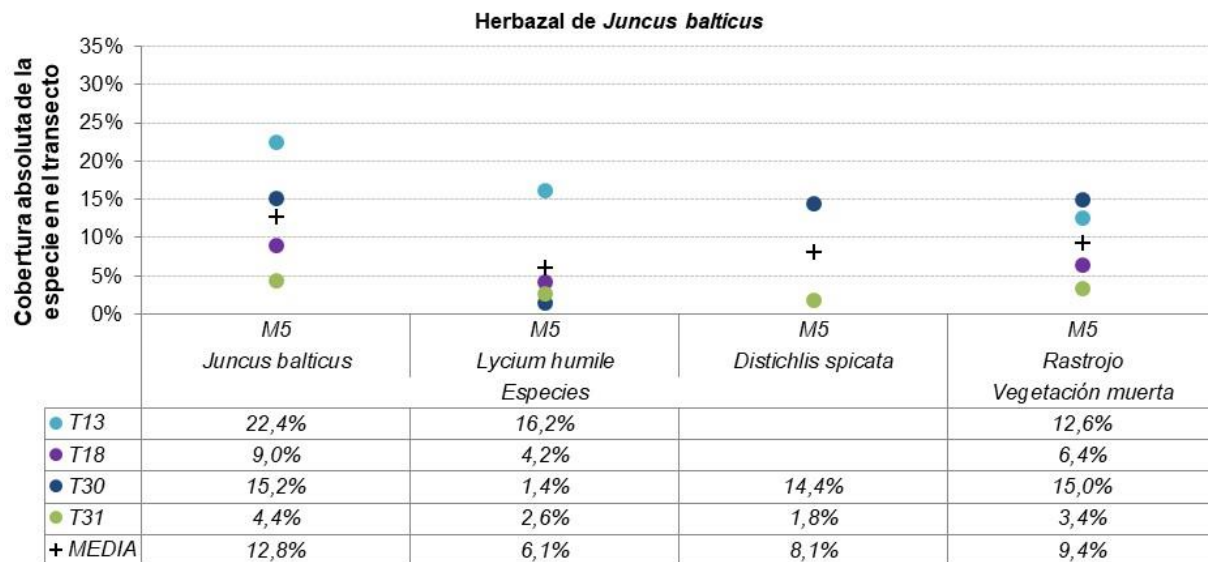
La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 5 (invierno 2018), se presenta por transecta en los siguientes seis gráficos, ordenados según las seis formaciones vegetales. En cuanto a las coberturas de los otros recubrimientos por transecta y por formación vegetal, se detallan en la **Tabla N°1-6 del Anexo I Vegetación y Flora**, y el detalle del tipo de recubrimiento por transecta se observa en la **Tabla N°1-7 del Anexo I Vegetación y Flora**.

Figura N° 5-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de *Distichlis spicata*.



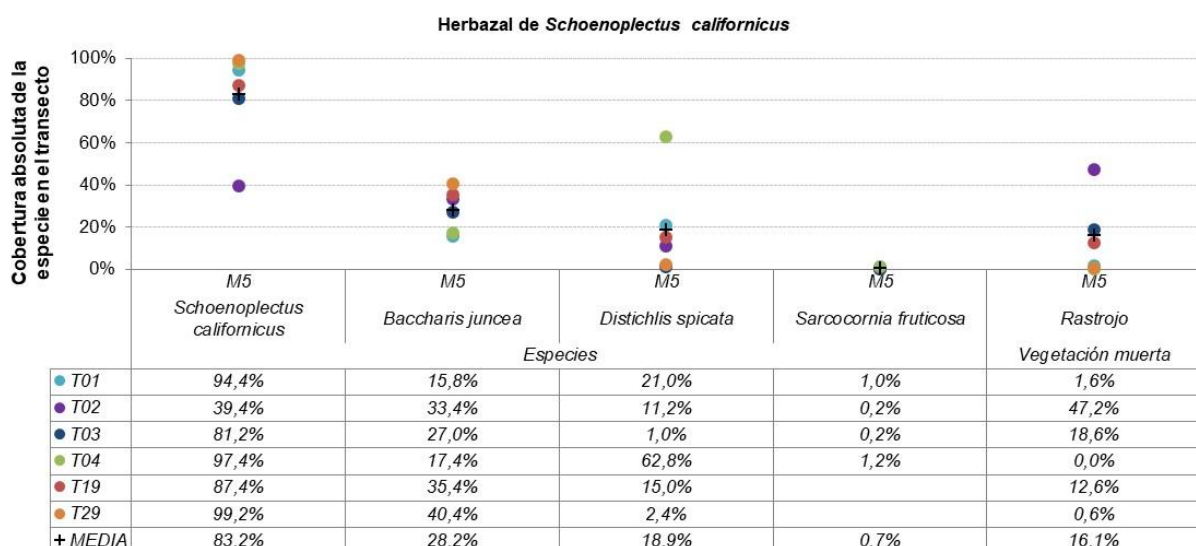
Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

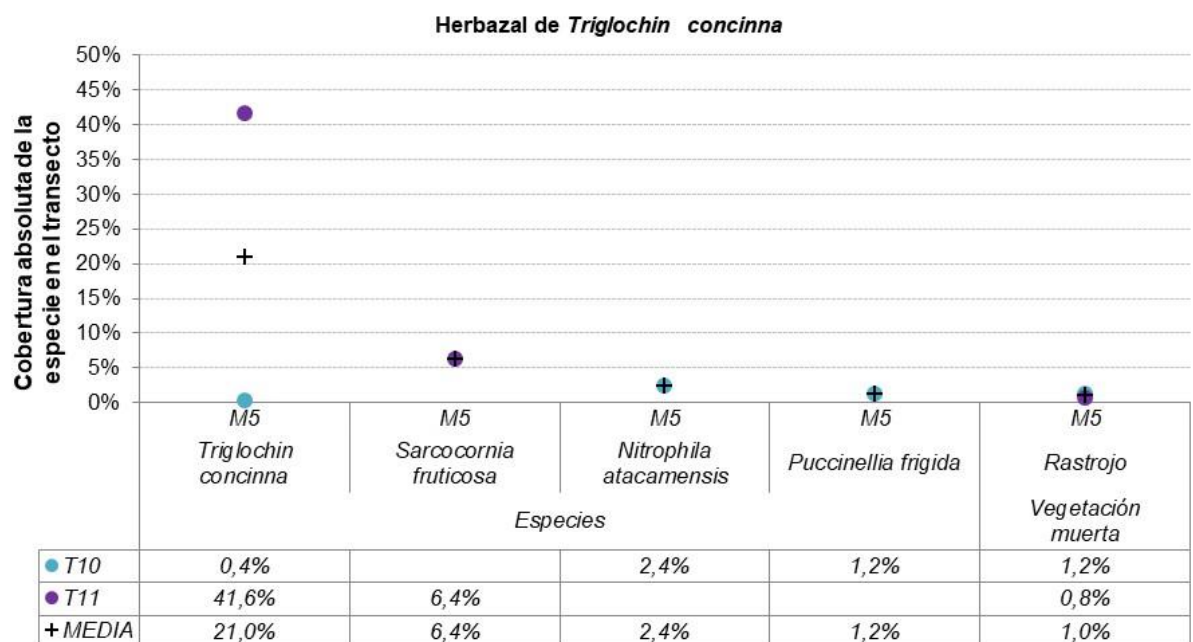
Figura N° 5-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus.**



*: En relación a la entrega del Informe semestral M5 (invierno 2018) no se incluye el taxa Cyperaceae, por comprobarse en M6 que se trataba de una etapa vegetativa (post-incendio) de *S. californicus*.

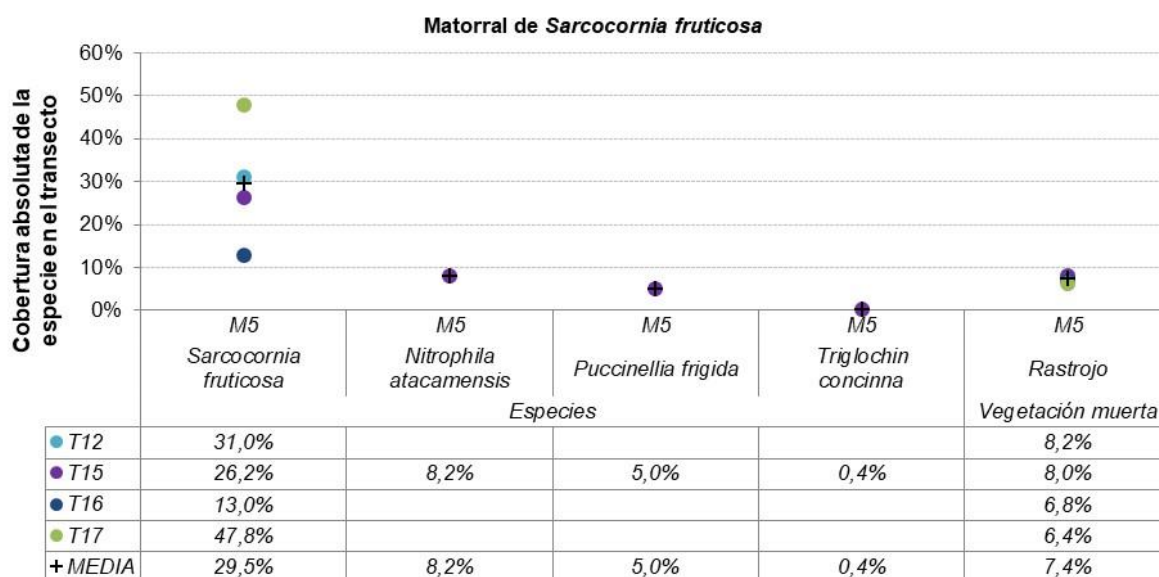
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de herbazal de *Triglochin concinna*.



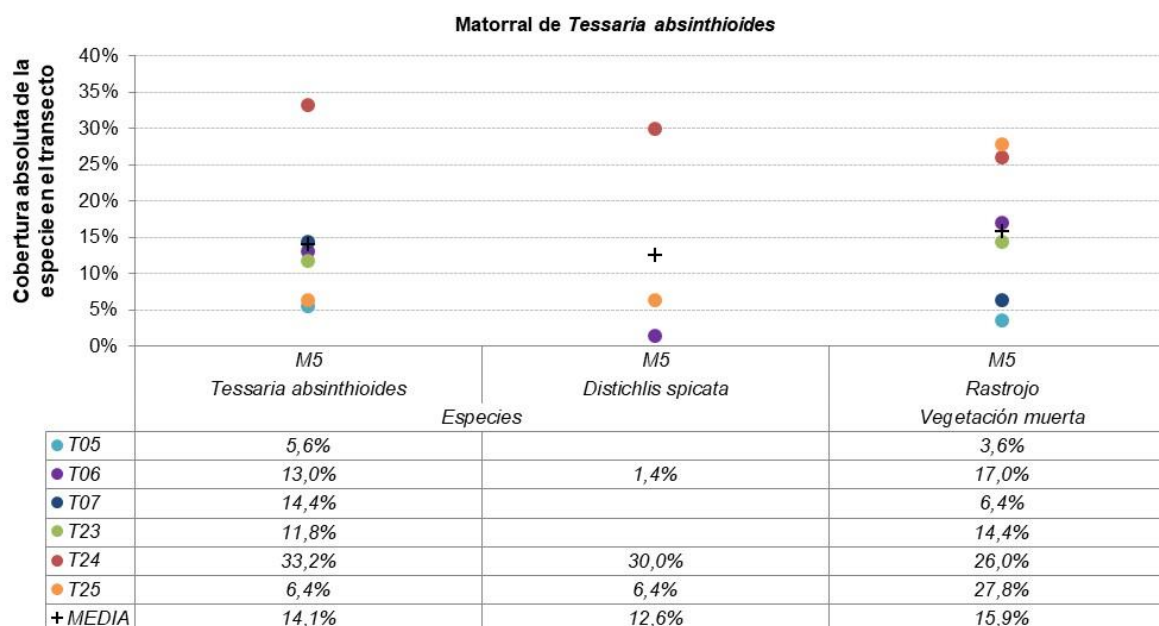
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-19. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, en la formación de matorral de *Sarcocornia fruticosa*.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 5, 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, con una cobertura sobre un 90% en tres transectas (T01, T04 y T29), ver **Figura N° 5-17**. Además, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con una media de 83,2% 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% (**Figura N° 5-15**).

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 5,6% y 6,4%, respectivamente y en la transecta T24 un máximo de cobertura absoluta de 33,2%, presentando una cobertura media de 14,1% en la formación (**Figura N° 5-20**). 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 22,4% en la transecta T13 y una cobertura (absoluta) mínima de 4,4% en la transecta T31, registrando una cobertura promedio de 12,8% en la formación. Esta especie no se registra en otras transectas de otras formaciones, ver **Figura N° 5-16**.

Entre las especies acompañantes con menor representatividad dentro de las formaciones destacan las especies *Nitrophila atacamensis*, *Lycium humile* y *Puccinellia frigida*, a diferencia de la especie acompañante *Baccharis juncea* que alcanza una cobertura media sobre el 25% en el herbazal de *S. californicus* (ver **Figura N° 5-15**, **Figura N° 5-16**, **Figura N° 5-17**, **Figura N° 5-18** y **Figura N° 5-19**).

5.2.2.1.2.2 Cobertura y riqueza de transectas

En la **Tabla N° 5-25**, se presentan las coberturas absolutas y promedio, además de la riqueza para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de invierno 2018 (Monitoreo 5).

En el Monitoreo 5, se observa que la transecta T04 alcanza la mayor cobertura absoluta, con un 178,8% y casi todas las transectas correspondientes a la formación dominada por *Schoenoplectus californicus* presentan coberturas absolutas superiores al 100%, que se explican por la presencia de más de una especie acompañante con coberturas altas (**Tabla N° 5-25**, **Figura N° 5-17**). En esta formación, los valores de cobertura promedio se observan altos con respecto a las otras formaciones vegetales, entre un 21,1 y 47,3%.

El herbazal de *Distichlis spicata* presenta los valores más bajos de cobertura absoluta por transectas. El valor mínimo se presenta en la transecta T26, con un 1,0% de cobertura absoluta. Otras transectas en esta formación, como T21 y T27, presentan coberturas inferiores al 5%, mientras que la mayor cobertura absoluta se registró en la transecta T20 con un 30,4% (**Tabla N° 5-25**).

La vegetación del área de estudio destaca por no presentar una alta riqueza de especies vasculares, donde la riqueza por transecta es entre una y cuatro especies. En las transectas T15, T02, T03, T04 y T01 se presentó una riqueza de cuatro especies, localizados la primera transecta en un matorral de *Sarcocornia fruticosa*, y las 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° 5-25** se presentan las coberturas muertas detectadas por transecta, donde se observa que la transecta T04 en un herbazal de *Schoenoplectus californicus* es la única donde no se observó cobertura muerta en la formación. No obstante, en la transecta T02 de esta formación es donde se registra la mayor cobertura de rastrojos con un 47,2%.

En cuanto a las otras formaciones vegetales, en todas las transectas se detectó algún porcentaje de cobertura muerta, variando desde un mínimo de 0,8% y 1,2% en las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* (T10 y T11), hasta un máximo de 27,8% en un matorral de *Tessaria absinthioides* (T25). En resumen, se observa que la cobertura de rastrojos por transecta es menor a un 10% de cubrimiento en 14 transectas, en 11 transectas se observa una cobertura entre 10 y 20%, tres transectas que registran coberturas de rastrojos entre 23 y 28% en una transecta de *Distichlis spicata* (T28) y dos en matorral de *T. absinthioides* (T24 y T25) y un máximo de 47,2% en un herbazal de *S. californicus* ya mencionado anteriormente (T02), ver **Tabla N° 5-25**.

Por último, en la **Tabla N° 5-25** también se observa la cobertura de los otros recubrimientos que se registran en las transectas, donde destaca el hecho de 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° 5-25. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 5 (invierno 2018).

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
			Absoluta	Promedio	Rastrojos/ muerta	Otros recubrimientos	
<i>Herbazal de Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	132,2%	33,1%	1,6%	-	4
		T02	84,2%	21,1%	47,2%	-	4
		T03	109,4%	27,4%	18,6%	-	4
		T04	178,8%	44,7%	-	0,2%	4
	Tilopozo	T19	137,8%	45,9%	12,6%	-	3
		T29*	142,0%	47,3%	0,6%	-	3
<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	La Punta	T13	38,6%	19,3%	12,6%	61,4%	2
	Tilopozo	T18	13,2%	6,6%	6,4%	82,2%	2
		T30	31,0%	10,3%	15,0%	59,2%	3
		T31	8,8%	2,9%	3,4%	87,8%	3
<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	Peine	T08	27,8%	13,9%	12,2%	60,2%	2
		T09	22,2%	22,2%	11,2%	66,6%	1
	Tilopozo	T20	30,4%	30,4%	15,6%	54,0%	1
		T21	4,4%	4,4%	4,6%	91,0%	1
		T22	16,0%	5,3%	12,2%	73,8%	3
		T26	1,0%	1,0%	14,6%	84,4%	1
		T27	4,0%	4,0%	7,4%	88,6%	1
		T28	19,0%	19,0%	23,0%	58,0%	1
<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	4,0%	1,3%	1,2%	95,2%	3
	La Punta	T11	48,0%	24,0%	0,8%	41,4%	2
<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>		Quelana	T12	31,0%	31,0%	8,2%	60,8%
	T15		39,8%	10,0%	8,0%	56,8%	4
	Quelana	T16	13,0%	13,0%	6,8%	80,4%	1
		T17	47,8%	47,8%	6,4%	45,8%	1

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
			Absoluta	Promedio	Rastrojos/ muerta	Otros recubrimientos	
<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	5,6%	5,6%	3,6%	90,8%	1
		T06	14,4%	7,2%	17,0%	69,6%	2
		T07	14,4%	14,4%	6,4%	79,2%	1
	Tilopozo	T23	11,8%	11,8%	14,4%	73,8%	1
		T24	63,2%	31,6%	26,0%	33,0%	2
		T25	12,8%	6,4%	27,8%	60,2%	2

*: En relación a la entrega del Informe semestral M5 (invierno 2018) varían valores de la transecta T29 y del subsector Tilopozo para dicha campaña por comprobarse en M6 que el taxa Cyperaceae se trataba de una etapa vegetativa (post-incendio) de *S. californicus*.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.2.3 Cobertura de otros recubrimientos en transectas

En la **Tabla N° 5-26** 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, sustrato terroso entre otros.

Como se había mencionado anteriormente, destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de suelo desnudo es alto (>40%), en comparación al recubrimiento vegetal, excluyendo todas las transectas de la formación dominada por *Schoenoplectus californicus* (**Tabla N° 5-26**). El sustrato principal registrado en otros recubrimientos es la costra salina, donde destaca en algunas transectas una costra salina terrosa y suelo terroso en el matorral de *Tessaria absinthioides* (T05, T24 y T25).

Cabe señalar que las transectas que presentaron agua en superficie corresponden a las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* y a tres de las cuatro transectas del matorral de *Sarcocornia fruticosa* (**Tabla N° 5-26**); localizadas en bordes o cercanas a sistemas lagunares.

Tabla N° 5-26. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 5 (invierno 2018).

Tipo de formación	Formación vegetal	Transecta	Subsector	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M5 (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
Herbazal	<i>Schoenoplectus californicus</i>	T01	Peine	-	-	-	-	-	-	0,0%
		T02		-	-	-	-	-	-	0,0%
		T03		-	-	-	-	-	-	0,0%
		T04		-	0,2%	-	-	-	-	0,2%
		T19	Tilopozo	-	-	-	-	-	-	0,0%
		T29		-	-	-	-	-	-	0,0%
	<i>Juncus balticus</i>	T13	La Punta	-	61,4%	-	-	-	-	61,4%
		T18	Tilopozo	-	82,2%	-	-	-	-	82,2%
		T30		-	59,2%	-	-	-	-	59,2%
		T31		-	87,8%	-	-	-	-	87,8%
	<i>Distichlis spicata</i>	T08	Peine	-	0,2%	-	60,0%	-	-	60,2%
		T09		0,2%	66,4%	-	-	-	-	66,6%
		T20	Tilopozo	-	54,0%	-	-	-	-	54,0%
		T21		-	91,0%	-	-	-	-	91,0%
		T22		-	73,8%	-	-	-	-	73,8%
		T26		-	84,4%	-	-	-	-	84,4%
		T27		-	-	-	-	-	88,6%	88,6%
		T28		-	58,0%	-	-	-	-	58,0%
<i>Triglochin concinna</i>	T10	La Brava	50,2%	45,0%	-	-	-	-	95,2%	
	T11	La Punta	12,0%	21,8%	-	7,6%	-	-	41,4%	
Matorral	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	T12	La Punta	-	22,0%	-	38,8%	-	-	60,8%
		T15	Aguas de Quelana*	9,4%	13,6%	-	33,8%	-	-	56,8%
		T16		2,4%	78,0%	-	-	-	-	80,4%

Tipo de formación	Formación vegetal	Transecta	Subsector	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M5 (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
		T17		13,8%	-	-	32,0%	-	-	45,8%
	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T05	Peine	-	-	-	-	90,8%	-	90,8%
		T06		-	-	-	-	69,6%	-	69,6%
		T07		-	-	-	-	-	79,2%	79,2%
		T23	Tilopozo	-	73,8%	-	-	-	-	73,8%
		T24		-	0,2%	-	-	32,8%	-	33,0%
		T25		-	-	-	-	60,2%	-	60,2%

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.2.4 Cobertura promedio y composición del sector

En la **Tabla N° 5-27** se observan los valores promedios de cobertura por subsector, donde destaca el subsector de Peine con la mayor cobertura de vegetación (65,4%).

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 sector La Punta y La Brava tiene, entre los sectores con vegetación, el menor valor de cobertura absoluta, con un 30,4%, representando formaciones con vegetación parchosa correspondientes a herbazales de *Triglochin concinna* y matorrales de *Sarcocornia fruticosa*, que se desarrollan en bordes de lagunas (**Tabla N° 5-27**).

Los subsectores Aguas de Quelana y Tilopozo presentan valores similares entre ellos, con coberturas promedio entre 33,5% y 35,4% (**Tabla N° 5-27**).

Por otro lado, se entrega la cobertura promedio de la vegetación muerta, donde se observa un valor máximo de 13,1% de cobertura muerta en los subsectores Peine y Tilopozo. Los otros subsectores registran alrededor de un 7% de cobertura promedio de rastrojos, a excepción del subsector de La Brava que registra un promedio de cobertura de 1,2% (**Tabla N° 5-27**).

Finalmente, la riqueza de especies por subsector se observa entre cuatro y seis especies vasculares, exceptuando a sector Soncor que no registra vegetación o individuos de flora (**Tabla N° 5-27**). Además, en la **Tabla N° 5-28**, se puede observar la composición de las especies presentes por subsector, señalando su riqueza por subsector.

Tabla N° 5-27. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, en Monitoreo 5 (invierno 2018).

Sector	Transectos en el sector	Promedio de la cobertura absoluta por sector		Riqueza (No. De especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	
La Punta y La Brava***	4	30,4%	5,7%	6
Peine	9	65,4%	13,1%	5
Aguas de Quelana	3	33,5%	7,1%	4
Soncor*	1	-	-	-
Tilopozo**	14	35,4%	13,1%	6

* Sub- sector Soncor no muestreado en Monitoreo 5 debido a malas condiciones de acceso al área. No obstante, se conoce que este sub-sector no registra cobertura vegetal, ni especies de flora vascular.

** En relación a la entrega del Informe semestral M5 (invierno 2018) varían los valores del subsector Tilopozo para dicha campaña por comprobarse en M6 que el taxa Cyperaceae se trataba de una etapa vegetativa (post-incendio) de *Schoenoplectus californicus*.

*** Para esta versión se unieron los subsectores La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 5-28. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 5 (invierno 2018).

Especie	Sector Área de estudio			
	La Punta y La Brava*	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
<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	
Riqueza total por subsector	6	5	4	6

*: En relación a la entrega del Informe semestral M5 (invierno 2018) no se incluye el taxa Cyperaceae, por comprobarse en M6 que se trataba de una etapa vegetativa (post-incendio) de *Schoenoplectus californicus*, variando los valores de riqueza para el subsector de Tilopozo y se unieron los valores de los subsectores La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2 Resultados del muestreo de flora y vegetación campaña de verano 2019

5.2.2.2.1 Formaciones vegetales

Los tipo de vegetación identificados en cada una de las transectas durante la campaña de verano 2019 (Monitoreo 6), corresponden a las mismas formaciones vegetales que fueron registradas en el Monitoreo 5 de invierno 2018, las que se presentan en la **Tabla N° 5-23**.

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetales, en la **Tabla N° 5-29** se presentan las principales características de las transectas para la campaña de verano 2019, 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° 5-16**, **Fotografía N° 5-17**, **Figura N° 5-17**, **Fotografía N° 5-19**, **Fotografía N° 5-20** y **Fotografía N° 5-21**.

Tabla N° 5-29. Resumen de la validación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 6 (verano 2019), 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 bj	Saturado	10-30%	1	2
		T09	H4	dp	Saturado	50-80%	1	1
	Tilopozo	T20	H5	dp	No saturado	30-50%	1	1
		T21	H2	dp	No saturado	>80%	1	2
		T22	LB2 H3	dp Lh	Saturado	50-80%	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								4
Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	LB2 H4	jb Lh	No saturado	50-80%	1	2
	Tilopozo	T18	LB1 H4	jb	Saturado	>80%	1	2
		T30	H4	jb dp	No saturado	>80%	1	3
		T31	LB1 H3	jb	No saturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	H7	sca bj	Sobresaturado	<10%	2*	4
		T02	H7	sca bj	Saturado	<10%	1	4
		T03	H7	sca bj	Sobresaturado	<10%	2*	3
		T04	H7	sca bj dp	Saturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T19	H7	sca bj	Saturado	<10%	2*	3
		T29	H7	sca bj	Sobresaturado	<10%	2*	2
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	H2	tc nia	No saturado	>80%	1	4
	La Punta	T11	LB1 H4	tc	Sobresaturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Sarcocornia</i>	La Punta	T12	LB3 H2	Sf pu	Saturado	10-30%	1	1

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
<i>fruticosa</i>	Aguas de Quelana**	T15	LB3	Sf nia	-	-	-	-
		T16	LB3	Sf	-	-	-	-
		T17	LB4 H2	Sf pu	-	-	-	-
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	LB4	Tb Aa	No saturado	30-50%	1	1
		T06	LB4	Tb Aa	No saturado	30-50%	1	2
		T07	LB4	Tb Aa	No saturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T23	LB4	Tb	No saturado	30-50%	1	1
		T24	LB4 H3	Tb dp	Saturado	10-30%	1	2
		T25	LB4 H3	Tb dp	Saturado	10-30%	1	2
Riqueza total en formación vegetal								5
Área desprovista de vegetación	Soncor***	T14	ADV	-	-	-	-	-

*: Formación vegetal con signos de alteración por manejo tradicional de la vegetación a través de quemadas controladas realizadas por las comunidades atacameñas.

** : Subsector Aguas de Quelana sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso al área.

** Subsector Soncor sin muestreo en Monitoreo 6 debido a restricciones de acceso y malas condiciones de caminos, del que se conoce no registra cobertura vegetal.

Donde:

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

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados estacionales presentados en la **Tabla N° 5-29**, 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* y de *Distichlis spicata* se desarrollan principalmente en suelos no saturados con diferencias en la salinidad, donde el matorral de *T. absinthioides* presenta mayor variabilidad, con transectas sobre suelos de textura más terrosa y otros con mayor salinidad (10-50%), mientras que todos los herbazales de *D. spicata* se observan con mayor porcentaje de afloramiento salino, sobre una costra salina (entre 10 y >80%). El herbazal de *Schoenoplectus californicus* se observó sobre suelos saturados a sobresaturados y sin presencia de afloramientos salinos, mientras que las formaciones de *Triglochin concinna* se desarrollan sobre suelos con alto porcentaje de afloramiento salino (>80%) y la transecta en el matorral de *Sarcocornia fruticosa* se observó sobre suelos saturados y salinidad entre un 10 y 30%, ver **Tabla N° 5-29**.

En cuanto al grado de alteración, casi todas las transectas visitadas se observan en una “vegetación en estado natural”, exceptuando cuatro transectas de la formación de *S. californicus*, donde se evidenciaron signos de quema, además de pastoreo en el sector de Tilopozo, ver **Tabla N° 5-29** y detalle sobre las quemadas en **Anexo I de Vegetación y Flora**.

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 matorral de *T. absinthioides*, seguido de cuatro especies en tres formaciones vegetales, tres especies en la formación de *J. balticus* y destaca el registro de solo una especie en el matorral de *S. fruticosa* debido principalmente a que se muestreó solo una de las cuatro transectas en esta formación¹⁹ (**Tabla N° 5-29**).

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.

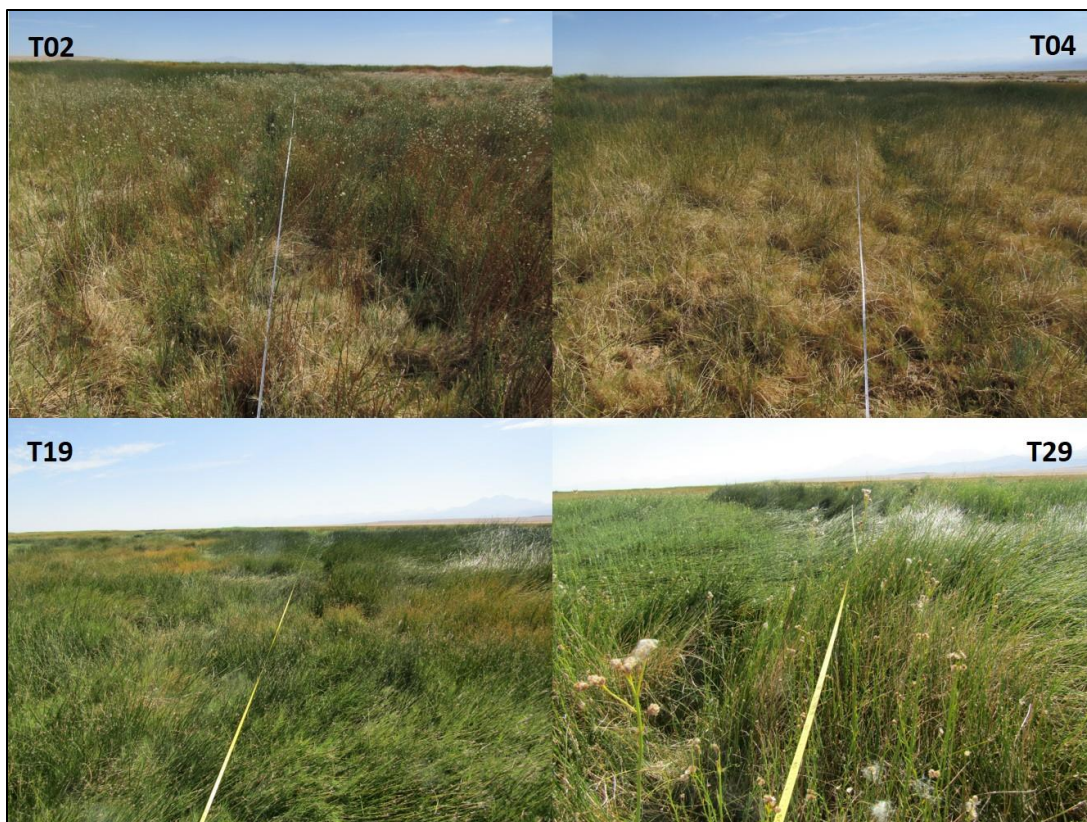
¹⁹ Cabe recordar que las transectas T15, T16 y T17 localizadas en matorrales de *Sarcocornia fruticosa* en el sector Aguas de Quelana no se muestrearon en esta campaña de verano 2019 por restricciones de acceso.

Fotografía N° 5-16. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en verano 2019, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-17. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en verano 2019, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-18. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en verano 2019, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-19. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en verano 2019, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-20. Fisonomía de matorral de *Sarcocornia fruticosa* en verano 2019, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-21. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en verano 2019, en transectas de estudio.

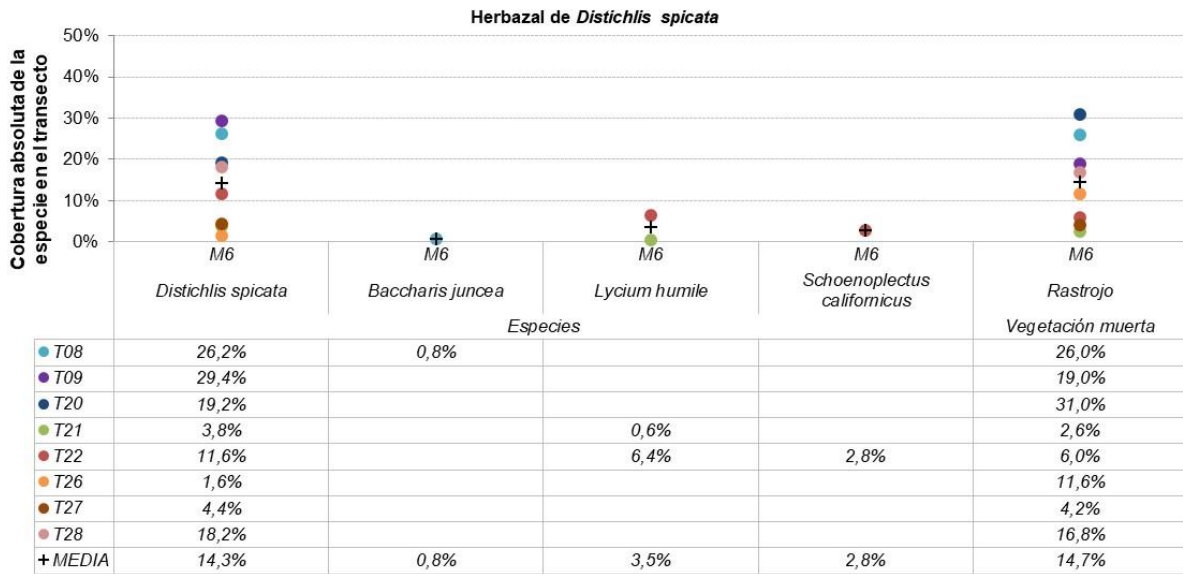
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2.2 Composición y cobertura

5.2.2.2.2.1 Cobertura absoluta de especies

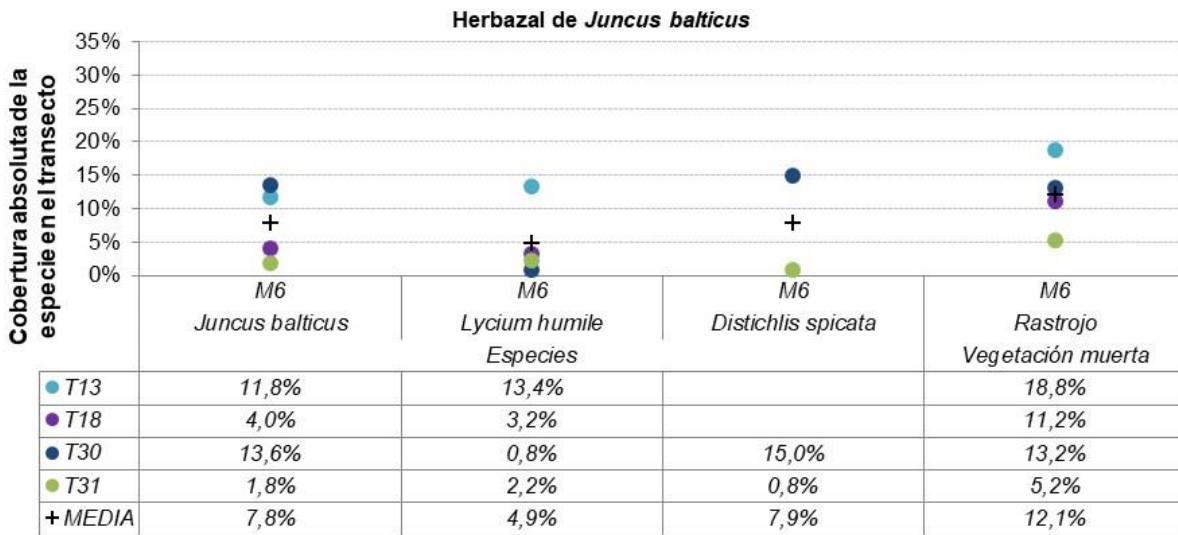
La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 6 (verano 2019), se presenta por transecta en los siguientes seis gráficos, ordenados según las seis formaciones vegetales. En cuanto a las coberturas de los otros recubrimientos por transecta y por formación vegetal, se detallan en la **Tabla N°1-6 del Anexo I Vegetación y Flora**, y el detalle del tipo de recubrimiento por transecta se observa en la **Tabla N°1-7 del Anexo I Vegetación y Flora**.

Figura N° 5-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de *Distichlis spicata*.



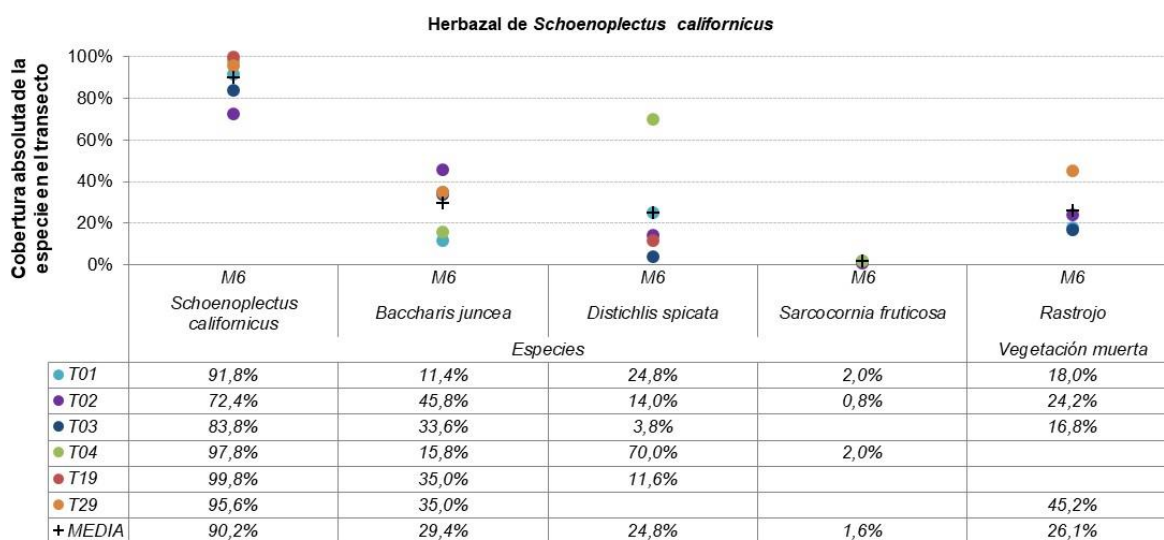
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de *Juncus balticus*.



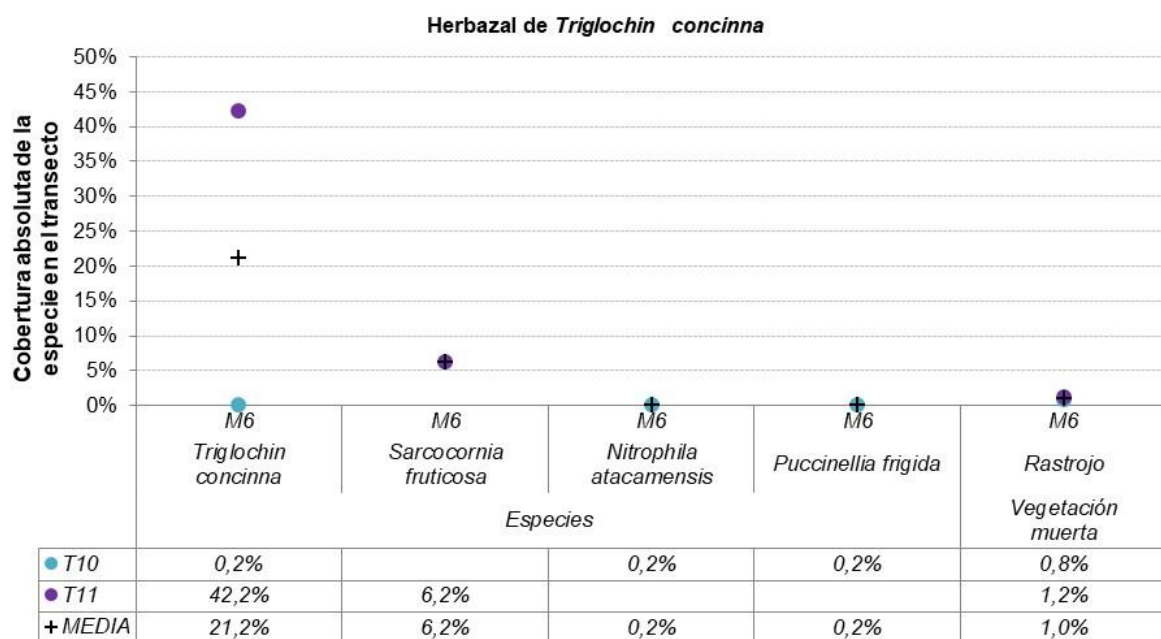
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus*.



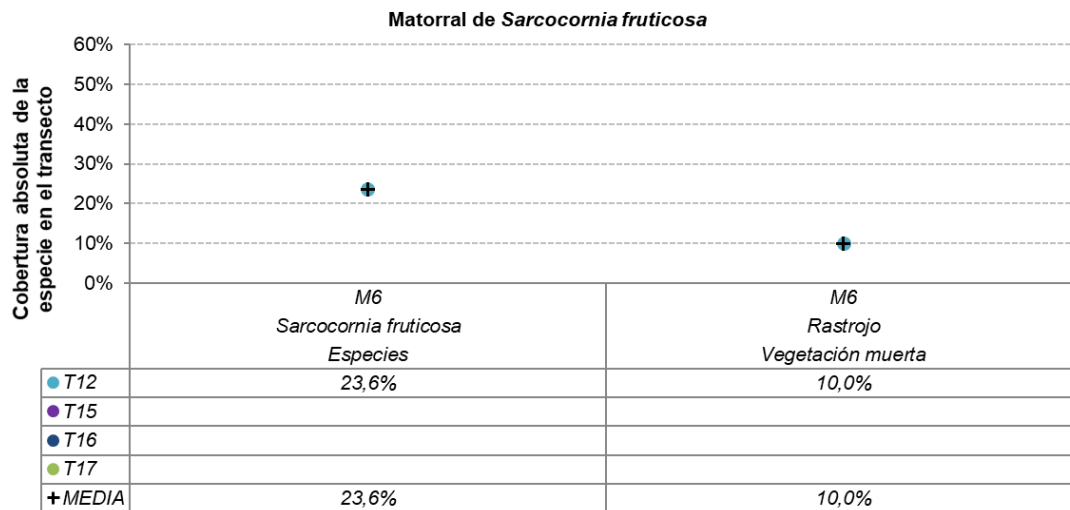
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-24. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de herbazal de *Triglochin concinna*.



Fuente: Elaboración propia.

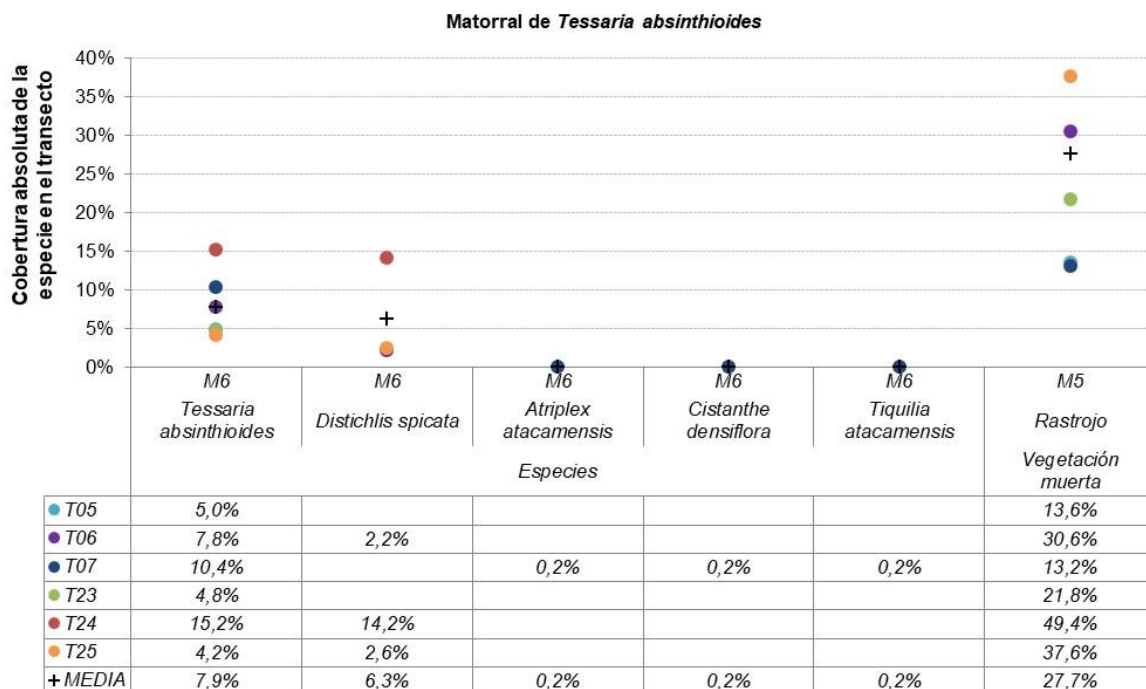
Figura N° 5-25. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de matorral de *Sarcocornia fruticosa*.



El dato estacional de verano está solamente para un transecta en esta formación, ya que las otras tres transectas localizadas en el sector Aguas de Quelana, no se muestrearon en Monitoreo 6 por restricciones de acceso.

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-26. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 6, en la formación de matorral de *Tessaria absinthioides*.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados del Monitoreo 6, destaca la especie *Schoenoplectus californicus* como aquella especie dominante de mayor cobertura absoluta en sus transectas, con una cobertura sobre un 90% en cuatro transectas (T01, T04, T19 y T29), ver **Figura N° 5-23**. Además, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con una media de 90,2% observado en la formación dominada por esta especie. Esta especie se registra también en la transecta T22, en una formación de *Distichlis spicata*, aunque con una cobertura (absoluta) mínima de 2,8%, ver **Figura N° 5-21**.

Entre las especies dominantes de formaciones vegetales que presentan los valores de cobertura más baja, destacan las especies *Juncus balticus* y *Tessaria absinthioides*. La especie *J. balticus* alcanza un máximo de 13,6% en la transecta T30 y una cobertura (absoluta) mínima de 1,8% en la transecta T31, registrando una cobertura promedio de 7,8% en la formación que domina. Esta especie no se registra en otras transectas de otras formaciones (**Figura N° 5-22**). La arbustiva *T. absinthioides* registra en las transectas T23 y T25 coberturas mínimas de 4,8% y 4,2%, respectivamente, y en la transecta T24 un máximo de cobertura absoluta de 15,2%, presentando una cobertura media de 7,9% en la formación de matorral en que domina (**Figura N° 5-26**).

Entre las especies acompañantes, destacan por una menor representatividad dentro de las formaciones las especies *Nitrophila atacamensis*, *Puccinellia frigida*, *Atriplex atacamensis*, *Cistanthe densiflora* y *Tiquilia atacamensis*, todas registradas en una sola formación vegetal, con una cobertura absoluta de 0,2%, destacando que las últimas tres especies son nuevos registros de especies en el matorral de *Tessaria absinthioides* (**Figura N° 5-24** y **Figura N° 5-26**). Por su parte, la especie acompañante *Baccharis juncea* destaca al alcanzar una cobertura media de 29,4% en el herbazal de *S. californicus*, con un máximo de 45,8% registrado en la transecta T02 (**Figura N° 5-23**).

5.2.2.2.2 Cobertura y riqueza de transectas

En la **Tabla N° 5-30** se presentan las coberturas absolutas y promedio, además de la riqueza, para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de verano 2019 (Monitoreo 6).

En el Monitoreo 6, se observa que todas las transectas correspondientes a la formación dominada por *Schoenoplectus californicus* presentan coberturas absolutas superiores al 100%, destacando la transecta T04 que alcanza la mayor cobertura absoluta para la formación con un 185,6%. Estos valores se explican por la presencia de más de una especie acompañante con coberturas altas en las transectas de la formación (**Tabla N° 5-30** y **Figura N° 5-23**). En consecuencia, para esta formación los valores de cobertura promedio por transecta se observan altos con respecto a las otras formaciones vegetales, variando entre un 32,5 y 65,3%.

Por su parte, el herbazal de *Distichlis spicata* presenta algunos de los valores más bajos de cobertura absoluta por transecta. El valor mínimo se presenta en la transecta T26, con un 1,6% de cobertura absoluta. Las transectas T21 y T27 de esta formación presentan coberturas inferiores al 5%, mientras que la mayor cobertura absoluta se registró en la transecta T09 con un 29,4%. En cuanto al herbazal de *Triglochin concinna*, si bien la formación registra una cobertura cercana al 50% en el subsector La Punta (48,4% en T11), registra en el subsector La Brava la menor cobertura absoluta por transecta de la campaña (0,6% en T10), ver **Tabla N° 5-30**.

La vegetación del área no se destaca por presentar una alta riqueza de especies vasculares, la riqueza por transecta variando entre una y cuatro especies. Las transectas que registran una riqueza de cuatro especies corresponden a T01, T02, T04 localizadas en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, T10 en el herbazal de *Triglochin concinna* y T07 en un matorral de *T. absinthioides* en subsector de Peine.

Por otra parte, la misma **Tabla N° 5-30** presentan las coberturas muertas detectadas por transecta. Al respecto, las transectas T04 y T19, correspondientes a un herbazal de *Schoenoplectus californicus*, son las únicas donde no se observó cobertura muerta en la formación. No obstante, en la transecta T29 de esta formación es donde se registra una de las mayores coberturas de rastrojos con un 45,2%.

En cuanto al resto de las formaciones vegetales, en todas las transectas se detectó algún porcentaje de cobertura muerta, variando desde un mínimo de 0,8% y 1,2% en las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* (T10 y T11), hasta un máximo de 49,4% en un matorral de *Tessaria absinthioides* (T24). En resumen, se observa que la cobertura de rastrojos por transecta es menor a un 10% de cubrimiento en seis transectas (T10, T11, T21, T22, T27, T31); en 11 transectas se observa una cobertura entre 10 y 20%; seis transectas que registran coberturas de rastrojos entre 20% y 40% (T02, T06, T08, T20, T23 y T25); y en dos transectas de herbazal de *Schoenoplectus californicus* (T29) en matorral de *T. absinthioides* (T24 mencionado anteriormente) se registran coberturas muertas absolutas entre 40% y 50%, ver **Tabla N° 5-30**.

Por último, en la **Tabla N° 5-30** también se observa la cobertura de los otros tipos de recubrimientos que se registran en las transectas, la que se registra en todas las formaciones vegetales, exceptuando al herbazal de *Schoenoplectus californicus*, cuyos valores son importantes en relación al recubrimiento vegetal (valores entre 31,4% y 98,8%). El detalle de las coberturas de los otros recubrimientos por transecta se presenta a continuación.

Tabla N° 5-30. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 6 (verano 2019).

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta	Promedio	Rastrojos/muerta	Otros recubrimientos	
Herbazal	<i>Herbazal de Schoenoplectus californicus</i>	Peine	T01	130,0%	32,5%	18,0%	-	4
			T02	133,0%	33,3%	24,2%	-	4
			T03	121,2%	40,4%	16,8%	-	3
			T04	185,6%	46,4%	-	-	4
		Tilopozo	T19	146,4%	48,8%	-	-	3
			T29	130,6%	65,3%	45,2%	-	2
	<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	La Punta	T13	25,2%	12,6%	18,8%	60,8%	2
		Tilopozo	T18	7,2%	3,6%	11,2%	82,0%	2
			T30	29,4%	9,8%	13,2%	61,2%	3
			T31	4,8%	1,6%	5,2%	90,0%	3
	<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	Peine	T08	27,0%	13,5%	26,0%	47,4%	2
			T09	29,4%	29,4%	19,0%	51,6%	1
		Tilopozo	T20	19,2%	19,2%	31,0%	49,8%	1
			T21	4,4%	2,2%	2,6%	93,0%	2
			T22	20,8%	6,9%	6,0%	77,4%	3
			T26	1,6%	1,6%	11,6%	86,8%	1
			T27	4,4%	4,4%	4,2%	91,4%	1
T28	18,2%	18,2%	16,8%	65,0%	1			
<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	0,6%	0,2%	0,8%	98,8%	4	
	La Punta	T11	48,4%	16,1%	1,2%	52,8%	3	
		T12	23,6%	23,6%	10,0%	66,4%	1	
Matorral	<i>Matorral de Sarcocornia</i>	Aguas de	T15	*	*	*	*	*

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta	Promedio	Rastrojos/muerta	Otros recubrimientos	
	<i>fruticosa</i>	Quelana*	T16	*	*	*	*	*
			T17	*	*	*	*	*
	<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	5,0%	5,0%	13,6%	81,4%	1
			T06	10,0%	5,0%	30,6%	59,8%	2
			T07	11,0%	2,8%	13,2%	76,0%	4
		Tilopozo	T23	4,8%	4,8%	21,8%	73,4%	1
			T24	29,4%	14,7%	49,4%	31,4%	2
			T25	6,8%	3,4%	37,6%	55,6%	2

*: Subsector Aguas de Quelana sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso.
 Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2.3 Cobertura de otros recubrimientos en transectas

En la **Tabla N° 5-31**, se puede observar en detalle las coberturas absolutas de los otros recubrimientos por transecta, los cuales están asociados a las características del sustrato donde se desarrolla la vegetación, tales como costra salina, agua superficial, sustrato terroso entre otros.

Como se había mencionado anteriormente, destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de cobertura de otros recubrimientos registrado por transecta es alto (>30%), en comparación al recubrimiento vegetal, excluyendo todas las transectas de la formación dominada por *Schoenoplectus californicus*. El sustrato principal registrado en otros recubrimientos es la costra salina, presente en 13 transectas con valores entre 3,0% y 93,0%, siendo una cobertura especialmente alta en las transectas de la formación de herbazal de *Juncus balticus* (entre 60% y 90%). También los valores de cobertura del recubrimiento costra salina saturada en ocho transectas (valores registrados entre 2,2 y 66,4%) y de costra salina terrosa en nueve transecta (entre 2,2% y 86,8%). Las formaciones vegetales que registran transectas con cobertura de costra salina terrosa, correspondientes al herbazal de *Distichlis spicata* y al matorral de *Tessaria absinthioides*, pueden registrar también una cobertura de suelo terroso, importante en algunos casos (T27 y T07 sobre un 75%), ver **Tabla N° 5-31**.

Cabe señalar que las transectas que presentaron agua en superficie corresponden a las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* (T10 y T11; **Tabla N° 5-31**), localizadas en bordes o cercanas a sistemas lagunares.

Por otra parte, se observó la presencia de rastros posterior a una quema en el monitoreo de verano 2019, en las transectas T01 y T03, ubicadas en el sector de Peine. Se desconoce cuando ocurrió el evento, pero se estima que fue posterior al monitoreo de verano 2018 (ver sección 1.8 en **Anexo I Vegetación y Flora**).

Tabla N° 5-31. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 6 (verano 2019).

Tipo de formación	Formación vegetal	Transecta	Subsector	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M6 (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
Herbazal	<i>Schoenoplectus californicus</i>	T01	Peine	*	*	*	*	*	*	0,0%
		T02		*	*	*	*	*	*	0,0%
		T03		*	*	*	*	*	*	0,0%
		T04		*	*	*	*	*	*	0,0%
		T19	Tilopozo	*	*	*	*	*	*	0,0%
		T29		*	*	*	*	*	*	0,0%
	<i>Juncus balticus</i>	T13	La Punta	*	60,8%	*	*	*	*	60,8%
		T18	Tilopozo	*	82,0%	*	*	*	*	82,0%
		T30		*	61,2%	*	*	*	*	61,2%
		T31		*	90,0%	*	*	*	*	90,0%
	<i>Distichlis spicata</i>	T08	Peine	*	43,2%	*	4,2%	*	*	47,4%
		T09		*	49,4%	*	2,2%	*	*	51,6%
		T20	Tilopozo	*	*	*	*	49,8%	*	49,8%
		T21		*	93,0%	*	*	*	*	93,0%
		T22		*	45,2%	*	32,2%	*	*	77,4%
		T26		*	*	*	*	86,8%	*	86,8%
		T27		*	4,4%	*	*	4,6%	82,4%	91,4%
		T28		*	6,0%	*	*	59,0%	*	65,0%
	<i>Triglochin concinna</i>	T10	La Brava	49,8%	22,6%	*	26,4%	*	*	98,8%
		T11	La Punta	0,6%	3,0%	8,0%	41,2%	*	*	52,8%
Matorral	<i>Matorral de</i>	T12		*	*	*	66,4%	*	*	66,4%

Tipo de formación	Formación vegetal	Transecta	Subsector	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M6 (%)						
				Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
					Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	T15*	Aguas de Quelana*	*	*	*	*	*	*	*
		T16*		*	*	*	*	*	*	
		T17*		*	*	*	*	*	*	
	<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	T05	Peine	*	*	*	*	81,4%	*	81,4%
		T06		*	*	*	*	57,6%	2,2%	59,8%
		T07		*	*	*	*	*	76,0%	76,0%
		T23	Tilopozo	*	5,2%	*	*	64,6%	3,6%	73,4%
		T24		*	*	*	29,2%	2,2%	*	31,4%
		T25		*	*	*	49,4%	6,2%	*	55,6%

*: Transectas del subsector Aguas de Quelana sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2.4 Cobertura promedio y composición del sector

En la **Tabla N° 5-32** se observan los valores promedios de cobertura por subsector, donde destaca el subsector de Peine con la mayor cobertura de vegetación (72,5%).

En el subsector Aguas de Quelana no se monitorearon las transectas en el Monitoreo 6 y la transecta del subsector de Soncor tampoco se muestreó por restricciones de acceso al área, aunque de antemano se conoce que esta área no presenta cobertura vegetal, ya que se encuentra sobre una costra salina y corresponde a un área desprovista de vegetación. Por otra parte, el sector de La Punta y La Brava tiene el menor valor de cobertura absoluta, entre los sectores con vegetación, con un 24,5%, y el sector de Tilopozo presenta una cobertura promedio de 30,6%, ver **Tabla N° 5-32**.

Por otro lado, la cobertura promedio de la vegetación muerta registra un valor máximo de 18,3% en Tilopozo, cercano al 17,9% de cobertura muerta registrado en el sector Peine. El sector La Punta y La Brava registra una cobertura promedio de rastrojos menor al 10% (**Tabla N° 5-32**).

Finalmente, la riqueza de especies por sector se observa entre seis y ocho especies de flora vascular, exceptuando al subsector Aguas de Quelana y Soncor sin muestreo en M6, aunque se conoce que el subsector Soncor no registra vegetación o individuos de flora (**Tabla N° 5-32**). La **Tabla N° 5-33**, se puede observar la composición de las especies presentes por sector, señalando su riqueza por cada subsector.

Tabla N° 5-32. Cobertura promedio y riqueza por Subsectores, para el Monitoreo 6 (verano 2019).

Subsector	Transectos en el sector	Promedio de la cobertura absoluta por subsector		Riqueza (No. De especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta * Rastrojo (%)	
La Punta y La Brava*	4	24,5%	7,7%	6
Peine	9	72,5%	17,9%	8
Aguas de Quelana**	3	*	*	*
Soncor*	1	*	*	*
Tilopozo	14	30,6%	18,3%	6

* Para esta versión se unieron los subsectores La Punta y La Brava.

** : Subsector Aguas de Quelana y Soncor sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 5-33. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 6 (verano 2019).

Especie	Subsector Área de estudio			
	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana*	Tilopozo
<i>Baccharis juncea</i> (Cass.) Desf.		x		x
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene		x		x
<i>Lycium humile</i> Phil.	X			x
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják		x		x
<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.		x		x
<i>Juncus balticus</i> Willd.	X			x
<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott	x	x		
<i>Triglochin concinna</i> Burt Davy	x			
<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.	x			
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	x			
<i>Tiquilia atacamensis</i> (Phil.) A.T. Richardson		x		
<i>Atriplex atacamensis</i> Phil.		x		
<i>Cistanthe densiflora</i> (Barnéoud) Hershkovitz		x		
Riqueza total por subsector	6	8	-	6

*: Subsector Aguas de Quelana sin muestreo estacional en Monitoreo 6 por restricciones de acceso y se unieron los valores de los subsectores La Punta y La Brava.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 RESULTADOS DE DISTRIBUCION Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL - MÉTODO NDVI

De acuerdo con el Anexo N°2, Adenda 5 RWL (2015), en este acápite se presentan los resultados obtenidos a partir del método NVDI - imágenes satelitales, que representan la cobertura vegetal y su grado de vigorosidad, es decir, vegetación activa para verano de 2019, dada la frecuencia anual de medición a través de este método.

Es importante recordar que, la extracción de los valores de NDVI se realiza en el área correspondiente a la superficie de la Carta de Ocupación de Tierras (COT), que representa la vegetación zonal, azonal y otros recubrimientos en cuatro sectores del Salar en la campaña de verano de 2019: (i) Tilopozo, (ii) La Punta y La Brava, (iii) Peine, (iv) Soncor y (v) Quelana.

Según los valores obtenidos en base a la metodología descrita en la sección 5.1.3, los resultados de la superficie de vegetación activa por formación vegetal correspondiente a cada sector, se detallan en la **Tabla N° 5-34** y se grafican en los archivos cartográficos presentados en el **Anexo I de Vegetación y Flora** de este Informe Anual.

Tabla N° 5-34. Superficies de vegetación activa (NDVI) en base a la COT de verano 2019, por sector.

SECTOR <i>Recubrimiento de suelo / Tipo de vegetación</i> Formación vegetal	SUPERFICIES (ha)	
	Vegetación activa NDVI	Polígonos con vegetación COT
Peine	666,4	5.925,0
Área desprovista de vegetación	5,8	2.936,0
Zonal	517,6	2.181,0
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	75,4	542,8
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>	12,0	60,1
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Adesmia imbricata</i>	1,9	9,3
Matorral de <i>Adesmia imbricata</i>	23,3	148,5
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	368,2	1.193,7
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>	36,8	226,5
Azonal	143,0	808,0
Matorral * Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	112,5	687,4
Matorral hídrico * Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	0,9	3,4
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Distichlis spicata</i>	2,9	7,1
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	0,6	1,9
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	11,4	27,9
Vega de <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	8,1	57,2
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	3,2	16,9
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	3,4	6,1
La Punta y La Brava	11,7	118,5
Área desprovista de vegetación	0,5	58,2
Azonal	11,2	60,3
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	7,9	41,1
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	0,0	2,3
Vega de <i>Nitrophila atacamensis</i> y <i>Triglochin concinna</i>	0,6	3,3
Vega de <i>Triglochin concinna</i>	2,7	13,6
Aguas de Quelana	251,2	4.954,2
Área desprovista de vegetación	2,7	3.435,4
Zonal	23,8	114,8
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	21,8	104,9
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Lycium humile</i>	2,0	9,8

SECTOR <i>Recubrimiento de suelo / Tipo de vegetación</i> Formación vegetal	SUPERFICIES (ha)	
	Vegetación activa NDVI	Polígonos con vegetación COT
<i>Azonal</i>	224,7	1.404,0
Matorral * Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	99,5	637,3
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Nitrophila atacamensis</i>	4,3	21,6
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	53,8	313,6
Matorral hídrico * Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>	5,1	18,6
Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	27,7	209,1
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	34,3	203,9
Soncor	20,1	5.018,2
Área desprovista de vegetación	14,0	4.993,5
<i>Azonal</i>	6,1	24,8
Matorral * Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	1,6	7,8
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	4,5	16,9
Tilopozo	595,5	17.054,1
Área desprovista de vegetación	3	14.408,0
<i>Zonal</i>	205,1	583,0
Matorral de <i>Ephedra breana</i>	183,0	491,1
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	22,1	91,8
<i>Azonal</i>	387,1	2.063,2
Matorral * Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	137,8	806,8
Matorral hídrico * Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>	2,6	8,6
Matorral hídrico * Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	3,3	16,5
Matorral hídrico * Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Juncus balticus</i>	13,8	95,9
Matorral hídrico * Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	2,0	10,1
Matorral hídrico * Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	2,8	14,3
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	1,8	4,4
Matorral hídrico * Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Triglochin concinna</i> y <i>Nitrophila atacamensis</i>	4,3	13,8
Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	9,9	49,6
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	118,8	661,8
Vega de <i>Juncus balticus</i>	43,5	225,5
Vega de <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	3,2	16,2

SECTOR <i>Recubrimiento de suelo / Tipo de vegetación</i> Formación vegetal	SUPERFICIES (ha)	
	Vegetación activa NDVI	Polígonos con vegetación COT
Vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	11,1	42,5
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	8,0	22,5
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	9,4	20,2
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	9,8	30,1
Vega de <i>Triglochin concinna</i>	4,9	24,5
Total general	1.544,8	33.070,1
Total con áreas con vegetación	1.518,6	7.238,9

Fuente: Elaboración propia.

La vegetación activa calculada a partir del NDVI, corresponde a 1.544,8 ha, superficie que representa un 4,7% de la superficie total de la COT (33.070,1 ha), incluyendo áreas desprovistas de vegetación. En tanto, la superficie con vegetación de la COT es de 7.238,9 ha, tal como se indica en la tabla anterior, donde la vegetación activa representa un 21% (1.518,6 ha). Esta diferencia de superficie se debe a que el índice NDVI responde a múltiples factores, donde su principal aporte es generar una idea del estado general de la vegetación, principalmente de la vigorosidad o actividad de la vegetación que ocupa un área.

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.

5.2.4 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 que presenta hasta el tercer año de seguimiento, se incluye un análisis de tendencias de

los tres años de monitoreo en contraste con los valores históricos, expuesto en la discusión y análisis integral del **capítulo 12.8 del Estado Ecológico del Sistema**.

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.

6 FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos semestrales de invierno 2018 y verano 2019 para el componente ambiental biota, subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE N°21/2016 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama de la empresa Albemarle Ltda., ubicado en la Región de Antofagasta.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este componente y que son objeto de seguimiento, corresponden a: composición, riqueza y abundancia, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto.

Los períodos reportados en el presente informe se enmarcan entre los días 22 al 25 de agosto de 2018, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, y entre los días 02 al 06 de abril de 2019, correspondiente al monitoreo semestral de verano.

El presente informe de monitoreo corresponde a la quinta y sexta campaña de seguimiento semestral del Plan de Manejo Biótico del Proyecto (Anexo 2 Adenda 5 EIA), llevadas a cabo por **Cedrem Consultores Limitada** por encargo del Titular del Proyecto.

Los objetivos del informe de seguimiento ambiental al subcomponente fauna terrestre, son los siguientes:

- Caracterizar la fauna presente y su distribución en el área de estudio, a escala general y en los distintos ambientes de fauna identificados, en cuanto a su taxonomía, origen geográfico y estado de conservación en conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

- Describir la riqueza, composición, abundancia, frecuencia y similitud de la fauna de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) presentes para los distintos ambientes del área de estudio.
- Comparar, a distintas escalas (cualitativa y cuantitativamente) los resultados de las variables y parámetros de riqueza, composición y abundancia de la fauna registrada en estas campañas semestrales de invierno de 2018 y verano de 2019, con resultados de monitoreo y/o línea de base previos, para establecer posibles desviaciones y evolución de éstos.

6.1 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.1 Descripción del área de estudio

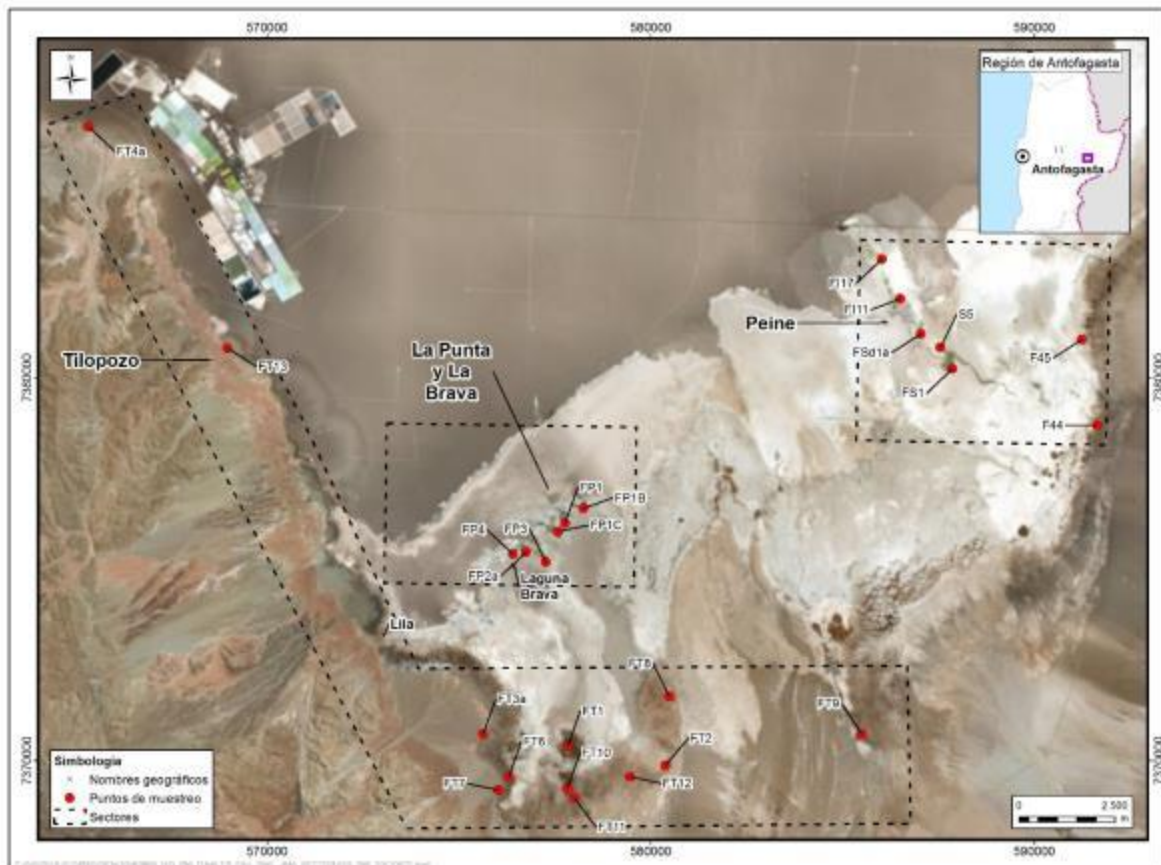
El área de estudio se ubica en el borde sur del Salar de Atacama, donde operativamente, siguiendo la línea del PMB (Adenda 5), se dividieron los muestreos en tres sectores: a) La Punta y La Brava; b) Peine (incluyendo las lagunas Salada, Saladita e Interna, y dos puntos con ambiente terrestre), y c) 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 las cotas de 2.304 m s.n.m. a los 2.312 m s.n.m.

Para el área específica de estudio, y analizando los datos de muestreos de línea base (PMB, 2015), los que se resumen en varias campañas (desde los años 2006 a 2015), se ha registrado una riqueza acumulada de 62 especies de vertebrados, de las cuales 49 corresponden a aves (79%), 10 especies a mamíferos (16,1%), 2 a reptiles (3,2%) y 1 a anfibios (1,6%). Del total, se determinaron 11 especies en alguna categoría de conservación: 8 clasificadas como Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicopterus jamesi*, *Chroicocephalus serranus*, *Rhea pennata tarapacensis*, *Vultur gryphus*, *Ctenomys fulvus*, *Lama guanicoe*), 1 como Rara (*Liolaemus constanzae*) y 2 categorizadas como En Peligro (*Liolaemus fabiani*, *Vicugna vicugna*) y una alta proporción de especies nativas, siendo *Ctenomys fulvus*, *Liolaemus constanzae* y *Liolaemus fabiani* representantes de las especies endémicas del área.

Respecto a la distribución de las especies en los distintos hábitats, se observó que la mayor representación de riqueza y abundancia estuvo presente en las lagunas, con 8 especies de vertebrados, principalmente aves asociadas a cuerpos de agua. Le sigue el hábitat de matorral con 8 especies de vertebrados, y el herbazal, con 6 especies.

De las especies más sensibles, destacan las 3 especies de flamencos, presentes en los sectores de a) La Punta y La Brava, y b) Peine (considerando sólo las lagunas Salada, Saladita e Interna), y que en campañas donde se efectuó estimación de abundancia (septiembre 2013, abril y julio 2014, y febrero 2015), fueron las especies de aves acuáticas más abundantes en los sistemas lacustres. De las restantes especies de vertebrados, destacan especialistas de hábitat como la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), presente en el borde de las lagunas de salares, y el tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), roedor fosorial de Chile, y que se encuentra en ambientes de matorral y herbazal, en sustratos arenosos.

Figura N° 6-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y Puntos de Muestreo en tres sectores (líneas discontinuas).



Fuente: Elaboración Propia.

6.1.2 Ubicación de puntos muestreo

En ambas campañas de monitoreo, se realizaron 25 puntos de muestreo, de los cuales 16 son los establecidos en la RCA, correspondientes a los considerados en campañas previas (PMB 2015), y otros 9 puntos, de carácter voluntario, que han sido incorporados de modo de hacer más robusta la caracterización, con mejor ubicación para censar, no tan cerca de la presencia y actividad humana; y en definitiva, representar todos los ambientes presentes en el área de estudio.

La ubicación detallada de los puntos (en coordenadas UTM, datum WGS84, Huso19), fue presentada e informada en el Informe N°1 del PMB, e igualmente se presentan en la **Tabla N° 6-1** y **Figura N° 6-2** (ver también **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

En relación al esfuerzo de muestreo, se efectuaron 25 transectos (uno en cada punto de muestreo), 9 estaciones de trapeo de micromamíferos, 12 estaciones con trampas cámara, 5 muestreos de aves nocturnas y 2 muestreos nocturnos de anfibios.

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

PM	Coordenadas propuestas en LB		Coordenadas Finales PMB		Sector	Subsector	Ambiente	Transecto fauna				Voluntario
	Este	Norte	Este	Norte				Anf	Rep	Aves	Mam	
S5	-	-	587.551	7.380.785	Peine	Salada	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FS1	587.869	7.380.233	587.869	7.380.233	Peine	Salada	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	-
FSd1a	587.090	7.381.075	587.043	7.381.143	Peine	Saladita	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	-
FI11	-	-	586.512	7.382.060	Peine	Interna	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FI17	-	-	586.032	7.383.098	Peine	Interna	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
F44	591.636	7.378.759	591.638	7.378.759	Peine	Peine terrestre	Matorral Tessaria	No	Si	Si	Si	-
F45	591.246	7.380.993	591.248	7.380.993	Peine	Peine terrestre	Matorral Tessaria	No	Si	Si	Si	-
FP1	577.768	7.376.209	577.768	7.376.209	La Punta y la Brava	La Punta	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	-
FP1B	-	-	578.241	7.376.584	La Punta y la Brava	La Punta	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FP1C	-	-	577.574	7.375.983	La Punta y la Brava	La Punta	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FP2a	576.955	7.375.401	576.748	7.375.448	La Punta y la Brava	La Brava	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	-
FP3	-	-	577.271	7.375.175	La Punta y La Brava	La Brava	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FP4	-	-	576.403	7.375.395	La Punta y la Brava	La Brava	Humedal salar (laguna)	No	Si	Si	Si	X
FT10	577.822	7.369.282	577.822	7.369.282	Tilopozo	Tilopozo	Humedal pajonal	Si	Si	Si	Si	-
FT1a	577.841	7.370.458	577.830	7.370.368	Tilopozo	Tilopozo	Humedal pajonal	Si	Si	Si	Si	-
FT11	578.010	7.369.030	578.010	7.369.030	Tilopozo	Tilopozo	Matorral	No	Si	Si	Si	-

PM	Coordenadas propuestas en LB		Coordenadas Finales PMB		Sector	Subsector	Ambiente	Transecto fauna				Voluntario
	Este	Norte	Este	Norte				Anf	Rep	Aves	Mam	
							<i>Tessaria</i>					
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	-

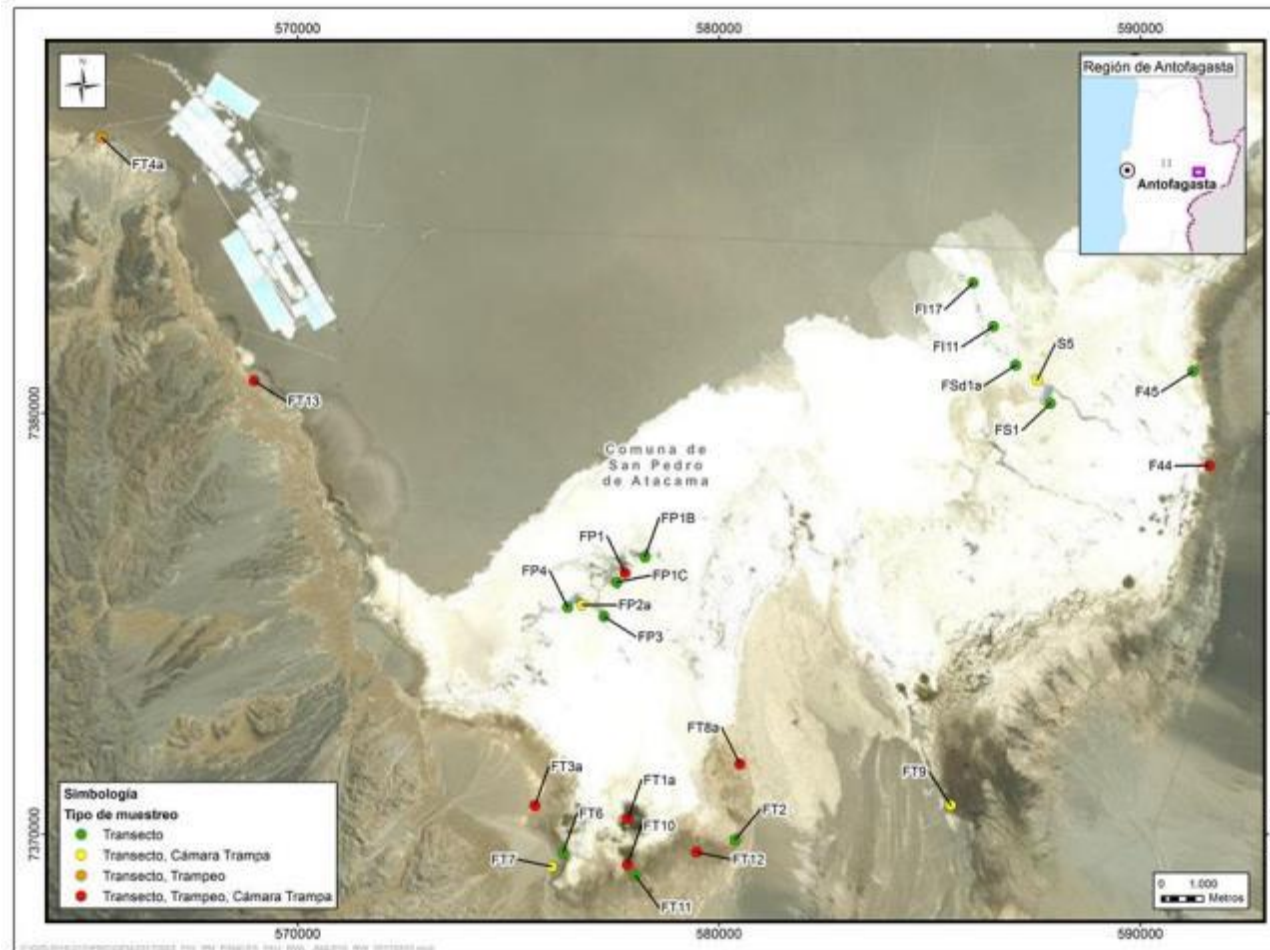
Nota: Las estaciones que presentan una letra a minúscula, representa una adecuación de la estación original, en cuanto a la ubicación exacta (ej. FT4a corresponde a la estación original FT4, que se cambió de lugar, manteniendo el ambiente).

LB: Línea de Base; **PMB:** Plan de Manejo Biótico.

Fuente: Elaboración Propia.

Los puntos de muestreo se agruparon en tres sectores: a) La Punta y La Brava (con 6 puntos); b) Peine, en las lagunas Salada, Saladita e Interna (con 5 puntos), además de 2 puntos en ambiente terrestre (7 puntos en total) y c) Tilopozo (12 puntos; **Figura N° 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 2 estaciones de muestreo ubicados en humedales dulceacuícolas (pozas) de Tilopozo (**Figura N° 6-1; Fotografía N° 6-1**; ver también **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**). La disposición de los trampeos y muestreos nocturnos es representativa de todos los ambientes acuáticos y terrestres presentes en el área de estudio.

Figura N° 6-2. Localización de Puntos y Tipo de Monitoreo del Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres en el área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 6-1. Ambientes del área de estudio. A) humedal salar (arriba; izquierda); B) humedal pajonal (arriba, derecha); C) herbazal (centro, izquierda); D) matorral (centro, derecha); E) quebrada (abajo, izquierda) y F) área desprovista de vegetación (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 (**Figura 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 vertebrada silvestre. Estos muestreos complementarios corresponden a: trapeo de roedores y marsupiales, muestreo nocturno de aves y anfibios, y cámara trampa con atrayente olfativo.

Las definiciones de los tipos de muestreo son las siguientes:

- Transecto (T): Caminata a partir de un punto, para detectar evidencias directas e indirectas de fauna vertebrada terrestre.
- Trapeo 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 los taxa a muestrear por campaña de terreno (por ende, los tipos de muestreo a implementar), se eligen las unidades de muestreo por tipo de ambiente y para cada uno de los sectores en el área de estudio.

El diseño de muestreo utilizado fue del tipo estratificado-dirigido: estratificado, ya que los estratos correspondieron a los tipos de ambientes de fauna previamente delimitados; y dirigido, dado que el equipo de especialistas encargado, utilizó los criterios de experto para localizar de manera efectiva los puntos de muestreo por taxón y/o tipo de muestreo.

Los criterios de experto usados para localizar/dirigir los transectos de muestreo, son:

- Representatividad y homogeneidad espacial del ambiente a caracterizar, muestreando un promedio del ambiente.
- Accesibilidad y condiciones de seguridad.
- Minimización de sobreposición de puntos de muestreo.

En el caso de muestreos complementarios, los criterios para establecer los puntos de muestreo específicos según la especie a detectar, son:

- Trampeo de roedores y marsupiales: Según la disponibilidad de refugios y rastros (huellas y fecas).
- Playback de aves nocturnas: Según la disponibilidad de recursos para las aves y disponibilidad de distintos ambientes.
- Playback de anfibios: Según el tipo de hábitat (cursos de agua o humedales).
- Cámaras trampa con atrayente olfativo: Según la presencia de rastros (huellas o fecas) y/o según morfología del hábitat como puede ser la detección de cuevas (refugios) o quebradas (corredores).

6.1.4.3 Muestreo de terreno

A fin de caracterizar el componente fauna, describiendo su riqueza, composición y abundancia en el área de estudio y los sectores que la conforman, se ha consultado la Guía para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre (SAG, 2012; SAG, 2016), complementado con la Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres 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 6 ambientes: humedal salar (con 11 puntos de muestreo, ubicados en el sector de La Punta y La Brava, y en las lagunas Salada, Saladita e Interna, de Peine), humedal pajonal (2 puntos, en Tilopozo), área desprovista de vegetación costra salina (1 punto, en Tilopozo), herbazal (2 puntos,

en Tilopozo), matorral (con 8 puntos, 6 en el sector de Tilopozo y 2 en el sector de Peine) y quebrada (1 punto, en Tilopozo; detalles en **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

Tras describir el ambiente en cada punto de muestreo, el equipo de especialistas procedió a implementar las metodologías de muestreo pertinentes a cada taxón objetivo, caracterizando la fauna mediante evidencias directas (visuales y/o auditivas) e indirectas (fecas, huellas, plumas, egagrópilas, cuevas, pelos, etc.). De ser posible, se fotografiaron los individuos avistados, además de las evidencias indirectas de especial interés, como restos óseos, egagrópilas, fecas y huellas.

Para la recolección de datos en terreno y su correcta sistematización en gabinete, se utilizaron formularios de datos específicos para cada tipo de muestreo.

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 2 estaciones donde es posible su presencia, como las pozas de Tilopozo), removiendo piedras y costra salina, en la medida de lo posible. Se determinaron las especies con registros directos (auditivo, visual, larvas), dejando registro fotográfico de respaldo. Igualmente, se realizaron muestreos crepusculares-nocturnos con sistema de playback. En este caso, la reproducción del audio se efectuó por un minuto máximo con espera de respuesta (auditiva y/o visual) por cinco minutos. El orden de reproducción fue de menor a mayor tamaño de especie. El playback se realizó media hora después del crepúsculo o durante la noche, y se efectuaron tres repeticiones de cada 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 20 metros de ancho, en los cuales se registraron los individuos presentes en ambos lados de la línea de proyección. Los muestreos se realizaron en los horarios de mayor actividad de este grupo; esto es, entre las 09:00 y las 13:00; y entre las 16:00 y 18:00 horas. Se estableció un transecto por cada punto de muestreo.

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 de punto fijo (en los 11 puntos de humedal salar, en las lagunas), en que se registraron las especies observadas y/o escuchadas, en un lapso de aproximadamente 10 minutos (con radio de observación variable). Se utilizaron binoculares 10 x 50. Se buscó además evidencias indirectas de este grupo de fauna (nidos, cuevas, plumas, fecas, restos óseos, egagrópilas). En el caso de los sistemas acuáticos, se incluyeron los sistemas hidrológicos: La Punta-La Brava, Lagunas Salada, Saladita e Interna y sistema Tilopozo (pozas). Adicionalmente, para las especies de flamencos, su descripción se realizó mediante censos en puntos de observación incluyendo los siguientes sistemas hidrológicos: La Punta-La Brava y Peine (Lagunas Salada, Saladita e Interna), registrando la actividad reproductiva (si existiese, como baile nupcial, nidificación, parejas echadas, etc.).

En forma complementaria, para aves nocturnas, se establecieron puntos fijos (representativos de los distintos ambientes) para la estimación de la composición, riqueza y abundancia de aves de hábito nocturno (rapaces nocturnas y especies crepusculares), a través de un muestreo crepuscular-nocturno con sistema de playback (respuesta a grabaciones). La reproducción fue por 30 segundos con espera de respuesta por 30 a 60 segundos, de las 5 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 directa de individuos presentes y de evidencias indirectas (huellas, osamentas, restos de pelaje, fecas, cuevas, etc.), observados a ojo desnudo o con binoculares 10 x 50. Para este estudio se consideró a los lagomorfos, edentados²⁰ 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*).

²⁰Si 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, éstos corresponden a: marsupiales, quirópteros (murciélagos) y roedores (excepto integrantes de la 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° 420 del 07 de agosto de 2017 y su correspondiente ampliación en la Resolución Exenta N°356/2018 del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Antofagasta, 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. Instalación de 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)²¹. Esta información fue extraída del listado de fauna potencial realizado previo al terreno y complementada, cuando fuese necesario, mediante la misma metodología.

²¹ BSE = criterios de protección definidos como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria (B), con densidades poblacionales reducidas (S) y/o benéficas para el equilibrio de los ecosistemas (E).

El detalle de caracterización se indica a continuación:

a) Origen geográfico

La asignación del origen geográfico se basó principalmente en lo descrito por el Ministerio del Medio Ambiente, el que incluye las siguientes categorías:

- Nativas: son aquellas especies originarias del lugar en donde habitan (MMA, 2016).
- Endémicas: especies nativas con una distribución natural restringida al territorio nacional (Chile), pudiendo incluso estar restringida a una región política administrativa, una región biogeográfica, una isla o una zona particular del país (SEA, 2015).
- Introducidas o exóticas: son aquellas especies foráneas que han sido introducidas fuera de su distribución natural, de igual modo, una especie exótica es aquella que, aunque sea nativa del mismo país, ha sido introducida en una zona del país donde no tiene distribución natural (MMA, 2016).

b) Estados de conservación y otros criterios de protección

El proceso de revisión de antecedentes incluyó para cada una de las especies, la determinación de las categorías de conservación, los criterios de protección nacionales y otras categorías de protección internacionales, tal como el estatus de migración de aves según la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres [CMS] (1971).

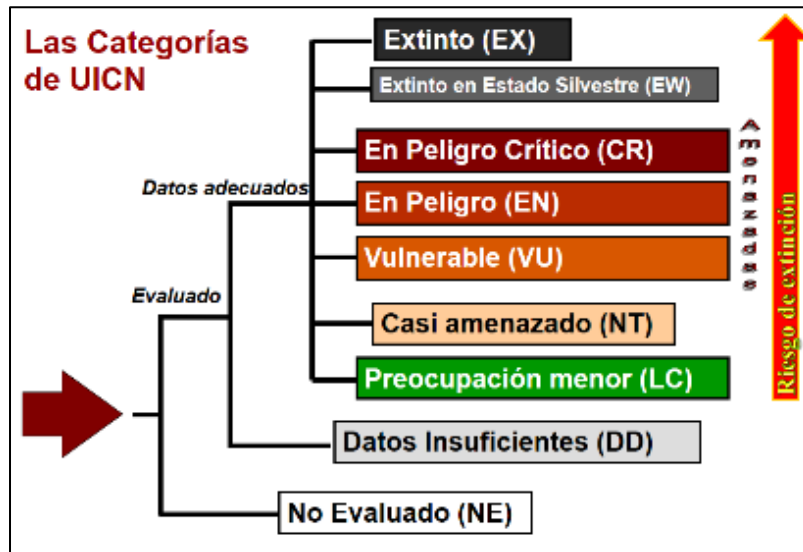
Las categorías de conservación de cada una de las especies, fueron determinadas según los criterios de clasificación definidos en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (2005) y sus decretos supremos asociados posteriores, donde se listan las especies clasificadas y su categoría de conservación: 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, D.S. N°16/2016, D.S. N°6/2017 y D.S. N°79/2018 del Ministerio del Medio Ambiente [MMA].

Las categorías de conservación dictadas en los Decretos Supremos antes mencionados, se basan en las Categorías y Criterios de Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2012). Por ende, al igual que en este documento, se clasifican como “*bajo amenaza*” las especies clasificadas en las siguientes categorías de conservación: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU),

incluyéndose, además, las especies clasificadas Casi amenazada (NT)²². El resto de las categorías, se consideran de menor riesgo de extinción o como “sin amenaza”.

En la **Figura N° 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.

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 (VU, ambas “bajo amenaza”), y Rara (R), Escasamente o Inadecuadamente Conocida (I) y Fuera de Peligro (F, estas tres últimas se consideran “sin amenaza”).

Para el caso de especies que no se encuentran definidas en los documentos anteriores, su estado de conservación se determinó según prelación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente [CONAMA] (2009), mediante Núñez et al. (1997); Corporación Nacional Forestal [CONAF] (1988); Glade (1993), Díaz-Páez y Ortiz (2003), Rottmann & López-Callejas (1992); y Cofré & Marquet, (1999). Las categorías utilizadas en estos documentos fueron usadas tal y como se presentan en ellos, sin embargo, fueron consideradas categorías “bajo amenaza” todas las que fueron naturalmente homologables

²²Para 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).

a las dictadas como tal por la UICN, de lo contrario fueron consideradas sin amenaza. Según lo anterior, se incluyen especies cuyas categorías no están estandarizadas, como las de Amenaza Indeterminada (A, Glade, 1993), Frágil (FR) y Sin Prioridad inmediata (NP; Cofré & Marquet, 1999).

Por otra parte, los criterios de protección de las especies se determinaron siguiendo los criterios señalados en el D.S. N°5/1998 MINAGRI (SAG, 2012a), correspondientes a: beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B), densidades poblacionales reducidas (S) o benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E). Al igual que las especies en estado de conservación, todas las especies bajo estos criterios de protección tienen prohibida su caza y/o captura en todo el territorio nacional (Ministerio de Agricultura [MINAGRI], 1998; SAG, 2012a,b; SAG, 2016).

En relación 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, 2017) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos (los que en su mayoría coinciden con los listados aceptados por la autoridad).

c) Movilidad y especialistas de hábitat

La *movilidad* de una especie se entiende como la capacidad de escape natural de un individuo ante cambios en su hábitat, ya que mientras menor es la movilidad de las especies, menor es la probabilidad de migración o escape natural ante perturbaciones. Se clasifican de la siguiente forma según SAG (2004):

- Movilidad alta: Individuos que tienen la capacidad de desplazarse grandes distancias en poco tiempo por sus propios medios.
- Movilidad media: Individuos que tienen la capacidad de desplazarse distancias intermedias o bajas, por sus propios medios.
- Movilidad baja: Individuos que poseen rangos de desplazamiento muy reducidos, generalmente lo hacen sólo a unos pocos metros de sus cuevas o madrigueras.

La movilidad se definió para todos los registros a nivel de especie. Además, esta característica se precisó a nivel de género cuando todas las especies representantes del género compartían la misma capacidad de movimiento.

Por último, las especies especialistas de hábitat corresponden a las especies con distribución restringida a ambientes específicos (ej.: humedales) o escasos (ej.: bosques o ambientes de mayor productividad), por lo tanto, son más sensibles que las especies generalistas o de amplia distribución frente a alteraciones de estos ambientes particulares (SAG, 2014).

d) Índice de Riesgo

Adicionalmente, las especies detectadas fueron clasificadas según el índice de riesgo basado en el libro “Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre” (SAG & CEDREM, 2004) pero actualizado según bibliografía en cuanto a nombre científico, distribución, endemismo y categoría de conservación de las especies.

El índice de riesgo (IR) refleja el grado de prioridad para la conservación de las especies y considera la suma ponderada de los siguientes criterios: estado de conservación (40%), grado de agregación (15%), movilidad (15%), especialista de hábitat (15%), endemismo (10%) y BSE²³ (5%). Los rangos de valores para la categorización en base al índice de riesgo son: > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo. Este índice se calculó para todos los registros de fauna nativa identificados a nivel de especies. Las especies introducidas y/o domésticas se excluyeron de este cálculo por no ser aplicable a ellas, ya que no son naturales de los ambientes estudiados.

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:

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

²³ Criterios de protección de especies: B: especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: especie con densidades poblacionales reducidas; E: especie catalogada benéfica para el equilibrio de los ecosistemas naturales (SAG, 1998).

Siendo el esfuerzo de muestreo el producto entre el número de trampas y el número de noches de trampeo (trampas-noche). Cabe destacar, que para este cálculo no se consideraron especies registradas por evidencia indirecta.

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:

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

En esta medida de frecuencia se consideraron todos los tipos de muestreo salvo los registros únicos, debido que, al no estar dirigido a todas las especies de un taxón, se puede sobreestimar la frecuencia de solo algunas de las especies registradas. Calcular la frecuencia relativa por sobre otras medidas, como abundancia relativa, posee la ventaja de utilizar sólo las presencias o ausencias de las especies en las unidades de muestreo, por tanto, permite utilizar tanto las evidencias directas como indirectas.

En este caso, se estimó la frecuencia agrupando todos los ambientes dentro de cada sector, por lo que se tiene un valor de frecuencia por especie.

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, playback), mapas, trampas Sherman, cebo (avena y esencia de vainilla para roedores, jurel para carnívoros).

Equipos: GPS, Cámara fotográfica, Binoculares 10 x 50, radio Handy, trampas cámara Bushnell, equipo de reproducción de playback.

El equipo de profesionales estuvo integrado por seis especialistas, divididos en tres grupos de trabajo.

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 25 de agosto de 2018, 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 12 de septiembre de 2018.

El muestreo y medición de cada parámetro se efectuó para el monitoreo de verano entre el 02 al 06 de abril de 2019, mientras que el traspaso de los datos a digital, su orden en base de datos y su análisis se realizó entre el 08 de abril al 22 de abril de 2019.

6.2 RESULTADOS

6.2.1 Resultados del monitoreo campaña de invierno 2018

6.2.1.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, en la quinta campaña de monitoreo, se registraron 28 especies, siendo estas 2 especies de reptiles, 21 especies de aves y 5 especies de mamíferos (**Tabla N° 6-2**).

De las 28 especies de fauna detectadas, 11 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 5 especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); otras 4 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue reemplazado por el D.S. N° 29/2012 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las 2 especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Cofré & Marquet (1999). En detalle, estas especies en categoría corresponden a las 2 especies de reptiles detectadas, 5 de las especies de aves y 4 de las especies de mamíferos (**Tabla N° 6-2**).

Del total de 11 especies en categoría de conservación, 7 se consideran “*bajo amenaza*”; es decir, en las categorías En Peligro (una especie; 1 reptil), Vulnerable (5 especies; 4 aves y 1 mamífero) y una especie Casi amenazada (1 ave). Por su parte, las otras 4 especies se catalogan “*sin amenaza*” (precautorias; **Tabla N° 6-2**).

Por su parte, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 25 de las 28 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; en condición de densidades poblacionales reducidas y/o beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (categorías no excluyentes, ya que una especie puede incluirse en uno, dos o los tres criterios; detalles en **Tabla N° 6-2**). Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, ninguna de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural (**Tabla N° 6-2**).

En cuanto a su origen geográfico, cabe destacar que 3 de las 28 especies registradas en la campaña (10,71%) son endémicas de Chile (las dos especies de reptiles registradas y una especie de mamífero); otras 24 especies de las 28 detectadas (85,71%) se clasifican como nativas (21 especies de aves y 3 especies de mamíferos), mientras que una especie es catalogada como introducida, *Equus asinus* (burro; **Tabla N° 6-2**).

Tabla N° 6-2. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la quinta campaña de monitoreo (invierno 2018). 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 ³	SE	-	E	S	B	83,35	X		
TOTAL RIQUEZA REPTILIA									1	0	1
AVES											
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15,00	X	X	
CHARADRIIFORMES											
CHARADRIIDAE											
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	S/EC	BS	-	N	N	A	10,85	X	X	
LARIDAE											
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	VU ¹	S	-	N	S	A	48,65	X	X	
RECURVIROSTRIDAE											
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X	X	
SCOLOPACIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	S/EC	-	-	N	N	A	7,50			X
FALCONIFORMES											
FALCONIDAE											
<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
GRUIFORMES											
RALLIDAE											
<i>Fulica cornuta</i>	Tagua cornuda	NT ⁴	S	-	N	S	A	32,65	X		
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Geositta maritima</i>	Minero chico	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Geositta punensis</i>	Minero de la Puna	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			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
THRAUPIDAE											
<i>Sicalis olivascens</i>	Chirihue verdoso	S/EC	S	-	N	N	A	9,15			X
TYRANNIDAE											
<i>Agriornis montanus</i>	Mero gaucho	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
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	VU ⁴	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Flamenco de James o Parina chica	VU ¹	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	VU ¹	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
PODICIPEDIFORMES											
PODICIPEDIDAE											
<i>Podiceps occipitalis</i>	Blanquillo	S/EC	E	-	N	S	A	24,15	X		
TOTAL RIQUEZA AVES									12	9	9
MAMMALIA											
CARNIVORA											
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ²	E	-	N	N	A	3,65	X	X	X
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-		X	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	VU ¹	S	-	E	N	B	73,65		X	X

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA									1	5	5
TOTAL RIQUEZA SECTOR									14	14	15

EC (estado de conservación): EN: En peligro; LC: Preocupación menor; NP: Sin prioridad inmediata; NT: Casi amenazada; R: Rara; VU: Vulnerable; S/EC.: Sin estado de conservación.

FUENTES ESTADOS DE CONSERVACIÓN: (1) D.S. N°5/1998 MINAGRI; (2) D.S. N°33/2011 MMA; (3) D.S. N°52/2014 MMA; (4) D.S. N°38/2015 MMA; (5) Cofré & Marquet 1999.

BSE: B: condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: condición de densidades poblacionales reducidas; E: condición benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Especies ordenadas sistemáticamente según Martínez & González (2005) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos.

MN: monumento natural.

O (origen): E: endémica; N: nativa; I: introducida.

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

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

IR: índice de riesgo. > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo.

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, dos especies se catalogan con movilidad media, y por último 23 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla N° 6-2**).

En relación a las especies especialistas de hábitat, 10 especies se consideran especialistas, siendo una de ellas un reptil, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y 9 especies de aves (habitantes de ambientes de humedal; **Tabla N° 6-2**).

Finalmente, en cuanto al índice de riesgo, destaca la presencia de una especie clasificada con un índice de riesgo máximo, un reptil (*Liolaemus fabiani*, lagartija de Fabián), 4 se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto (las 3 especies de flamencos y el tuco-tuco de Atacama), otras 5 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio (un reptil y cuatro aves), y por último 17 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo (14 aves y 3 mamíferos). A la única especie introducida, el burro (*Equus asinus*) no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla N° 6-2**).

Del análisis por sector, la riqueza es similar en los sectores de La Punta y La Brava y Peine, y levemente mayor en Tilopozo, aunque con diferente composición. En el sector La Punta y La Brava, la riqueza total es de 14 especies (con 1 reptil, 12 aves y 1 mamífero); en el sector de Peine la riqueza total también es de 14 especies (con 9 aves y 5 mamíferos), mientras que en el sector de Tilopozo la riqueza total es de 15 especies, distribuidas en 1 reptil, 9 aves y 5 mamíferos (**Tabla N° 6-2**). Por otro lado, considerando las especies y su presencia en cada sector, la única especie que se encuentra en los 3 sectores es el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*); en tanto que otras especies se encuentran restringidas a ambientes acuáticos (la lagartija de Fabián y la mayoría de las aves), y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (detalle en **Tabla N° 6-2**).

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 2 puntos de Tilopozo en que además, se realizó muestreo nocturno.

6.2.1.2.2 Reptiles

Del total de 28 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 2 corresponden a reptiles (7,1%), ambas del Orden Squamata y de la familia Tropiduridae (**Tabla N° 6-2; Fotografía N° 6-4**).

Ambas especies de reptiles se encuentran clasificadas en categoría de conservación. Una especie, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), se clasifica En peligro (EN), mientras que la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se encuentra en categoría Rara (**Tabla N° 6-2**).

Las 2 especies de reptiles registradas son endémicas de Chile, presentan baja movilidad, se encuentran catalogadas con densidades poblacionales reducidas y 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 N° 6-2**). En cuanto al índice de riesgo de los reptiles registrados, la lagartija de Fabián presenta un riesgo máximo (83,35) mientras que la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (44,35; **Tabla N° 6-2**).

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 de los ambientes acuáticos de La Punta y La Brava, la lagartija de Constanza se ubica más bien en sectores terrestres de Tilopozo (**Tabla N° 6-2**).

Fotografía N° 6-4. Reptiles del área de estudio: lagartija de Constanza (superior) y lagartija de Fabián (inferior).



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.2.3 Aves

Del total de 28 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 21 corresponden a aves (75,0%), las que se distribuyen en 9 órdenes y 16 familias (**Tabla N° 6-2; Fotografía N° 6-5**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, 5 (23,8%) se encuentran en categoría de conservación, correspondientes a la gaviota andina, la tagua cornuda y las tres especies de flamencos, clasificadas como Vulnerables (**Tabla N° 6-2**).

En relación a la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las 21 especies, 19 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que las dos especies restantes no se clasifican en ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que 12 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 N° 6-2**). 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 ambientes de humedales). De las 21 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al índice de riesgo, 3 especies presentan un riesgo alto (las tres especies de flamencos), otras 4 presentan un riesgo medio, y todo el resto (14 especies) presentan un riesgo bajo (**Tabla N° 6-2**).

Por otra parte, comparando los sectores, el sector de La Punta y La Brava es el de mayor riqueza, con el registro de 12 especies (destacando el primer registro de tagua cornuda y blanquillo para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2016); seguido del sector de Peine, que presenta 9 especies, al igual que el sector de Tilopozo (con el primer registro de cernícalo dentro de todas las aves terrestres; **Tabla N° 6-2**).

Fotografía N° 6-5. Aves del área de estudio: playero de Baird (arriba, izquierda), parina grande (arriba, derecha), blanquillo (abajo, izquierda) y gaviota andina (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.2.4 Mamíferos

Del total de 28 especies de fauna detectadas en el área de estudio durante la campaña, 5 corresponden a mamíferos (17,9%), las que se distribuyen en 3 órdenes y 4 familias (**Tabla N° 6-2; Fotografía N° 6-6; Fotografía N° 6-7**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, 4 (80,0%) se encuentran clasificados en categoría de conservación, correspondientes al tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), clasificada Vulnerable, el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), catalogado en Preocupación menor, y el ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*) junto con el ratoncito andino (*Abrothrix andina*) considerados Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 6-2**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las 5 especies, 4 se encuentran catalogadas en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que 2 especies presentan densidades poblacionales reducidas (ambos roedores), mientras que las otras 2 especies restantes se consideran benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (detalle en **Tabla N° 6-2**). Ninguna de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural.

En relación al origen de las especies de mamíferos, 1 de ellas es endémica de Chile (el tuco-tuco de Atacama), 3 especies son nativas, y la restante es catalogada introducida (el burro). Por otro lado, ninguna especie de mamíferos se considera especialista de hábitat. Dos especies presentan movilidad alta (el zorro culpeo y el burro), 2 especies presentan movilidad media (el ratón orejudo amarillo y el ratoncito andino), y 1 especie movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama). En cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, 1 especie presenta un índice de riesgo alto (el tuco-tuco de Atacama), y otras 3 especies un índice de riesgo bajo, en tanto que para la especie introducida no se calcula el índice de riesgo (**Tabla N° 6-2**).

Por su parte, comparando el registro de especies por sectores, el sector de La Punta y La Brava corresponde al de menor riqueza, presentando sólo 1 especie; en tanto que los sectores de Tilopozo y Peine presentan la mayor riqueza de mamíferos, con 5 especies registradas (**Tabla N° 6-2**).

Fotografía N° 6-6. Macromamíferos del área de estudio: zorro culpeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 6-7. Micromamíferos del área de estudio: tuco-tuco de Atacama (superior), y ratón orejado amarillo (inferior).



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.3 Composición por ambiente

Para los reptiles, en ninguno de los ambientes terrestres de los sectores de Peine y Tilopozo se registra alguna especie. Sólo en los ambientes de humedal hubo registros: la lagartija de Constanza se presenta sólo en el humedal pajonal, mientras que en el humedal salar de La Punta y La Brava sólo se encuentra la lagartija de Fabián (**Tabla N° 6-3**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra en el humedal salar de La Punta y La Brava, con 12 especies registradas durante la campaña (10 de ellas acuáticas), seguido por el humedal salar de Peine con 9 especies (8 de ellas acuáticas); el matorral de Tilopozo, con sólo 5 especies (todas terrestres), el humedal pajonal de Tilopozo, con 4 especies, y finalmente en la quebrada se registró una especie. Por otra parte, no se registraron especies de aves en ninguno de los otros tres ambientes terrestres de los sectores de Peine y Tilopozo (**Tabla N° 6-3**).

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra tanto en los ambientes terrestres como en el humedal de Tilopozo, puesto que el mayor registro de especies se presenta en el humedal pajonal con 5 especies, al igual que el matorral de Peine. Luego, con 4 especies registradas, se encuentra el herbazal, seguido por la quebrada y el matorral de Tilopozo, con 3 especies, y los humedales salares, con 1 especie. Por su parte, no se registraron especies de mamíferos en el área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo (**Tabla N° 6-3**).

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con mayor riqueza es el humedal salar de La Punta y La Brava, con 14 especies registradas en total (un reptil, 12 aves y un mamífero), lo que representa un 50,0% de toda la fauna registrada en la campaña; seguido por los ambientes humedal salar de Peine, con 10 especies (9 aves y un mamífero) y el humedal pajonal de Tilopozo, también con 10 especies (un reptil, 4 aves y 5 mamíferos), además de el matorral de Tilopozo, con 8 especies. Los ambientes con menor riqueza, en tanto, corresponden al matorral de Peine, con 5 especies (sólo mamíferos), seguido por el herbazal y la quebrada de Tilopozo, ambos con 4 especies registradas. Por su parte, en el ambiente área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar), no se registraron especies durante esta campaña (**Tabla N° 6-3**).

En general, los ambientes de menor riqueza son un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza; ya que, por una parte, también se encuentran en dichos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas. Las excepciones corresponderían al registro de la tagua cornuda, blanquillo y cernícalo, correspondientes las dos primeras especies a nuevos registros para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos asociados al PMB (2015), presentando en el Anexo 2, Adenda 5.

Tabla N° 6-3. Especies de fauna registradas por ambiente. Quinta campaña de monitoreo (invierno 2018). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.

CLASE Nombre Común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta - La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal salar	Humedal salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza						X		
Lagartija de Fabián	X							
TOTAL RIQUEZA REPTILIA	1	0	0	0	0	1	0	0
AVES								
Aguilucho común						X		
Pato juarjual	X	X						
Chorlo de la puna	X	X						
Gaviota andina	X	X						
Caití	X	X						
Playero de Baird	X	X						
Tórtola							X	
Cernícalo						X		
Tagua cornuda	X							
Minero chico							X	
Minero de la Puna							X	
Golondrina de dorso negro		X						
Bailarín chico común	X					X		
Chirihue verdoso							X	
Mero gaucho							X	X
Colegial del norte	X							
Dormilona chica						X		
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
Blanquillo	X							
TOTAL RIQUEZA AVES	12	9	0	0	0	4	5	1
MAMMALIA								

CLASE Nombre Común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta - La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal salar	Humedal salar (Salada-Saladita- Interna)	Matorral	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
Zorro culpeo	X	X	X		X	X	X	X
Burro			X		X	X	X	
Ratón andino			X		X	X		X
Ratón orejudo amarillo			X		X	X		X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA	1	1	5	0	4	5	3	3
TOTAL POR AMBIENTE	14	10	5	0	4	10	8	4

Nota: El orden en el listado de las especies sigue a la Tabla 1 – 2.

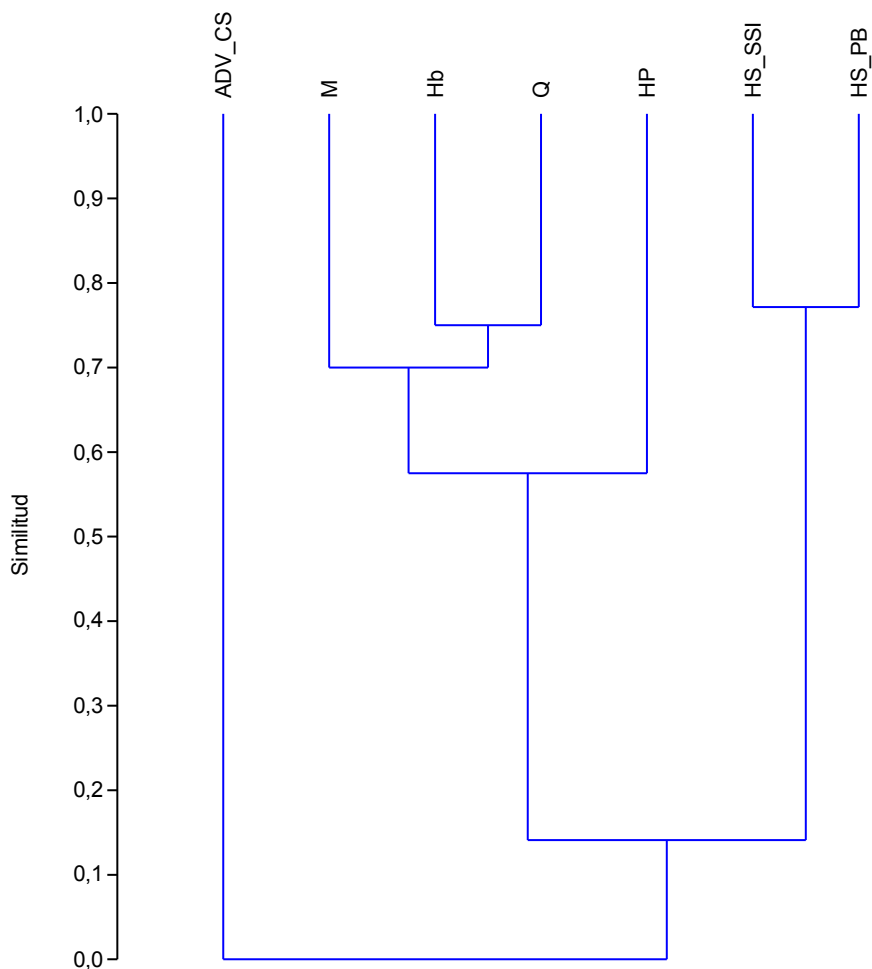
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.4 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla N° 6-3**, se obtiene el fenograma de similitud de fauna (**Figura N° 6-4**).

Según los resultados de similitud, se forman tres agrupaciones. Primero, el área desprovista de vegetación costra salar (ADV_CS) representa el control, ya que por no presentar registro de especies, no tiene similitud con el resto. Luego, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar con cerca de un 76% de similitud, correspondientes a La Punta y La Brava por una parte, y a las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna) por otra. Finalmente, se agrupa un conjunto de cuatro ambientes (un ambiente acuático y los 3 restantes terrestres) a una similitud cercana al 57%, dentro de los cuales los más similares son el herbazal y la quebrada (con un 75% de similitud), seguidos por el humedal pajonal y el matorral (con cerca de un 57% de similitud; **Figura N° 6-4**).

Figura N° 6-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña invierno 2018.



Abreviaturas de ambientes: **ADV_CS:** área desprovista de vegetación costra salar; **Hb:** herbazal; **HP:** humedal pajonal; **HS_PB:** Humedal salar La Punta y la Brava; **HS_SSI:** Humedal salar Salada, Saladita e Interna; **M:** matorral; **Q:** quebrada.
 Fuente: Elaboración Propia.

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 12 ejemplares avistados, lo que representa un 70,6% de abundancia relativa, mientras que la lagartija de Constanza presenta una abundancia relativa de 29,4%, con cinco individuos registrados (**Tabla N° 6-4**). En el caso de la frecuencia, el patrón se mantiene, ya que la lagartija de Fabián fue la más frecuente, registrada en cuatro de los 25 puntos de muestreo, lo que representa un 16% de frecuencia relativa, mientras que la lagartija de Constanza fue registrada en sólo dos puntos de muestreo, obteniendo un 8% de frecuencia relativa (**Tabla N° 6-4**).

En relación a las aves censadas, las especies más abundantes fueron la parina grande, con 172 ejemplares (33,5% de abundancia relativa), el chirihue verdoso (126 ejemplares; 24,5% de abundancia relativa), el flamenco chileno (53 individuos, lo que representa un 10,3% de abundancia relativa), la parina chica (51 individuos; 9,9%), el chorlo de la puna (28 individuos; 5,4%), el caití (14 individuos; 2,7%), el playero de Baird (13 individuos; 2,5%) y la gaviota andina (12 individuos; 2,3%); mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja, variando entre 1 a 11 ejemplares (**Tabla N° 6-4**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el chorlo de la puna (registrado en 8 puntos; con un 32% de frecuencia), el playero de Baird (6 puntos, 24%), el caití y el flamenco chileno (registradas en 5 puntos; 20% de frecuencia). En tanto, el resto de las especies son poco frecuentes, variando en su registro en 1 a 3 puntos, con un 4% a 12% de frecuencia (**Tabla N° 6-4**).

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue el zorro culpeo, con 6 individuos registrados en 4 puntos de muestreo y 7 registros indirectos en otros 7 puntos, por lo que su frecuencia es de 44%. En el caso del burro, hubo registro directo de 5 ejemplares en un punto, y registros indirectos en otros 5 puntos, lo que representa un 24% de frecuencia (**Tabla N° 6-4 y Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**). En el caso de la única especie de micromamífero fosorial detectada en la campaña, el tuco-tuco de Atacama, se registraron 7 individuos en dos puntos de muestreo y cuatro registros indirectos en otros 4 puntos, por lo que su frecuencia es de 24% (**Tabla N° 6-4 y Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**). Las otras dos especies de roedores fueron observadas básicamente por trampeo.

Tabla N° 6-4. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Quinta campaña de monitoreo (invierno 2018).

CLASE Nombre común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	5	29,4	2/25	8,0
Lagartija de Fabián	12	70,6	4/25	16,0
TOTAL REPTILIA	17	100,0	-	-
AVES				
Aguilucho común	1	0,2	1/25	4,0
Pato juarjual	6	1,2	3/25	12,0
Chorlo de la puna	28	5,4	8/25	32,0
Gaviota andina	12	2,3	2/25	8,0
Caití	14	2,7	5/25	20,0
Playero de Baird	13	2,5	6/25	24,0
Tórtola	1	0,2	1/25	4,0
Cernícalo	1	0,2	1/25	4,0
Tagua cornuda	1	0,2	1/25	4,0
Minero chico	5	1,0	1/25	4,0
Minero de la Puna	11	2,1	3/25	12,0
Golondrina de dorso negro	3	0,6	1/25	4,0
Bailarín chico común	9	1,8	3/25	12,0
Chirihue verdoso	126	24,5	2/25	8,0
Mero gaucho	2	0,4	2/25	8,0
Colegial del norte	1	0,2	1/25	4,0
Dormilona chica	3	0,6	1/25	4,0
Flamenco andino o Parina grande	172	33,5	3/25	12,0
Flamenco de James o Parina chica	51	9,9	3/25	12,0
Flamenco chileno	53	10,3	5/25	20,0
Blanquillo	1	0,2	1/25	4,0
TOTAL AVES	514	100,0	-	-
MAMMALIA				
Burro	5+5x	-	6/25	24,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	7+4x	-	6/25	24,0
Ratón andino	9	-	4/25	16,0
Ratón orejudo amarillo	6+1x	-	4/25	16,0
Zorro culpeo	6+7x	-	11/25	44,0

Nota 1: Para la clase Mammalia no es aplicable la suma total de ejemplares (como si ocurre para las clases Reptilia y Aves), ya que se mezclan grupos muy heterogéneos en tamaño corporal, tipo de registros (evidencia directa y/o indirecta), y metodologías de muestreo (transectos y trapeo de micromamíferos).

Nota 2: El orden en el listado de las especies sigue a la Tabla 1 – 2. 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 2,5 individuos/transecto (en 2 puntos de muestreo en Tilopozo), seguido por el humedal salar, con 1,09 individuos/transecto (en 11 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine). En tanto, en los ambientes de matorral, área desprovista de vegetación costra salar, herbazal y quebrada, no se registró ningún ejemplar (ver **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

En el caso de las aves, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar (11 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine), con 32,91 individuos/transecto; valor mucho mayor al siguiente ambiente, el matorral, con 18,0 ind/transecto, seguido por el humedal pajonal (3,5 ind/transecto) y quebrada (1,0 ind/transecto). En los restantes ambientes, en tanto, (área desprovista de vegetación costra salar y herbazal), no se registró ningún ejemplar (ver **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, fueron registradas dos especies mediante trampeo, el ratón orejado amarillo y el ratoncito andino. En relación al ratón orejado amarillo, fue detectado en 4 de los 6 ambientes en que se llevó a cabo el trampeo; y con un IDR variando entre 0,8% (en el ambiente de matorral) a 1,7% (en quebradas, herbazal y humedal pajonal), con 1 a 2 ejemplares registrados en dichos ambientes (**Tabla N° 6-5**). En relación al ratoncito andino, también fue detectado en 4 de los 6 ambientes en que se llevó a cabo el trampeo; y con un IDR variando entre 0,8% (en el ambiente de matorral) a 5,0% (en quebrada), con 1 a 3 ejemplares registrados en dichos ambientes (**Tabla N° 6-5**). En los ambientes de humedal salar y área desprovista de vegetación costra salar, en tanto, no hubo registro de especies (**Tabla N° 6-5**).

Tabla N° 6-5. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Quinta campaña de monitoreo (invierno 2018).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)												
Nombre común	INVIERNO 2018											
	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	2,5	3/120	1,7	2/120	0,8	1/120	5	3/60
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	0	0/60	1,7	2/120	1,7	2/120	0,8	1/120	1,7	1/60

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.

6.2.2 Resultados del monitoreo campaña de verano 2019

6.2.2.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, en la sexta campaña de monitoreo, se registraron 31 especies, siendo éstas: 2 especies de reptiles, 21 especies de aves y 8 especies de mamíferos (**Tabla N° 6-6**).

De las 31 especies de fauna detectadas, 12 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 5 especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); otras 5 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2012 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las 2 especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Cofré & Marquet (1999). En detalle, estas especies en categoría corresponden a las 2 especies de reptiles detectadas, 4 de las especies de aves y 6 de las especies de mamíferos. (Ver detalle en **Tabla N° 6-6**).

Del total de 12 especies en categoría de conservación, 6 se consideran “*bajo amenaza*”; es decir, en las categorías En Peligro (una especie; 1 reptil), Vulnerable (5 especies; 4 aves y 1 mamífero). Por su parte, las otras 6 especies se catalogan “*sin amenaza*” (precautorias; **Tabla N° 6-6**).

Por su parte, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 28 de las 31 especies detectadas en el área de estudio se encuentran en condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; en condición de densidades poblacionales reducidas y/o beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (categorías no excluyentes, ya que una especie puede

incluirse en uno, dos o los tres criterios; detalles en **Tabla N° 6-6**). Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, ninguna de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural (**Tabla N° 6-6**).

En cuanto a su origen geográfico, cabe destacar que 3 de las 31 especies registradas en la campaña (9,7%) son endémicas de Chile (las dos especies de reptiles registradas y una especie de mamífero); otras 27 especies de las 31 detectadas (87,1%) se clasifican como nativas (21 especies de aves y 6 especies de mamíferos), mientras que una especie es catalogada como introducida, *Equus asinus* (burro; **Tabla N° 6-6**).

Tabla N° 6-6. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la sexta campaña de monitoreo (verano 2019). Se indica además, la presencia (X) en cada sector.

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
REPTILIA											
SQUAMATA											
TROPIDURIDAE											
<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	R ¹	SE	-	E	N	B	44,35		X	X
<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	EN ⁴	SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILIA									1	2	1
AVES											
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35		X	
<i>Circus cinereus</i>	Vari ceniciento	S/EC	BE	-	N	S	A	18,35			X
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15		X	
CHARADRIIFORMES											
CHARADRIIDAE											
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	S/EC	BS	-	N	N	A	10,85	X	X	
LARIDAE											
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	VU ¹	S	-	N	S	A	48,65	X	X	
SCOLOPACIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
RECURVIROSTRIDAE											
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X	X	
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	S/EC	-	-	N	N	A	7,50			X
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Geositta maritima</i>	Minero chico	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Geositta punensis</i>	Minero de la Puna	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete acanelado	S/EC	B	-	N	S	A	16,65			X
HIRUNDINIDAE											
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina bermeja	S/EC	BSE	-	N	N	A	5,00	X		X
TYRANNIDAE											
<i>Lessonia oreas</i>	Colegial del norte	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X	X	X
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca rojiza	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Agriornis montanus</i>	Mero gaucho	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
MOTACILLIDAE											
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
PELECANIFORMES											
ARDEIDAE											
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35		X	

CLASE ORDEN FAMILIA <i>Especie</i>	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	VU ¹	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Flamenco de James o Parina chica	VU ¹	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	VU ⁵	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA AVES									9	11	11
MAMMALIA											
CARNIVORA											
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ²	E	-	N	N	A	3,65	X	X	X
<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro chilla	LC ²	E	-	N	N	A	3,65			X
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-			X
DIDELPHIMORPHIA											
DIDELPHIDAE											
<i>Thylamys pallidior</i>	Yaca del norte	S/EC	BSE	-	N	N	M	27,50		X	
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<i>Eligmodontia puerulus</i>	Lauchita de pie sedoso	LC ³	S	-	N	N	M	11,15			X
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Ratón orejudo amarillo	NP ⁶	S	-	N	N	M	11,15		X	X
<i>Abrothrix andina</i>	Ratón andino	NP ⁶	E	-	N	N	M	11,15		X	X
CTENOMYIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA <i>Especie</i>	NOMBRE COMÚN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTOR		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Ctenomys fulvus</i>	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	VU ¹	S	-	E	N	B	73,65		X	X
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA									1	5	7
TOTAL RIQUEZA SECTOR									11	18	19

EC (Estado de conservación): EN: En peligro; LC: Preocupación menor; NP: Sin prioridad inmediata; R: Rara; VU: Vulnerable; S/EC.: Sin estado de conservación.

FUENTES EC: (1) D.S. N°5/1998 MINAGRI; (2) D.S. N°33/2011 MMA; (3) D.S. N°13/2013 MMA; (4) D.S. N°52/2014 MMA; (5) D.S. N°38/2015 MMA; (6) Cofré & Marquet 1999.

BSE: B: condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: condición de densidades poblacionales reducidas; E: condición benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Especies ordenadas sistemáticamente según Martínez & González (2005) para aves e Iriarte (2008) para mamíferos.

MN: Monumento natural.

O (origen): E: endémica; N: nativa; I: introducida.

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

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

IR: Índice de riesgo: > 75-100: máximo; > 50-75: alto; > 25-50: medio y 0-25: bajo.

Fuente: Elaboración Propia.

En relación a las especies especialistas de hábitat, 11 especies se consideran especialistas, siendo una de ellas un reptil, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y 10 especies de aves (habitantes de ambientes de humedal, **Tabla N° 6-6**).

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: tres especies son de baja movilidad, cuatro especies se catalogan con movilidad media, y por último 24 especies son clasificadas como de alta movilidad; **Tabla N° 6-6**.

Finalmente, en cuanto al índice de riesgo, destaca la presencia de una especie clasificada con un índice de riesgo máximo, un reptil (*Liolaemus fabiani*, lagartija de Fabián), 4 se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto (las 3 especies de flamencos y el tuco-tuco de Atacama), otras 5 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio (un reptil, tres aves y un mamífero), y por último 20 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo (15 aves y 5 mamíferos). A la única especie introducida, el burro (*Equus asinus*) no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla N° 6-6**).

En el análisis por sector, se observa una riqueza similar entre Peine y Tilopozo, aunque con diferente composición. En el sector de Tilopozo la riqueza total es de 19 especies (un reptil, 11 aves y siete mamíferos); en Peine se registró una riqueza de 18 especies (dos reptiles, 11 aves y cinco mamíferos), mientras que La Punta y La Brava presenta la riqueza más baja con 11 especies, distribuidas en un reptil, 9 aves y un mamífero (**Tabla N° 6-6**).

Considerando las especies y su presencia en cada sector, solo dos especies se encuentran en los 3 sectores: el colegial del norte (*Lessonia oreas*) y el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), en tanto que otras especies se encuentran restringidas a ambientes acuáticos (la lagartija de Fabián y la mayoría de las aves), y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (detalle en **Tabla N° 6-6**).

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, para esta campaña de verano 2019, no se detectaron especies en los dos puntos de Tilopozo en que se realizó muestreo nocturno, y en los que en la campaña de verano 2018 se registró al sapo espinoso, *Rhinella spinulosa* (**Fotografía N° 6-8**).

Fotografía N° 6-8. Sapo espinoso, única especie de anfibio registrada en el área de estudio, en la campaña de verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.2.2 Reptiles

Del total de 31 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, dos corresponden a reptiles (6,5%), ambas del Orden Squamata y de la familia Tropicuridae (**Tabla N° 6-6; Fotografía N° 6-9**).

Las 2 especies de reptiles se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación; sin embargo, solo una se cataloga “*bajo amenaza*”. Esta especie corresponde a la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), la que está clasificada En peligro; mientras que la especie restante, la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) se clasifica como “*sin amenaza*”, en categoría Rara (**Tabla N° 6-6**). Ninguna de las especies se considera Monumento Natural.

Las dos especies de reptiles registradas son endémicas de Chile y presentan baja movilidad. Ambas especies se encuentran catalogadas con densidades poblacionales reducidas (S) y benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales

(E), y una es especialista de hábitat (la lagartija de Fabián, asociada a bordes de salares; **Tabla N° 6-6**).). En cuanto al índice de riesgo de los reptiles registrados, la lagartija de Fabián presenta un riesgo máximo (83,35) mientras que la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (44,35; **Tabla N° 6-6**).

En relación a la presencia de ambas especies de reptiles en los distintos sectores, es interesante mencionar que ambas especies parecen segregarse: mientras que la lagartija de Fabián se encuentra asociada a ambientes acuáticos (en el borde de salares) de los sectores de La Punta y La Brava y Peine, la lagartija de Constanza se ubica más bien en los ambientes terrestres de Peine y Tilopozo (**Tabla N° 6-6**).

Fotografía N° 6-9. Reptiles del área de estudio: lagartija de Constanza (superior) y lagartija de Fabián (inferior).





Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.2.3 Aves

Del total de 31 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 21 corresponden a aves (67,7%), las que se distribuyen en 7 órdenes y 13 familias (**Tabla N° 6-6; Fotografía N° 6-10**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, 4 (19,0%) se encuentran en categoría de conservación, correspondientes a la gaviota andina y las tres especies de flamencos, clasificadas como Vulnerables (**Tabla N° 6-6**).

En relación a la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE, de las 21 especies, 19 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que las dos especies restantes no se clasifican en ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que 15 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria (B), ocho especies presentan densidades poblacionales reducidas (S), y 11 especies son benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural (**Tabla N° 6-6**).

En relación al origen, todas las especies son nativas, mientras que 10 especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las 21 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al índice de riesgo, 3 especies presentan un riesgo alto (las tres especies de flamencos), otras 3 presentan un riesgo medio, y 15 especies presentan un riesgo bajo (**Tabla N° 6-6**).

Por otra parte, comparando los sectores, el sector de Peine y Tilopozo presentan la misma riqueza con 11 especies, mientras que en La Punta y La Brava se registró la menor riqueza de aves con 9 especies (**Tabla N° 6-6**).

Fotografía N° 6-10. Aves del área de estudio: playero de Baird (arriba, izquierda), garza azul (arriba, derecha), chorlo de la puna (abajo, izquierda) y caití (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.2.4 Mamíferos

Del total de 31 especies de fauna detectadas en el área de estudio durante la campaña, 8 corresponden a mamíferos (25,8%), las que se distribuyen en 4 órdenes y 5 familias (**Tabla N° 6-6; Fotografía N° 6-11, Fotografía N° 6-12**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, seis especies (75%) se encuentran clasificados en categoría de conservación, correspondientes al tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), clasificada Vulnerable, el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) y la lauchita de pie sedoso (*Eligmodontia puerulus*) catalogados en Preocupación menor y el ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*) junto con el ratoncito andino (*Abrothrix andina*) considerados Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 6-6**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las 8 especies, 7 se encuentran catalogadas en categoría B, S y/o E. Con mayor detalle podemos señalar que una especie se considera beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria (B), 4 especies presentan densidades poblacionales reducidas (S), mientras que 4 especies se consideran benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E). Ninguna de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural (**Tabla N° 6-6**).

En relación al origen de las especies de mamíferos, 1 de ellas es endémica de Chile (el tuco-tuco de Atacama), 6 especies son nativas, y la restante es catalogada introducida (el burro). Por otro lado, ninguna especie de mamíferos se considera especialista de hábitat. Solo 3 especies presentan movilidad alta (el zorro culpeo, el zorro chilla y el burro), 4 especies presentan movilidad media (el ratón orejudo amarillo, el ratoncito andino, la lauchita de pie sedoso y la yaca del norte), y 1 especie movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama). En cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, 1 especie presenta un índice de riesgo alto (el tuco-tuco de Atacama), 1 especie representa un índice de riesgo medio (*Thylamys pallidior*), el resto de las especies (5) presentan un índice de riesgo bajo, en tanto que para la especie introducida no se calcula el índice de riesgo (**Tabla N° 6-6**).

Por su parte, comparando el registro de especies por sectores, el sector de La Punta y La Brava corresponde al de menor riqueza, presentando sólo 1 especie; en tanto que Tilopozo presenta la mayor riqueza con 7 especies, seguida del sector de Peine con cinco especies registradas de mamíferos (**Tabla N° 6-6**).

Fotografía N° 6-11. Macromamífero del área de estudio: zorro chilla.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 6-12. Micromamíferos del área de estudio: lauchita de pie sedoso (izquierda), yaca del norte (superior, derecha) y ratón andino (inferior, derecha).

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.3 Composición por ambiente

Para los reptiles, en el ambiente terrestre (matorral) de los sectores de Peine y Tilopozo se registra solo una especie. Sólo en los ambientes de humedal hubo registros para ambas especies: la lagartija de Constanza se presentó sólo en el humedal pajonal de Tilopozo, mientras que en el humedal salar de La Punta y La Brava y Peine sólo se encuentra la lagartija de Fabián (**Tabla N° 6-7**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra en el humedal salar de Peine, con 10 especies registradas durante la campaña (9 acuáticas), seguido por el humedal salar de La Punta y La Brava con 9 especies (7 de ellas acuáticas); el humedal pajonal Tilopozo, con 6 especies (casi todas terrestres), el matorral de Tilopozo, con 4 especies, en quebrada se registraron 3 especies, y finalmente en el matorral de Peine solo 1 especie (terrestre). Por otra parte, no se registraron especies de aves en ninguno de los otros dos ambientes (ADV costra salar y herbazal) del sector de Tilopozo (**Tabla N° 6-7**).

Para los mamíferos, la mayor riqueza se encuentra en el ambiente de matorral de Tilopozo con seis especies, tanto el ambiente de matorral en Peine como el humedal pajonal de Tilopozo presentaron el mismo número de registros (cinco especies). Por otra parte, los ambientes de quebrada y herbazal en el sector de Tilopozo registraron tres y dos especies respectivamente. Para el único ambiente presente en el sector de La Punta y La Brava (humedal salar) solo se observó una especie. Los ambientes de humedal salar (Peine) y ADV costra salar (Tilopozo) no registraron especies para esta clase (**Tabla N° 6-7**).

Agrupando las tres clases de vertebrados, el ambiente con mayor riqueza es el humedal pajonal de Tilopozo, con 12 especies registradas en total (un reptil, seis aves y cinco mamíferos), lo que representa un 38,7% de toda la fauna registrada en la campaña; seguido por los ambientes humedal salar de Peine, humedal salar de La Punta y La Brava y el matorral de Tilopozo con 11 especies. El ambiente terrestre de matorral en Peine presentó una riqueza de 7 especies (un reptil, un ave y cinco mamíferos), seguido del ambiente de quebrada en Tilopozo con seis especies (tres aves y tres mamíferos). El ambiente que presentó la menor riqueza corresponde al herbazal en el sector de Tilopozo con solo dos especies (solo mamíferos). Por su parte, en el ambiente área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar), no registró especies durante esta campaña (**Tabla N° 6-7**).

En general, los ambientes de menor riqueza son un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza; ya que, por una parte, también se encuentran en dichos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas. Las excepciones corresponderían al registro de churrete acanelado, la garza azul, la golondrina bermeja, el zorro chilla, la yaca del norte y la lauchita de pie sedoso, de las cuales las dos primeras especies corresponden a nuevos registros para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos asociados al PMB (2015), presentados en el Anexo2, Adenda 5.

Tabla N° 6-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Sexta campaña de monitoreo (verano 2019). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.

CLASE Nombre Común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta y La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal salar	Humedal salar (Salada-Saladita-Interna)	Matorral	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
REPTILIA								
Lagartija de Constanza			X			X	X	
Lagartija de Fabián	X	X						
Total Riqueza Reptilia	1	1	1	0	0	1	1	0
AVES								
Aguilucho común			X					
Vari ceniciento							X	
Pato juarjual		X						
Chorlo de la puna	X	X						
Gaviota Andina	X	X						
Caití	X	X						
Playero de Baird	X	X						
Tórtola						X		
Churrete acanelado						X		
Minero chico							X	
Minero de la Puna							X	
Golondrina bermeja	X					X		
Bailarín chico común						X		
Colegial del norte	X	X				X		
Dormilona chica								X
Dormilona de nuca rojiza								X
Mero gaucho						X	X	X
Garza azul		X						
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X	X						
Total Riqueza Aves	9	10	1	0	0	6	4	3
MAMMALIA								
Zorro chillá							X	

CLASE Nombre Común	AMBIENTES POR SECTOR							
	La Punta y La Brava	Peine		Tilopozo				
	Humedal salar	Humedal salar (Salada- Saladita- Interna)	Matorral	ADV costra salar	Herbazal	Humedal pajonal	Matorral	Quebrada
Zorro culpeo	X		X			X	X	X
Burro					X	X	X	
Yaca del norte			X					
Lauchita de pie sedoso							X	
Ratón andino			X			X		X
Ratón orejudo amarillo			X			X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X		X	X	X	
Total Riqueza Mammalia	1	0	5	0	2	5	6	3
TOTAL POR AMBIENTE	11	11	7	0	2	12	11	6

Nota: el orden en el listado de las especies sigue a la **Tabla N° 6-6**.

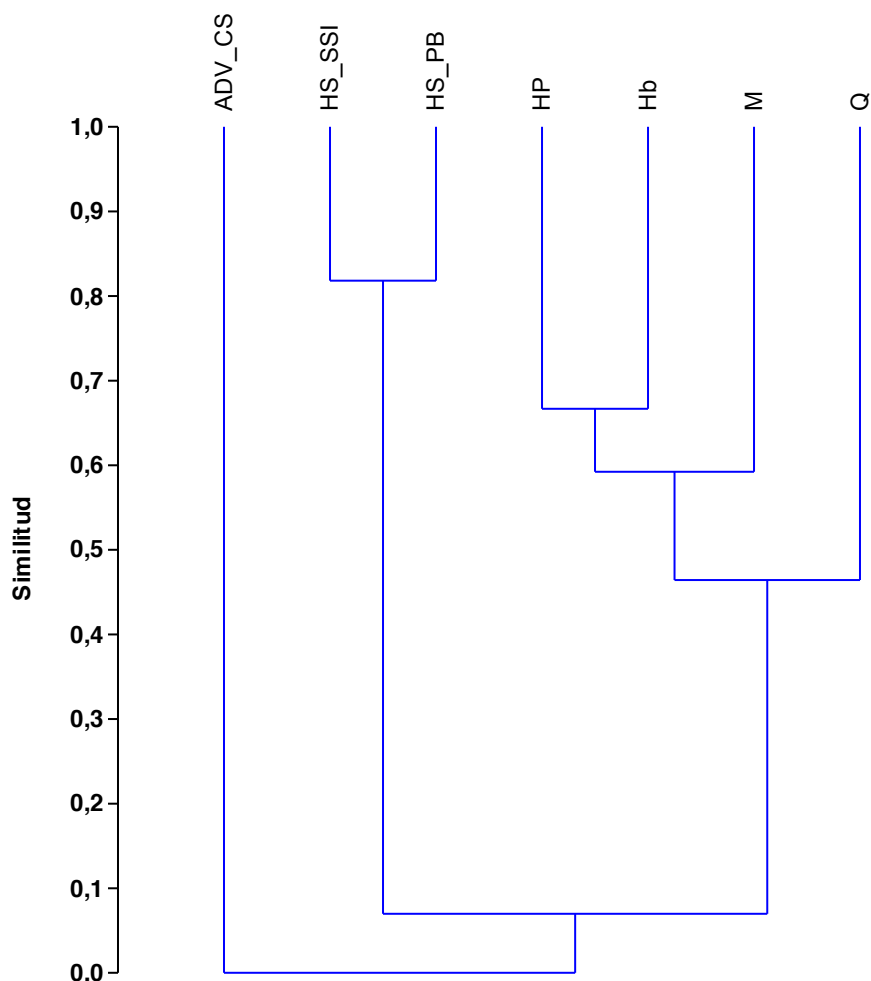
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.4 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla N° 6-7**, se obtiene el fenograma de similitud (**Figura N° 6-5**).

Según los resultados de similitud, se forman tres agrupaciones. Primero, el área desprovista de vegetación costra salar (ADV_CS) representa el control, ya que por no presentar registro de especies, no tiene similitud con el resto. Luego, se agrupan los dos sistemas acuáticos de humedal salar con cerca de un 82% de similitud, correspondientes a La Punta y La Brava por una parte, y a las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna) por otra. Finalmente, se agrupa un conjunto de cuatro ambientes (un ambiente acuático y los 3 restantes terrestres) a una similitud cercana al 46%, dentro de los cuales los más similares son el herbazal y el humedal pajonal (con un 67% de similitud), seguidos por el matorral (con cerca de un 60% de similitud) y finalmente la quebrada, con una similitud cercana al 46% (**Figura N° 6-5**).

Figura N° 6-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes. Campaña verano 2019.



Abreviaturas de ambientes: **ADV_CS:** área desprovista de vegetación costra salar; **Hb:** herbazal; **HP:** humedal pajonal; **HS_PB:** Humedal salar La Punta y la Brava; **HS_SSI:** Humedal salar Salada, Saladita e Interna; **M:** matorral; **Q:** quebrada.
 Fuente: Elaboración Propia.

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 26 ejemplares avistados, lo que representa un 76,5% de abundancia relativa, mientras que la lagartija de Constanza presenta una abundancia relativa de 23,5%, con ocho individuos registrados (**Tabla N° 6-8**). En el caso de la frecuencia, el patrón se mantiene, ya que la lagartija de Fabián fue la más frecuente, registrada en seis de los 25 puntos de muestreo, lo que representa un 24% de frecuencia relativa, mientras que la lagartija de Constanza fue registrada en cinco puntos de muestreo, obteniendo un 20% de frecuencia relativa (**Tabla N° 6-8**).

En relación a las aves censadas, las especies más abundantes fueron la parina grande, con 202 ejemplares (43,5% de abundancia relativa), el flamenco chileno (69 ejemplares; 14,9% de abundancia relativa), la parina chica (50 individuos, lo que representa un 10,8% de abundancia relativa), el caití (40 individuos; 8,6%), el chorlo de la puna (31 individuos; 6,7%) y el playero de Baird (28 individuos; 6,0%); mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja, variando entre 1 a 5 ejemplares (**Tabla N° 6-8**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el chorlo de la puna (registrado en 10 puntos; con un 40% de frecuencia), el playero de Baird (8 puntos, 32%), el mero gaucho y el colegial del norte (registradas en 4 puntos; 16% de frecuencia). En tanto, el resto de las especies son poco frecuentes, variando en su registro en 1 a 3 puntos, con un 4% a 12% de frecuencia; **Tabla N° 6-8**).

En el caso de los macromamíferos, las especies más abundantes fueron el zorro culpeo y el burro. El primero registrado con 5 ejemplares observados en 4 puntos de muestreo y 6 registros indirectos en otros 6 puntos, por lo que su frecuencia es de 40%. En el caso del burro, hubo registro directo de 5 ejemplares en un punto, y registros indirectos en otros 7 puntos, lo que representa un 32% de frecuencia (**Tabla N° 6-8 y Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**). La especie menos abundante de los macromamíferos registrados es el zorro chilla, con solo un avistamiento (sin registros indirectos) lo que representa una frecuencia de 4%. En el caso de la única especie de micromamífero fosorial detectada en la campaña, el tuco-tuco de Atacama, se registraron 2 individuos en dos puntos de muestreo y cuatro registros indirectos en otros 4 puntos, por lo que su frecuencia es de 24%. Las otras 4 especies de micromamíferos fueron observadas por trampeo (**Tabla N° 6-8 y Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

Tabla N° 6-8 Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Sexta campaña de monitoreo (verano 2019).

CLASE Nombre común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	8	23,5	5/25	20,0
Lagartija de Fabián	26	76,5	6/25	24,0
TOTAL REPTILIA	34	100	-	-
AVES				
Vari ceniciento	2	0,4	1/25	4,0
Aguilucho común	1	0,2	1/25	4,0
Pato juarjual	4	0,9	2/25	8,0
Chorlo de la puna	31	6,7	10/25	40,0
Gaviota Andina	5	1,1	3/25	12,0
Caití	40	8,6	2/25	8,0
Playero de Baird	28	6,0	8/25	32,0
Tórtola	1	0,2	1/25	4,0
Churrete acanelado	1	0,2	1/25	4,0
Minero chico	2	0,4	1/25	4,0
Minero de la Puna	5	1,1	2/25	8,0
Golondrina bermeja	5	1,1	2/25	8,0
Bailarín chico común	3	0,6	1/25	4,0
Mero gaucho	5	1,1	4/25	16,0
Colegial del norte	5	1,1	4/25	16,0
Dormilona chica	2	0,4	1/25	4,0
Dormilona de nuca rojiza	2	0,4	1/25	4,0
Garza azul	1	0,2	1/25	4,0
Flamenco andino o Parina grande	202	43,5	3/25	12,0
Flamenco de James o Parina chica	50	10,8	3/25	12,0
Flamenco chileno	69	14,9	3/25	12,0
TOTAL AVES	464	100	-	-
MAMMALIA				
Zorro culpeo	5+6x	-	10/25	40,0
Zorro chilla	1	-	1/25	4,0
Yaca del norte	1	-	1/25	4,0
Burro	5+7x	-	8/25	32,0
Ratón andino	31	-	5/25	20,0
Lauchita de pie sedoso	1	-	1/25	4,0

CLASE Nombre común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Ratón orejudo amarillo	19	-	6/25	24,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	2+4x	-	6/25	24,0

Nota 1: para la clase Mammalia no es aplicable la suma total de ejemplares (como si ocurre para las clases Amphibia, Reptilia y Aves), ya que se mezclan grupos muy heterogéneos en tamaño corporal, tipo de registros (evidencia directa y/o indirecta), y metodologías de muestreo (transectos y trapeo de micromamíferos).

Nota 2: el orden en el listado de las especies sigue a la **Tabla N° 6-6**

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 presentaron la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal, con 2,5 individuos/transecto (en 2 puntos de muestreo en Tilopozo), seguido por el humedal salar, con 2,36 individuos/transecto (en 11 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine), mientras que el ambiente de matorral presentó una baja abundancia relativa con 0,5 individuos/transecto (en 8 puntos de muestreo entre Peine y Tilopozo). En tanto, en los ambientes de área desprovista de vegetación costra salar, herbazal y quebrada, no se registró ningún ejemplar (ver **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

En el caso de las aves, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar (11 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine), con 39,55 individuos/transecto; valor significativamente mayor a los siguientes ambientes, el humedal pajonal y quebrada, ambos con 6,0 ind/transecto, seguidos por el matorral (1,38 ind/transecto). En los restantes ambientes, en tanto (área desprovista de vegetación costra salar y herbazal), no se registró ningún ejemplar (ver **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, fueron registradas cuatro especies mediante trapeo: la yaca del norte, el ratón andino, la lauchita de pie sedoso y el ratón orejudo amarillo (**Tabla N° 6-9**). En relación a la yaca, fue detectada en uno de los seis ambientes trapeados, con un IDR de 0,8 (en ambiente de matorral) y con solo un individuo capturado. El ratón andino fue registrado en 4 de los 6 ambientes en los que se llevó a

cabo el trampeo; con un IDR variando (en los ambientes en que fue capturado) entre 1,7% (en el ambiente de herbazal y quebrada) a 13,3% (en humedal pajonal), con 1 a 16 ejemplares capturados. La lauchita de pie sedoso solo se registró en un ambiente (en matorral) con un IDR de 0,8 y solo un individuo capturado. Por último, el ratón de orejudo amarillo fue registrado en 4 de los 6 ambientes en los que se llevó a cabo el trampeo; y con un IDR variando entre 1,7% (en los ambientes de humedal pajonal y quebrada) a 10% (en matorral), con 1 a 12 ejemplares capturados en ambientes mencionados (**Tabla N° 6-9**). En los ambientes de humedal salar y área desprovista de vegetación costra salar, en tanto, no hubo registro de especies (**Tabla N° 6-9**).

Tabla N° 6-9. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Sexta campaña de monitoreo (verano 2019).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)												
Nombre común	VERANO 2019											
	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
Yaca del norte	0	0/60	0	0/60	0	0/120	0	0/120	0,8	1/120	0	0/60
Ratón andino	0	0/60	0	0/60	1,7	2/120	13,3	16/120	10,0	12/120	1,7	1/60
Lauchita de pie sedoso	0	0/60	0	0/60	0	0/120	0	0/120	0,8	1/120	0	0/60
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	0	0/60	3,3	4/120	1,7	2/120	10,0	12/120	1,7	1/60

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.

6.2.3 Límites considerados en la evaluación

En la línea de base del proyecto, se establecieron diferentes escalas de comparación (tanto en riqueza y composición como en abundancia), y en relación con los límites considerados, se tiene lo indicado en la RCA, (pág. 57/72) niveles o límites comprometidos como “Mantención dentro de su variación histórica”.

7 TAPETES MICROBIANOS

Para esta componente, se presentan las actividades y resultados obtenidos a partir de los monitoreos semestrales de invierno 2018 y verano 2019, para las comunidades de microorganismos extremófilos, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE-N°21/2016 del Proyecto.

Los monitoreos de invierno 2018 y verano 2019 corresponden al quinto y sexto monitoreo semestral del subcomponente tapetes microbianos. Este seguimiento quedó comprometido en la Adenda 5 del EIA, justamente con el fin de ir generando información de esta variable y que permita conocer su comportamiento en el tiempo.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a la caracterización laminar de tapetes microbianos; presencia de microbialitos; y presencia de evaporitas, según lo establecido en la RCA del Proyecto.

El período reportado en el presente informe se enmarca para los días **22, 23 y 24 de agosto 2018**, invierno, y **2, 3 y 4 de abril de 2019**, verano post-lluvias, fechas entre las que se llevó a cabo la campaña en terreno del monitoreo de invierno 2018 y verano 2019 de esta variable, respectivamente.

El objetivo del seguimiento de las comunidades de microorganismos asociados a tapetes microbianos es evaluar el comportamiento en el tiempo de dichas comunidades en los sistemas lagunares de Peine (laguna Salada, Saladita, Interna), La Punta-La Brava y Sector Tilopozo, a través de la caracterización de la estructura del tapete microbiano respecto a la pigmentación de las capas, con una frecuencia de monitoreo semestral.

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, de manera voluntaria también se considera el sector Tilopozo, el cual ha sido considerado desde el Monitoreo 1 del PMB y fue comunicado a través de los reportes semestrales e Informes Anual N°1 y Anual N°2 del PMB.

7.1.2 Ubicación de Puntos Muestreo

El número total de puntos de muestreo es de 16, los cuales se detallan en la **Tabla N° 7-1** identificando las coordenadas de su ubicación. La codificación usada corresponde a las lagunas de referencias en donde se ubican los puntos. En la **Figura N° 7-1** se presenta la localización de los puntos de muestreo.

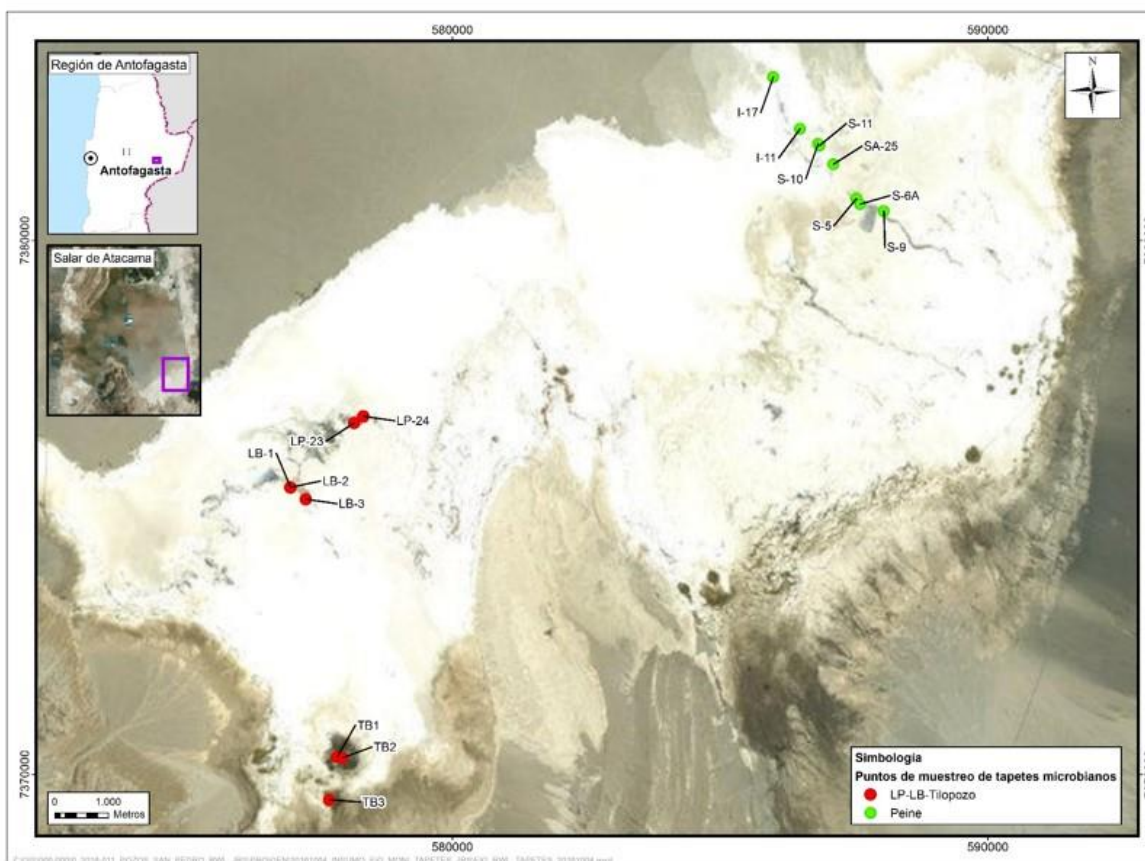
Tabla N° 7-1. Puntos de medición Tapetes Microbianos PMB

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

*: Estaciones adicionales voluntarias al PMB original. El año 2016, en base a un examen visual de localización de tapetes microbianos y con el fin de levantar información sobre esta materia, se determinaron los puntos adicionales de monitoreo a lo señalado por el Plan de Manejo Biótico, los cuales se identificaron como **S-6A**, **S-11** en Sistema Peine, **LB-3** en La Punta-La Brava. Los dos primeros puntos corresponden a sectores donde se evidenció una importante presencia de tapetes microbianos.

Como ya fuera mencionado, para el sistema de Tilopozo se incorporan 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.

Figura N° 7-1. Ubicación puntos de muestreo Tapetes en el área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

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/ausencia de microbialitos y evaporitas, y su seguimiento en el tiempo.

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

Se realiza el reconocimiento visual de zonas con microbialito, evaporita y/o tapete microbiano. Luego desde el ambiente sedimentario se recolectan muestras de tapete microbiano en triplicado, a través de testigos de PVC de 5 cm de diámetro y 20 cm de largo y con espátula para el caso de tapetes superficiales expuestos. A continuación, se realiza *in situ* el conteo y caracterización pigmentaria de las capas estratificadas que presenta cada tapete. Al mismo tiempo, se determina el espesor total de cada tapete a través de una regla milimetrada de precisión.

Para el caso de microbialitos y evaporitas, se realiza un examen visual del área y se sugiere la presencia o ausencia de tales estructuras, ya que la distinción entre ambas estructuras requiere de un análisis microscópico de la estructura y composición interna para diferenciar evaporitas y microbialitos (Burne y Moore, 1987; Gischler *et al.*, 2010).

Los datos obtenidos fueron registrados en una ficha tipo de monitoreo de cada laguna. Adicionalmente, se obtuvieron datos *in situ* de los parámetros físico-químicos de temperatura, pH y oxígeno, y datos de laboratorio de turbiedad y conductividad eléctrica 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 y Anexo Acreditaciones SMA Empresas ETFAs**).

El parámetro radiación solar se obtiene a partir de los registros diarios de la estación meteorológica de Albemarle Ltda., localizada dentro de las instalaciones de la faena minera, en el mismo Salar de Atacama.

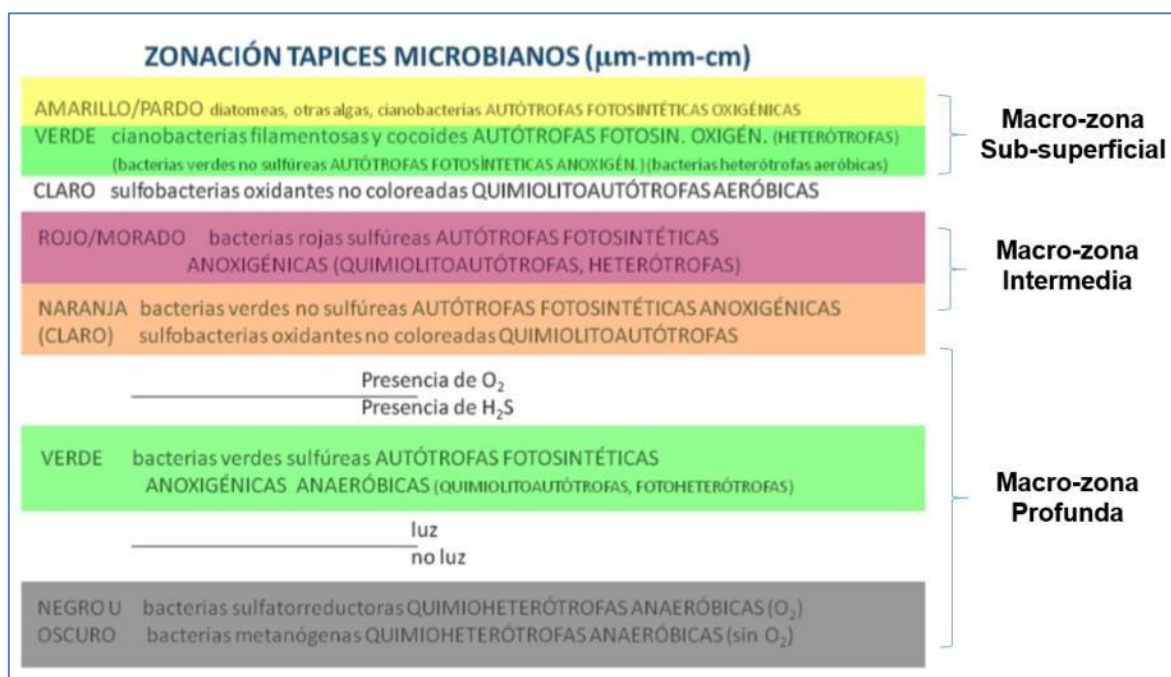
Para efectos de caracterización de la estructura pigmentaria de los tapetes y análisis de los resultados se tienen los siguientes criterios de identificación de zonas macroscópicas pigmentadas:

- Macrozona subsuperficial (capas subsuperficiales), representada por la capa más superficial del tapete hasta la presencia de una capa de coloración verde.

- Macrozona intermedia (capas intermedias), comprendida desde la subcapa que sigue a la capa verde hasta una subcapa de pigmentación rosada-púrpura.
- Macrozona profunda (capas profundas), configurada por el conjunto de subcapas posteriores a la capa púrpura-rosada.

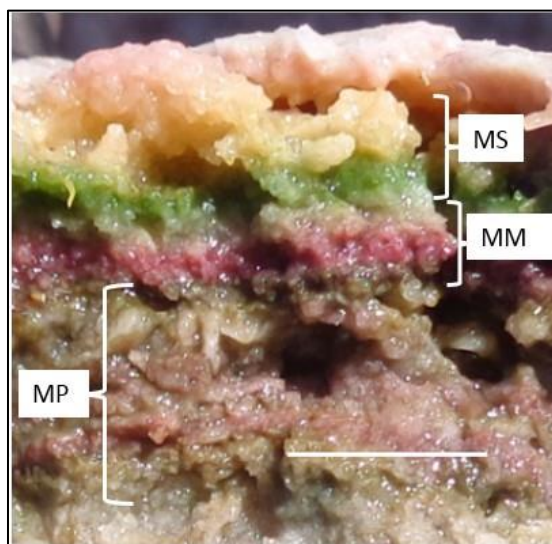
Cabe destacar que cada zona macroscópica está formada a su vez por un número variable de laminaciones. La clasificación de macrozonas se esquematiza en la **Figura N° 7-2**, elaborada de acuerdo a la zonación teórica de un tapete microbiano según las descripciones en Riding y Awramik (2000) y Konhauser (2007); y en la **Fotografía N° 7-1** se presenta el 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.



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

Fotografía N° 7-1. Zonación de Tapete microbiano.



Fuente: Elaboración propia

La **Fotografía N° 7-1** muestra laminaciones pigmentadas observadas, en planicies del margen externo de Laguna Salada (2016). Se indican las macrozonas presentes: Subsuperficial (MS), Intermedia (MM), Profunda (MP) (marca de escala=10 mm).

7.1.5 Materiales y Equipos Utilizados

Los materiales utilizados para el monitoreo de Tapetes 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 22, 23, 24 de agosto 2018 y 2, 3, 4 de abril 2019 en época post lluvias.

La caracterización de las capas pigmentadas de los tapetes microbianos se realizó *in situ* y se registró en formularios de terreno 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

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo de invierno 2018.

7.2.1 Resultados Campaña Invierno 2018

Se analizaron *in situ* muestras de los 16 puntos de monitoreo distribuidos en el sistema Peine y sistema La Punta-La Brava y Tilopozo. Se detectó la presencia de tapetes microbianos en 11 de los 16 puntos de monitoreo (68,8%), que corresponden a los mismos puntos referidos en reportes anteriores, campañas: verano 2017, invierno 2017, verano 2018 para el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava. Particularmente, en invierno 2016, se detectaron tapetes microbianos en 12 puntos de monitoreo, que incluía el Sector Peine, Sector La Punta-La Brava y Tilopozo.

En invierno de 2018 no se detectó tapetes en 2 puntos de muestreo asociados al Sector Peine (S-5 y S-10) y los 3 puntos de muestreo del sector Tilopozo (TB-1, TB-2 y TB-3).

En relación a la ubicación de los tapetes microbianos dado los 11 puntos de monitoreo referidos (100%), el 45,5% de las estaciones (5) presentó tapetes microbianos en planicies expuestas del borde lagunar (S-6A, S-9, SA-25, LP-23, LP-24). A su vez, el 9,1% de los puntos de monitoreo (1) exhibió tapetes en condiciones sumergidas bajo el agua (S-11), y el 45,5% de los puntos de monitoreo (5) presentó tapetes localizados tanto en planicies expuestas del borde lagunar como también sumergidos (I-11, I-17, LB-1, LB-2, LB-3) (**Tabla N° 7-2**).

Tabla N° 7-2. Proporción de tapetes microbianos expuestos y sumergidos. Invierno 2018.

Ubicación Tapetes Microbianos	Cantidad de puntos de monitoreo	%
Estaciones con Tapetes expuestos	5	45,5%
Estaciones con Tapetes sumergidos	1	9,1%
Estaciones con Tapetes expuestos y sumergidos	5	45,5%
Total Estaciones	11	100%

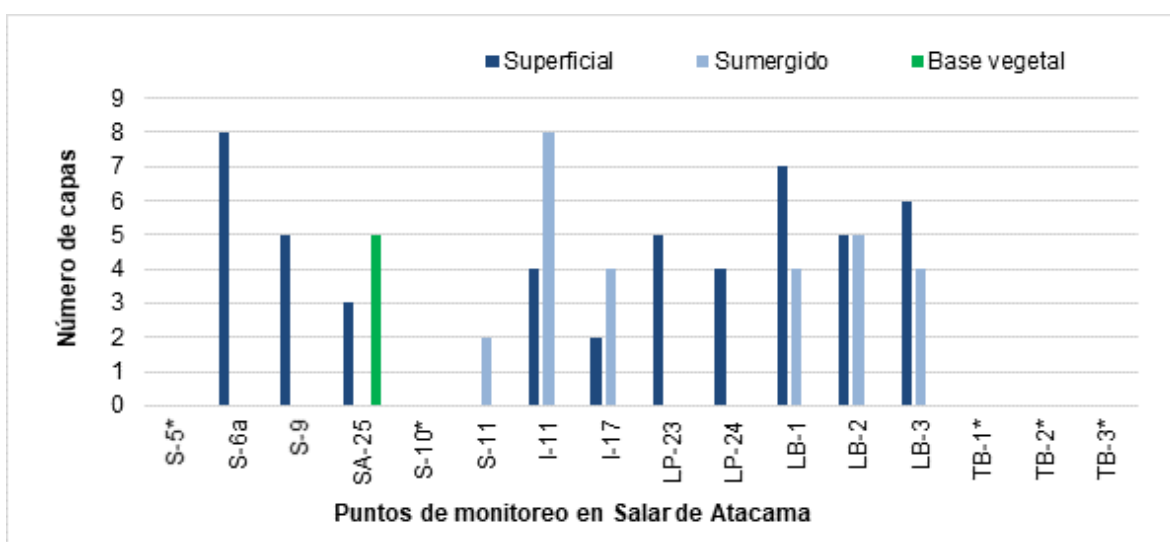
Fuente: Elaboración propia

A su vez, a través de la identificación visual desde el borde lagunar, se sugiere la presencia de microbialitos en 2 puntos de monitoreo (LP-23, LB-1) y de evaporitas en 2 puntos de monitoreo (I-11, LP-24).

En relación a la cantidad de capas promedio, la laguna que presentó tapetes con mayor estratificación correspondió a Laguna Salada (S6-A) y Laguna Interna (I-11), en ambos

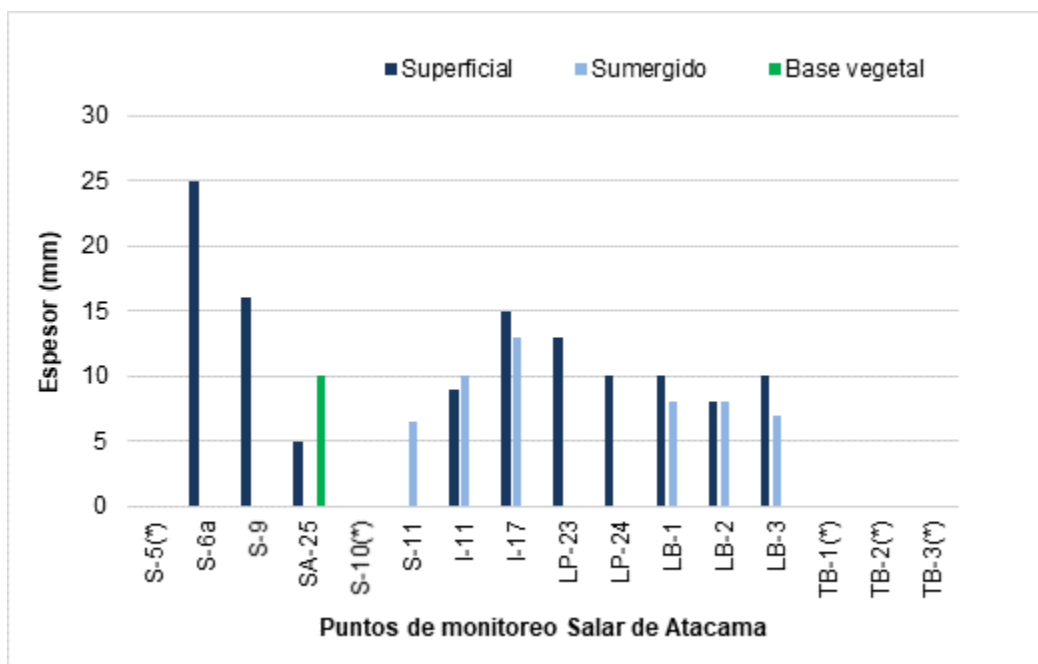
sistemas los tapetes presentaron 8 capas promedio. Por el contrario, Laguna Saladita (S-11) e Interna (I-17), exhibieron tapetes con menor número de capas, ambos sistemas presentaron tapetes que presentaron 2 capas de pigmentación promedio. La **Figura N° 7-3** muestra los valores del número de capas pigmentadas promedio de tapetes en planicies expuestas del margen superficial de la laguna (Barra color azul), tapetes sumergidos (Barra color celeste). Además, se observaron tapetes de base vegetal (Barra color verde). Al respecto, las estaciones que indican asterisco no registraron presencia de tapetes.

Figura N° 7-3. Distribución número de capas de tapetes microbianos, invierno 2018.



Fuente: Elaboración propia

Referente a la dimensión del espesor de tapete, el valor máximo de espesor (25 mm) se encontró en el Sistema Peine (S6-A) y el de menor valor (5 mm) también en el Sistema Peine (SA-25). La **Figura N° 7-4** muestra los valores de espesor de tapetes (valores máximos) en planicies expuestas del borde superficial lagunar (Barra color azul) y tapetes sumergidos (Barra color celeste). Al mismo tiempo, se observa el espesor de tapetes de base vegetal (Barra color verde).

Figura N° 7-4. Espesor de tapetes microbianos (valores máximos), invierno 2018.

Fuente: Elaboración propia

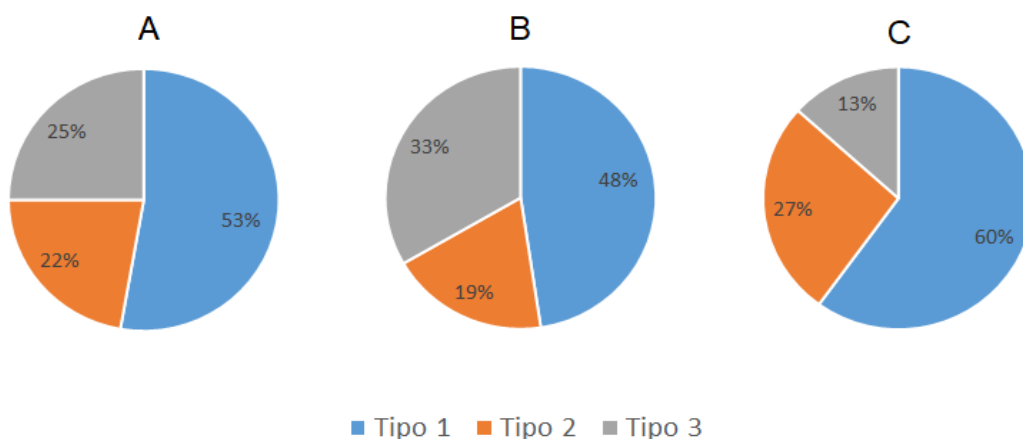
De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización de capas pigmentadas, según zonación macroscópica de los tapetes detectados en el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, se registraron 3 tipos:

- El primer tipo (Tipo 1) presentó tres macrozonas pigmentarias y corresponde al tapete de mayor frecuencia, en relación a los 11 puntos de muestreo señalados anteriormente. En general, este tipo de tapete se observó tanto en el Sector de Peine, como el Sector La Punta-La Brava. Presentaron en general capas subsuperficiales de color verde y/o naranja, capas intermedias color púrpura, y capas profundas con tonalidades variadas donde destacan capas color café y/o verde, gris, negro.
- El segundo tipo (Tipo 2) exhibió la presencia de dos macrozonas y fue detectado en el Sector Peine (S-11, I-17, S-9), como también en el Sector La Punta-La Brava, Laguna La Brava, LB-3 principalmente. En general, estos tapetes presentaron capas subsuperficiales de color verde y/o naranja, capas intermedias de color rosado y/o púrpura. Al mismo tiempo, particularmente se observaron tapetes de Tipo 2 que exhibieron principalmente capas de color rosado y/o púrpura dispuestas sobre capas profundas de tonalidades verdes y/o amarillo (S-9, LP-23).

- El tercer tipo de tapete (Tipo 3), por otro lado, presentó sólo una macrozona subsuperficial, este tipo de tapete se registró principalmente en el Sector Peine, Laguna Saladita y Laguna Interna. En general, estos tapetes exhibieron capas subsuperficiales de tonalidades color verde y capas color naranja.

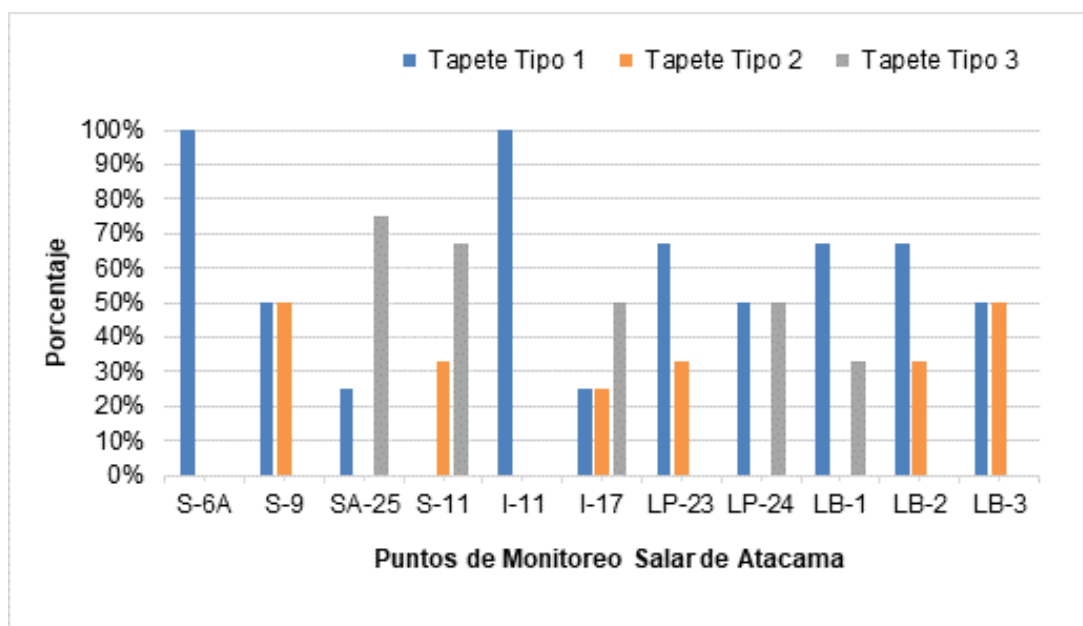
La proporción de tipos de tapetes presentes del total de muestras tomadas para el área de estudio, indica mayor presencia de tapetes Tipo 1 (**Figura N° 7-5, letra A**). Para el total de muestras del Sector Peine, el tipo de tapete con mayor presencia corresponde a Tipo 1 (**Figura N° 7-5, letra B**), al igual que en el Sector La Punta-La Brava el Tipo 1 presenta mayor proporción (**Figura N° 7-5, letra C**).

Figura N° 7-5. Tipos de Tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Salar de Atacama. Total área de estudio (A), Sector Peine (B), Sector La Punta-La Brava (C), invierno 2018.



Fuente: Elaboración propia

Al mismo tiempo, en cada punto de monitoreo, se determinó la proporción del tipo de tapetes presentes considerando el total de muestras tomadas para cada punto (**Figura N° 7-6**). Para el Sector Peine, se destaca la presencia de tapetes Tipo 1, principalmente en los puntos S-6A y I-11. Para el Sector La Punta-La Brava distingue la presencia de tapetes Tipo 1, principalmente en los puntos LP-23, LB-1 y LB-2.

Figura N° 7-6. Tipo de tapete microbiano en cada punto de monitoreo en el Salar de Atacama, invierno 2018.

Fuente: Elaboración propia

Cada sector estudiado presentó tapetes con una morfología particular, distinguiéndose principalmente 2 tipos:

- Tapetes de superficie plana, uniformemente estructurados, estratificados y pigmentados, característicos de laguna Salada (S6-A, S-9).
- Tapetes convexos, los cuales se detectaron principalmente en Laguna La Brava (LB-1).

En la **Tabla N° 7-3**, se presenta el resumen con la caracterización macroscópica de los tapetes monitoreados en invierno 2018, en los Sistemas Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo. Cabe recordar, que el sector de Tilopozo no registró tapetes microbianos.

La columna que indica el número de capas señala los valores máximos y mínimos entre unidades de muestra por punto de monitoreo.

Tabla N° 7-3 Caracterización Tapetes microbianos, invierno 2018.

Sector	Punto de Monitoreo	Tapetes microbianos	Tipología según zonación macroscópica (porcentaje)			Morfología principal	Número de capas	
			Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		Máximo	Mínimo
Peine	S-5	-	-	-	-	-	-	-
	S-6A	+	100%			Plano	9	7
	S-9	+	50%	50%		Plano	5	4
	SA-25	+	25%		75%	Plano	6	3
	S-10	-	-	-	-	-	-	-
	S-11	+		33%	67%	Plano	4	1
	I-11	+	100%			Plano	10	4
I-17	+	25%	25%	50%	Plano, convexo	6	2	
La Punta-La Brava	LP-23	+	67%	33%		Plano	7	3
	LP-24	+	50%		50%	Plano	6	2
	LB-1	+	67%		33%	Convexo sólido; Plano	7	2
	LB-2	+	67%	33%		Plano; Convexo sólido	5	4
	LB-3	+	50%	50%		Plano	6	4
Tilopozo	TB-1	-	-	-	-	-	-	-
	TB-2	-	-	-	-	-	-	-
	TB-3	-	-	-	-	-	-	-

Presencia = +, No detección de tapetes microbianos = -.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan las características de la estructura pigmentaria de tapetes microbianos para los sistemas evaluados (Peine, La Punta - La Brava y Tilopozo).

7.2.1.1 Sector Peine

En relación al número de capas promedio por punto de monitoreo (**Figura N° 7-3**), Laguna Salada (S6-A) y Laguna Interna (I-11) presentaron tapetes con mayor estratificación (8 capas). Por el contrario, Laguna Saladita (S-11) y Laguna Interna (I-17) presentaron tapetes con menor número de capas promedio (2 capas). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a una laminación macroscópica definida se detectaron principalmente en Laguna Salada.

Referente a los valores de espesor, el valor máximo (25 mm) se registró en Laguna Salada (S6-A) (**Figura N° 7-4**).

En general, en el Sector Peine se destaca la presencia de tapetes Tipo 1. Por lo demás, la Laguna Salada distingue porque presentó continuidad espacial de tapetes microbianos respecto al área de monitoreo.

7.2.1.1.1 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-5

Este sector se caracteriza por presentar un borde lagunar quebradizo, irregular y con presencia 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 sumergido de la laguna, la **Fotografía N° 7-3** muestra la ausencia de tapetes en el sedimento de la laguna (13,4 cm promedio de profundidad).

Fotografía N° 7-2. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-3. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.2 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-6A

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde lagunar, que presentó superficialmente áreas de pigmentación oscura. La superficie se observó irregular con marcas de huellas humanas, se observa también ausencia de vegetación acuática y presencia de plumas (**Fotografía N° 7-4**).

En la planicie expuesta del área se observaron tapetes que exhibieron estratificación de tres macrozonas, continuidad de las capas y consistencia estructural (**Fotografía N° 7-5**). La **Tabla N° 7-4** indica la descripción de la estructura de pigmentación. Respecto al espesor los valores fueron 13 mm, 18 mm, 25 mm. Por lo demás, el borde sumergido del área de monitoreo presentó pigmentaciones de color verde y púrpura, según se observa en la **Fotografía N° 7-6**.

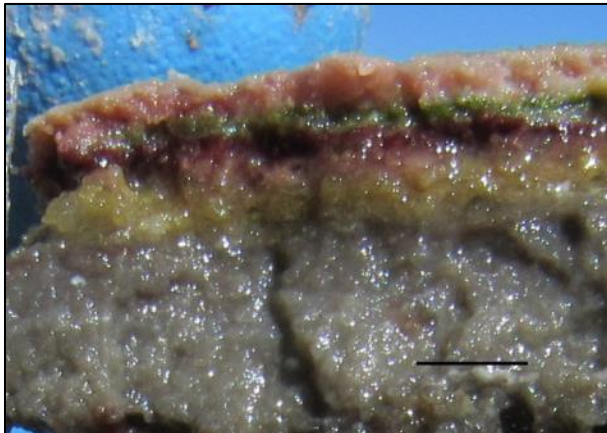
En general, los tapetes expuestos observados se caracterizan por presentar una textura granulosa, hidratada, de aspecto brillante.

Fotografía N° 7-4. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2018.



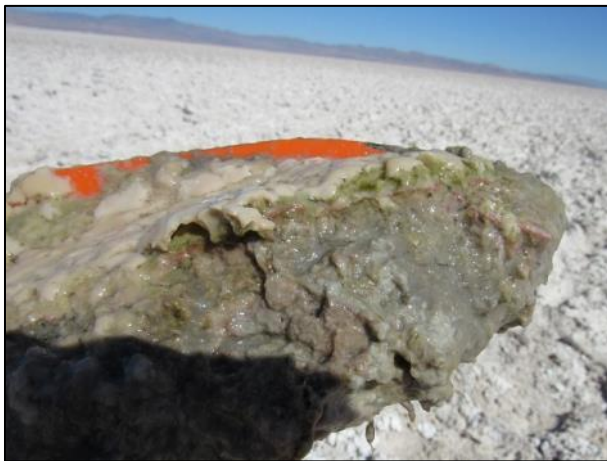
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-5. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala= 3 mm), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-6. Muestra de borde sumergido, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-4. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-6A, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes superficiales		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Púrpura	Púrpura	Rosado claro
			Púrpura
Profunda	Verde opaco claro	Café claro	Verde opaco claro
	Gris	Gris	Café verde
	Negro	Púrpura	Gris claro
	Púrpura	Café claro	Café-naranja
	Café	Gris	Gris
		Café claro	
	Café oscuro	Negro	
Total capas	7	9	9

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.3 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-9

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde de la laguna, que exhibe una superficie lisa no alterada por huellas humanas, con presencia de zonas de pigmentación gris en el borde inferior de la laguna (**Fotografía N° 7-7**). Además, se observó ausencia de vegetación acuática y presencia de plumas. Próximo al área de monitoreo se observó presencia de aves.

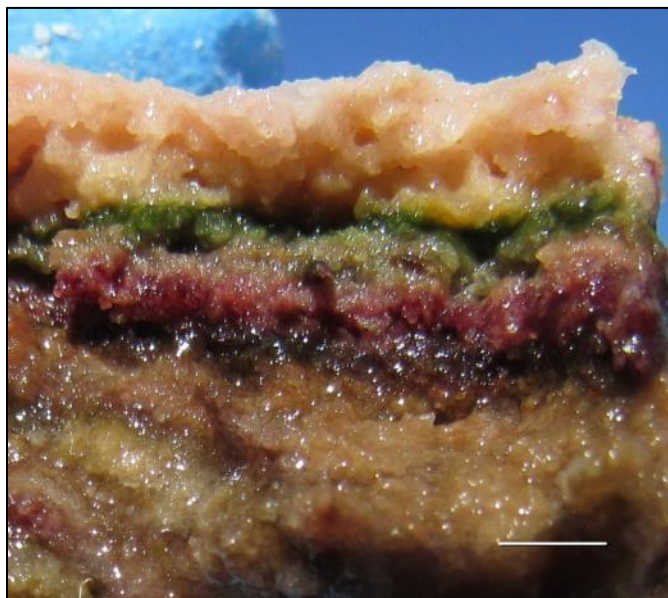
En la planicie expuesta se reconocieron tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-8**) y no se observó la presencia de tapetes en el borde sumergido del sistema (**Fotografía N° 7-9**). La **Tabla N° 7-5** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación de los tapetes reconocidos. Respecto al espesor, los valores fueron 4,5 mm, 8 mm, 9 mm, 16 mm. Los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura granulosa, estratificación regular, aspecto brillante e hidratado.

Fotografía N° 7-7. Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-8. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, Punto S-9 (marca de escala = 3 mm), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-9. Muestra de borde sumergido, Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, agosto 2018.



Tabla N° 7-5. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-9, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapetes superficiales			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Verde	S/C
	Verde	Verde	Verde opaco claro	
	Amarillo claro	Amarillo claro		
Intermedia	Púrpura	S/C	Rosado claro	Blanco
			Púrpura	Rosado
Profunda	Verde opaco oscuro	Café oscuro	Negro	Verde oscuro
Total capas	5	4	5	4

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

En general, Laguna Salada se caracterizó por presentar tapetes microbianos con continuidad espacial respecto al punto de monitoreo, estos tapetes distinguen especialmente por diversidad de pigmentación y estratificación continua.

7.2.1.1.4 Laguna Saladita: Punto de monitoreo SA-25

El sector presenta una superficie plana próxima al borde de la laguna. A su vez, el borde expuesto de la laguna presenta zonas de pigmentación oscura y contiene formaciones esferoidales, se distingue también presencia de plumas. El borde sumergido, en tanto, presentó vegetación (**Fotografía N° 7-10**) y próximo al área de monitoreo, también se observó presencia de aves. Las muestras obtenidas provienen del borde superficial expuesto de la laguna y del sedimento (20 cm de profundidad promedio). En las muestras de sedimento no se observaron tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-11**).

La estructura de pigmentación de los tapetes microbianos detectados en el borde expuesto de la laguna se describe en la **Tabla N° 7-6 (Fotografía N° 7-12)**. Respecto a otras características, los tapetes presentaron una textura medianamente granulosa, aspecto deshidratado, escaso brillo y consistencia quebradiza.

Al mismo tiempo, se tomaron muestras desde las formaciones esferoidales (**Fotografía N° 7-13**) en las cuales se reconocieron tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-14**). Éstos se caracterizaron por estructurarse particularmente sobre una base vegetal, presentar una textura granulosa e hidratada. La estructura de pigmentación se visualiza en la **Tabla N° 7-6**.

Respecto al espesor de los tapetes, los valores fueron 4 mm, 5 mm, 5 mm, 10 mm.

Fotografía N° 7-10. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-11. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-12. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, Punto de Monitoreo SA-25, (marca de escala = 3 mm), agosto 2018.



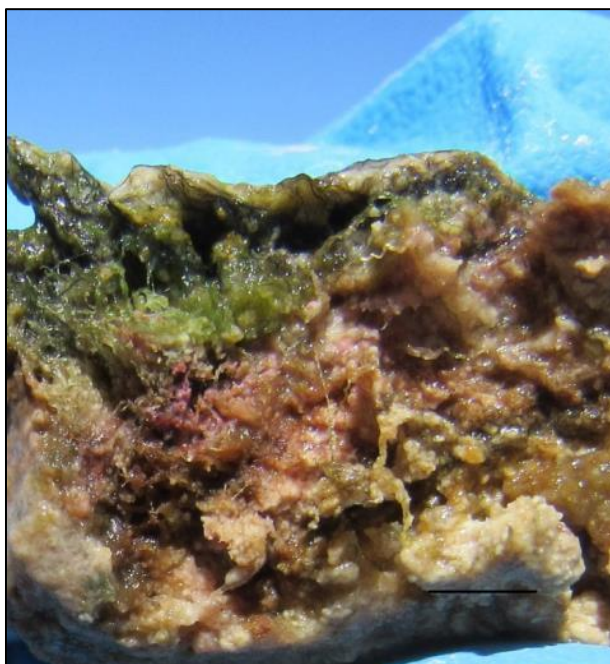
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-13. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, Punto de Monitoreo SA-25, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-14. Tapete microbiano de base vegetal presente en el borde superficial de Laguna Saladita, Punto de Monitoreo SA-25, (marca de escala: 3 mm) agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-6. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo SA-25, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapete superficial		Tapete base vegetal	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Subsuperficial	Rosado	Amarillo	Verde oscuro	Naranja
	Amarillo	Café claro	Verde claro	Amarillo claro
	Verde	Verde claro		Verde
Intermedia	S/C	S/C	Rosado	S/C
Profunda	S/C	S/C	Café	S/C
			Rosado claro	
			Verde opaco	
Total capas	3	3	6	3

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.5 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-10

El área presenta una costra salina que bordea la laguna, se observa además vegetación acuática en el borde lagunar (**Fotografía N° 7-15**) y presencia de aves. Luego de inspeccionar el área, se tomaron muestras de sedimento (28 cm promedio de profundidad), en las cuales no se observó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-16**).

Fotografía N° 7-15. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-16. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, agosto 2018.

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.6 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-11

El área presenta planicies con áreas parcial o totalmente sumergidas, localizadas dentro de la laguna, próximas al borde lagunar (tipo isla) (**Fotografía N° 7-17**). Desde el área sumergida de una planicie se tomaron muestras de tapetes. Los tapetes analizados presentaron una conformación dispersa con límites difusos de las capas, la estructura pigmentaria exhibió una o dos macrozonas de pigmentación (**Fotografía N° 7-18**) (**Tabla N° 7-7**).

Respecto al espesor de los tapetes, los valores fueron 2 mm, 2 mm y 6,5 mm. Respecto a la textura de los tapetes, se observa internamente granulosa y superficialmente dura.

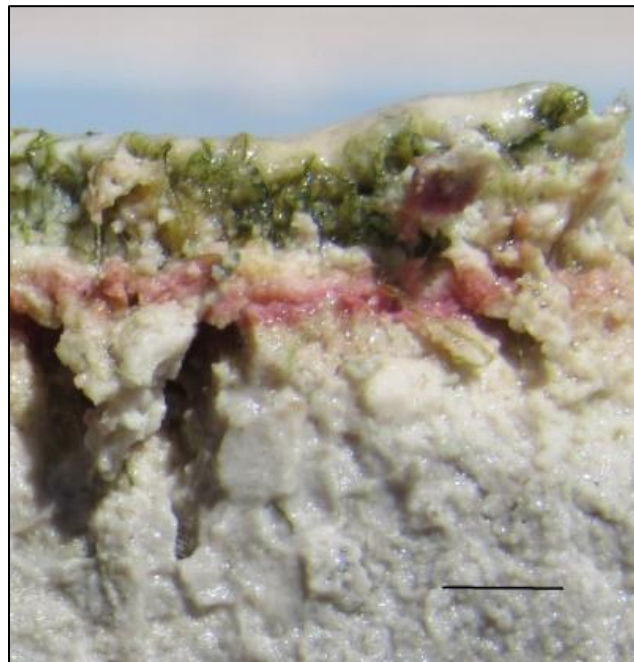
Los tapetes detectados en Laguna Saladita se caracterizaron en general por escasa estratificación de capas respecto a tapetes de laguna Salada.

Fotografía N° 7-17. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-18. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita (marca de escala = 3 mm), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-7. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapete sumergido		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Verde	Verde	Verde oscuro
			Verde claro
Intermedia	S/C	S/C	Blanco
			Púrpura
Total capas	1	1	4

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.7 Laguna Interna: Punto de monitoreo I-11

El área comprende una superficie plana cercana al borde de la laguna, la cual no presentó vegetación y exhibió presencia de plumas (**Fotografía N° 7-19**). A su vez, se observó próximo al área de monitoreo presencia de aves. Las muestras de tapetes se tomaron a partir de la superficie expuesta del borde lagunar y también desde el borde sumergido de la laguna (3 cm de profundidad). Al mismo tiempo, se tomaron muestras de sedimento (11,8 cm de profundidad), que se caracterizaron por exhibir discontinuas pigmentaciones color verde (**Fotografía N° 7-20**). En relación a la estructura de pigmentación de capas de los tapetes (**Fotografía N° 7-21**), en la **Tabla N° 7-8** se observa la caracterización. Los tapetes presentaron una textura interna granulosa, respecto al espesor los valores fueron 7 mm, 9 mm y 10 mm. Además el examen visual indicó la presencia de algunas evaporitas en este sector (**Fotografía N° 7-22**).

Fotografía N° 7-19. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018.



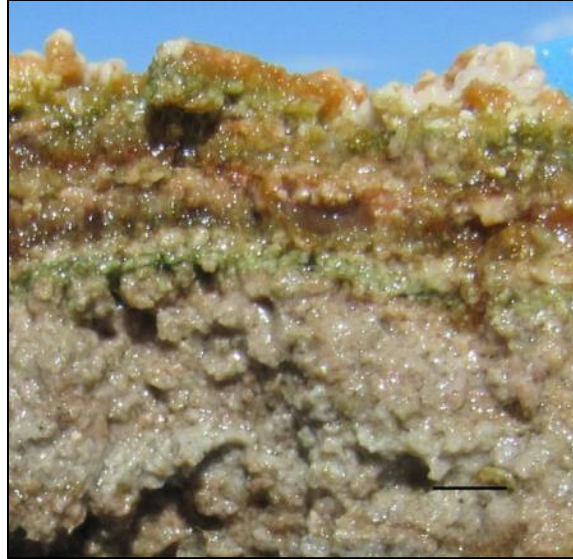
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-20. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-21. Tapete microbiano en borde sumergido del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018 (marca de escala=3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-22. Estructuras semejantes a evaporitas observadas en laguna Interna (I-11), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-8. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-11, Laguna Interna, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapete superficial	Tapetes sumergidos	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Naranja
		Verde	
	Verde	Verde claro	Verde
		Amarillo claro	
	Verde claro		
Intermedia	Púrpura	Rojo púrpura	Blanco
			Rojo púrpura
Profunda	Verde opaco claro	Amarillo claro	Verde opaco
		Café oscuro	
		Amarillo claro	Negro
		Verde	
Total capas	4	10	6

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.8 Laguna Interna: Punto de monitoreo I-17

El sector presenta una superficie plana cercana al borde de la laguna, sin vegetación y con sistemas de canales próximos (**Fotografía N° 7-23, A**). Las muestras se tomaron desde el borde expuesto y sumergido de la laguna (13 mm promedio de profundidad). El área sumergida se caracterizó por presentar una superficie rugosa e irregular (**Fotografía N° 7-23, B**) y columna de agua con burbujas. En relación a la estructura de pigmentación de los tapetes (**Fotografía N° 7-24; Fotografía N° 7-25**), en la **Tabla N° 7-9** se observa la caracterización.

Respecto al espesor de los tapetes, los valores fueron 7 mm, 12 mm, 13 mm, 15 mm. Referente a la textura se observó principalmente granulosa.

Fotografía N° 7-23. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-24. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-25. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-9. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-17, Laguna Interna, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapete superficial	Tapetes sumergidos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde claro	Verde	Blanco	Verde
Intermedia	S/C	Amarillo claro	Verde claro	S/C
Profunda		Rosado claro/púrpura	Blanco	
		S/C	Púrpura	
			Café	
Total capas	2	4	6	2

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

Los tapetes del sistema Laguna Interna, se caracterizaron por presentar uniforme estratificación de capas pigmentadas y apariencia hidratada.

A continuación, se resumen las principales características de la estructura de pigmentación en tapetes microbianos del Sector Peine, invierno 2018:

Los tapetes Tipo 1 en el Sector Peine en invierno 2018 presentaron principalmente capas subsuperficiales de tonalidades color verde (Salada, Saladita) o naranja y verde (Interna), capas intermedias de tonalidades color púrpura. Respecto a las capas profundas, distinguen principalmente capas de tonalidades color café y verde (**Tabla N° 7-10**).

Tabla N° 7-10. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos Tipo 1 Sector Peine, invierno 2018.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas en tapetes microbianos Tipo 1. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)									
		Peine									
		Salada			Saladita			Interna			
		S-6		S-9	SA-25	I-11		I-17			
		MT1	MT2	MT3	MT1	MT3	MT3	MT1	MT2	MT3	MT3
Subsuperficial	Blanco										
	Naranja										
	Verde										
	Verde claro										
	Verde oscuro										
	Verde opaco claro										
	Amarillo claro										
Intermedia	Blanco										
	Rosado										
	Rosado claro										
	Rojo púrpura										
	Púrpura										
Profunda	Verde opaco										
	Verde opaco claro										
	Verde opaco oscuro										
	Café										
	Café claro										
	Café verde										
	Café oscuro										
	Purpura										
	Gris										
	Gris claro										
	Verde										
	Café naranja										
	Rosado claro										
	Amarillo claro										

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)									
		Peine									
		Salada					Saladita		Interna		
		S-6			S-9		SA-25	I-11		I-17	
		MT1	MT2	MT3	MT1	MT3	MT3	MT1	MT2	MT3	MT3
	Negro										

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se observaron tapetes de Tipo 2 en las tres lagunas del Sector Peine (Salada, Saladita, Interna) en invierno 2018 (**Tabla N° 7-11**). En general en este Sector se observaron tapetes Tipo 2 con capas subsuperficiales de tonalidades verdes, y presencia variable de capas subsuperficiales color naranja. Respecto a la zona intermedia se observaron principalmente capas de color púrpura.

Tabla N° 7-11. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 Sector Peine, invierno 2018.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 2. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)			
		Sector Peine			
		Salada		Saladita	Interna
		S-9		S-11	I-17
		MT2	MT4	MT3	MT2
Subsuperficial	Blanco		S/C		
	Naranja				
	Verde				
	Verde claro				
	Verde oscuro				
	Amarillo claro				
Intermedia	Blanco	S/C			
	Rosado				
	Rosado claro				
	Púrpura				
Profunda	Verde opaco claro				
	Verde oscuro				
	Café oscuro			S/C	S/C
	Amarillo claro				

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

Al mismo tiempo, en el Sector de Peine, se observó en invierno 2018 presencia de tapetes Tipo 3 especialmente en Laguna Saladita (SA-25, S-11) y Laguna Interna (I-17), los cuales presentaron principalmente capas subsuperficiales de tonalidades color verde (Tabla N° 7-12).

Tabla N° 7-12. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 Sector Peine, invierno 2018.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 3. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)							
		Peine							
		Saladita				Interna			
		SA-25		S-11		I-17			
		MT1	MT2	MT4	MT1	MT2	MT1	MT4	
Subsuperficial	Rosado								
	Naranja								
	Amarillo								
	Verde								
	Verde claro								
	Café claro								
	Amarillo claro								

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2 Sector La Punta-La Brava

En relación al número de capas promedio por punto de monitoreo (Figura N° 7-3), Laguna La Brava en LB-1 presentó tapetes (superficiales) con mayor estratificación (7 capas), y los tapetes con menor número de capas promedio (4 capas), fueron detectados en Laguna La Brava (tapetes sumergidos de LB-1 y LB-3) y La Punta (LP-24). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de tres macrozonas de pigmentación se detectaron principalmente en Laguna La Brava.

Referente a los valores de espesor, el valor máximo (13 mm) se registró en Laguna La Punta (LP-23) (Figura N° 7-4).

En general, en el Sector La Punta-La Brava se destaca la presencia de tapetes Tipo 1, especialmente los tapetes Tipo 1 de Laguna La Brava, en LB-1, que se caracterizan por presentar una estructuración física rígida.

7.2.1.2.1 Laguna La Punta: Punto de monitoreo LP-23

Esta área corresponde a una superficie plana localizada en el borde de la laguna, que exhibe vegetación terrestre y acuática, además de flujos de agua superficiales adyacentes (**Fotografía N° 7-26**). Se observó además, próximo al área de monitoreo, presencia de aves. Las muestras se tomaron desde una planicie expuesta del borde lagunar y desde el sedimento (4,9 cm de profundidad) (**Fotografía N° 7-27**). La presencia de tapetes microbianos estratificados se observó solamente en la planicie expuesta del borde lagunar (**Fotografía N° 7-28**). En relación a la estructura de pigmentación de los tapetes, en la **Tabla N° 7-13** se observa la caracterización. Respecto al espesor de los tapetes, los valores fueron 7 mm, 8 mm, 13 mm. Estos tapetes además presentaron, una textura granulosa y compacta.

El examen visual del área indicó presencia de microbialitos (**Fotografía N° 7-29**).

Fotografía N° 7-26. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-27. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-28. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala=3 mm), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-29. Estructuras semejantes a microbialito observado en laguna La Punta (LP-23), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-13. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-23, Laguna La Punta, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes superficiales		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Verde oscuro	S/C
Intermedia	Púrpura	Rosado	Rosado
		Púrpura	
Profunda	Verde opaco	Verde oscuro	Amarillo claro
	Amarillo claro	Amarillo claro	
	Rosado	Café	Verde opaco claro
	Café		
Rosado Café			
Total capas	7	6	3

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.2 Laguna La Punta: Punto de monitoreo LP-24

El sector presenta escasa vegetación terrestre y acuática (**Fotografía N° 7-30**). Las muestras fueron tomadas a partir del borde expuesto de la laguna y desde el sedimento (10 cm de profundidad) el cual se caracterizó por presentar pigmentación verde y rosada (**Fotografía N° 7-31**). Los tapetes superficiales (**Fotografía N° 7-32**) presentaron una estructura de pigmentación que se describe en la **Tabla N° 7-14**. Referente al espesor total, los valores fueron 5 mm y 10 mm, los tapetes presentaron además una textura granulosa y aspecto brillante. Por lo demás, el examen visual indicó la presencia de evaporitas (**Fotografía N° 7-33**).

Fotografía N° 7-30. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018.



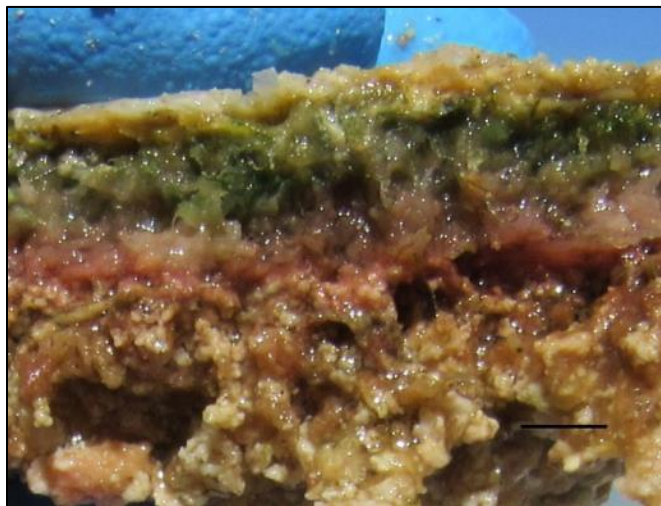
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-31. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-32. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018 (marca de escala= 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-33. Estructuras semejantes a evaporitas observadas en laguna La Punta (LP-24), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-14. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN	
	Tapetes superficiales	
	Muestra 1	Muestra 2
Subsuperficial	Naranja	Naranja
	Verde claro	
	Verde	Verde
Intermedia	Rosado claro	S/C
	Púrpura	
Profunda	Café	
Total capas	6	2

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

En laguna La Punta los tapetes microbianos presentan características diferentes entre puntos de monitoreo, respecto al número de capas, en LP-23 los tapetes exhiben mayor número de capas respecto a los tapetes en LP-24.

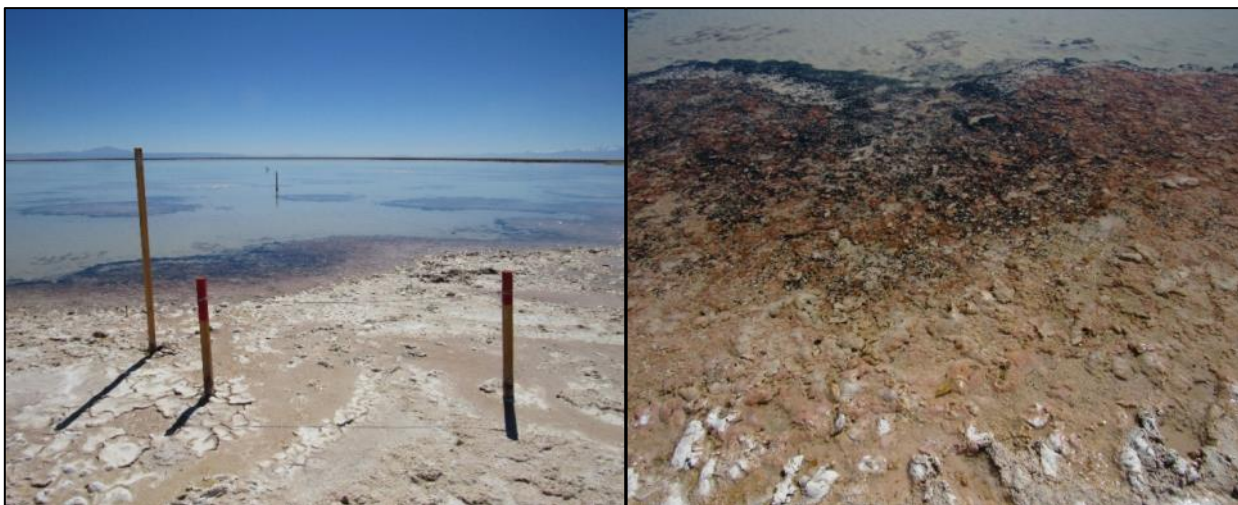
7.2.1.2.3 Laguna La Brava: Punto de monitoreo LB-1

Este sector se localiza en el borde de la laguna La Brava (**Fotografía N° 7-34**), presenta una superficie plana, carente de vegetación, con flujos de agua superficiales, además de presencia de aves. En esta área de monitoreo se detectaron tapetes microbianos en el borde superficial y sumergido de la laguna (1,5 cm de profundidad) (**Fotografía N° 7-35**, **Fotografía N° 7-36**).

A su vez, el examen visual del área indicó presencia de microbialitos (**Fotografía N° 7-37**).

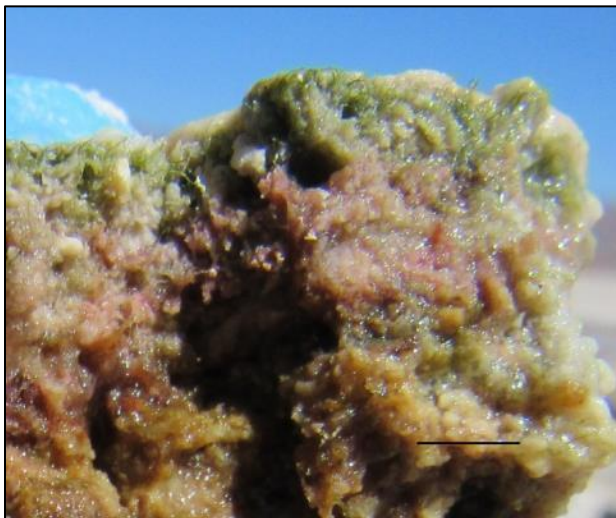
La estructura de pigmentación de capas de los tapetes microbianos se observa en la **Tabla N° 7-15**. Referente al espesor, los valores fueron 7 mm, 8 mm, 10 mm. La morfología de los tapetes es principalmente convexa, sólida, de escaso espesor y con textura superficial semejante al cuero (coriácea), la textura interna es principalmente granulosa.

Fotografía N° 7-34. Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-35. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca de escala= 3 mm), agosto 2018.



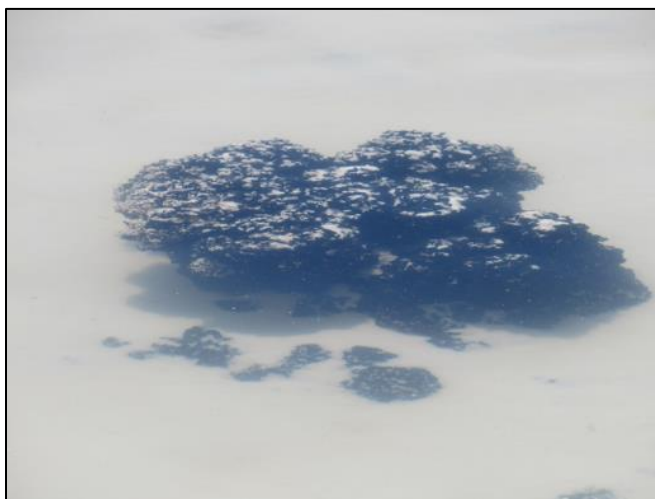
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-36. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala= 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-37. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1), agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-15. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-1, Laguna La Brava, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes		
	Superficiales	Sumergidos	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Verde	Naranja
	Verde claro		Verde
	Verde oscuro		Verde
Intermedia	Rosado claro	Blanco	S/C
		Rosado	
		Blanco	
		Púrpura	
Profunda	Verde opaco oscuro	Verde oscuro	S/C
	Púrpura		
	Verde claro		
Total capas	7	6	2

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.4 Laguna La Brava: Punto de monitoreo LB-2

El área se ubica en el borde de la laguna y presentó escasa vegetación superficial, además de ausencia de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-38**). A su vez, próximo al área se observó presencia de aves. Se colectaron tapetes desde la superficie expuesta y también desde el borde sumergido (3 cm promedio de profundidad). La columna de agua al respecto presentó burbujas. Los tapetes detectados (**Fotografía N° 7-39, Fotografía N° 7-40**) presentaron de 2 a 3 macrozonas de pigmentación cuyas características se describen en la **Tabla N° 7-16**.

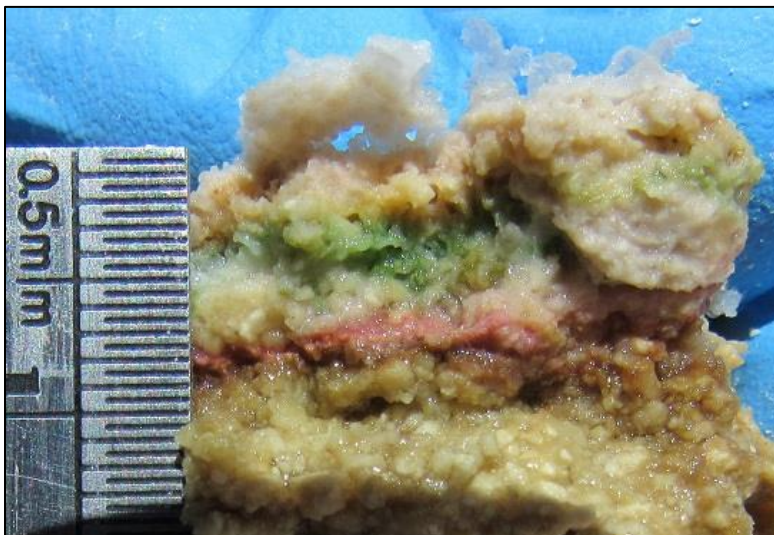
Los tapetes microbianos exhibieron, en general, una morfología plana, compacta, con textura granulosa. Respecto al espesor total de tapetes, los valores fueron 5 mm, 8 mm, 8 mm.

Fotografía N° 7-38. Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018.



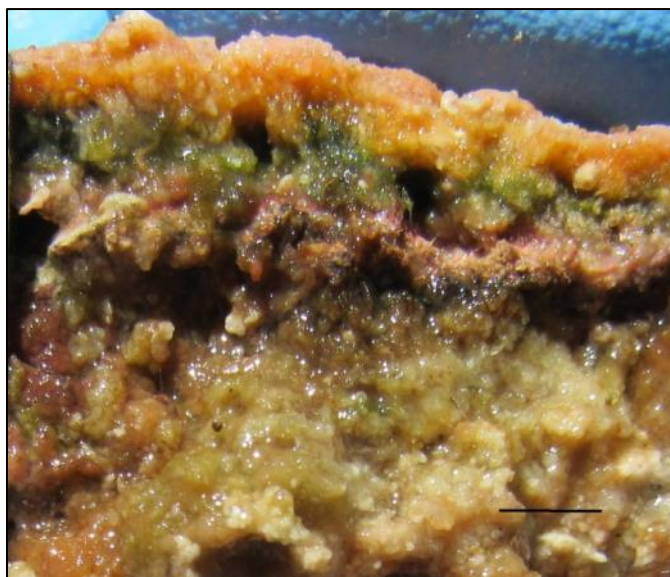
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-39. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-40. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala= 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-16. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-2, Laguna La Brava, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes		
	Superficiales	Sumergidos	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja claro	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Blanco	Púrpura	Púrpura
	Rosado	Rosado claro	Rosado claro
Profunda	Café	S/C	Café oscuro
Total	5	4	5

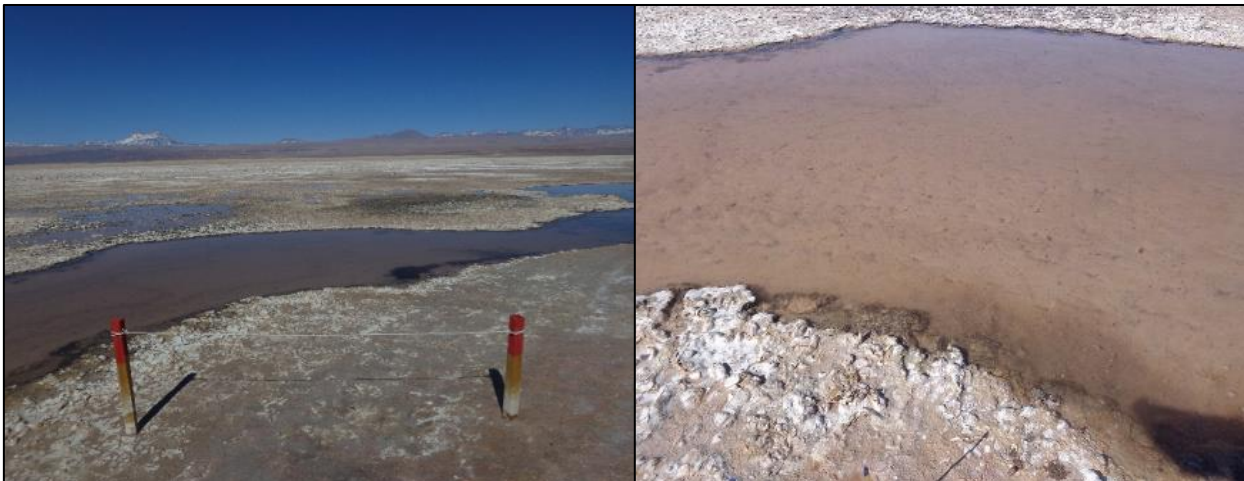
Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.5 Laguna La Brava: Punto de monitoreo LB-3

Este sector se localiza cerca de un sistema de canal de la laguna, y se caracterizó por presentar vegetación acuática y aves próximas al punto (**Fotografía N° 7-41**). Se observó presencia de tapetes en las superficies expuestas del borde del área de monitoreo (**Fotografía N° 7-42**) y también en el borde sumergido del área (5,9 cm de profundidad) (**Fotografía N° 7-43**). Al mismo tiempo se tomaron muestras de sedimento (6,5 cm de profundidad), a partir del cual no se detectaron tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-44**). Los tapetes expuestos y sumergidos presentaron 2 o 3 macrozonas de pigmentación, cuyas características se observan en la **Tabla N° 7-17**.

En general, los tapetes exhibieron un espesor de 7 a 10 mm, estructura compacta y textura granular.

Fotografía N° 7-41. Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018.



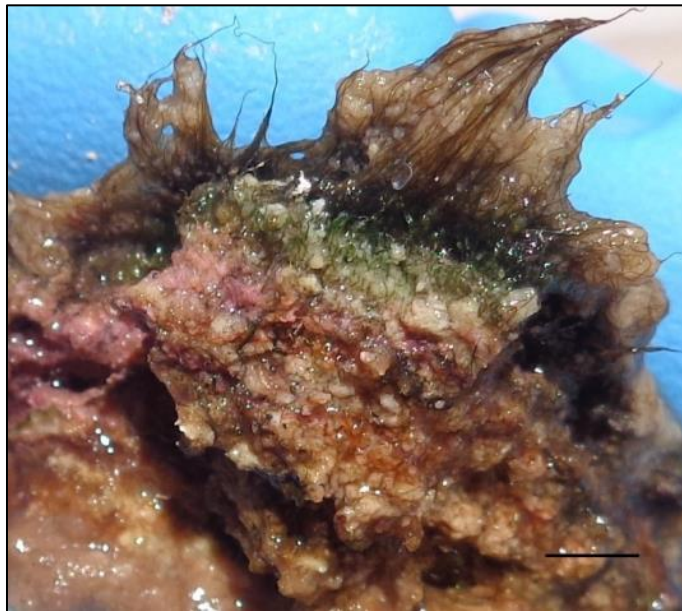
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-42. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala=3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-43. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018 (marca de escala=3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-44. Muestra de sedimento en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-17. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-3, Laguna La Brava, agosto 2018.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapetes			
	Superficial			Sumergido
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Subsuperficial	Verde	Naranja	Naranja	Verde oscuro
		Blanco	Verde oscuro	
		Verde	Amarillo claro	Verde claro
Intermedia	Púrpura	Rosado claro	Rosado	Blanco
		Rosado		Rosado
		Púrpura		Rosado
Profunda	Café claro	S/C	Café oscuro	S/C
	Púrpura		Café claro	
	Negro			
Total capas	5	6	6	4

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

En general, Laguna La Brava presenta tapetes con morfología convexa y textura superficial coriácea, también presenta tapetes planos. La textura interna de los tapetes microbianos es principalmente granulosa.

A continuación, se resumen las principales características de la estructura de pigmentación en tapetes microbianos del Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.

Para Laguna La Punta, los tapetes Tipo 1 presentaron capas subsuperficiales generalmente de tonalidades color verde y/o naranja, y capas intermedias de color púrpura. Respecto a la zona Profunda distinguen capas comunes color café, y con menor presencia capas de tonalidades color verde (solo LP-23) (Tabla N° 7-18).

Por otro lado, en Laguna La Brava, los tapetes Tipo 1 presentaron capas subsuperficiales de tonalidades color verde principalmente, con menor presencia se observaron capas color naranja. Las capas de la zona Intermedia fueron principalmente de tonalidades color rosado. Respecto a la zona Profunda, en LB-1 distinguieron capas con tonalidades verdes, mientras que en LB-2 y LB-3, capas profundas de tonalidades color café (Tabla N° 7-18).

Además de los tapetes Tipo1, en el Sector La Punta-La Brava se observaron tapetes de Tipo 2, los cuales presentaron principalmente capas subsuperficiales de tonalidades color verde y capas intermedias de tonalidades color rosado (Tabla N° 7-19).

Tabla N° 7-18. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 1. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)									
		Sector La Punta-La Brava									
		La Punta				La Brava					
		LP- 23		LP-24		LB-1		LB-2		LB-3	
		MT1	MT2	MT1	MT1	MT2	MT1	MT3	MT1	MT3	
Subsuperficial	Naranja										
	Verde										
	Verde claro										
	Verde oscuro										
	Naranja claro										
	Amarillo claro										
Intermedia	Blanco										
	Rosado										
	Rosado claro										
	Púrpura										
Profunda	Verde opaco										
	Verde oscuro										
	Verde opaco oscuro										
	Café										
	Café claro										
	Café oscuro										
	Púrpura										
	Rosado										
	Verde claro										
	Amarillo claro										
	Negro										

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-19. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 2. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)			
		Sector La Punta- La Brava			
		La Punta	La Brava		
		LP-23	LB-2	LB-3	
		MT3	MT2	MT2	MT4
Subsuperficial	Blanco	S/C			
	Naranja				
	Verde				
	Verde claro				
	Verde oscuro				
	Amarillo claro				
Intermedia	Blanco				
	Rosado				
	Rosado claro				
	Púrpura				
Profunda	Verde opaco claro		S/C		
	Verde oscuro				
	Café oscuro				
	Amarillo claro				

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

Al mismo tiempo en este Sector, se identificaron tapetes Tipo 3, los cuales, presentaron capas subsuperficiales color verde y naranja (**Tabla N° 7-20**)

Tabla N° 7-20. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 Sector La Punta-La Brava, invierno 2018.

En las celdas se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 3. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)	
		Sector La Punta-La Brava	
		La Punta	La Brava
		LP-24	LB-1
		MT2	MT3
Subsuperficial	Naranja		
	Verde		

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3 Sector Tilopozo

El sector presenta vegetación terrestre y acuática, pozas de aguas profundas y sistemas acuáticos someros, asociados a una variada biota. En este sector no se detectó la presencia de tapetes microbianos, al igual que en reportes anteriores (verano e invierno 2017). Este sector sólo ha registrado presencia de tapetes microbianos, en el punto de muestreo TB-2, en la campaña invierno 2016, motivo por el cual fueron ingresadas como estaciones voluntarias.

7.2.1.3.1 Punto de monitoreo TB-1

Este sistema se caracterizó por presentar una poza transparente, con vegetación acuática, fauna íctica y amplio desarrollo de vegetación terrestre, además de avistamiento de macromamíferos (zorro), aves, insectos, residuos orgánicos y madrigueras. Particularmente también, un cadáver de un burro. Luego de realizar una inspección visual del sector (**Fotografía N° 7-45**) 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° 7-46**).

Fotografía N° 7-45. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-46. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3.2 Punto de monitoreo TB-2

Esta zona presentó un sistema con escasa agua superficial y abundante vegetación (**Fotografía N° 7-47, A**). Se observó además biota asociada, tales como insectos, arácnidos y algunas aves, además de madrigueras. Se tomaron muestras de sedimento en áreas donde se visualizaban aguas superficiales (2,7 cm promedio de profundidad) (**Fotografía N° 7-47, B**), sin embargo, estas muestras no mostraron presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-48**), considerando que en una campaña previa (Invierno 2016) se detectó presencia de estas comunidades.

Fotografía N° 7-47. Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-48. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3.3 Punto de monitoreo TB-3

El sector presenta una poza profunda con aguas transparentes, vegetación flotante y sumergida. También se observó extensa vegetación en el área circundante, presencia de fauna íctica, insectos, algunas madrigueras y residuos exógenos (**Fotografía N° 7-49**). Del mismo modo, destaca la existencia de un sistema de bombeo aledaño al sistema acuático.

Luego de inspeccionar el área, se tomaron muestras de sedimento las cuales indicaron ausencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-50**).

Fotografía N° 7-49. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-50. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, agosto 2018.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4 Registro de microbialitos y evaporitas, invierno 2018.

La identificación visual realizada en terreno sugiere la presencia de microbialitos en 2 puntos de monitoreo (LP-23 y LB-1) (**Fotografía N° 7-29; Fotografía N° 7-37**) y presencia de evaporitas en 2 estaciones de monitoreo, I-11 (**Fotografía N° 7-22**) y LP-24 (**Fotografía N° 7-33**). En la **Tabla N° 7-21** se presenta el resumen de estos registros visuales.

Tabla N° 7-21. Cuadro resumen del registro visual de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama, agosto 2018.

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	-	-

Donde: Presencia = +, No detección = -. Fuente: Elaboración propia.

7.2.1.5 Resultados Parámetros fisicoquímicos

Los datos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en campaña invierno 2018, se resumen en la

Tabla N° 7-22.

Respecto a la salinidad el valor máximo se observó en la Laguna La Brava (40 gr/Kg) y el mínimo en el Sector Tilopozo (2 gr/Kg). Referente al oxígeno disuelto, el valor máximo se detectó en el Sector de Peine, Laguna Salada (7,2 mg/L) y el mínimo en el Sector La Punta-La Brava (2,7 mg/L). La temperatura fluctuó entre 6,4 °C a 25,3°C. Respecto al pH, el mayor valor (8,5) se detectó en el Sector Peine y La Punta-La Brava, el menor valor, en tanto, se registró en el sector Tilopozo (7,0). En relación al parámetro de turbiedad el valor máximo se registró en el Sector Peine Laguna Salada (45 UNT) y el valor mínimo en La Punta-La Brava (1 UNT). Respecto a la radiación el valor máximo fue de 2,74 MJ/MT2.

Tabla N° 7-22. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, invierno 2018.

Salar de Atacama Sector	Estación Monitoreo	Hora	Oxígeno mg/L	Ph U	Temperatura °C	Conductividad eléctrica $\mu\text{s/cm}$	Salinidad gr/Kg	Turbiedad UNT	Radiación Solar Total Salar de Atacama E.M.	
									Hora	MJ/MT2
Peine	S-5	11:30	5,4	8,5	10,1	41640	20	16,0	11:00	1,71
	S-6A	12:05	5,4	8,3	18,0	39900	19	45,0	12:00	2,20
	S-9	10:30	7,2	8,0	6,4	31010	15	4,7	10:00	1,06
	SA-25	13:18	5,2	8,4	13,8	41640	20	13	13:00	2,60
	S-10	14:25	5,1	8,4	19,0	42230	21	8,7	14:00	2,74
	S-11	15:00	5,3	8,3	20,9	42590	21	11	15:00	2,64
	I-11	15:45	4,6	8,3	21,9	43650	21	16	16:00	2,33
	I-17	17:00	5,5	8,3	23,0	47170	23	7,9	17:00	1,83
La Punta y La Brava	LP-23	10:35	4,0	8,4	11,0	26360	13	3,1	10:00	1,05
	LP-24	11:50	4,6	8,5	9,0	34240	17	1	12:00	2,19
	LB-1	13:38	2,7	8,1	15,6	80110	40	1,9	13:00	2,59
	LB-2	14:15	4,2	8,2	22,3	80920	40	4,7	14:00	2,74
	LB-3	16:00	6,0	8,3	24,6	30360	15	6,2	16:00	2,33
Tilopozo	TB-1	9:40	2,9	7,0	24,9	4291	2	1,1	10:00	1,09
	TB-2	10:26	4,8	7,7	6,7	4481	2	35	11:00	1,74
	TB-3	11:51	3,2	7,1	25,3	4206	2	2,1	12:00	2,23

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo de verano 2019.

7.2.2 Resultados Campaña Verano 2019

Se analizaron *in situ* muestras de los 16 puntos de monitoreo distribuidos en el sistema Peine y sistema La Punta-La Brava y Tilopozo. A partir de esto se detectó la presencia de tapetes microbianos en 11 de los 16 puntos de monitoreo (68,8%), que corresponden a los mismos puntos referidos en reportes estacionales anteriores, campañas: verano 2017 y verano 2018 para el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, sin incluir Tilopozo, debido a que no se ha encontrado presencia de tapetes en el sector.

En verano de 2019 no se detectó la presencia de tapetes en 2 puntos de monitoreo asociados al Sector Peine (S-5 y S-10) y 3 puntos de monitoreo pertenecientes al sector Tilopozo (TB-1, TB-2 y TB-3).

En relación a la ubicación de los tapetes microbianos dado los 11 puntos de monitoreo referidos (100%), el 28% de las estaciones (3) presentó tapetes microbianos en planicies expuestas del borde lagunar (S-6A, S-9, SA-25). A su vez, el 28% de los puntos de monitoreo (3) exhibió tapetes en condiciones sumergidas bajo el agua (S-11, I-11, I-17), y el 45% de los puntos de monitoreo (5) presentó tapetes localizados tanto en planicies expuestas del borde lagunar como también sumergidos bajo el agua (LP-23, LP-24, LB-1, LB-2, LB-3) (**Tabla N° 7-23**).

Tabla N° 7-23. Proporción de tapetes microbianos expuestos y sumergidos. Verano 2019.

Ubicación Tapetes Microbianos	Cantidad	%
Estaciones con Tapetes expuestos	3	28%
Estaciones con Tapetes sumergidos	3	28%
Estaciones con Tapetes expuestos y sumergidos	5	45%
Total Estaciones	11	100%

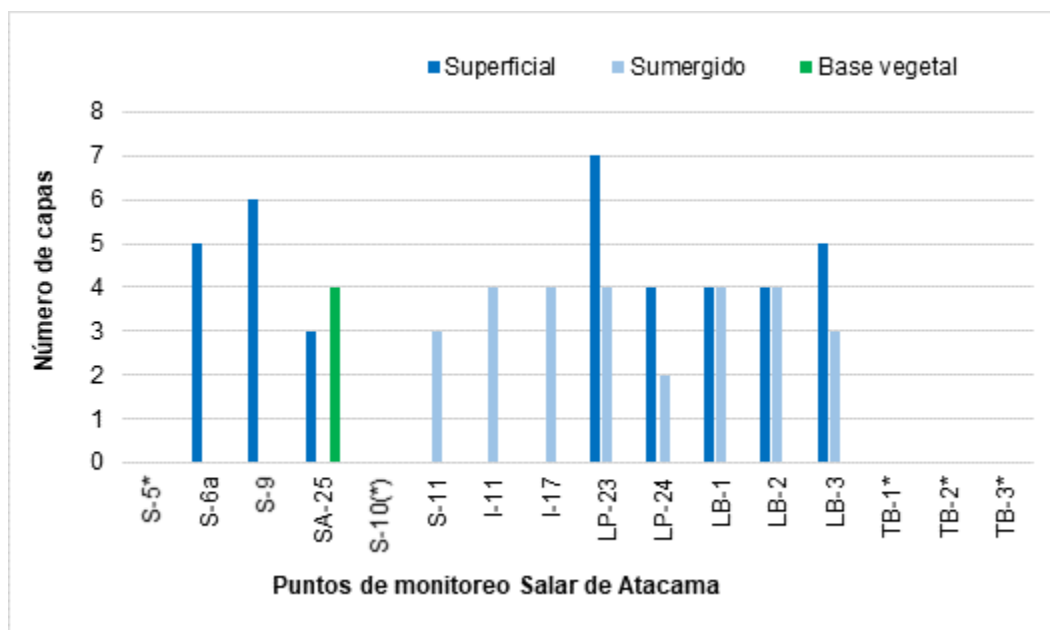
Fuente: Elaboración propia

A su vez, a través de la identificación visual desde el borde lagunar, se sugiere la presencia de microbialitos en 2 puntos de monitoreo (LP-23, LB-1) y de evaporitas en un punto de monitoreo (LP-24).

Respecto al número de capas pigmentadas (promedio), el valor mayor (7 capas promedio), según punto de monitoreo, se presentó en Sistema La Punta-La Brava, y el menor valor (2 capas promedio) también en este sistema. La **Figura N° 7-7** muestra el

número de capas pigmentadas promedio de tapetes en planicies expuestas del margen superficial de la laguna (Barra color azul), y de tapetes sumergidos (Barra color celeste). Como también, de tapetes de base vegetal (Barra color verde). Al respecto, las estaciones que indican asterisco no registraron presencia de tapetes.

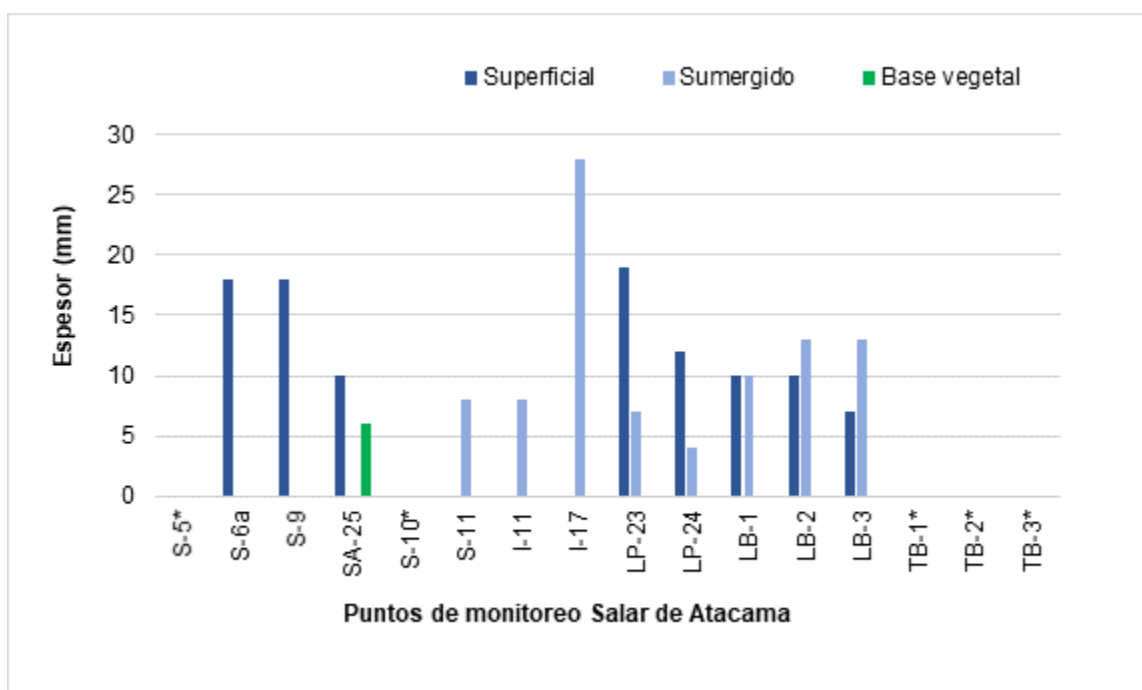
Figura N° 7-7. Distribución número de capas de tapetes microbianos, verano 2019.



Fuente: Elaboración propia

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

Referente a la dimensión del espesor de tapete, el valor mayor (28 mm) según punto de monitoreo se presentó en Sistema Peine y el de menor valor (4 mm) en el Sistema La Punta-La Brava. La **Figura N° 7-8** muestra los valores de espesor de tapetes (valores máximos) en planicies expuestas del borde superficial lagunar (Barra color azul) y tapetes sumergidos (Barra color celeste). Al mismo tiempo, se observa el espesor de tapetes de base vegetal (Barra color verde).

Figura N° 7-8. Espesor de tapetes microbianos (valores máximos), verano 2019.

Fuente: Elaboración propia

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

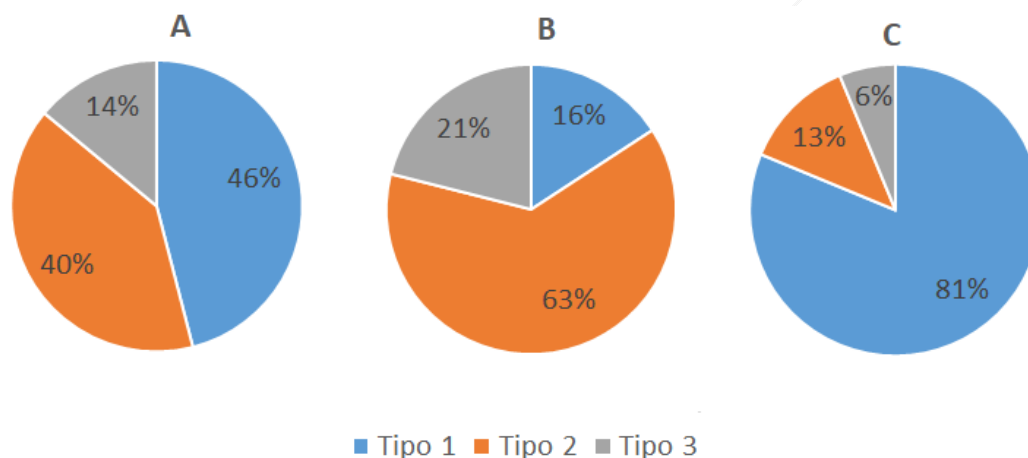
De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización de capas pigmentadas, según zonación macroscópica de los tapetes detectados en el Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, se registraron 3 tipos:

- El primer tipo (Tipo 1) presentó tres macrozonas pigmentarias y se observó tanto en el Sector de Peine (**Tabla N° 7-32**), como en el Sector La Punta y La Brava (**Tabla N° 7-40**). Presentaron en general, capas subsuperficiales de color verde y/o naranja, capas intermedias color púrpura y/o rosado, y capas profundas con tonalidades café y/o verde.
- El segundo tipo (Tipo 2) exhibió la presencia de dos macrozonas y fue detectado en el Sector Peine (**Tabla N° 7-33**) y Sector La Punta-La Brava (**Tabla N° 7-41**). Estos tapetes presentaron principalmente capas subsuperficiales color verde y/o naranja, seguidas de capas color rosado y/o púrpura. A su vez, particularmente se observaron tapetes Tipo 2 que exhibieron capas color púrpura, seguida de capas profundas de color café y/o tonalidades verdes (S-6A) (Sector Peine).
- El tercer tipo de tapete (Tipo 3), por otro lado, presentó una macrozona subsuperficial, este tipo de tapete se registró tanto en el Sector Peine (SA-25)

(**Tabla N° 7-34**), como Sector La Punta-La Brava (LB-3) (**Tabla N° 7-42**). Estos tapetes exhibían principalmente capas subsuperficiales color rosado y/o verde.

La proporción de tipo de tapetes presentes del total de muestras tomadas para el área de estudio, indica valores semejantes de Tapetes Tipo 1 y Tipo 2 (**Figura N° 7-9, letra A**). Para el total de muestras del Sector Peine el tipo de tapete con mayor presencia corresponde al Tipo 2 (**Figura N° 7-9, letra B**). En el mismo contexto, para el Sector La Punta-La Brava el Tipo 1 presenta mayor proporción (**Figura N° 7-9, letra C**).

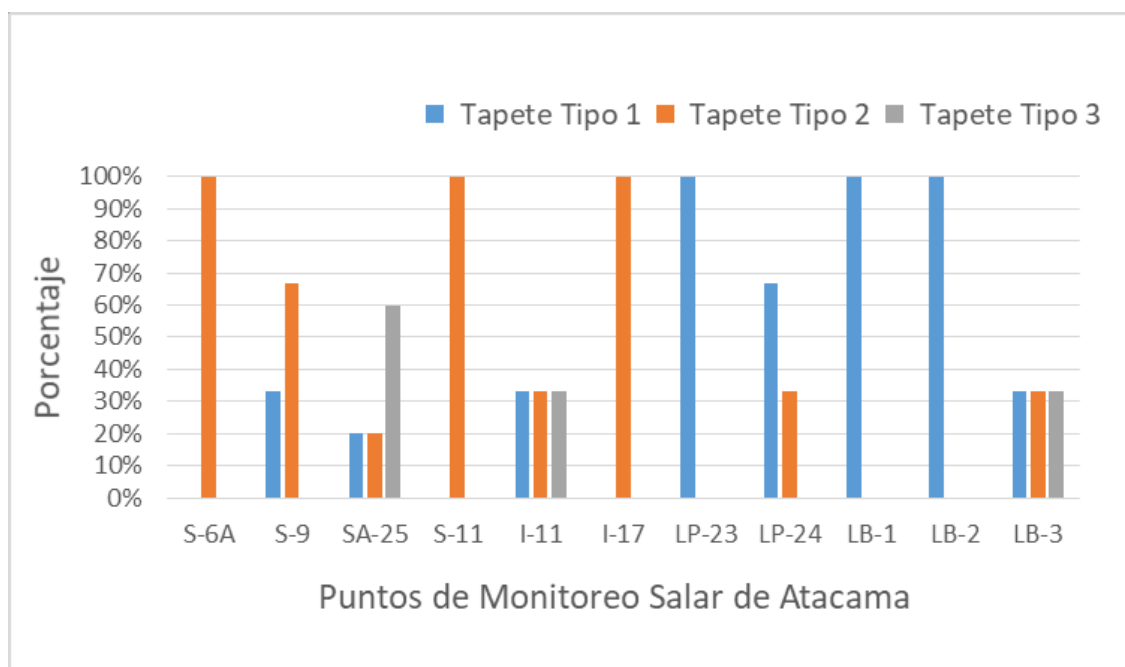
Figura N° 7-9. Proporción de tipos de tapetes según zonas macroscópicas de pigmentación en Salar de Atacama (Total área de estudio) (A), Sector Peine (B), Sector La Punta-La Brava (C), verano 2019.



Fuente: Elaboración propia

A su vez, en cada punto de monitoreo, se determinó la proporción del tipo de tapetes presentes del total de muestras tomadas para cada punto (**Figura N° 7-10**). Se destaca la presencia de tapetes Tipo 2 en el Sector Peine, principalmente en los puntos S6-A, S-11, I-17. Para el Sector La Punta-La Brava distingue la presencia de tapetes Tipo 1, principalmente en los puntos LP-23, LB-1 y LB-2.

Figura N° 7-10. Proporción de Tipo de tapete microbiano presente en cada punto de monitoreo en el Salar de Atacama, verano 2019.



Fuente: Elaboración propia

Cada sector estudiado presentó tapetes con una morfología particular, distinguiéndose principalmente 3 tipos:

- Tapetes de superficie plana, uniformemente estructurados, estratificados y pigmentados, característicos de laguna Salada (S-9).
- Tapetes convexos, de consistencia sólida, los cuales se detectaron principalmente en Laguna La Brava (LB-1).
- Tapetes planos, de consistencia blanda, detectados especialmente en Laguna La Brava (LB-2).

En la **Tabla N° 7-24**, se presenta el resumen con la caracterización macroscópica de los tapetes monitoreados en verano 2019, en los Sistemas Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo. La columna que indica el número de capas señala los valores máximos y mínimos entre unidades de muestra por punto de monitoreo, corresponden a valores no promediados.

Tabla N° 7-24 Caracterización Tapetes microbianos, verano 2019.

Sector	Punto de Monitoreo	Tapetes microbianos	Tipología según zonación macroscópica (porcentaje)			Morfología principal	Número de capas	
			Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		Máximo	Mínimo
Peine	S-5	-	-	-	-			
	S-6A	+		100%		Plano	7	4
	S-9	+	33%	67%		Plano	8	5
	SA-25	+	20%	20%	60%	Plano	4	3
	S-10	-	-	-	-			
	S-11	+		100%		Plano	3	3
	I-11	+	33%	33%	33%	Plano	5	3
	I-17	+		100%		Plano, convexo	7	3
La Punta-La Brava	LP-23	+	100%			Plano	8	4
	LP-24	+	67%	33%		Plano	4	2
	LB-1	+	100%			Convexo sólido; Plano	5	4
	LB-2	+	100%			Plano, Plano consistencia blanda	5	4
	LB-3	+	33%	33%	33%	Plano, Plano consistencia blanda	5	3
Tilopozo	TB-1	-	-	-	-			
	TB-2	-	-	-	-			
	TB-3	-	-	-	-			

Donde: Presencia = +, No detección de tapetes microbianos= -. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan aspectos generales de la estructura pigmentaria de tapetes microbianos para los sistemas evaluados (Peine, La Punta - La Brava).

7.2.2.1 Sector Peine

En esta área se observó desarrollo de tapetes microbianos en los puntos de monitoreo S-6A, S-9, SA-25, S-11, I-11, I-17. En tanto, en los puntos de monitoreo S-5 y S-10 no se detectó presencia de tapetes microbianos.

En relación al número de capas promedio por punto de monitoreo (**Figura N° 7-7**), Laguna Salada (S-9) presentó tapetes con mayor estratificación (6 capas). Por el contrario, Laguna Saladita (SA-25, S-11) presentó tapetes con menor número de capas promedio

(3). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a una laminación macroscópica definida se detectaron principalmente en Laguna Salada.

Referente a los valores de espesor, el valor máximo (28 mm) se registró en Laguna Interna (I-17) (**Figura N° 7-8**)

En general, en el Sector Peine, la Laguna Salada presentó continuidad espacial de tapetes microbianos respecto al área de muestreo, sin embargo, se destaca la presencia de tapetes Tipo 2 a diferencia de campañas anteriores (verano 2017, 2018), donde se detectaron principalmente tapetes Tipo 1. Los tapetes Tipo 2 localizados en el punto S-6A no presentaron capas subsuperficiales con pigmentación verde (**Tabla N° 7-33**).

A continuación se presentan las características de la estructura de pigmentación de los tapetes microbianos presentes en los puntos de monitoreo del Sector Peine.

7.2.2.1.1 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-5

Este sector se caracteriza por presentar un borde lagunar quebradizo, irregular y con presencia de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-51**). En esta área no se observó desarrollo de tapetes microbianos, tanto en el borde superficial externo como en el borde sumergido de la laguna, la **Fotografía N° 7-52** muestra la ausencia de tapetes en el sedimento de la laguna (13,2 cm promedio de profundidad).

Fotografía N° 7-51. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-52. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1.2 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-6A

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde lagunar, la cual presenta superficialmente áreas de pigmentación oscura (**Fotografía N° 7-53**). La superficie es irregular con marcas de huellas humanas, se observa ausencia de vegetación acuática y aves próximas al área de monitoreo. A su vez, el borde sumergido del área presentó discontinuas coloraciones rosadas (**Fotografía N° 7-54**). Los tapetes observados (**Fotografía N° 7-55**) presentaron dos macrozonas de pigmentación: Intermedia y Profunda (**Tabla N° 7-25**).

Respecto a los valores de espesor de los tapetes, fueron 10 mm, 17 mm, 18 mm. Respecto a la morfología se observó generalmente plana con estratificación uniforme y aspecto hidratado. Destaca la continuidad espacial de los tapetes en relación al punto de monitoreo.

Fotografía N° 7-53. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, abril 2019.



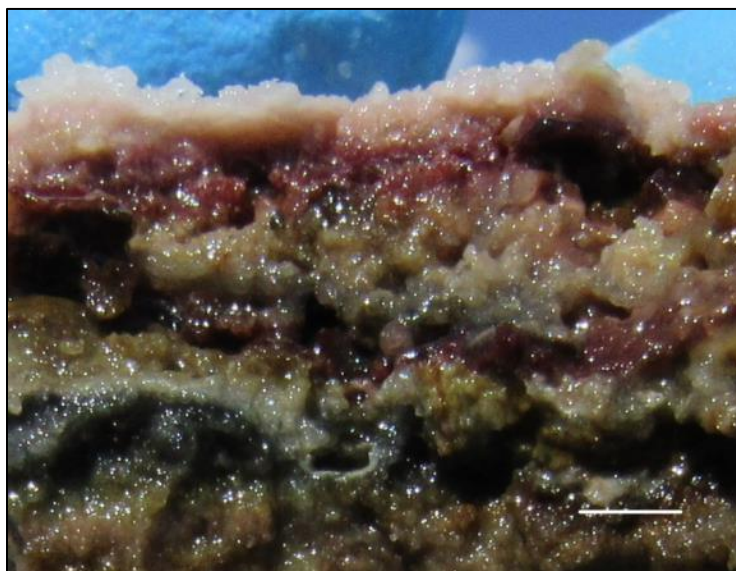
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-54. Muestra de sedimento en Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-55. Tapete microbiano en Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, abril 2019 (marca de escala= 3 mm).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-25. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-6A.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapetes superficiales			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Subsuperficial	S/C	S/C	S/C	
Intermedia	Púrpura	Rosado	Púrpura	
		Púrpura	Rosado	
Profunda	Café	Verde claro	Amarillo	
		Verde oscuro		
	Verde oscuro	Púrpura	Negro	Verde
		Amarillo café		
Café	Negro	Verde claro		
Total capas	4	7	5	

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1.3 Laguna Salada: Punto de monitoreo S-9

El área se caracteriza por la presencia de una planicie expuesta del borde de la laguna, que exhibió una superficie lisa no alterada por huellas humanas (**Fotografía N° 7-56**). El sector no presentó vegetación acuática y se observó presencia de plumas. A su vez, próximo al área de monitoreo se observó presencia de aves. Se tomaron muestras desde la planicie expuesta del borde lagunar y desde el sedimento, éste último no exhibió presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-57**). Los tapetes superficiales observados (**Fotografía N° 7-58**) presentaron de 2 a 3 macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 7-26**). Distingue la morfología plana de los tapetes y la continuidad espacial en relación al punto de monitoreo. Respecto al espesor, los valores fueron 10 mm, 17 mm, 18 mm.

Fotografía N° 7-56. Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-57. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-58. Tapete microbiano en Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada (marca de escala=4 mm) abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-26. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo S-9.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes superficiales		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Rosado	Naranja
	Amarillo claro	Amarillo claro	
	Verde	Verde oscuro	Amarillo claro
	Amarillo verde		Verde
Intermedia	S/C	Púrpura claro	Café
			Púrpura- café
Profunda	Café oscuro	Café oscuro	S/C
		Café	
		Verde	
		Café claro	
Total capas	5	8	5

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia

En general, Laguna Salada se caracterizó por presentar tapetes microbianos con continuidad espacial respecto al punto de monitoreo, estos tapetes distinguen especialmente por la diversidad de pigmentación y estratificación continua.

7.2.2.1.4 Laguna Saladita: Punto de monitoreo SA-25

El sector presenta una superficie plana que esta próxima al borde de la laguna (**Fotografía N° 7-59**), en este borde se presentan zonas de pigmentación oscura y contiene formaciones esferoidales (**Fotografía N° 7-60**). Las muestras obtenidas provienen del borde superficial expuesto de la laguna y de formaciones esferoidales en las que localizaron tapetes microbianos asociados a una base vegetal. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de sedimento (20 cm de profundidad), en los cuales se observaron discontinuas pigmentaciones de color verde (**Fotografía N° 7-61**). Los tapetes localizados en la superficie expuesta (**Fotografía N° 7-62**), presentaron solo una macrozona de pigmentación (**Tabla N° 7-27**) mientras que los tapetes asociados a una base vegetal (**Fotografía N° 7-63**) exhibieron 2 o 3 macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 7-28**). A su vez, los tapetes presentaron una morfología plana. Respecto al espesor, los valores de espesor fueron 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 10 mm.

Fotografía N° 7-59. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-60. Formaciones esferoidales de base vegetal en Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019.



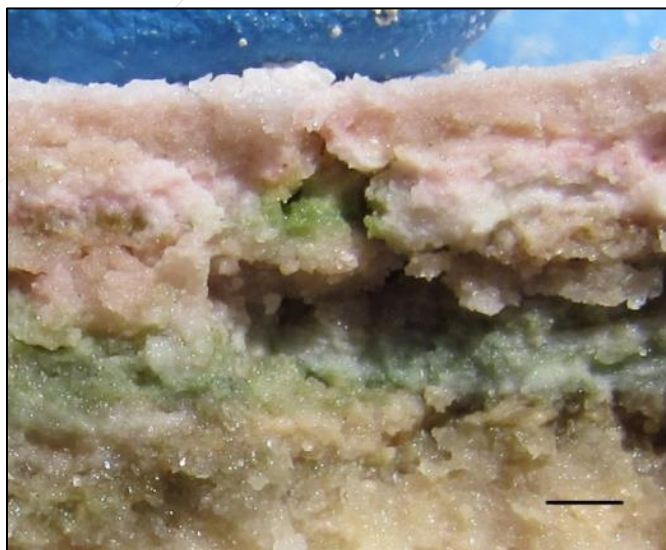
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-61. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019.



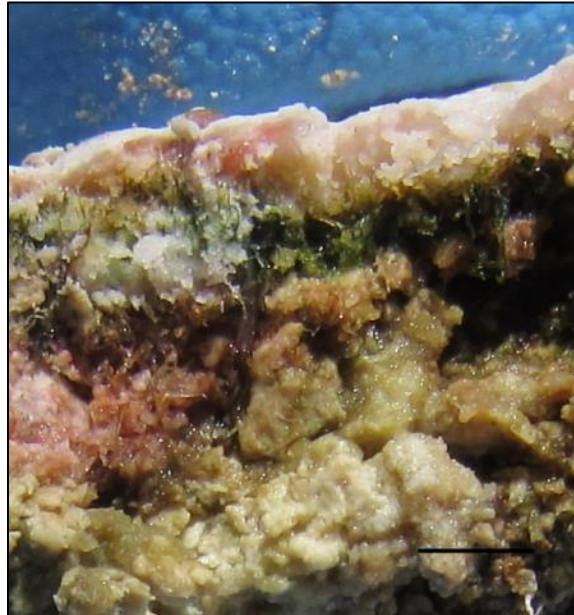
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-62. Muestra del borde superficial del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, abril 2019 (marca de escala= 2 mm).



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-63. Tapete microbiano de base vegetal presente en el Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita (marca de escala= 2 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-27. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de Monitoreo SA-25.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes superficiales		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Rosado	Rosado	Rosado
	Blanco	Amarillo	Amarillo
	Verde	Verde	Verde
Total capas	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-28. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos asociados a una base vegetal (Punto SA-25).

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN	
	Tapetes superficiales	
	Muestra 4	Muestra 5
Subsuperficial	Naranja	Verde
	Verde oscuro	Amarillo
Intermedia	S/C	Púrpura
Profunda	Café oscuro	Café
Total capas	3	4

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1.5 Laguna Saladita: Punto de monitoreo S-10

El área presenta una costra salina que bordea la laguna. Se observa además escasa vegetación acuática en el borde lagunar (**Fotografía N° 7-64**). Previa inspeccionar del área, se tomaron muestras de sedimento (15,2 cm promedio de profundidad), en las que no se observó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-65**).

Fotografía N° 7-64. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-65. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita, (marca de escala= 2 cm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1.6 Laguna Saladita: Punto de monitoreo S-11

El área presenta planicies sumergidas localizadas dentro de la laguna, que exhiben una coloración superficial blanca (**Fotografía N° 7-66**). Al mismo tiempo se observó ausencia de vegetación. A partir de las planicies sumergidas se tomaron muestras de tapetes microbianos. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de sedimento, en los cuales se observaron coloraciones verde y púrpura (**Fotografía N° 7-67**). Los tapetes observados (**Fotografía N° 7-68**) presentaron una morfología plana y dos macrozonas de pigmentación: Subsuperficial e Intermedia (**Tabla N° 7-29**). Respecto al espesor de los tapetes, fueron de 8 mm y 7 mm. La morfología de los tapetes fue principalmente plana y presentaron una textura granulosa.

Fotografía N° 7-66. Punto de monitoreo S-11, Laguna Saladita, abril 2019.



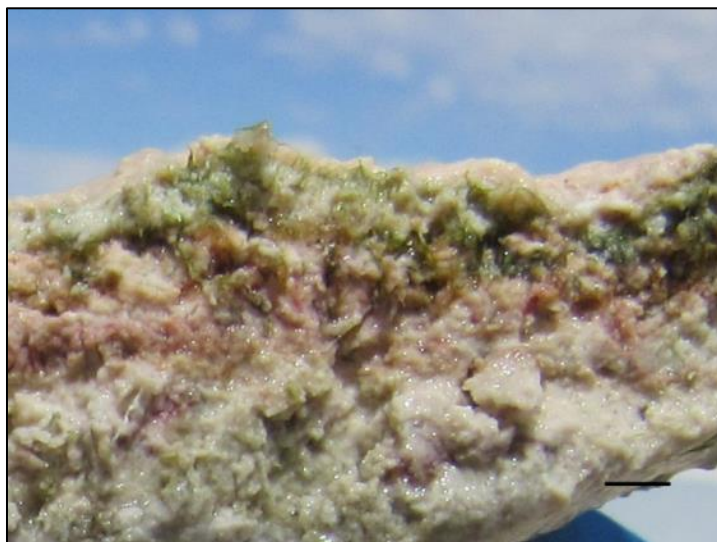
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-67. Muestra de sedimento del punto de monitoreo S-11, Laguna Saladita, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-68. Tapete microbiano del punto de monitoreo S-11, Laguna Saladita, abril 2019 (marca de escala= 2 mm).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-29. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo S-11.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN	
	Tapetes sumergidos	
	Muestra 1	Muestra 2
Subsuperficial	Naranja	Verde
	Verde	
Intermedia	Rosado/púrpura	Blanco
		Rosado/Naranja
Total capas	3	3

Fuente: Elaboración propia

Los tapetes detectados en Laguna Saladita se caracterizaron, en general, por presentar escasa estratificación de capas respecto a tapetes de laguna Salada.

7.2.2.1.7 Laguna Interna: Punto de monitoreo I-11

El área comprende una superficie plana sumergida del borde de la laguna, que carece de vegetación (**Fotografía N° 7-69, A**). Se observó, además, zonas de anegamiento (**Fotografía N° 7-69, B**). A partir del borde sumergido lagunar (1,5 cm de profundidad), se tomaron muestras de tapetes microbianos. Los tapetes observados (**Fotografía N° 7-70**) presentaron morfología plana y exhibieron de una a tres macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 7-30**). El examen visual indicó la ausencia de evaporitas. Respecto al valor de espesor total, correspondieron a 5 mm, 6 mm y 8 mm.

Fotografía N° 7-69. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Saladita, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-70. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Saladita (marca de escala= 2 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-30. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-11.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes sumergidos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Blanco Verde	Verde
Intermedia	Blanco	S/C	Blanco
	Púrpura/Rosado		Rosado/Púrpura
Profunda	S/C		Café
Total capas	4	3	5

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1.8 Laguna Interna: Punto de monitoreo I-17

El sector presenta un aumento del nivel de agua, de este modo el área donde se localizan las estacas del punto de monitoreo se presentó inundada (**Fotografía N° 7-71**). No se observó vegetación. Las muestras se tomaron desde el ambiente sedimentario de la laguna, que se caracterizó por presenta una superficie rugosa e irregular (36 cm promedio de profundidad). Los tapetes observados (**Fotografía N° 7-72**) presentaron morfología plana y convexa, con dos macrozonas de pigmentación: Subsuperficial e Intermedia (**Tabla N° 7-31**). Destaca la continuidad espacial de los tapetes en relación al punto de monitoreo.

Respecto al espesor de los tapetes fueron de 20 mm, 25 mm, 28 mm. Referente a la textura se observó principalmente granulosa.

Fotografía N° 7-71. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-72. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna (marca de escala = 5 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-31. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo I-17.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes sumergidos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Naranja
			Amarillo
			Verde
	Verde	Verde	Amarillo
			Verde
Intermedia	Rosado	Rosado	Blanco
			Rosado
Total capas	3	3	7

Fuente: Elaboración propia

Los tapetes detectados en Laguna Interna se caracterizaron por presentar una estratificación regular de capas pigmentadas.

A continuación se resumen las principales características de la estructura de pigmentación en tapetes microbianos del Sector Peine, verano 2019:

Los tapetes Tipo 1 en el Sector Peine presentaron capas subsuperficiales frecuentemente de color amarillo y verde (Salada, Saladita) o naranja y verde (Interna), capas intermedias de tonalidades color púrpura, y capas profunda color café (Saladita, Interna) o bien color verde y tonalidades color café (Salada) (**Tabla N° 7-32**).

Tabla N° 7-32 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 Sector Peine, verano 2019.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas en tapetes microbianos Tipo 1. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN	PEINE		
		Salada	Saladita	Interna
		S-9	SA-25	I-11
		Muestra 2	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Rosado			
	Naranja			
	Amarillo			
	Verde			
	Verde oscuro			
	Amarillo claro			
Intermedia	Blanco			
	Rosado			
	Púrpura			
	Púrpura claro			
Profunda	Café			
	Café claro			
	Café oscuro			
	Verde			

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se observaron tapetes de Tipo 2 en las tres lagunas del Sector Peine (Salada, Saladita, Interna (**Tabla N° 7-33**)).

En Laguna Salada, se observaron tapetes Tipo 2 que presentaron variación de capas pigmentadas. En Laguna Saladita, los tapetes Tipo 2 presentaron frecuentemente capas subsuperficiales de color verde y capas intermedias de pigmentación rosada. Respecto a Laguna Interna, los tapetes Tipo 2 se caracterizaron, en general, por exhibir capas subsuperficiales de color naranja y verde, y capas intermedias de color rosado.

Tabla N° 7-33 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 Sector Peine, verano 2019.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 2. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)											
		PEINE											
		Salada			Saladita				Interna				
		S-6A			S-9		SA-25	S-11		I-11	I-17		
		MT1	MT2	MT3	MT1	MT3	MT1	MT1	MT2	MT1	MT1	MT2	MT3
Subsuperficial	Naranja	S/C											
	Amarillo	S/C											
	Verde	S/C											
	Verde claro	S/C											
	Verde amarillo	S/C											
	Amarillo claro	S/C											
Intermedia	Blanco				S/C		S/C						
	Rosado				S/C		S/C						
	Naranja				S/C		S/C						
	Café				S/C		S/C						
	Púrpura				S/C		S/C						
Profunda	Verde oscuro				S/C		S/C						
	Café				S/C		S/C						
	Café oscuro				S/C		S/C						
	Purpura				S/C		S/C						
	Verde				S/C		S/C						
	Verde claro				S/C		S/C						
	Amarillo				S/C		S/C						
	Amarillo café				S/C		S/C						
	Negro				S/C		S/C						

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia.

Al mismo tiempo, se observó presencia de tapetes Tipo 3 especialmente en Laguna Saladita (SA-25), los cuales presentaron capas subsuperficiales de color rosado y verde, principalmente (Tabla N° 7-34).

Tabla N° 7-34 Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 Sector Peine, verano 2019.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 3. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete microbiano.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	PEINE			
		Saladita			Interna
		SA-25			I-11
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 2
Subsuperficial	Rosado				
	Blanco				
	Naranja				
	Amarillo				
	Verde				

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2 Sector La Punta-La Brava

En esta área se observó desarrollo de tapetes microbianos en todos los puntos de monitoreo (LP-23, LP-24, LB-1, LB-2 y LB-3).

En relación al número de capas promedio por punto de monitoreo (**Figura N° 7-7**), Laguna La Punta (LP-23) presentó tapetes con mayor estratificación (7 capas) respecto a Laguna La Brava. Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de las tres macrozonas se detectaron principalmente en Laguna La Brava. Al mismo tiempo, esta laguna presentó tapetes convexos de textura superficial coriácea (LB-1) y tapetes planos de textura superficial gelatinosa, de consistencia blanda y granulosa (LB-2).

Referente a los valores de espesor, el valor máximo (19 mm) se registró en Laguna La Punta (LP-23) (**Figura N° 7-8**).

Para el Punto LB-3, se destaca la presencia de tapetes microbianos de consistencia blanda localizados en el ambiente sedimentario.

A continuación se presentan las características de la estructura de pigmentación de tapetes microbianos presentes en los puntos de monitoreo del Sector La Punta-La Brava.

7.2.2.2.1 Laguna La Punta: Punto de monitoreo LP-23

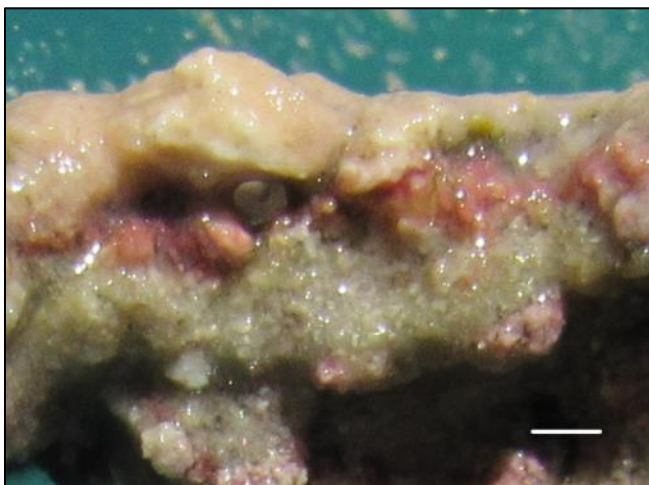
Esta área corresponde a una superficie plana del borde de la laguna, que presenta vegetación terrestre y acuática, además de flujos de agua superficiales adyacentes (**Fotografía N° 7-73**). Se observó, además, próximo al área de monitoreo, presencia de aves. La presencia de tapetes microbianos se observó en una planicie del borde lagunar y en el sedimento de la laguna (3,9 cm de profundidad) (**Fotografía N° 7-74**). Los tapetes observados (**Fotografía N° 7-75**) presentaron en general, tres macrozonas de pigmentación: Subsuperficial, Intermedia y Profunda (**Tabla N° 7-35**). Además, presentaron una morfología plana, con textura granulosa. Referente al espesor, los valores fueron de 7 mm, 10 mm, 15 mm, 19 mm. Por otro lado, el examen visual indicó presencia de microbialitos (**Fotografía N° 7-76**).

Fotografía N° 7-73. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta, abril 2019.



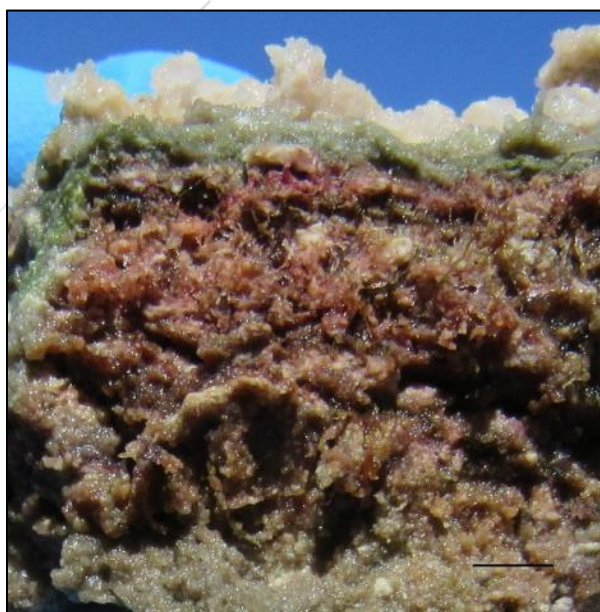
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-74. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 2 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-75. Tapete microbiano del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 3 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-76. Estructuras semejantes a microbialitos observado en laguna La Punta (LP-23), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-35. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-23.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapetes superficiales			Sedimento
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Subsuperficial	Verde claro	Rosado	Naranja	Verde oscuro
	Verde	Verde opaco claro	Verde	
Intermedia	Rosado	Café	Púrpura	Púrpura
		Púrpura		
Profunda	Café oscuro	Café oscuro	Verde café	Verde
	Rosado		Naranja	
	Café		Verde	Rosado
	Blanco		Púrpura	
	Café	Verde claro		
Total capas	8	5	8	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2.2 Laguna La Punta: Punto de monitoreo LP-24

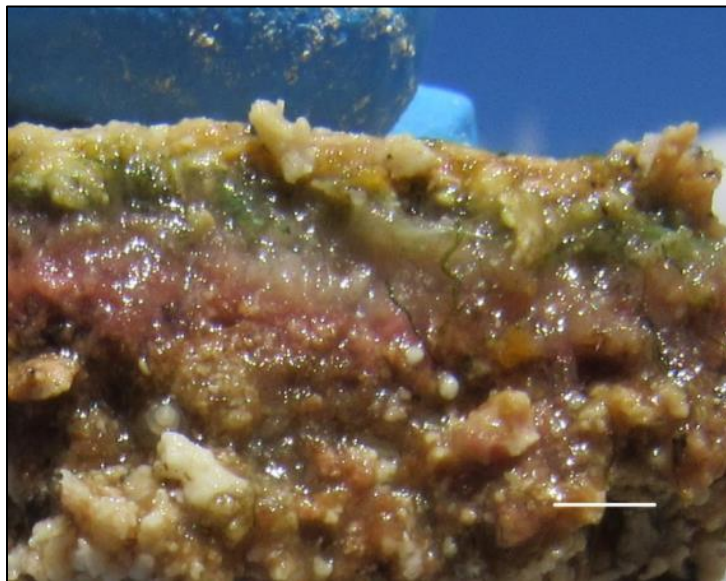
El sector presentó escasa vegetación terrestre y acuática (**Fotografía N° 7-77**). Los tapetes microbianos en este sector se observaron en el borde expuesto de la laguna (**Fotografía N° 7-78**) y también sumergidos (8,3 cm de profundidad) (**Fotografía N° 7-79**). Respecto a la estructura de pigmentación, se identificaron de dos a tres macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 7-36**). El examen visual indicó la presencia de evaporitas (**Fotografía N° 7-80**). Los tapetes observados presentaron una morfología plana y textura granulosa. En relación al espesor, los valores fueron de 4 mm, 12 mm, 12 mm.

Fotografía N° 7-77. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-78. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 3 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-79. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-80. Estructura semejante a evaporita observado en laguna La Punta (LP-24), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-36. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LP-24.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes superficiales		Sedimento
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Verde
	Verde	Verde oscuro	
Intermedia	Rosado	Rosado	Púrpura
Profunda	Café	Café	S/C
Total capas	4	4	2

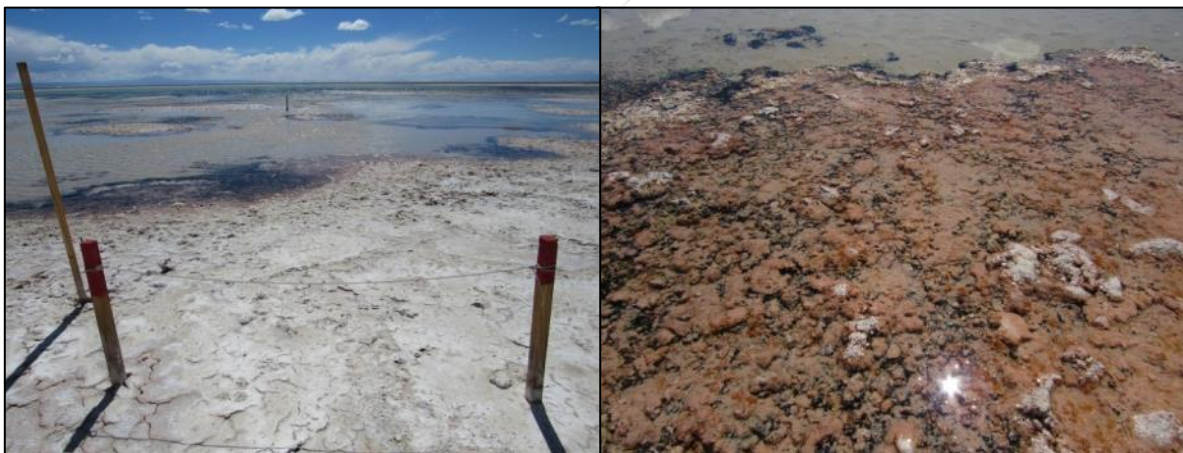
Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia.

En laguna La Punta los tapetes microbianos presentan características diferentes entre puntos de monitoreo, respecto al número de capas, en LP-23 los tapetes exhiben mayor número de capas respecto a los tapetes en LP-24.

7.2.2.2.3 Laguna La Brava: Punto de monitoreo LB-1

Este sector se localiza en el borde de la laguna, presenta una superficie plana, carente de vegetación (**Fotografía N° 7-81**). Las muestras de tapetes microbianos fueron tomadas desde el borde sumergido (2,6 cm de profundidad) y expuesto de la laguna. Al mismo tiempo, se tomaron muestras del sedimento (19,4 cm de profundidad), el cual se caracterizó por presentar pigmentación rosada y verde (**Fotografía N° 7-82**). Los tapetes microbianos fueron observados en el borde expuesto de la laguna y también sumergidos (**Fotografía N° 7-83** y **Fotografía N° 7-84**), Respecto a la pigmentación de capas de tapetes microbianos se distinguieron tres macrozonas que se describen en la **Tabla N° 7-37**. Se destaca la presencia de tapetes que presentan una textura superficial dura (coriácea) y morfología convexa sólida. Los valores de espesor total fueron de 5 mm, 10 mm, 10 mm. Por otro lado, el examen visual del área indicó presencia de microbialitos (**Fotografía N° 7-85**).

Fotografía N° 7-81. Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-82. Muestra de sedimento en Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca escala= 5 mm) abril 2019.



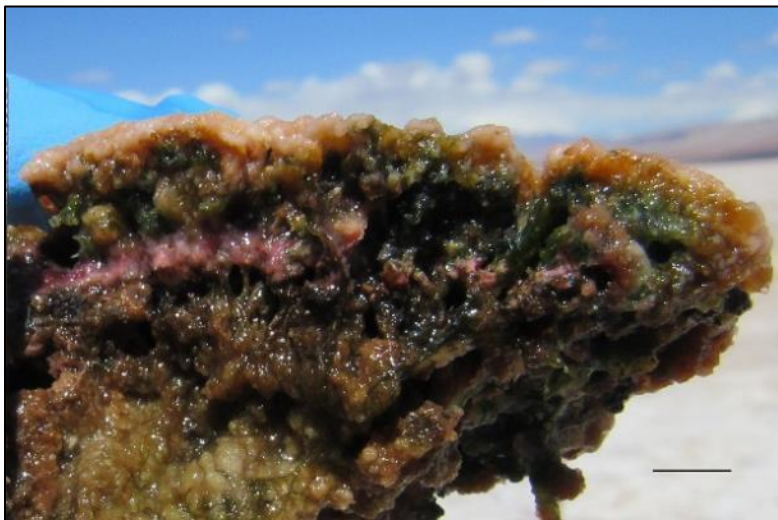
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-83. Tapete microbiano superficial en Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca de escala= 3 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-84. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava (marca de escala=4 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-85. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

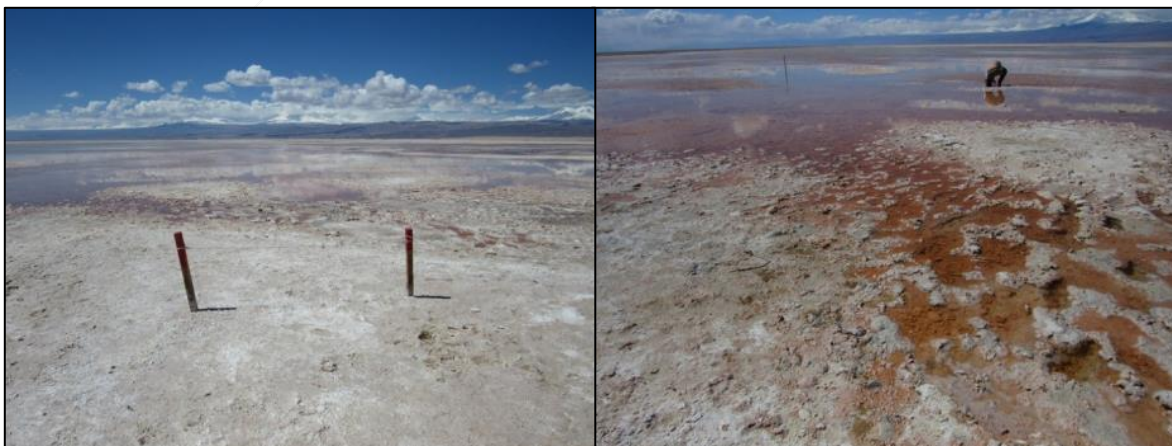
Tabla N° 7-37. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-1.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes		
	Superficiales		Sumergido
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Rosado/Púrpura	Rosado	Rosado claro
Profunda	Verde opaco oscuro	Café oscuro	Café
		Café claro	
Total capas	4	5	4

Fuente: Elaboración propia

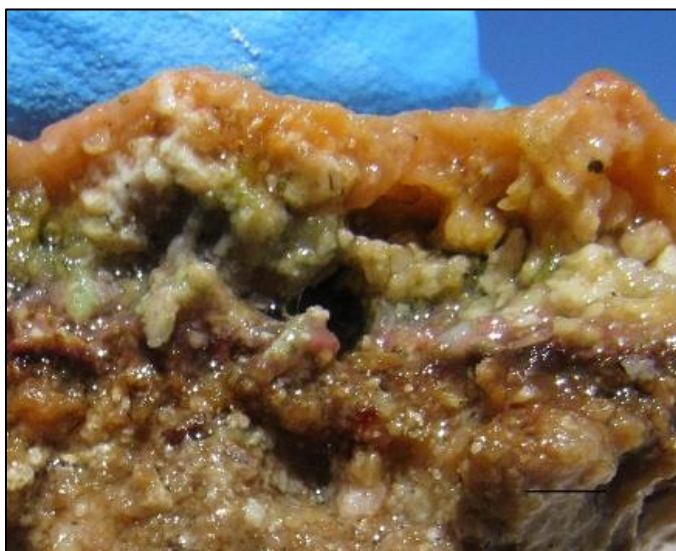
7.2.2.2.4 Laguna La Brava: Punto de monitoreo LB-2

El área se ubica en el borde de la laguna (**Fotografía N° 7-86**), presentó escasa vegetación superficial, ausencia de vegetación acuática y biota asociada (lagartija). Se colectaron tapetes desde la superficie expuesta y también desde el borde sumergido (5 cm de profundidad). Los tapetes observados, especialmente en el borde sumergido de la laguna (**Fotografía N° 7-87**), presentaron morfología plana, textura superficial gelatinosa y regular consistencia. Algunos tapetes superficiales presentaron aspecto deshidratado, escasa cohesividad y presencia de espacios entre partículas del suelo (**Fotografía N° 7-88**). En general, los tapetes presentaron tres macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 7-38**). Respecto al espesor de los tapetes, los valores fueron de 10, mm, 10 mm, 13 mm.

Fotografía N° 7-86. Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, abril 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-87. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, (marca de escala= 3 mm) abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 7-88. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava, (marca de escala= 3 mm) abril 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-38. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-2.

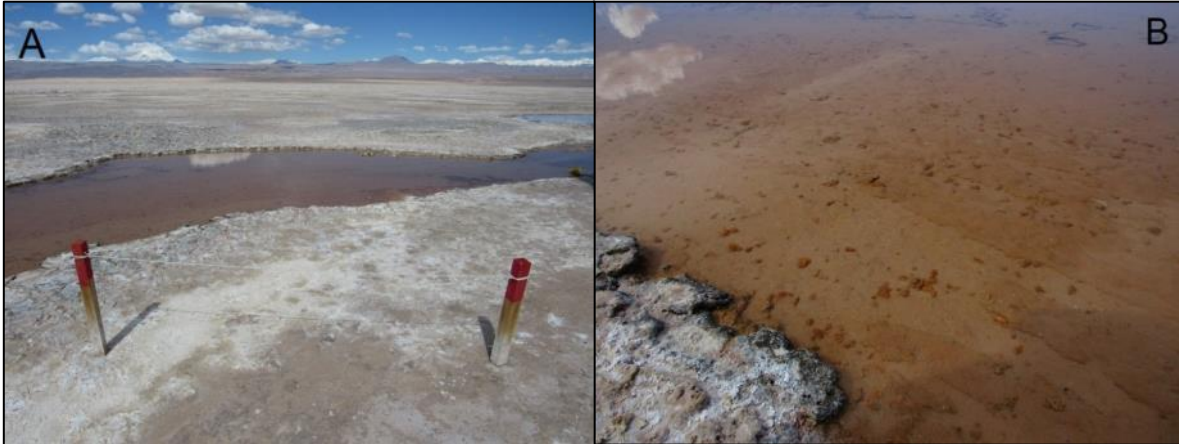
MACROZONAS	PIGMENTACIÓN			
	Tapetes			
	Superficiales		Sumergido	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Subsuperficial	Naranja	Naranja claro	Naranja	
	Verde	Verde oscuro	Verde	Amarillo claro
	Amarillo claro			
Intermedia	Rosado claro	Rosado	Rosado	
Profunda	Café claro	Café	Café	
Total capas	5	4	4	

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2.5 Laguna La Brava: Punto de monitoreo LB-3

Este sector se localiza cerca de un sistema de canal de la laguna, y se caracterizó por exhibir vegetación acuática (**Fotografía N° 7-89, A**). Se observaron tapetes microbianos en las superficies expuestas del borde del área de monitoreo, y también sumergidos en el ambiente sedimentario (3 cm de profundidad) (**Fotografía N° 7-89, B**) (**Fotografía N° 7-90**). Los tapetes presentaron una morfología plana (**Fotografía N° 7-91**), los tapetes sumergidos además presentaron una consistencia blanda. A su vez, los tapetes exhibieron de 1 a 3 macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 7-39**). Respecto al espesor de los tapetes, los valores fueron 7 mm, 7 mm y 13 mm.

Fotografía N° 7-89. Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, abril 2019.



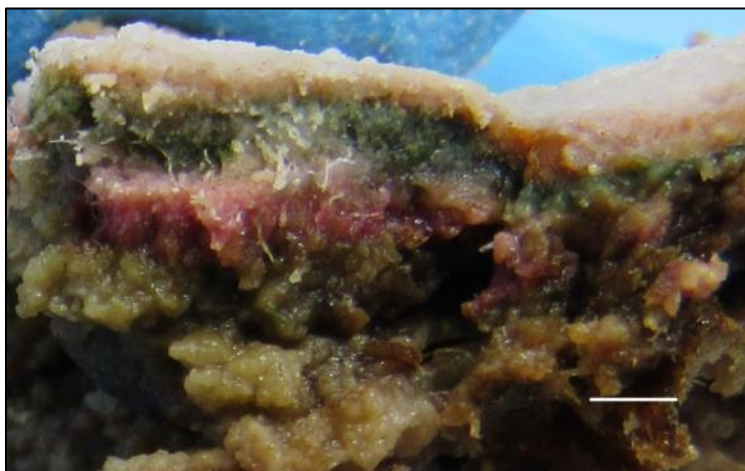
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-90. Tapete microbiano sumergido del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-91. Tapete microbiano superficial del Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (escala de marca=2 mm), abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-39. Caracterización de capas pigmentadas de tapetes microbianos del Punto de monitoreo LB-3.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN		
	Tapetes		
	Superficiales		Sumergido
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Naranja	Naranja
	Amarillo claro	Verde	Verde
	Verde oscuro	Verde	Verde
Intermedia	S/C	Rosado	Rosado
Profunda		Púrpura	Rosado
		Verde claro	S/C
Total capas	4	5	3

Donde: S/C: sin capas pigmentadas. Fuente: Elaboración propia.

En general, laguna La Brava presenta tapetes con morfología convexa y textura superficial coriácea, también presenta tapetes con morfología plana. La textura interna de los tapetes microbianos es principalmente granulosa. Destaca el punto LB-3 dada la presencia de tapetes en el ambiente sedimentario, en monitoreos anteriores la presencia de tapetes sumergidos solo fue observado en el borde sumergido de la laguna.

A continuación se resumen las principales características de la estructura de pigmentación en tapetes microbianos del Sector La Punta-La Brava, verano 2019.

En Laguna La Punta, los tapetes Tipo 1 presentaron capas subsuperficiales generalmente de color verde (LP-23) o bien naranja y verde (LP-24), capas intermedias de color púrpura o rosado. Respecto a las capas profundas, se observaron capas color café (LP-24) o bien verde o tonalidades cafés, entre otros (LP-23) (**Tabla N° 7-40**). En Laguna La Brava, por otro lado, los tapetes Tipo 1 presentaron principalmente capas subsuperficiales de colores naranja y verde, capas intermedias de color rosado, y capas profundas de pigmentación café o tonalidades verdes (**Tabla N° 7-40**).

Además de esta tipología (Tipo 1), en ambos sistemas se observaron tapetes Tipo 2, los cuales presentaron principalmente capas subsuperficiales color verde y capas intermedias de color rosado o púrpura (**Tabla N° 7-33**).

Tabla N° 7-40. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 1 Sector La Punta-La Brava, verano 2019.

Las celdas con relleno indican la pigmentación presente, se destacan con color las capas más frecuentes o distintivas de tapetes microbianos Tipo 1. Sólo se indica presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete.

MACROZONAS	PIGMENTACIÓN	MUESTRAS (MT)												
		LA PUNTA						LA BRAVA						
		LP-23			LP-24			LB-1			LB-2			LB-3
		MT1	MT2	MT3	MT4	MT1	MT2	MT1	MT2	MT3	MT1	MT2	MT3	MT1
Subsuperficial	Rosado													
	Naranja													
	Amarillo													
	Verde													
	Verde claro													
	Verde amarillo													
	Verde oscuro													
	Amarillo claro													
Intermedia	Rosado													
	Rosado claro													
	Café													
	Café claro													
	Púrpura													
Profunda	Naranja													
	Verde opaco oscuro													
	Blanco													
	Café													
	Café claro													
	Café verde													
	Café oscuro													
	Púrpura													
	Verde													
	Rosado													
	Verde claro													

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7-41. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 2 La Punta-La Brava, verano 2019.

Las celdas indican presencia de capas por macrozona, no indica orden de la estratificación vertical de capas de la muestra de tapete.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	LA PUNTA	LA BRAVA
		LP-24	LB-3
		Muestra 3	Muestra 3
Subsuperficial	Naranja		
	Verde		
Intermedia	Rosado		
	Púrpura		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-42. Caracterización de capas pigmentadas de Tapetes microbianos Tipo 3 La Punta-La Brava, verano 2019.

MACROZONA	PIGMENTACIÓN	LA BRAVA
		LB-3
		Muestra 1
Subsuperficial	Naranja	
	Verde	
	Amarillo claro	
	Verde oscuro	

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3 Sector Tilopozo.

En este sector no se detectó la presencia de tapetes microbianos, al igual que en reportes anteriores (verano 2017 y 2018). Este sector ha registrado presencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo TB-2, sólo en la campaña invierno 2016, motivo por el cual fueron ingresadas como estaciones voluntarias al monitoreo.

7.2.2.3.1 Punto de monitoreo TB-1

Este sistema se caracterizó por presentar una poza transparente, con vegetación acuática, fauna íctica y amplio desarrollo de vegetación terrestre, además de macromamíferos (zorro, burro), aves, insectos, residuos orgánicos y madrigueras. Luego de realizar una inspección visual del sector (**Fotografía N° 7-92**) 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° 7-93**).

Fotografía N° 7-92. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-93. Muestra de sedimento en Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3.2 Punto de monitoreo TB-2

Esta zona presentó un sistema con ausencia de áreas con agua superficial, presentó principalmente abundante vegetación. Se observó además biota asociada, tales como insectos, arácnidos y algunas aves, además de madrigueras. Luego de realizar una intensa inspección visual del sector (**Fotografía N° 7-94**), no fue posible tomar muestras dada la ausencia de cuerpos de agua en el punto de monitoreo.

Fotografía N° 7-94. Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3.3 Punto de monitoreo TB-3

El sector presenta una poza profunda con aguas transparentes, vegetación flotante y sumergida. También se observó vegetación en el área circundante, presencia insectos y algunas madrigueras (**Fotografía N° 7-95**). Del mismo modo, destaca la existencia de un sistema de bombeo aledaño al sistema acuático.

Luego de inspeccionar el área, se tomaron muestras de sedimento las cuales indicaron ausencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-96**).

Fotografía N° 7-95. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-96. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo, abril 2019.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.4 Registro de microbialitos y evaporitas, verano 2019.

De acuerdo al examen visual realizado en terreno, se sugiere la presencia de microbialitos en 2 puntos de monitoreo (LP-23 y LB-1) y presencia de evaporitas en una estación de monitoreo (LP-24). En la **Tabla N° 7-43** se presenta el resumen de estos registros.

Tabla N° 7-43 Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, verano 2019.

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	-	-

Donde: Presencia = +, No detección = -. Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.5 Resultados Parámetros fisicoquímicos

Los datos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en campaña verano 2019, se resumen en la **Tabla N° 7-44**.

Tabla N° 7-44. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, verano 2019.

Sector	Estación Monitoreo	Hora	Oxígeno mg/L	pH	Temperatura °C	Conductividad eléctrica $\mu\text{s/cm}$	Salinidad gr/Kg	Turbiedad UNT	Radiación Solar Total Salar de Atacama E.M.	
									Hora	MJ/MT2
Sector Peine	S-5	11:25	4,4	8,4	18,53	60270	30	4,4	11:00	1878341
	S-6A	11:03	5,78	8,25	20,52	52200	26	34	11:00	1878341
	S-9	10:20	6,66	7,99	14,07	34650	17	2	10:00	0,9896182
	SA-25	12:20	5,85	8,23	18,7	65280	29	5,3	12:00	2198579
	S-10	13:35	5,19	8,21	22,45	60280	30	9,5	13:00	2784256
	S-11	14:00	4,8	8,2	24,76	61100	30	60	14:00	2751301
	I-11	14:46	3,94	8,07	26,31	47260	35	4,4	15:00	1737919
	I-17	15:40	0,28	7,07	30,13	F.R.	105	7,5	16:00	1067163
Sector La Punta y La Brava	LP-23	12:30	3,3	8,02	19,62	78380	41	4,3	12:00	2,390446
	LP-24	13:00	2,94	8,06	18,74	88200	45	2	13:00	2,770548
	LB-1	14:05	1,81	7,88	22,79	125400	61	2,4	14:00	2,994494
	LB-2	14:40	1,65	7,78	26,77	157000	81	7,8	15:00	2,603349
	LB-3	15:32	4,52	8,07	27,66	66540	33	3,8	16:00	1,305679
Sector Tilopozo	TB-1	11:50	3,25	6,9	25,74	4256	2	3,1	12:00	2,611449
	TB-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TB-3	14:35	5,62	6,92	26	4260	2	0,95	14:00	3,0033

Donde: R: = Fuera de Rango. Fuente: Elaboración propia

Respecto a la salinidad el valor máximo se observó en la Laguna Interna (I-17) (105 gr/Kg) y el mínimo en el Sector Tilopozo (2 gr/Kg). Referente al oxígeno disuelto, el valor máximo se detectó en el Sector de Peine, Laguna Salada (6,66 mg/L) y el mínimo también en el Sector Peine, Laguna Interna (I-17) (0,28 mg/L). La temperatura fluctuó entre 14,07 °C a 30,13°C. Respecto al pH, el mayor valor (8,4) se detectó en el Sector Peine (S-5), el menor valor en tanto se registró en el sector Tilopozo (6,9). En relación al parámetro de turbiedad el valor máximo se registró en el Sector Peine, Laguna Saladita (S-11) (60 UNT)

y el valor mínimo en Tilopozo (0,95 UNT). Respecto a la radiación el valor máximo fue de 3,00 MJ/MT² en el sector Tilopozo (TB-3).

7.2.3 Límites Considerados en la evaluación de Tapetes Microbianos

La RCA 21/2016 no establece límites comprometidos para la componente de tapetes microbianos, indicando en forma explícita en página 60 de 72 de la RCA: “No aplica”.

8 SUELO O SUSTRATO

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2018 y verano 2019, para el subcomponente ambiental suelo – sustrato.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan este subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a características físicas y químicas del suelo, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto.

El periodo reportado en el presente informe anual se enmarca entre los días 12 y 17 de agosto de 2018, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, llamado en adelante Monitoreo 5 (M5), como también la campaña semestral de verano, realizada entre los días 27 y 30 de marzo del 2019, denominada en adelante Monitoreo 6 (M6).

Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada**, por encargo del Titular del Proyecto. Apoyado para análisis fisicoquímico 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 Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile. El detalle de cada una de estas entidades se indica en la **Tabla N° 8-3** de este Informe Anual.

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 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 según definición 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. En la **Tabla N° 8-1** se presenta la ubicación de los puntos y las coordenadas UTM. Tanto en la Tabla de coordenadas como en la Figura de ubicación, se observa una homologación de la codificación de los puntos, dado que, una vez efectuada la visita preliminar a terreno en agosto 2016, previo al inicio de los monitoreos semestrales, 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, quedando como se presentan en la **Tabla N° 8-1**.

El criterio de reubicación de los puntos de muestreo, el cual ya fuera informado a través del Informe PMB N°1 (junio 2017) no cambia el objetivo del PMB ni los puntos. Este criterio, 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, con ambos códigos, el propuesto en la Adenda 5, y el usado para el PMB, de manera de hacer más fácil la revisión del compromiso.

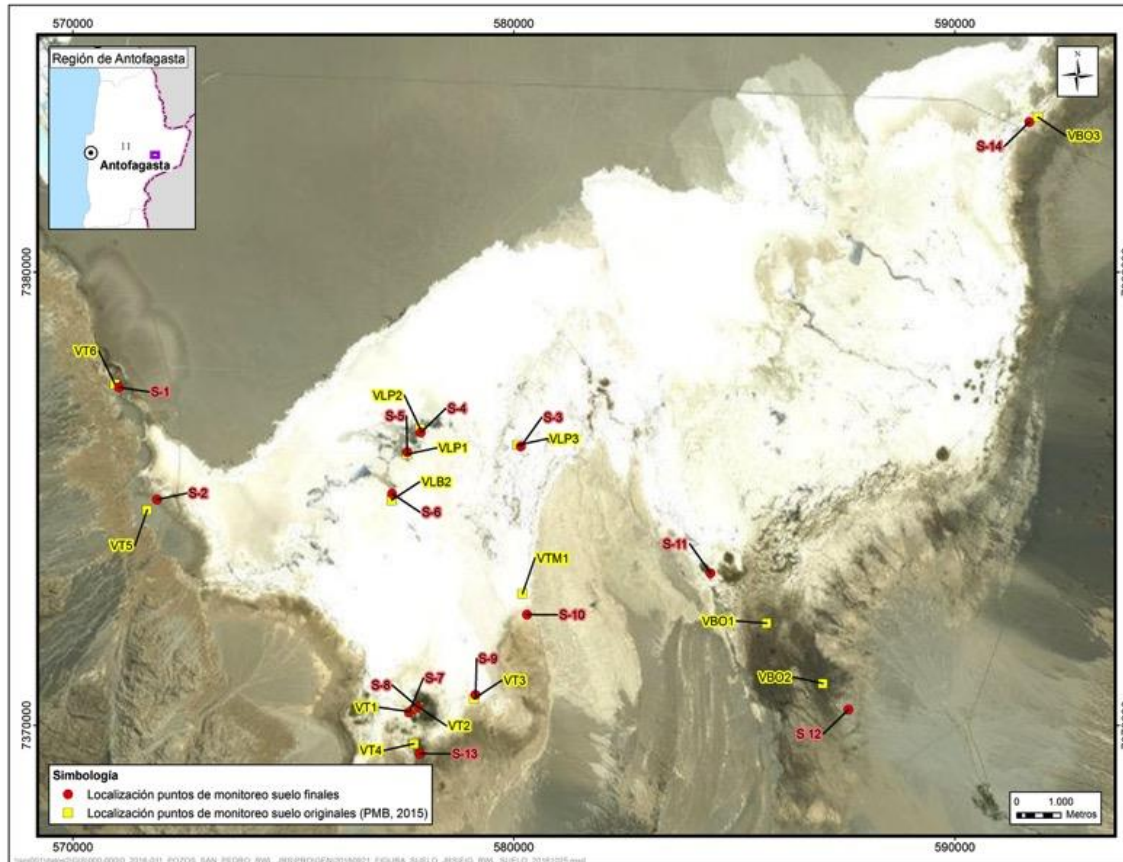
Cabe señalar y considerar siempre que, los puntos de muestreo de suelo son variables o dinámicos en el tiempo, dado que, como se describe más adelante en el numeral de método de muestreo, se extrae las muestras de una calicata, y el área de extracción queda como zona alterada, en consecuencia, las muestras de los monitoreos posteriores deben ser tomadas en sectores sin intervención antrópica, por lo que, estos puntos, se desplazan respecto a los anteriores, siendo esta distancia en terreno inferior a 1 m., esto con el fin de que la variación del suelo sea la mínima posible. Aun cuando, las coordenadas determinadas mediante navegador GPS son mayores, esto es debido al margen de error normal propio del instrumento utilizado.

Tabla N° 8-1: Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S), originales. Posición final Monitoreos M1 a M6, 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, de acuerdo con los compromisos adquiridos.

Tabla N° 8-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo

Parámetro	Unidad medida
pH	Unidades de pH
Conductividad eléctrica	μS/cm
Materia orgánica	%
Nitrógeno (N)	mg/kg
Fósforo (P)	mg/kg
Potasio (K)	mg/kg
Humedad	%
Conductividad hidráulica (permeabilidad) "k"	cm/h
Textura	---
Salinidad	mg/kg

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 máxima de 96 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 efectúa una delimitación de los horizontes o estratos del perfil y se toma la muestra en aquellos suelos

que presentan un desarrollo pedogenético, esto determina que en algunos casos las muestras son tomadas a diferentes profundidades, pero manteniendo el número de 2 muestras por punto.

Una vez definidos los horizontes o estratos en el perfil de suelo, se procede a tomar 500 grs. de suelo para enviar a los respectivos laboratorios, muestras que fueron identificadas y almacenadas en bolsas plásticas. Para el análisis de conductividad hidráulica - permeabilidad (metodología de permeámetro de carga constante) se toman 10 muestras por punto de muestreo, correspondiendo a cinco (5) muestras en cada profundidad (una con cuatro repeticiones), mediante un tubo de PVC de un diámetro y longitud de 5 cm (**Fotografía N° 8-1**). Este volumen de suelo es extraído de manera tal que no se afecte la densidad de las muestras, es decir, manteniendo las condiciones originales de terreno.

Las muestras para los análisis de nutrientes (nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K)), humedad y materia orgánica (MO), se toman con 1.000 grs. de suelo cada una, en cada punto de muestreo (2 por calicata) envasadas en frascos, los cuales son debidamente identificados y almacenados en forma adecuada, hasta la entrega en el laboratorio correspondiente (SGS).

En el caso de textura y salinidad, como también conductividad eléctrica y pH, las muestras son almacenadas en bolsas plásticas (polietileno, polipropileno o polímero de plástico) y enviadas a AGROLAB las primeras y a ALS Life Sciences las segundas.

Considerando que el procedimiento de toma de muestras de los parámetros evaluados en este estudio, no se encuentra acreditada aún como ETFA, lo que implica que no se requiere de inspector ambiental en terreno, el muestreo fue realizado por los profesionales encargados de este estudio.

8.1.4.2 Análisis de laboratorio

Los análisis de las muestras de suelo para ambos monitoreos, se realizó con 4 laboratorios, dos de los cuáles se encuentran acreditados como ETFA: ALS Life Sciences Chile y SGS. Los otros dos no requieren ser ETFA, porque las variables correspondientes aún no están acreditadas como requerimiento de ETFA, corresponden al laboratorio de física de suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Chile (para permeabilidad) y AGROLAB (para salinidad y textura). Este último 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 1 Suelos o Sustrato**).

En la **Tabla N° 8-3**, se indican las metodologías utilizadas por los diferentes laboratorios para determinar los distintos parámetros evaluados en este subcomponente.

Tabla N° 8-3: Parámetros evaluados y método de análisis. Componente Suelo.

Parámetro	Laboratorio	Método de análisis
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	ALS (ETFA)	Soil and Land Survey Handbook, Method 4A 1: Electrical Conductivity, 1992.
pH	ALS (ETFA)	Soil and Land Survey Handbook, Method 3A 1: Soil pH, 1992.
Materia orgánica (%)	SGS (ETFA)	I-ENV-LAB-397 basado en Método de Análisis de Suelos, INIA 2006
Fósforo* (mg/kg)	SGS (ETFA)	-ENV-LAB-277 Basado en los Métodos de Suelos 6.1, INIA, 2066.
Nitrógeno *(mg/kg)	SGS (ETFA)	14.2 Métodos de Análisis Recomendados para los suelos de Chile (CNA), extraíble en KCl
Potasio* (mg/kg)	SGS (ETFA)	I-ENV-LAB-506 basado en Métodos de Análisis de Suelos 4.1, INIA 2006, SN 3120B, Ed 22, 2012.
Humedad (%)	SGS (ETFA)	I-ENV-LAB-102 basado en método de Análisis de Suelos. INIA 2006
Conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h)	Fac. Agronomía - U. de Chile	Permeámetro de carga constante
Salinidad (mg/kg base seca)	AGROLAB	Extracto de saturación y determinación por espectrofotometría de absorción atómica con lantano. Procedimiento de CNA - Método 4.2- Ca,Mg,K,Na
Textura	AGROLAB	Método físico (SAG, 2007)

* Para N, P, K, corresponde a concentraciones disponibles, no totales. -

Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes Tablas, se indica la denominación o categoría, de acuerdo con los valores de los parámetros definidos para el monitoreo edáfico. Estos rangos 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 $\mu\text{S/cm}$
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 - 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

Velocidad	Rango
Muy alta	≥ 36

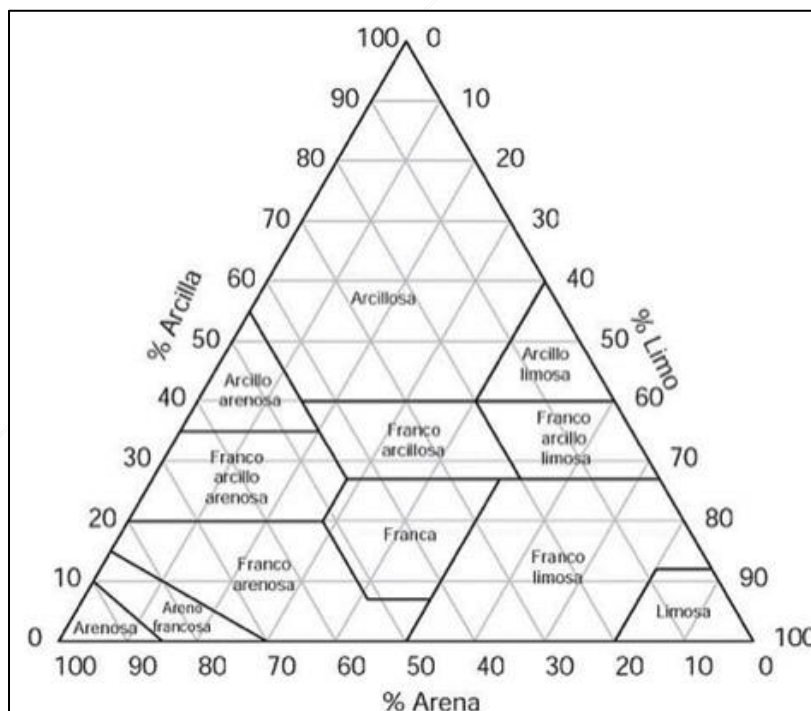
Fuente: USDA. 2012

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.

Tabla N° 8-12. Clases texturales del suelo.



Fuente: Soil Survey Staff. 1993.

8.1.5 Materiales y equipos utilizados

Los materiales y/o equipos utilizados en el monitoreo, son:

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 (500 o 1000 grs.)
- Tubos de PVC (**Fotografía N° 8-1**)

El material utilizado para extraer muestras de suelo para análisis de la conductividad hidráulica corresponde a un cilindro de PVC de 5 cm de radio por 5 cm de alto, y otro instrumento de PVC, que permite golpear el cilindro sin afectar la estructura de la muestra de suelo y se presenta imagen en fotografía siguiente.

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 de suelos (Monitoreo 5), se realizó entre los días 12 al 17 de agosto del 2018. Las muestras para análisis de humedad, textura, nitrógeno, fósforo y potasio se ingresaron al laboratorio de SGS-Calama, el día 20 de agosto del 2018. Para los análisis de conductividad eléctrica y pH, las muestras fueron ingresadas a los laboratorios de ALS el día 21 de agosto de 2017.

En igual fecha, las muestras para análisis de conductividad hidráulica fueron entregadas al Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, como también a AGROLAB, en este último se realizaron los análisis de salinidad y textura. La diferencia entre la fecha de colecta y entrega a los laboratorios se debe a los tiempos requeridos para el traslado de las muestras de Calama a Santiago.

La campaña de verano suelos (Monitoreo 6), se realizó entre los días 27 al 30 de marzo del 2019. Las muestras para análisis de humedad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, se ingresaron al laboratorio de SGS-Calama, el día 1 de abril del 2018. Para los análisis de conductividad eléctrica y pH, las muestras fueron ingresadas a los laboratorios de ALS el día 4 de abril de 2019.

Para los análisis de salinidad y textura, las muestras fueron ingresadas a AGROLAB el día 4 de abril del 2018. En igual fecha, las muestras para análisis de conductividad hidráulica ingresaron al Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

8.2 RESULTADOS

8.2.1 Resultados campaña de invierno 2018

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.

Para cada sector, los punto de muestreo se identifica por su código actual (S“i”) y a su vez por su código original, utilizando para cada estrato analizado, el número del punto de muestreo seguido del identificador del estrato muestreado (S “i-j”).

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. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Este suelo (S1) presenta en superficie un horizonte salino, duro de una potencia de 13 cm. Bajo éste se presenta otro (S1-1) de potencia de 19 cm (13 - 32), cuya textura es areno francosa, con una humedad que asciende a 3,9%, y con valores de NPK de 35, 1,7 y 1.483,1 mg/kg, es decir, medio, muy bajo y alto, respectivamente de acuerdo con los rangos indicados previamente. Los datos y resultados se presentan en **Tabla N° 8-13**.

La materia orgánica para este suelo es muy baja (< 0,1%). En el caso de S1-1, se tiene una conductividad eléctrica de 4.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, correspondiendo a un suelo salino, donde la concentración de sales solubles es de 27.369 mg/kg, el pH es moderadamente básico (8,2), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 20,6 cm/h, lo que determina una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-13**).

En profundidad (32 - 61 cm), correspondiendo al horizonte S1-2, cuya de textura es areno francosa (**Fotografía N° 8-3**), con una humedad que asciende a 8,2%, donde el NPK se encuentra en valores de 6, 5,8 y 1.400,2 mg/kg, es decir, muy bajo, bajo y alto, respectivamente. Este horizonte presenta un porcentaje inferior a 0,1 de materia orgánica (muy bajo), el pH es moderadamente básico (8,0), es un suelos ligeramente salino (C.E. 3.500 μ S/cm), con una concentración de sales solubles de 17.886 mg/kg (**Tabla N° 8-13**). La conductividad hidráulica (permeabilidad) de este horizonte S1-2, asciende a 38,0 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-13**).

Tabla N° 8-13. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 1	S 1-1	S 1-2
Profundidad (cm)	0 - 13	13 - 32	32 - 61
C. E. (μ S/cm)	---	4.900	3.500
MO (%)	---	0,1	0,1
pH	---	8,2	8,0
Salinidad (mg/kg)	---	27.369	17.886
N (mg/kg)	---	35	6
P (mg/kg)	---	1,7	5,8
K (mg/kg)	---	1.483,1	1.400,2
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	20,6	38,0
Humedad (%)	---	3,9	8,2
Textura	---	Areno francosa	Areno francosa

Fotografía N° 8-3. Vista general perfil punto de muestreo S 1, Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

a-2) Punto de Muestreo S 2 (VT5)

Suelo que corresponde a terrenos planos, sin pedregosidad superficial y con vegetación muy escasa dominada por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-4**).

Fotografía N° 8-4. Vista general punto de muestreo S 2. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un horizonte salino y duro, entre los 0 a 9 (19) cm, en profundidad con una potencia de 15 (5) cm, se presenta el horizonte S 2-1, (**Fotografía N° 8-5**), de textura franco arenosa, con una humedad que asciende a 12,2%, y con valores de NPK de 8, 14,1 y 5.269,6 mg/kg, es decir, categorías muy baja, media y alta, respectivamente.

Para este horizonte, la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), muy salino (C.E. 34.900 μ S/cm), con una concentración de sales solubles de 110.896 mg/kg, y de pH moderadamente básico (8,2), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 90,7 cm/h., lo que determina que la velocidad de infiltración sea muy alta (**Tabla N° 8-14**).

Bajo el segundo horizonte, se presenta otro entre los 24 y 45 cm (S 2-2) (**Fotografía N° 8-5**), de textura franca, con una humedad que asciende a 18,0%. Los valores de NPK determinados corresponden a 9, 6,7 y 2.646,9 mg/kg, equivalente a las categorías muy baja, baja y alta, respectivamente. Este horizonte (S2-2) presenta un porcentaje inferior a 0,1 de materia orgánica (muy bajo), un pH moderadamente básico (7,9), correspondiendo a un suelo ligeramente salino (C.E. 3.700 μ S/cm) y con una concentración de sales solubles de 18.201 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 7,4 cm/h, equivalente a un suelo que presenta una velocidad de infiltración alta.

Tabla N° 8-14. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 2	S 2-1	S 2-2
Profundidad (cm)	0 - 9(19)	9(19) - 24	24 - 45
C. E. (μ S/cm)	---	34.900	3.700
MO (%)	---	0,1	0,1
pH	---	8,2	7,9
Salinidad (mg/kg)	---	110.896	18.201
N (mg/kg)	---	8	9
P (mg/kg)	---	14,1	6,7
K (mg/kg)	---	5.269,6	2.646,9
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	90,7	7,4
Humedad (%)	---	12,2	18,0
Textura	---	Franco arenosa	Franca

Fotografía N° 8-5. Vista general perfil punto de muestreo S 2, Monitoreo invierno 2018.



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 varía entre 25 y 50%, la cual se encuentra dominada por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-6**).

Fotografía N° 8-6. Vista general punto de muestreo S 7. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

El perfil de este suelo (S 7) está conformado en superficie por un estrato salino y duro entre los 0 a 6 cm, bajo éste se presenta otro entre los 6 a 21 cm (S 7-1) (**Fotografía N° 8-7**), cuya textura es franca, con una humedad de 51,6%, y los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 4, 29,2 y 4.689,3 mg/kg., es decir, muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (4,1%), con un pH moderadamente básico (8,2), siendo un suelo salino (C.E. 7.530 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 53.839 mg/kg, el cual presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 469,4 cm/h., determinando una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-15**).

Entre los 21 a 47 cm. y más (S 7-2), se presenta un horizonte franco limoso (**Fotografía N° 8-7**), duro y cuya humedad asciende a 50,2%. Los nutrientes (NPK) presentan valores que ascienden a 4, 13,6 y 1.094,5 mg/kg., equivalente a las categorías muy baja, media y alta, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es baja (1,6%), en este suelo el pH es moderadamente básico (pH 8,2) y es ligeramente salino (C.E. 2.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con una concentración de sales que asciende a 13.554 mg/kg., suelo que presenta una

conductividad hidráulica (permeabilidad) de 35,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-15**).

Tabla N° 8-15. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 7	S 7-1	S 7-2
Profundidad (cm)	0 - 6	6 - 21	21 - 47
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	7.530	2.800
MO (%)	---	4,1	1,6
pH	---	8,2	8,2
Salinidad (mg/kg)	---	53.839	13.554
N (mg/kg)	---	4	4
P (mg/kg)	---	29,2	13,6
K (mg/kg)	---	4.689,3	1.094,5
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	469,4	35,3
Humedad (%)	---	51,6	50,2
Textura	---	Franca	Franco limosa

Fotografía N° 8-7. Vista general perfil punto de muestreo S 7, Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

a-4) *Punto de Muestreo S 8 (VT2)*

Terreno que corresponde a un suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad y/o rocosidad superficial, con nivel freático a los 24 cm. y 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. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

En S 8, entre los 0 a 4 cm. se presenta un colchón de raíces activas, y entre los 4 a 19 cm. (S 8-1), se presenta un horizonte constituido por abundantes raíces y restos vegetales con diversos grados de descomposición (**Fotografía N° 8-9**), de textura franca, con una humedad de 62,1%, y NPK en valores que ascienden a 4, 116,6 y 1.952,3 mg/kg., es decir, categorías muy baja, muy alta y alta, respectivamente. El porcentaje de materia orgánica es muy alto (8,1), determinada por la abundante presencia de restos vegetales como también raíces activas, el pH es moderadamente básico (7,9), es un suelos salino (7.730 $\mu\text{S}/\text{cm}$) determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 31.220 mg/kg., suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 154,4 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-16**).

En profundidad, se presenta un tercer horizonte (19 - 45 y más), correspondiendo a una sucesión de depositaciones de textura franco arcillosa, con abundante presencia de restos vegetales descompuestos y semi descompuestos de color negro (**Fotografía N° 8-9**) y con una humedad de un 54,5%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 5, 41,9 y 1.077,8 mg/kg., es decir, muy bajo, muy alto y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (5,0%), con pH moderadamente básico (8,0), suelos no salino (1.646 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con una concentración de sales solubles que asciende a 9.975 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 20,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-16**).

Tabla N° 8-16. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 8	S 8-1	S 8-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 - 19	19 - 45
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	7.730	1.646
MO (%)	---	8,1	5,0
pH	---	7,9	8,0
Salinidad (mg/kg)	---	31.220	9.975
N (mg/kg)	---	4	5
P (mg/kg)	---	116,6	41,9
K (mg/kg)	---	1.952,3	1.077,8
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	154,4	20,8
Humedad (%)	---	62,1	54,5
Textura	---	Franca	Franco arcillosa

Fotografía N° 8-9. Vista general perfil punto de muestreo S 8, Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

a-5) *Punto de Muestreo S 9 (VT3)*

Suelo de topografía plana, que presenta en superficie una costra salina. Sin pedregosidad superficial y con vegetación cuya cobertura es muy escasa, la cual se encuentra dominada exclusivamente por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-10**) y con nivel freático a los 48 cm.

Fotografía N° 8-10. Vista general punto de muestreo S 9. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 24 cm. se presenta un horizonte salino y suelto, desde los 24 a los 40 cm (S 9-1), se presenta un horizonte de textura franco limosa (**Fotografía N° 8-11**), con una humedad que asciende a 64,7%, los macronutrientes, específicamente NPK se presenta en valores de 5, 10,5 y 1.788,3 mg/kg., siendo considerados muy bajo, medio y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,0%), suelo que presenta un pH moderadamente básico (8,0), salino (5.420 $\mu\text{S}/\text{cm}$), esto dado la concentración de sales que asciende a 12.423 mg/kg. (Tabla N° 8-17). Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 17,2 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta.

En profundidad se presenta un segundo horizonte (S 9-2), entre los 40 a 59 cm, cuya textura es franca (**Fotografía N° 8-11**), la humedad es de 50,4%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 4, 29,7 y 2.038,9 mg/kg., considerados muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (<0,1%), con un pH moderadamente básico (8,1), salino (5.530 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) determinado por una concentración de sales que asciende a 9.047 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.699,7 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 9. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 9	S 9-1	S 9-2
Profundidad (cm)	0 - 24	24 - 40	40 - 59
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	5.420	5.330
MO (%)	---	1,0	0,1
pH	---	8,0	8,1
Salinidad (mg/kg)	---	12.423	9.047
N (mg/kg)	---	5	4
P (mg/kg)	---	10,5	29,7
K (mg/kg)	---	1.788,3	2.038,9
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	17,2	1.699,7
Humedad (%)	---	64,7	50,4
Textura	---	Franco limosa	Franca

Fotografía N° 8-11. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

a-6) Punto de Muestreo S 13 (VT4)

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y cobertura de la vegetación entre 50 a 75%, donde dominan *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* y el nivel freático se presenta a los 57 cm.

Fotografía N° 8-12. Vista general punto de muestreo S 13. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un horizonte salino duro entre los 0 a 11 cm. A partir de los 11 hasta los 37 cm (S13-1), existe un segundo de textura franco limosa (**Fotografía N° 8-13**), cuya humedad es de 32,3%, y los valores de NPK, corresponden a 5, 23,9 y 2.748,2 mg/kg., siendo muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,1), el suelo es salino (C.E. 6.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) debido a la concentración de sales solubles, las cuales ascienden a 14.411 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 106,7 cm/h. es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-18**).

Bajo los 37 cm. y hasta los 65 (S 13-2), existe un tercer horizonte de textura franca (**Fotografía N° 8-13**), en el cual la humedad es de 37,9%, y los valores de los nutrientes, específicamente, NPK son 5, 4,6 y 1.814,9 mg/kg., considerados muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es medianamente básico (7,6), suelo muy salino (C.E. 8.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dada la concentración de sales que asciende a 4.813 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 35,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-18**).

Tabla N° 8-18. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 13	S 13-1	S 13-2
Profundidad (cm)	0 - 11	11 - 37	37 - 65
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	6.600	8.570
MO (%)	---	0,1	0,1
pH	---	8,1	7,6
Salinidad (mg/kg)	---	14.411	4.813
N (mg/kg)	---	5	5
P (mg/kg)	---	23,9	4,6
K (mg/kg)	---	2.748,2	1.814,9
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	106,7	35,8
Humedad (%)	---	32,3	37,9
Textura	---	Franco limosa	Franca

Fotografía N° 8-13. Vista general perfil punto de muestreo S 13, Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

b) Sector La Punta-La Brava

b-1) Punto de Muestreo S 3 (VLP3)

Suelo de topografía plana suavemente inclinada, en superficie se presenta un horizonte salino y con vegetación asociada principalmente a cursos de agua permanentes, donde destacan *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa* (Fotografía N° 8-14). El nivel freático se encuentra a los 47 cm (**Fotografía N° 8-15**).

Fotografía N° 8-14. Vista general punto de muestreo S 3. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil que en superficie presenta un horizonte salino duro (0 – 9 cm), luego entre los 9 y 19 cm., se presenta un segundo, el cual está constituido exclusivamente por sales sin cohesión.

Entre los 19 y 45 cm. se observa un tercer horizonte (S 3-1), de textura franca (**Fotografía N° 8-15**), con una humedad que alcanza a 56,4% y los valores de NPK son 7, 4,1 y 2.755,2 mg/kg., es decir, categorías muy baja, muy baja y alta, respectivamente (**Tabla N° 8-19**). La materia orgánica es muy baja (<0,1%), suelo muy salino (C.E. 11.510 μ S/cm.), donde la concentración de sales asciende a 28.609 mg/kg., y el pH es medianamente básico (7,8), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 41,4 cm/h., lo que determina que la permeabilidad del suelo sea muy alta (**Tabla N° 8-19**).

Bajo el horizonte anterior se presenta un cuarto (S 3-2) localizado entre los 45 a 66 cm. y más (**Fotografía N° 8-15**), cuya textura es franca y con una humedad que asciende a 55,5%; en este horizonte el NPK se encuentra en valores de 6, 2,6 y 1.639,4 mg/kg, considerados muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-19**). Este horizonte

presenta un porcentaje inferior a 0,1 de materia orgánica (muy bajo), un pH medianamente básico (7,8), correspondiendo a un suelo salino (C.E. 7.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con una concentración de sales de 18.931 mg/kg. y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 317,8 cm/h, por lo que la permeabilidad del suelo es muy alta (**Tabla N° 8-19**).

Tabla N° 8-19. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 3	S 3-0	S 3-1	S 3-2
Profundidad (cm)	0 - 9	9-19	19 - 45	45 - 66
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	---	11.510	7.200
MO (%)	---	---	0,1	0,1
pH	---	---	7,8	7,8
Salinidad (mg/kg)	---	---	28.609	18.931
N (mg/kg)	---	---	7	6
P (mg/kg)	---	---	4,1	2,6
K (mg/kg)	---	---	2.755,2	1.639,4
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	---	41,4	317,8
Humedad (%)	---	---	56,4	55,5
Textura	---	---	Franca	Franca

Fotografía N° 8-15. Vista general perfil punto de muestreo S 3, Monitoreo invierno 2018.



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 la constituye poblaciones de *Distichlis spicata*, las cuales se presentan dispersas en el área, con nivel freático a los 28 cm. (**Fotografía N° 8-16**).

Fotografía N° 8-16. Vista general punto de muestreo S 4, Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado en superficie por un estrato entre los 0 a 4 cm. (**Fotografía N° 8-17**), de textura arenosa gruesa y duro. Entre los 4 a 14 cm (S 4-1) el suelo es de textura franco-arenosa, con una humedad de 46,2%, y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 2.093,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta. El NPK se presenta en valores de 4, 5,7 y 2.054,8 mg/kg., es decir muy bajo, bajo y alto, respectivamente. En éste, la materia orgánica es alta (3,1%), el pH es moderadamente básico (8,4), horizonte ligeramente salino (C.E. 2.410 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una concentración de sales de 11.224 mg/kg. (**Tabla N° 8-20**).

Entre los 14 a 65 cm. (S 4-2) (**Fotografía N° 8-17**), se observa un horizonte de textura franco arenosa, con una humedad que asciende a 55,5% y con un NPK disponible, los que se presentan en valores de 2, 8,1 y 2.091,1 mg/kg, es decir, muy bajo, bajo y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es alta (3,8%) y el pH es moderadamente básico (8,4), suelo ligeramente salino (C.E. 2.320 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la concentración de sales solubles es de 11.609 mg/kg., y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 316,0 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-20**).

Tabla N° 8-20. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 4	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 - 14	14 - 65
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	2.410	2.320
MO (%)	---	3,1	3,8
pH	---	8,4	8,4
Salinidad (mg/kg)	---	11.224	11.609
N (mg/kg)	---	4	2
P (mg/kg)	---	5,7	8,1
K (mg/kg)	---	2.054,8	2.091,1
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	2.093,7	316,0
Humedad (%)	---	46,2	55,5
Textura	---	Franco arenosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-17. Vista general perfil punto de muestreo S 4, Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

b-3) Punto de Muestreo S 5 (VLP1)

Suelo de topografía plana, con presencia de abundante agua en superficie, corresponde a una zona denudada, y es posible observar poblaciones de *Distichlis spicata*, las cuales se presentan dispersas heterogéneamente en el área (**Fotografía N° 8-18**).

Fotografía N° 8-18. Vista general punto de muestreo S 5. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por un horizonte superficial de 5 cm (S 5-1) (**Fotografía N° 8-19**), de textura areno francosa y con una humedad que alcanza al 43,0%. Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 6, 29,6 y 4.218,8 mg/kg., es decir, muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es normal (2,2%), el pH es moderadamente básico (8,4), el suelo es salino (C.E. 4.390 μ S/cm), con una concentración de sales solubles que asciende a 14.451 mg/kg., y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 3.524,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-21**).

Entre los 5 y 43 cm (S 5-2) se presentan un horizonte franco arenoso, con una humedad de 38,7%, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 555,9 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta, y el NPK se presenta en valores de 6, 3,6 y 2.824,9 mg/kg, es decir, muy bajo, muy bajo y alto. Mientras que, la materia orgánica se encuentra en la categoría baja (1,6%), con un pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (C.E. 3.350 μ S/cm.), y una concentración de sales solubles de 14.178 mg/kg. (**Tabla N° 8-21**).

El nivel freático se presenta a 4 cm de profundidad (**Fotografía N° 8-20**).

Tabla N° 8-21. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 43
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4.390	3.350
MO (%)	2,2	1,6
pH	8,4	8,3
Salinidad (mg/kg)	14.451	14.178
N (mg/kg)	6	6
P (mg/kg)	29,6	3,6
K (mg/kg)	4.218,8	2.824,9
Conductividad hidráulica (cm/h)	3.524,1	555,9
Humedad (%)	43,0	38,7
Textura	Areno francosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-19. Vista general perfil de suelo punto de muestreo S 5, Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 8-20. Vista general calicata punto de muestreo S 5, nivel freático subsuperficial a 4 cm. Monitoreo invierno 2018.



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, muy dura, sin pedregosidad superficial y sin vegetación, de topografía suavemente inclinada y nivel freático a los 53 cm, (**Fotografía N° 8-21**).

Fotografía N° 8-21. Vista general punto de muestreo S 6. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un horizonte de 26 cm. conformado por sales muy dura (**Fotografía N° 8-22**). A partir de los 26 y hasta los 48 cm. (S 6-1), se presenta un horizonte de textura franco-arenosa, en el cual la humedad es de 36,6%, y los valores de NPK, corresponden a 5, 6,8 y 3.682,2 mg/kg., es decir, categorías muy baja, baja y alta, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (C.E. 3.490 μ S/cm.), con una concentración de sales solubles de 22.183 mg/kg. y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 185,0 cm/h., es decir, la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-22**).

Entre los 48 y 68 cm. (S 6-2) (**Fotografía N° 8-22**), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 62,5%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 3, 7,2 y 2.913,4 mg/kg, es decir muy bajo, bajo y alto, respectivamente.

Suelo en el cual la materia orgánica es muy alta (6,7%) situación no muy frecuente en el área y cuya explicación se debe a la presencia de abundantes restos vegetales humificados, provenientes de antiguas formaciones vegetales enterradas, probablemente por el aumento violento del nivel del agua (**Tabla N° 8-22**). Suelo con un pH moderadamente básico (8,0), salino (C.E. 6.750 μ S/cm.) y una concentración de sales que asciende a 27.209 mg/kg. y la conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 40,3 cm/h., lo que determina una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-22**).

Tabla N° 8-22. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 6	S 6-1	S 6-2
Profundidad (cm)	0 - 26	26 - 48	48 - 68
C. E. (μ S/cm)	---	3.490	6.750
MO (%)	---	0,1	6,7
pH	---	8,3	8,0
Salinidad (mg/kg)	---	22.183	27.209
N (mg/kg)	---	5	3
P (mg/kg)	---	6,8	7,2
K (mg/kg)	---	3.682,2	2.913,4
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	185,0	40,3
Humedad (%)	---	36,6	62,5
Textura	---	Franco arenosa	Franca

Fotografía N° 8-22. Vista general perfil punto de muestreo S 6, Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Peine

c-1) *Punto de Muestreo S 10 (VTM1)*

Suelo que presenta una topografía suavemente inclinada y con vegetación del tipo herbácea de una cobertura escasa, la cual se encuentra dominada por *Distichlis spicata*. 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. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina con abundante limo, entre los 0 a 5(8) cm (**Fotografía N° 8-24**), extremadamente duro. A partir de los 5(8) y hasta los 28 cm (S 10-1), existe un horizonte de textura franco-arenosa, con una humedad de 24,4%, en donde los valores de NPK son 8, 42,6 y 1.791,9 mg/kg., es decir, muy bajo, muy alto y alto, respectivamente.

Suelo con materia orgánica muy baja (<0,1%), el pH es ligeramente alcalino (8,7), suelo salino (C.E. 7.110 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) debido a la cantidad de sales solubles, la cual asciende a 32.734 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 98,5 cm/h-, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-23**).

Entre los 28 y 59 cm. (S 10-2) (**Fotografía N° 8-24**), existe un horizonte de textura limosa, en el cual la humedad es de 34,5%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 9, 10,5 y 4.544,3 mg/kg., es decir, concentraciones muy baja, media y alta, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (<0,1%), el pH es ligeramente alcalino (8,5), suelo salino (C.E. 4.350 $\mu\text{S}/\text{cm}$.), dado la concentración de sales solubles que asciende a 18.888 mg/kg., y con una conductividad hidráulica de 255,6 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-23**).

Tabla N° 8-23. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 10	S 10-1	S 10-2
Profundidad (cm)	0 - 5(8)	5(8) - 28	28 - 59
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	7.110	4.350
MO (%)	---	0,1	0,1
pH	---	8,7	8,5
Salinidad (mg/kg)	---	32.734	18.888
N (mg/kg)	---	8	9
P (mg/kg)	---	42,6	10,5
K (mg/kg)	---	1.791,9	4.544,3
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	98,5	255,6
Humedad (%)	---	24,4	34,5
Textura	---	Franco arenosa	Limosa

Fotografía N° 8-24. Vista general perfil punto de muestreo S 10, Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

c-2) Punto de Muestreo S 11 (VB01)

Terreno suavemente inclinado, sin pedregosidad superficial, con nivel freático a los 53 cm. y con una cobertura de la vegetación densa, correspondiendo ésta a una pradera dominada por *Distichlis spicata* y como acompañantes se presentan *Juncus balticus* y *Schoenoplectus californicus* (**Fotografía N° 8-25**).

Fotografía N° 8-25. Vista general punto de muestreo S 11. Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por un horizonte superficial entre los 0 a 30 cm (S 11-1) (**Fotografía N° 8-26**), de textura franco-arcillosa, con una humedad que alcanza al 64,6%. Suelo con una

conductividad hidráulica (permeabilidad) de 14,9 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-24**).

Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 4, 13,5 y 427,8 mg/kg., es decir, muy bajo, medio y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (5,4%), con un pH medianamente básico (7,4), suelo no salino (C.E. 1.673 $\mu\text{S/cm.}$), y una concentración de sales solubles que asciende a 4.841 mg/kg. (**Tabla N° 8-24**).

Entre los 30 a 70 cm (S11-2) (**Fotografía N° 8-26**), se presentan un segundo estrato de textura arcillosa, en el cual la humedad es de 57,3%, con conductividad hidráulica (permeabilidad) de 215,0 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta y el NPK se presenta en valores de 6, 40,2 y 449 mg/kg., considerado categorías muy baja, muy alta y adecuada de macroelementos, respectivamente. La materia orgánica es alta (3,5%), con un pH medianamente básico (7,7), ligeramente salino (C.E. 3.160 $\mu\text{S/cm.}$), determinada por una concentración de sales solubles de 9.332 mg/kg. (**Tabla N° 8-24**).

Tabla N° 8-24. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 70
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	1.673	3.160
MO (%)	5,4	3,5
pH	7,4	7,7
Salinidad (mg/kg)	4.841	9.332
N (mg/kg)	4	6
P (mg/kg)	13,5	40,2
K (mg/kg)	427,8	449,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	14,9	215,0
Humedad (%)	64,6	57,3
Textura	Franco arcillosa	Arcillosa

Fotografía N° 8-26. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Monitoreo invierno 2018.

Fuente: Elaboración Propia

c-3) Punto de Muestreo S 12 (VB02)

Suelos de topografía suavemente inclinada, de origen depositacional (aluvional), sin pedregosidad superficial y con un matorral de cobertura clara (25 a 50%), destacando como especie principal *Tessaria absinthioides* (**Fotografía N° 8-27**).

Fotografía N° 8-27. Vista general punto de muestreo S 12. Monitoreo invierno 2018.

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 medios y gruesos de textura dominante franco arenosa, con una humedad de 4,7%, los macronutrientes disponible específicamente NPK son: 36, 12,6 y 854,8 mg/kg., consideradas categorías media, media y alta, respectivamente (**Tabla N° 8-25**). Suelos con materia orgánica muy baja (< 0,1%), pH moderadamente básico (8,1), extremadamente salino (23.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$.), dado por una concentración de sales solubles de 187.805 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 13,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta.

Entre los 30 y 75 cm (S 12-2), el horizonte es de textura dominante franco arenosa, con una humedad de 5,2%, el NPK disponible se presenta en valores de 24, 9,4 y 903 mg/kg., es decir, categorías media, baja y alta, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (<0,1%), pH moderadamente básico (8,2), suelo muy salino (C.E. 8.790 $\mu\text{S}/\text{cm}$.), determinado por una concentración de sales de 50.659 mg/kg., y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 211,0 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-25**).

Tabla N° 8-25. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 12-1	S 12-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 75
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	23.700	8.790
MO (%)	0,1	0,1
pH	8,1	8,2
Salinidad (mg/kg)	187.805	50.659
N (mg/kg)	36	24
P (mg/kg)	12,6	9,4
K (mg/kg)	854,8	903,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	13,1	211,0
Humedad (%)	4,7	5,2
Textura	Franco arenosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-28. Vista general perfil punto de muestreo S 12, Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

c-4) Punto de Muestreo S 14 (VB03)

Terreno de topografía plana, que presenta en superficie un estrato salino, sin pedregosidad superficial y con vegetación del tipo herbácea, con un cubrimiento muy escaso y con *Distichlis spicata* como dominante (**Fotografía N° 8-29**).

Fotografía N° 8-29. Vista general punto de muestreo S 14. Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

En superficie entre los 0 a 30 cm (S 14-1), se presenta un horizonte conformado principalmente por sales (**Fotografía N° 8-30**), suelto, de textura areno francosa, cuya humedad asciende a 30,1%, y el NPK se presentan en valores que ascienden a 5, 5,1 y

1.231,5 mg/kg., es decir, categorías muy baja, baja y alta, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (< 0,1%), pH medianamente básico (7,8), salino (6.290 $\mu\text{S}/\text{cm}$.), dado la concentración de sales solubles que ascienden a 18.623 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 60,9 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-26**).

Entre los 30 - 50 cm. (S 14-2), existe otro horizonte de textura franco arcillo arenosa (**Fotografía N° 8-30**), donde la humedad es de 50,1%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 5, 4,6 y 1.587,7 mg/kg., correspondiendo a las categorías muy baja, muy baja y alta (**Tabla N° 8-26**). En este horizonte, la materia orgánica es muy baja (0,9%), pH moderadamente básico (7,9), suelo salino (4.220 $\mu\text{S}/\text{cm}$) determinado por una concentración de sales que asciende a 16.531 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica de 29,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-26**).

El nivel freático se presenta a los 34 cm. (**Fotografía N° 8-30**).

Tabla N° 8-26. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Monitoreo invierno 2018.

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 50
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	6.290	4.220
MO (%)	0,1	0,9
pH	7,8	7,9
Salinidad (mg/kg)	18.623	16.531
N (mg/kg)	5	5
P (mg/kg)	5,1	4,6
K (mg/kg)	1.231,5	1.587,7
Conductividad hidráulica (cm/h)	60,9	29,7
Humedad (%)	30,1	50,1
Textura	Areno francosa	Franco arcillo arenosa

Fotografía N° 8-30. Vista general perfil punto de muestreo S 14, Monitoreo invierno 2018.



Fuente: Elaboración Propia

8.2.2 Resultados campaña de verano 2019

8.2.2.1 Caracterización suelos

a) Sector de Tilopozo

a-1) Punto de Muestreo S 1 (VT6)

Suelo de topografía ligeramente ondulado, con moderada 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 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Este suelo presenta en superficie un horizonte arenoso medio a grueso, salino, duro, con abundantes sales en superficie de una potencia de 8 cm. Bajo éste se presenta S 1-1, de potencia de 20 cm (8 - 28 cm) de textura areno francosa, con escasas grava finas y gruesas (**Fotografía N° 8-32**) con una humedad que asciende a 4,7%, y con valores de NPK de 10, 2 y 706,6 mg/kg, es decir, categorías muy baja, muy baja y adecuada, respectivamente (**Tabla N° 8-27**). La materia orgánica es muy baja (0,2%), con una conductividad eléctrica de 6.580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, correspondiendo a un suelo salino, donde la cantidad de sales solubles es de 40.268 mg/kg., el pH es ligeramente alcalino (8,7), con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 139 cm/h., lo que determina que la velocidad de infiltración sea muy alta (**Tabla N° 8-27**).

En profundidad (28 - 47 cm., S 1-2), se observa un horizonte de textura franco arcillo arenosa, con escasas gravillas y gravas, cuya humedad asciende a 14,7%, en el cual NPK se encuentra en valores de 25, 8,2 y 2.821 mg/kg., es decir, categorías media, baja y

alta, respectivamente. Horizonte que presenta un 0,5% de materia orgánica (muy baja), con un pH moderadamente básico (8,0), siendo este un suelo muy salino (C.E. 11.350 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), y con 80.759 mg/kg. de sales solubles (**Tabla N° 8-27**).

La conductividad hidráulica (permeabilidad) de este horizonte asciende a 96,5 cm/h., lo que determina una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-27**).

Tabla N° 8-27. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Verano 2019.

Punto muestreo	S 1	S 1-1	S 1-2
Profundidad (cm)	0 - 8	8 - 28	28 - 47
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	6.580	11.350
MO (%)	---	0,2	0,5
pH	---	8,7	8,0
Salinidad (mg/kg)	---	40.268	80.759
N (mg/kg)	---	10,0	25,0
P (mg/kg)	---	2	8,2
K (mg/kg)	---	706,6	2.821,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	139,0	96,5
Humedad (%)	---	4,7	14,7
Textura	---	Areno francosa	Franco arcillo arenosa

Fotografía N° 8-32. Vista general perfil punto de muestreo S 1. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

a-2) *Punto de Muestreo S 2 (VT5)*

Suelo que corresponde a terrenos planos, sin pedregosidad superficial y con vegetación muy escasa, dominada por *Distichlis spicata*, con escasa salinidad en superficie (**Fotografía N° 8-33**).

Fotografía N° 8-33. Vista general punto de muestreo S 2. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un horizonte conformado por arena y sal, duro, bajo el cual se desarrolla un segundo (2 - 11 cm, S 2-1) de textura franco arenosa, (**Fotografía N° 8-34**), con una humedad de 14,3%, y con valores de NPK de 18, 9,8 y 4.054 mg/kg., es decir, categorías baja, baja y alta, respectivamente. Horizonte en el cual la materia orgánica es muy baja (0,6%), suelo extremadamente salino (C.E. 26.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y con una concentración de sales solubles de 98.162 mg/kg., pH ligeramente alcalino (8,6) y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 102,4 cm/h., determinando una velocidad de infiltración promedio muy alta (**Tabla N° 8-28**).

Bajo este segundo horizonte se presenta otro de potencia de 42 cm (S 2-2, 11 - 53 cm), de textura franco-limosa, con una humedad que asciende a 20,9%, donde el NPK se encuentra en valores de 18, 1 y 3.329 mg/kg, correspondiendo a las categorías baja, muy baja y alta, respectivamente. Este horizonte presenta un porcentaje de materia orgánica de 0,6 % (muy bajo), pH moderadamente básico (8,0), suelo muy salino (C.E. 11.280 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y con una concentración de sales solubles de 74.432 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 40 cm/h, equivalente a un suelo que presenta una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-28**).

Tabla N° 8-28. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Verano 2019.

Punto muestreo	S 2	S 2-1	S 2-2
Profundidad (cm)	0 - 2	2 - 11	11 - 53
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	26.500	11.280
MO (%)	---	0,6	0,6
pH	---	8,6	8,0
Salinidad (mg/kg)	---	98.162	74.432
N (mg/kg)	---	18,0	18,0
P (mg/kg)	---	9,8	1
K (mg/kg)	---	4.054,0	3.329,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	102,4	40,0
Humedad (%)	---	14,3	20,9
Textura	---	Franco arenosa	Franco limosa

Fotografía N° 8-34. Vista general perfil punto de muestreo S 2. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

a-3) Punto de Muestreo S-7 (VT1)

Suelo de topografía suavemente inclinada y sin pedregosidad superficial, la cobertura de la vegetación fluctúa entre 50 - 75% (densa), la cual está dominada por *Distichlis spicata* (Fotografía N° 8-35).

Fotografía N° 8-35. Vista general punto de muestreo S 7. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 5 cm, el perfil de este suelo está conformado por un horizonte salino y duro, con alto contenido de humedad, bajo éste se presenta otro (S 7-1), entre los 5 a 14(21) cm. (**Fotografía N° 8-36**), de textura franca, con una humedad de 46,8%, y los nutrientes (NPK) se presentan en valores que ascienden a 16, 16,3 y 3.013 mg/kg., es decir, categorías baja, media y alta. La materia orgánica es muy alta (5,3%), pH moderadamente básico (8,4), suelo salino (C.E. 7.840 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sales que asciende a 29.514 mg/kg, el cual presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 152,3 cm/h, lo que implica una velocidad de infiltración del agua muy alta (**Tabla N° 8-29**).

Entre los 14 (21) a 33 (40) cm y más, correspondiendo a S 7-2, se presenta un horizonte de textura franco limosa (**Fotografía N° 8-36**); cuya humedad asciende a 54,4% y los nutrientes (NPK) presentan valores que ascienden a 17, 5,2 y 1.052 mg/kg., equivalente a las categorías baja, baja y alta, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es baja (1,8%), el pH es ligeramente alcalino (8,6), suelo salino (C.E. 5.780 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y una concentración de sales solubles que alcanza los 24.460 mg/kg., suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 26,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-29**).

Tabla N° 8-29. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Verano 2019.

Punto muestreo	S 7	S 7-1	S 7-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 14(21)	14(21) - 33(40)
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	7.840	5.780
MO (%)	---	5,3	1,8
pH	---	8,4	8,6
Salinidad (mg/kg)	---	29.514	24.460
N (mg/kg)	---	16,0	17,0
P (mg/kg)	---	16,3	5,2
K (mg/kg)	---	3.013,0	1.052,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	152,3	26,8
Humedad (%)	---	46,8	54,4
Textura	---	Franco	Franco limosa

Fotografía N° 8-36. Vista general perfil punto de muestreo S 7. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

a-4) Punto de Muestreo S-8 (VT2)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial, 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**). Durante este monitoreo, se determinó a una profundidad de 38 cm. nivel freático.

Fotografía N° 8-37. Vista general punto de muestreo S 8. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 9 cm., se observa un horizonte constituido exclusivamente por tallos, raíces y raicillas estas últimas activas, bajo éste y hasta los 26 cm., se encuentra el horizonte S 8-1, conformado por raíces y raicillas activas, como también restos vegetales con distintos grados de descomposición (**Fotografía N° 8-38**), suelo de textura franco limosa, con una humedad de 58,9%, y el NPK se encuentran en valores que de 4, 77,7 y 945,4 mg/kg., es decir, categorías muy baja, muy alta y alta, respectivamente.

La materia orgánica es muy alta (10,9%), la cual está determinada por una abundante presencia de restos vegetales. El pH es ligeramente alcalino (8,5), suelo salino (7.160 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) el cual está determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 19.267 mg/kg., suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 25,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-30**).

En profundidad se presenta un tercer horizonte (26 - 55 y más, S 8-2), de textura franco-arcillosa, con abundante presencia de restos vegetales descompuestos, y humedad de 55,3%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 7, 27,8 y 713,1 mg/kg., es decir, muy bajo, alto y adecuado, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (5,2%), suelos con un pH moderadamente básico (8,3), no salino (1.303 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 6.915 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 2,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración moderadamente alta (**Tabla N° 8-30**).

Tabla N° 8-30. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Verano 2019.

Punto muestreo	S 8	S 8-1	S 8-2
Profundidad (cm)	0 - 9	9 - 26	26 - 55
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	7.160	1.303
MO (%)	---	10,9	5,2
pH	---	8,5	8,3
Salinidad (mg/kg)	---	19.267	6.915
N (mg/kg)	---	4,0	7,0
P (mg/kg)	---	77,7	27,8
K (mg/kg)	---	945,4	713,1
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	25,1	2,1
Humedad (%)	---	58,9	55,3
Textura	---	Franco limosa	Franco arcillosa

Fotografía N° 8-38. Vista general perfil punto de muestreo S 8. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

a-5) *Punto de Muestreo S 9 (VT3)*

Suelo de topografía plana y que presenta en superficie una costra salina y compactada, sin rocosidad y/o pedregosidad superficial. Corresponde a una zona denudada, con presencia de ejemplares aislados y dispersos de *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-39**).

Fotografía N° 8-39. Vista general punto de muestreo S 9. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 17 (20) cm., se observa un horizonte conformado por sales, compactado en superficie y sueltas en profundidad. Desde los 17 (20) a los 36 (39) cm. se presenta un horizonte (S 9-1) franco limoso (**Fotografía N° 8-40**), cuya humedad es de un 67,2%, y los macronutrientes, específicamente NPK se presentan en valores de 8, 9,8 y 2.304 mg/kg., siendo considerado niveles muy bajo, bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,0%), el pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (2.970 μ S/cm), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 12.157 mg/kg. (**Tabla N° 8-31**). La permeabilidad corresponde a un valor alto, dado la velocidad de infiltración de 5,6 cm/h.

En profundidad, se presenta un tercer horizonte S 9-2 (36(39) a 50 cm., S 9-2), de textura franca (**Fotografía N° 8-40**), con una humedad de 54,8%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 6, 4,4 y 1.519 mg/kg., considerados muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,6%), pH moderadamente básico (8,0), suelo ligeramente salino (2.060 μ S/cm) determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 10.300 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 159,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-31**).

A partir de los 45 cm. (**Fotografía N° 8-40**), se presenta un estrato arenoso fuertemente compactado (duripan), determinando la presencia de nivel freático a los 30 cm.

Tabla N° 8-31. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Verano 2019.

Punto muestreo	S 9	S 9-1	S 9-2
Profundidad (cm)	0 - 17(20)	17(20) - 36(39)	36(39) - 50
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	2.970,0	2.060,0
MO (%)	---	1,0	0,6
pH	---	8,3	8,0
Salinidad (mg/kg)	---	12.157	10.300
N (mg/kg)	---	8,0	6,0
P (mg/kg)	---	9,8	4,4
K (mg/kg)	---	2.304,0	1.519,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	5,6	159,3
Humedad (%)	---	67,2	54,8
Textura	---	Franco limoso	Franca

Fotografía N° 8-40. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

a-6) *Punto de Muestreo S 13 (VT4)*

Suelo de topografía plana, sin pedregosidad superficial y cobertura de la vegetación superior a 50%, donde destacan el arbusto *Tessaria absinthioides* y la hierba *Distichlis spicata* como especies dominantes (**Fotografía N° 8-41**).

Fotografía N° 8-41. Vista general punto de muestreo S 13. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que entre los 0 y 3 cm., presenta un horizonte arenoso con abundantes sales y duro. A partir de los 3 hasta los 27 cm. (S 13-1), existe otro de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-42**), cuya humedad es de 21,6%, y los valores de NPK, son 6, 23,1 y 1.787 mg/kg., siendo muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,5%), el pH es neutro (7,2), el suelo es salino (C.E. 4.960 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), esto debido a la cantidad de sales solubles presentes, las cuales ascienden a 59.984 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 261,9 cm/h. es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-32**).

Entre los 27 y 60 cm. (S 13-2), existe un horizonte de textura franco-limosa (**Fotografía N° 8-42**), en el cual la humedad es de 32,0%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 10, 3,6 y 1.674 mg/kg., considerado categorías muy baja, muy baja y alta, respectivamente. Suelo en el cual, la materia orgánica es muy baja (0,7%), el pH es neutro (7,0), suelo ligeramente salino (C.E. 3.990 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 9.620 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 12,4 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-32**).

Tabla N° 8-32. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Verano 2019.

Punto muestreo	S 13	S 13-1	S 13-2
Profundidad (cm)	0 - 3	3 - 27	27 - 60
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	4.960	3.990
MO (%)	---	0,5	0,7
pH	---	7,2	7,0
Salinidad (mg/kg)	---	59.984	9.620
N (mg/kg)	---	6,0	10,0
P (mg/kg)	---	23,1	3,6
K (mg/kg)	---	1.787,0	1.674,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	261,9	12,4
Humedad (%)	---	21,6	32,0
Textura	---	Franco arenosa	Franco limosa

Fotografía N° 8-42. Vista general perfil punto de muestreo S 13. Verano 2019.

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*, *Distichlis spicata* y *Sarcocornia fruticosa* (**Fotografía N° 8-43**). El nivel freático se encuentra a los 53 cm (**Fotografía N° 8-44**).

Fotografía N° 8-43. Vista general punto de muestreo 3 (S 3). Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que entre los 0 a 8 cm., presenta un horizonte compactado constituido mayoritariamente por sales, bajo éste y hasta los 18 cm. se observa otro de igual constitución, pero suelto.

Entre los 18 a 38 cm., existe un tercer horizonte (S 3-1), de textura franca (**Fotografía N° 8-44**), con una humedad que alcanza a 61,3% y los valores de NPK son 4, 7 y 3.274 mg/kg, correspondiendo a las categorías muy baja, baja y alta, respectivamente (**Tabla N° 8-33**). La materia orgánica es baja (1,0%), suelo salino (C.E. 6.800 μ S/cm.), donde la concentración de sales solubles es de 37.998 mg/kg., y el pH es moderadamente básico (8,1), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 3,2 cm/h., lo que determina que la velocidad de infiltración sea moderadamente alta (**Tabla N° 8-33**).

Bajo el horizonte anterior se presenta otro, entre los 38 - 58 cm. (S 3-2) y más (**Fotografía N° 8-44**), cuya textura es franco arenosa y la humedad asciende a 57,5%; en este horizonte el NPK se encuentra en valores de 10, 0,8 y 1.686 mg/kg., considerado muy bajo, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-33**).

Este horizonte presenta un 0,7% de materia orgánica (muy bajo), un pH moderadamente básico (8,2), siendo un suelo salino (C.E. 4.830 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dado por una concentración de sales solubles de 29.492 mg/kg., presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 2,9 cm/h., lo que hace que la velocidad de infiltración sea moderadamente alta (**Tabla N° 8-33**).

Tabla N° 8-33. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Verano 2019.

Punto muestreo	S 3	S 3-0	S 3-1	S 3-2
Profundidad (cm)	0 - 8	8 - 18	18 - 38	38 - 58
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	---	6.800	4.830
MO (%)	---	---	1,0	0,7
pH	---	---	8,1	8,2
Salinidad (mg/kg)	---	---	37.998	29.492
N (mg/kg)	---	---	4,0	10,0
P (mg/kg)	---	---	7	0,8
K (mg/kg)	---	---	3.274,0	1.686,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	---	3,2	2,9
Humedad (%)	---	---	61,3	57,5
Textura	---	---	Franca	Franco arenosa

Fotografía N° 8-44. Vista general perfil punto de muestreo S 3. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

b-2) Punto de Muestreo S 4 (VLP2)

Corresponde a un suelo de topografía plana, sin pedregosidad superficial y con escasa presencia de agua en superficie, asociada exclusivamente a sectores deprimidos, con vegetación muy escasa, la cual conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, las cuales se presentan dispersas heterogéneamente en el área, y con nivel freático a los 22 cm (**Fotografía N° 8-45**).

Fotografía N° 8-45. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado en superficie por un horizonte entre los 0 a 1 cm. de textura arenosa gruesa con abundantes sales sueltas (**Fotografía N° 8-46**). Entre los 1 a 19 cm. (S 4-1) se presenta otro franco arenoso, con una humedad de 36,8%, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 250,8 cm/h., es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta. El NPK se presenta en valores de 10, 0,6 y 1.847 mg/kg., es decir, categorías muy baja, muy baja y alta, respectivamente. En éste, la materia orgánica es baja (1,6 %), el pH es ligeramente alcalino (8,7), suelo ligeramente salino (C.E. 3.070 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), y una concentración de sales solubles de 19.574 mg/kg. (**Tabla N° 8-34**).

Entre los 19 cm a 32 cm. (S 4-2) y más (**Fotografía N° 8-46**), se observa un horizonte de textura franco-arenosa, cuya humedad asciende a 44,0% y el NPK se presenta en valores de 7, 34,8 y 3.463,0 mg/kg., es decir, categorías muy baja, muy alta y alta, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es normal (2,4%) y el pH es ligeramente alcalino (8,8), suelo no salino (C.E. 1.955 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), determinado por un concentración de sales solubles de 14.406 mg/kg., y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 360,8 cm/h., es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-34**).

Tabla N° 8-34. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Verano 2019.

Punto muestreo	S 4	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 1	1 - 19	19 - 32
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	3.070	1.955
MO (%)	---	1,6	2,4
pH	---	8,7	8,8
Salinidad (mg/kg)	---	19.574	14.406
N (mg/kg)	---	10,0	7,0
P (mg/kg)	---	0,6	34,8
K (mg/kg)	---	1.847,0	3.463,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	250,8	360,8
Humedad (%)	---	36,8	44,0
Textura	---	Franco arenosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-46. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

b-3) Punto de Muestreo S 5 (VLP1)

Suelo de topografía plana, con presencia de agua superficial y vegetación muy escasa la cual conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, las que se presentan dispersas heterogéneamente en el área (**Fotografía N° 8-47**).

Fotografía N° 8-47. Vista general punto de muestreo S 5. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por un horizonte superficial de 8 cm (S 5-1) (**Fotografía N° 8-48**), de textura areno francosa y con una humedad que alcanza al 28,0%. Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 3, 2 y 2.557,0 mg/kg., correspondiendo a las categorías muy baja, muy baja y alta, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,6%), con un pH ligeramente alcalino (8,6), suelo salino (C.E. 5.060 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), con una concentración de sales solubles que asciende a 18.456 mg/kg. y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 281,9 cm/h., es decir, muy alta (**Tabla N° 8-35**).

Entre los 8 y 38 cm. (S 5-2), se presentan una sucesión de estratos franco-arenosos, extremadamente duro, intercalados con arena gruesa cuya potencia varía entre 1 a 2 cm., donde la humedad es de 44,0%. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 16,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta. El NPK se presenta valores de 12, 1 y 3.237,0 mg/kg., es decir, categorías baja, muy baja y alta. Mientras que, la materia orgánica se encuentra en la categoría normal (2,1%), con un pH ligeramente alcalino (8,5), suelo salino (C.E. 4.040 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 19.487 mg/kg. (**Tabla N° 8-35**).

El nivel freático se presenta a 9 cm de profundidad.

Tabla N° 8-35. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Verano 2019.

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
Profundidad (cm)	0 - 8	8 - 38
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	5.060	4.040
MO (%)	1,6	2,1
pH	8,6	8,5
Salinidad (mg/kg)	18.456	19.487
N (mg/kg)	3,0	12,0
P (mg/kg)	2	1
K (mg/kg)	2.557,0	3.237,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	281,9	16,3
Humedad (%)	28,0	44,0
Textura	Areno francosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-48. Vista general perfil punto de muestreo S 5. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

b-4) Punto de Muestreo S 6 (VLB2)

Este suelo presenta una costra salina con presencia de limo, dura, sin pedregosidad superficial y sin vegetación, de topografía suavemente inclinada y con nivel freático a los 76 cm. (**Fotografía N° 8-49**).

Fotografía N° 8-49. Vista general punto de muestreo S 6. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina entre los 0 a 43 cm, dura en superficie (0 - 23 cm) y suelta (23 - 43 cm) en profundidad (**Fotografía N° 8-50**). A partir de los 43 y hasta los 66 cm. (S 6-1), se presenta un horizonte de textura franca arenosa, extremadamente dura, en el cual la humedad es de 38,1%, y los valores de NPK, corresponden a 6, 0,4, 1.811,0 mg/kg., es decir, categorías muy baja, muy baja y alta, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,2%), el pH es moderadamente básico (8,4), suelo muy salino (C.E. 8.490 μ S/cm.), la concentración de sales solubles es de 38.202 mg/kg., con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 364,7 cm/h., es decir, la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-36**).

Bajo los 66 y hasta los 96 cm. (S 6-2) (**Fotografía N° 8-50**), se presenta un cuarto horizonte de textura franco-arenosa, en el cual la humedad es de 63,9%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 9, 14,6 y 3.517,0 mg/kg., es decir categorías muy baja, media y alta, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy alta (4,8%). El pH es moderadamente básico (8,1), suelo muy salino (C.E. 9.830 μ S/cm.) y una concentración de sales solubles que asciende a 47.324 mg/kg., con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 66,6 cm/h., lo que determina que la velocidad de infiltración sea muy alta (**Tabla N° 8-36**).

Tabla N° 8-36. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Verano 2019.

Punto muestreo	S 6	S 6-0	S 6-1	S 6-2
Profundidad (cm)	0 - 23	23 - 43	43 – 66	66 - 96
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	---	---	8.940	9.830
MO (%)	---	---	1,2	4,8
pH	---	---	8,4	8,1
Salinidad (mg/kg)	---	---	38.202	47.324
N (mg/kg)	---	---	6,0	9,0
P (mg/kg)	---	---	0,4	14,6
K (mg/kg)	---	---	1.811,0	3.517,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	---	364,7	66,6
Humedad (%)	---	---	38,1	63,9
Textura	---	---	Franco arenosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-50. Vista general perfil punto de muestreo S 6. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Peine

c-1) Punto de Muestreo S 10 (VTM1)

Suelo que presenta una topografía suavemente inclinada, la cobertura de la vegetación es escasa (5 a 10%) con *Distichlis spicata* como dominante y en superficie se presenta un estrato salino con abundante arena y extremadamente duro (**Fotografía N° 8-51**).

Fotografía N° 8-51. Vista general punto de muestreo S 10. Verano 2019.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que presenta como primer horizonte una costra salina entre los 0 a 8 cm (**Fotografía N° 8-52**), extremadamente duro.

A partir de los 8 y hasta los 25 cm (S 10-1), existe un horizonte de textura franco-arenosa, con presencia de abundantes sales con distintos grados de compactación, el cual presenta una humedad de 16,6%, y los valores de NPK son 13, 29,3 y 1.254,0 mg/kg., es decir, categorías baja, alta y alta, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,4%), el pH es alcalino (9,1), suelo muy salino (C.E. 8.810 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), esto determinado por la concentración de sales solubles, las cuales ascienden a 39.000 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 557,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-37**).

Bajo los 25 y hasta los 53 cm. (S 10-2) (**Fotografía N° 8-52**), se observa un horizonte de textura arcillosa, en el cual la humedad es de 33,0%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 13, 4,2 y 4.721,0 mg/kg., es decir, niveles bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es baja (1,2%), pH moderadamente

básico (8,1), suelo muy salino (C.E. 9.950 $\mu\text{S}/\text{cm}$), esto dada la concentración de sales solubles que asciende a 44.945 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 144,3 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-37**).

Tabla N° 8-37. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Verano 2019.

Punto muestreo	S 10	S 10-1	S 10-2
Profundidad (cm)	0 - 8	8 - 25	25 - 53
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	8.810,0	9.950,0
MO (%)	---	0,4	1,2
pH	---	9,1	8,1
Salinidad (mg/kg)	---	39.000	44.945
N (mg/kg)	---	13,0	13,0
P (mg/kg)	---	29,3	4,2
K (mg/kg)	---	1.254,0	4.721,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	557,7	144,3
Humedad (%)	---	16,6	33,0
Textura	---	Franco arenosa	Arcillosa

Fotografía N° 8-52. Vista general perfil punto de muestreo S 10. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

c-2) Punto de Muestreo S 11 (VB01)

Terreno suavemente inclinado, sin pedregosidad superficial, con nivel freático a los 50 cm. y con una cobertura de la vegetación que alcanza el 100%, correspondiendo ésta a una pradera dominada principalmente por *Distichlis spicata*, *Juncus balticus* y *Schoenoplectus californicus* (**Fotografía N° 8-53**).

Fotografía N° 8-53. Vista general punto de muestreo S 11. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado por un horizonte superficial entre los 0 a 20 cm. (S 11-1) (**Fotografía N° 8-54**), de textura franco-limosa con abundantes raíces, con una humedad que alcanza al 66,1%. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 13,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-38**).

Los macronutrientes (NPK) se presentan en valores de 13, 21 y 680,3 mg/kg., es decir, categoría muy baja, alta y adecuada, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (11%), con un pH moderadamente básico (8,0), suelo ligeramente salino (C.E. 3.460 $\mu\text{S/cm.}$), y una concentración de sales que asciende a 14.840 mg/kg. (**Tabla N° 8-38**).

Entre los 20 a 70 cm (S 11-2) (**Fotografía N° 8-54**), se presentan un segundo horizonte de textura arcillosa, en el cual la humedad es de 61,8%, con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 217 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta. Los nutrientes, principalmente, el NPK se presenta en valores de 11, 14 y 434 mg/kg., es decir, categoría baja, media y adecuada, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (4,9%), con un pH moderadamente básico (8,0), suelo ligeramente salino (C.E. 2.160

$\mu\text{S/cm.}$), determinada por una concentración de sales solubles que alcanza a los 6.929 mg/kg. (Tabla N° 8-38).

Tabla N° 8-38. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Verano 2019.

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Profundidad (cm)	0 - 20	20 - 70
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	3.460	2.160
MO (%)	11,0	4,9
pH	8,0	8,0
Salinidad (mg/kg)	14.840	6.929
N (mg/kg)	13,0	11,0
P (mg/kg)	21,6	14
K (mg/kg)	680,3	434,0
Conductividad hidráulica (cm/h)	13,7	217
Humedad (%)	66,1	61,8
Textura	Franco limosa	Arcillosa

Fotografía N° 8-54. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

c-3) *Punto de Muestreo S 12 (VB02)*

Suelos de topografía suavemente inclinada, de origen depositacional (aluvional), sin pedregosidad superficial y con un matorral pradera de cobertura clara (25 a 50%), destacando como especie principal *Atriplex atacamensis*, *Tessaria absinthioides* y *Cistanthe salsoloides* (**Fotografía N° 8-55**).

Fotografía N° 8-55. Vista general punto de muestreo S 12. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por una sucesión de horizontes de texturas dominantes gruesas (arenas) tanto en superficie como en profundidad con abundantes gravas y gravillas redondeadas 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 gruesas (areno francosa), con una humedad de 5,4%, el NPK disponible son 26, 9,6 y 586,9 mg/kg., correspondiendo a las categorías media, baja y adecuada, respectivamente (**Tabla N° 8-39**). Suelos con materia orgánica muy baja (0,3%), pH medianamente básico (7,6), suelo salino (4.160 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), dado por una concentración de 16.163 mg/kg. de sales solubles. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 273,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta.

Entre los 30 y 75 cm. (S 12-2), el horizonte es de textura areno francosa, con una humedad de 6,1%, el NPK disponible se presenta en valores de 21, 13,8 y 612,7 mg/kg., correspondiendo a las categorías media, media y adecuada, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (0,5%), pH moderadamente básico (8,3), suelo salino (C.E. 4.990 $\mu\text{S}/\text{cm}.$), determinado por una concentración de sal de 21.519 mg/kg., y una

conductividad hidráulica (permeabilidad) de 39,6 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-39**).

Tabla N° 8-39. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Verano 2019.

Punto muestreo	S 12-1	S 12-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 75
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4.160,0	4.990,0
MO (%)	0,3	0,5
pH	7,6	8,3
Salinidad (mg/kg)	16.163	21.519
N (mg/kg)	26,0	21,0
P (mg/kg)	9,6	13,8
K (mg/kg)	586,9	612,7
Conductividad hidráulica (cm/h)	273,1	39,6
Humedad (%)	5,4	6,1
Textura	Areno francosa	Areno francosa

Fotografía N° 8-56. Vista general perfil punto de muestreo S 12. Verano 2019.



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 herbácea de cobertura escasa, dominada por *Sarcocornia fruticosa* y *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-57**).

Fotografía N° 8-57. Vista general punto de muestreo S 14. Verano 2019.



Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 26 cm. (S 14-1), se presenta un horizonte con una importante dominancia de sales sueltas (**Fotografía N° 8-58**), de textura arenosa, cuya humedad asciende a 13,3%, el NPK que se presenta en valores que ascienden a 20, 1,6 y 3.437 mg/kg., considerados bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,1%), el pH es neutro (6,8), siendo un suelo salino (4.910 $\mu\text{S}/\text{cm}$), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 9.730 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 829,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-40**).

Entre los 26 a 42 cm. (S 14-2), existe otro horizonte de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-58**), donde la humedad es de 65,0%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 6, 1,4 y 194,4 mg/kg., siendo las categorías muy baja, muy baja y adecuada (**Tabla N° 8-40**). La materia orgánica es baja (1,1%), pH neutro (7,1), suelo salino (4.490 $\mu\text{S}/\text{cm}$.), determinado por una concentración de sales que asciende a 25.825 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 70,4 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-40**), y con nivel freático a los 36 cm. (**Fotografía N° 8-58**).

Tabla N° 8-40. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Verano 2019.

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2
Profundidad (cm)	0 - 26	26 - 42
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	4.910	4.490
MO (%)	0,1	1,1
pH	6,8	7,1
Salinidad (mg/kg)	9.730	25.825
N (mg/kg)	20,0	6,0
P (mg/kg)	1,6	1,4
K (mg/kg)	3.437,0	194,4
Conductividad hidráulica (cm/h)	829,8	70,4
Humedad (%)	13,3	65,0
Textura	Arenosa	Franco arenosa

Fotografía N° 8-58. Vista general perfil punto de muestreo S 14. Verano, 2019.

Fuente: Elaboración Propia

8.2.3 Límites considerados en la evaluación de Suelo o Substrato

En la RCA 21/2016 del proyecto, quedaron establecidos dentro del Plan de Seguimiento, como Niveles o Límites comprometidos que “Mantención dentro de su variación histórica”. Considerando lo anterior, y dado que no se presentaron antecedentes específicos para el subcomponente suelo, como los desarrollados en estas campañas, el análisis comparativo de la evolución de la componente se considera con la información de monitoreo tomados en el periodo de construcción del proyecto, esto es como nivel base el monitoreo 1 (M1). Es por esta razón que todos los análisis de la evolución de la componente se desarrollan en base al Monitoreo M1, de invierno 2016, así como también, se utiliza referencia de datos bibliográficos los cuales están referidos a los niveles de tolerancia de especies.

(Sigüentes Capítulos continúan en el Volumen II de este Informe Anual N°3)