



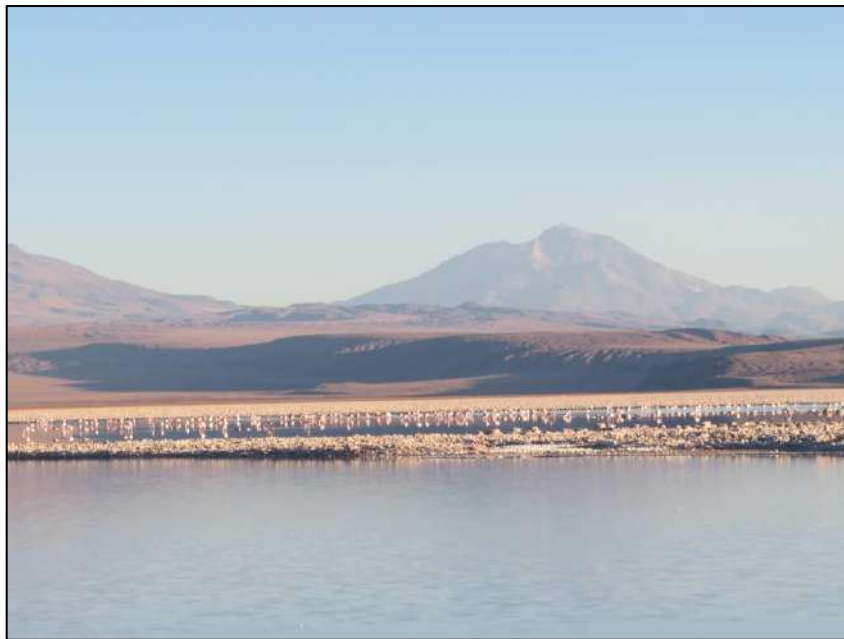
Plan de Seguimiento Ambiental Biótico – PMB

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

(RCA N°21/2016)”

Informe Anual N°2

Monitoreo Invierno 2017 – Verano 2018



Región de Antofagasta

Junio de 2018

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCION	34
3	OBJETIVO	44
4	ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME	44
5	FLORA Y VEGETACIÓN	45
5.1	MATERIALES Y MÉTODOS	46
5.1.1	COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT)	46
5.1.1.1	Descripción del área de estudio	46
5.1.1.2	Ubicación de puntos muestreo	49
5.1.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	51
5.1.1.4	Materiales y equipos utilizados	54
5.1.1.5	Metodología de muestreo.....	54
5.1.1.6	Metodología de cálculo y análisis.....	60
5.1.1.7	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	63
5.1.2	FLORA Y VEGETACIÓN.....	64
5.1.2.1	Ubicación de puntos muestreo	64
5.1.2.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	74
5.1.2.3	Materiales y equipos utilizados	75
5.1.2.4	Metodología de muestreo.....	75
5.1.2.5	Metodología de cálculo y análisis.....	79
5.1.2.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	81
5.1.3	DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL – MÉTODO DE IMÁGENES SATELITALES - NDVI.....	81
5.1.3.1	Ubicación de sectores para la medición.....	81
5.1.3.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	83
5.1.3.3	Materiales y equipos utilizados	84
5.1.3.4	Metodología de cálculo y análisis.....	85
5.1.3.5	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	86
5.2	RESULTADOS	90
5.2.1	RESULTADOS COBERTURA Y VEGETACION (COT).....	90
5.2.1.1	Resultados del muestreo campaña de invierno de 2017	90
5.2.1.2	Resultados del muestreo campaña de verano de 2018.....	108

5.2.2	RESULTADOS FLORA Y VEGETACIÓN.....	128
5.2.2.1	Resultados del muestreo de flora vegetación, campaña de invierno de 2017.....	128
5.2.2.2	Resultados del muestreo F y V campaña de verano	146
5.2.3	RESULTADOS DE DISTRIBUCION Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL- MÉTODO NDVI.....	164
6	FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES	167
6.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	168
6.1.1	Descripción del área de estudio	168
6.1.2	Ubicación de puntos muestreo	170
6.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	175
6.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	176
6.1.4.1	Tipos de muestreo.....	176
6.1.4.2	Diseño de muestreo	176
6.1.4.3	Muestreo de terreno	177
6.1.4.4	Procedimiento de muestreo por taxón	178
6.1.4.5	Trabajo en gabinete post terreno	181
6.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	188
6.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	188
6.2	RESULTADOS	188
6.2.1	Resultados del monitoreo campaña de invierno 2017	188
6.2.1.1	Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres	188
6.2.1.2	Análisis por clase.....	193
6.2.1.3	Composición por ambiente.....	201
6.2.1.4	Similitud	203
6.2.1.5	Abundancia y Frecuencia.....	204
6.2.1.6	Abundancia por ambiente (Densidad).....	207
6.2.2	Resultados del monitoreo campaña de verano 2018.....	208
6.2.2.1	Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres	208
6.2.2.2	Análisis por clase.....	215
6.2.2.3	Composición por ambiente.....	223
6.2.2.4	Similitud	226
6.2.2.5	Abundancia y Frecuencia.....	227
6.2.2.6	Abundancia por ambiente (Densidad).....	229
7	TAPETES MICROBIANOS.....	231
7.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	231
7.1.1	Descripción del Área de Estudio.....	231
7.1.2	Ubicación de Puntos Muestreo.....	232

7.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	234
7.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	235
7.1.5	Materiales y Equipos Utilizados.....	238
7.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	238
7.2	RESULTADOS	238
7.2.1	Resultados Campaña Invierno 2017.....	238
7.2.1.1	Resultados Sector Peine, Laguna Salada. Invierno 2017.....	243
7.2.1.2	Resultados Sector Peine, Laguna Saladita, invierno 2017	249
7.2.1.3	Resultados Sector Peine, Laguna Interna, invierno 2017.....	256
7.2.1.4	Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Punta), invierno 2017	260
7.2.1.5	Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Brava), invierno 2017	265
7.2.1.6	Sector Tilopozo.....	272
7.2.1.7	Registro de microbialitos y evaporitas, invierno 2017.....	277
7.2.1.8	Resultados Parámetros fisicoquímicos	279
7.2.2	Resultados Campaña Verano 2018.....	282
7.2.2.1	Resultados Sector Peine, Laguna Salada, verano 2018	285
7.2.2.2	Resultados Sector Peine, Laguna Saladita, verano 2018.....	292
7.2.2.3	Resultados Sector Peine, Laguna Interna, verano 2018	300
7.2.2.4	Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Punta), verano 2018	304
7.2.2.5	Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Brava), verano 2018	309
7.2.2.6	Sector Tilopozo.....	316
7.2.2.7	Registro de microbialitos y evaporitas, verano 2018	320
7.2.2.8	Resultados Parámetros físico-químicos, verano 2018.....	322
8	SUELO O SUSTRATO	324
8.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	325
8.1.1	Descripción del área de estudio	325
8.1.2	Ubicación de puntos muestreo	326
8.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	328
8.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	329
8.1.4.1	Metodología in situ	329
8.1.4.2	Análisis de laboratorio	330
8.1.4.3	Materiales y equipos utilizados	334
8.1.5	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	335
8.2	RESULTADOS	336
8.2.1	Resultados campaña de invierno 2017.....	336
8.2.1.1	Caracterización suelos	336

8.2.2	Resultados campaña de Verano 2018.....	365
8.2.2.1	Caracterización suelos	365
9	LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS).....	394
9.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	394
9.1.1	Descripción del área de estudio	394
9.1.2	Ubicación de puntos muestreo	395
9.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	398
9.1.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control.....	399
9.1.4.1	Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos	399
9.1.4.2	Metodología de muestreo flora y fauna acuática	402
9.1.5	Materiales y equipos utilizados.....	405
9.1.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro.....	405
9.2	RESULTADOS	407
9.2.1	Caracterización del hábitat durante campañas de invierno 2017 y verano 2018	407
9.2.1.1	Sector Peine	407
9.2.1.2	Sector La Punta y La Brava	414
9.2.1.3	Sector Tilopozo.....	419
9.2.2	Resultados del muestreo campaña de invierno 2017 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)	424
9.2.2.1	Resultados Calidad de agua	424
9.2.2.2	Resultados Calidad de sedimentos.....	429
9.2.2.3	Resultados Biota acuática.....	432
9.2.3	Resultados del muestreo campaña de verano 2018 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)	460
9.2.3.1	Resultados Calidad de agua	460
9.2.3.2	Resultados Calidad de sedimentos.....	464
9.2.3.3	Resultados Biota acuática.....	468
10	AREA DE LAGUNAS	495
10.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	498
10.1.1	Descripción del área de estudio	498
10.1.2	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua	501
10.1.3	Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua.....	501
10.1.4	Materiales y equipos utilizados.....	503
10.1.5	Metodología de muestreo y/o medición	503
10.1.6	Metodología de análisis de las imágenes satelitales para delimitación de cuerpos de agua	504

10.1.6.1	Imágenes de alta resolución – Pleiades-1A	504
10.1.6.2	Imagen de resolución media – LANDSAT 8	508
10.1.6.3	Procesamiento de las imágenes satelitales	509
10.1.6.4	Descripción del Modelo de Clasificación Supervisada de cuerpos de agua	510
10.1.6.5	Parámetros espectrales del modelo de clasificación	512
10.1.6.6	Umbrales y validación del modelo de clasificación	514
10.1.6.7	Depuración cartográfica de cuerpos de agua	517
10.1.7	Metodología de análisis comparativo para seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua.....	518
10.1.8	Fechas de medición	519
10.2	RESULTADOS	519
10.2.1	Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua.....	519
10.2.2	Superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar	524
10.2.3	La Punta y La Brava	525
10.2.3.1	Comparación con registros históricos de línea de base	525
10.2.3.2	Comparación entre imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8	529
10.2.3.3	Comparación entre monitoreos 2016 y 2017	529
10.2.4	Peine.....	532
10.2.4.1	Comparación con registros históricos de línea de base	532
10.2.4.2	Comparación entre imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8	534
10.2.4.3	Comparación entre monitoreos 2016 y 2017	534
11	NIVEL FREÁTICO EN LAGUNAS	537
11.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	538
11.1.1	Descripción del Área de Estudio.....	538
11.1.2	Ubicación de Puntos de medición y variables.....	540
11.1.3	Metodología de Muestreo, Medición y Análisis	542
11.1.4	Materiales y Equipos utilizados	542
11.1.5	Fechas de medición, muestro y/o análisis.	543
11.2	RESULTADOS	543
11.2.1	Resultados de los registros Abril 2017 a Marzo 2018.	543
12	DISCUSIÓN.....	547
12.1	En relación con Flora y Vegetación	547
12.1.1	Análisis Vegetación (COT)	547
12.1.1.1	Comparación monitoreo invierno 2017 y verano 2018	547
12.1.1.2	Comparación con valores históricos	552
12.1.2	Análisis Flora y Vegetación (Transectas)	553
12.1.2.1	Comparación entre invierno 2017 y verano 2018	554
12.1.2.2	Comparación con valores históricos	559
12.1.3	Distribución y cobertura de la vegetación azonal – Método de imágenes satelitales – NDVI	566
12.1.3.1	Comparación con valores históricos	566

12.1.4	Límites considerados en la evaluación de la flora y vegetación.....	569
12.2	En relación con Fauna Vertebrados Terrestres	569
12.2.1	Representatividad del muestreo.....	569
12.2.2	Riqueza, composición y caracterización de la fauna de vertebrados terrestres	570
12.2.3	Análisis por clase	577
12.2.3.1	Anfibios.....	577
12.2.3.2	Reptiles.....	577
12.2.3.3	Aves.....	577
12.2.3.4	Mamíferos.....	578
12.2.4	Composición por ambiente.....	579
12.2.5	Similitud	582
12.2.6	Abundancia y frecuencia (comparación entre campañas)	583
12.2.7	Abundancia por ambiente (densidad, comparación entre campañas)	588
12.2.8	Evolución de Fauna Vertebrados Terrestres	592
12.2.8.1	Riqueza y composición.....	592
12.2.8.2	Abundancia.....	596
12.3	En relación con Tapetes Microbianos	609
12.3.1	Análisis y Evolución Tapetes Microbianos por Sector.....	609
12.3.2	Limites Considerados.....	621
12.4	En relación con Suelo o Sustrato	622
12.4.1	Análisis de resultados campaña invierno 2017	622
12.4.1.1	Materia Orgánica	622
12.4.1.2	pH	623
12.4.1.3	Salinidad.....	625
12.4.1.4	Conductividad Eléctrica	626
12.4.1.5	Humedad	627
12.4.1.6	Nutrientes	628
12.4.1.7	Conductividad hidráulica o Permeabilidad	630
12.4.2	Análisis de resultados campaña verano 2018	631
12.4.2.1	Materia Orgánica	631
12.4.2.2	pH	633
12.4.2.3	Salinidad.....	634
12.4.2.4	Conductividad Eléctrica	635
12.4.2.5	Humedad	636
12.4.2.6	Nutrientes	638
12.4.2.7	Conductividad hidráulica (permeabilidad)	641
12.4.3	Análisis comparativo campañas 2016 - 2017 - 2018	642
12.4.3.1	Materia Orgánica	642
12.4.3.2	pH	646
12.4.3.3	Salinidad.....	650
12.4.3.4	Conductividad Eléctrica	652
12.4.3.5	Humedad	656
12.4.3.6	Nutrientes	660

12.4.3.7	Conductividad Hidráulica o Permeabilidad	670
12.4.3.8	Nivel Freático.....	673
12.4.4	Límites considerados en la evaluación de Suelo o Sustrato	675
12.5	En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos).....	675
12.5.1	Límites considerados en la evaluación de Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)	677
12.5.2	Calidad de agua	679
12.5.3	Calidad de sedimentos.....	682
12.5.4	Biota acuática.....	684
12.6	En relación con Área de Lagunas	698
12.6.1	Análisis de la validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua.....	698
12.6.2	Análisis de comparación con registros históricos de línea de base	699
12.6.3	Análisis de comparación entre el monitoreo de 2016 y 2017	700
12.6.4	Análisis de límites considerados en el seguimiento de los cuerpos de agua.....	701
12.7	En relación con Nivel Freático de Lagunas.....	702
12.7.1	Criterios considerados en la evaluación.	702
12.8	En relación con el Estado Ecológico del Sistema	703
12.8.1	Sistema La Punta – La Brava	704
12.8.1.1	Niveles Freáticos	704
12.8.1.2	Superficie de Lagunas.....	706
12.8.1.3	Vegetación.....	707
12.8.2	Sistema Peine	709
12.8.2.1	Niveles Freáticos	709
12.8.2.2	Superficie de Lagunas.....	710
12.8.2.3	Vegetación.....	711
13	CONCLUSIONES.....	713
13.1	En relación con Flora y Vegetación	713
13.2	En relación con Fauna Vertebrados	716
13.3	En relación con Tapetes Microbianos	719
13.4	En relación con Suelo o Sustrato	720
13.5	En relación con Limnología.....	723
13.6	En relación con Área Lagunas	724
13.7	En relación con Nivel Lagunas	725
13.8	En relación con el Estado Ecológico del Sistema	726
14	REFERENCIAS	730
14.1	Flora y Vegetación	730
14.2	Fauna Vertebrados Terrestres	732
14.3	Tapetes microbianos	738

14.4 Suelo o Sustrato.....	740
14.5 Limnología.....	742
14.6 Área de las Lagunas	745
14.7 Nivel Freático en Lagunas	748
15 ANEXOS.....	748

FIGURAS

Figura N° 2-1. Delimitación de las Areas de Estudio del Plan de Manejo Biótico	35
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)	39
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	40
Figura N° 5-1. Área de estudio para el monitoreo de la vegetación Invierno-2017 y Verano – 2018 en el Salar de Atacama.....	48
Figura N° 5-2. Localización general de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el área de estudio, Salar de Atacama.	68
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.....	69
Figura N° 5-4. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Peine, Salar de Atacama.	70
Figura N° 5-5. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Aguas de Quelana, Salar de Atacama.....	71
Figura N° 5-6. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Soncor, Salar de Atacama.	72
Figura N° 5-7. Localización de transectas de monitoreo del subcomponente biótico Flora y Vegetación en el subsector Tilopozo, Salar de Atacama.	73
Figura N° 5-8. Localización de sectores donde se obtienen los valores de NDVI en el área de estudio, Salar de Atacama.	82
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 2017.	95
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 2017.....	96

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 2017.....	97
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 2018.....	113
Figura N° 5-13. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en el sector Peine. Verano 2018.....	114
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, verano 2018.....	115
Figura N° 5-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	134
Figura N° 5-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de <i>Juncus balticus</i>	135
Figura N° 5-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	135
Figura N° 5-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> . .	136
Figura N° 5-19. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> .	136
Figura N° 5-20. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	137
Figura N° 5-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	152
Figura N° 5-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de <i>Juncus balticus</i>	153
Figura N° 5-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	153

Figura N° 5-24. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> . .	154
Figura N° 5-25. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> .	154
Figura N° 5-26. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	155
Figura N° 6-1. Área de Estudio Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres, y Puntos de Muestreo en tres sectores (líneas discontinuas).....	169
Figura N° 6-2. Localización de Puntos y Tipo de Monitoreo del Subcomponente Fauna de Vertebrados Terrestres en el área de estudio.	174
Figura N° 6-3. Categorías de conservación de la UICN.	184
Figura N° 6-4. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes.	204
Figura N° 6-5. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes	226
Figura N° 7-1. Ubicación puntos de muestreo Tapetes en el área de estudio	234
Figura N° 7-2. Zonación macroscópica utilizada para la caracterización de pigmentación laminar de tapetes microbianos en el área de estudio.	236
Figura N° 7-3. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos según identificación de macro-zonas pigmentadas, invierno 2017.....	240
Figura N° 7-4. Distribución número de capas de tapetes microbianos, invierno 2017.....	241
Figura N° 7-5. Espesor de tapetes microbianos, invierno 2017.....	242
Figura N° 7-6. Salinidad y Oxígeno Disuelto promedio, en Lagunas del Salar de Atacama, campaña invierno 2017.	281
Figura N° 7-7. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos, verano 2018	283
Figura N° 7-8. Distribución número de capas en tapetes microbianos, verano 2018.....	284
Figura N° 7-9. Espesor de tapetes microbianos, verano 2018.....	285
Figura N° 7-10. Gráfico de parámetros de salinidad y oxígeno disuelto promedio en Lagunas del Salar de Atacama. Verano 2018.....	324

Figura N° 8-1. Localización original y final de calicatas de monitoreo del componente físico – Suelo en el área de estudio, Salar de Atacama.....	328
Figura N° 8-2. Clases texturales del suelo.	334
Figura N° 9-1. Ubicación de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Agua y Sedimentos, Salar de Atacama....	397
Figura N° 9-2. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine. Campaña Invierno 2017.....	435
Figura N° 9-3. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2017.	437
Figura N° 9-4. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2017.....	438
Figura N° 9-5. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine. Campaña Invierno 2017.....	441
Figura N° 9-6. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2017.	443
Figura N° 9-7. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.	444
Figura N° 9-8. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (invierno 2017).....	446
Figura N° 9-9. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector Peine (invierno 2017).....	447
Figura N° 9-10. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2017).....	449
Figura N° 9-11. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2017).	450
Figura N° 9-12. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (invierno 2017).....	451
Figura N° 9-13. Abundancia relativa por Clase del zoobentos enSector Tilopozo (invierno 2017).....	451
Figura N° 9-14. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Peine (invierno 2017).....	453

Figura N° 9-15. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector Peine (invierno 2017).	454
Figura N° 9-16. Abundancia relativa del zooplancton en Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	455
Figura N° 9-17. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	456
Figura N° 9-18. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector Tilopozo (invierno 2017).	457
Figura N° 9-19. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector Tilopozo (invierno 2017).	458
Figura N° 9-20. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine. Campaña Verano 2018.	470
Figura N° 9-21. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava. Campaña Verano 2018.	472
Figura N° 9-22. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo.	474
Figura N° 9-23. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine. Campaña verano 2018	476
Figura N° 9-24. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava. Campaña verano 2018.	478
Figura N° 9-25. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.	480
Figura N° 9-26. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (verano 2018).	482
Figura N° 9-27. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector Peine (verano 2018).	482
Figura N° 9-28. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (verano 2018).	484
Figura N° 9-29. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector La Punta y la Brava (verano 2018).	485
Figura N° 9-30. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (verano 2018).	487

Figura N° 9-31. Abundancia relativa por Clase del zoobentos en Sector Tilopozo (verano 2018)	487
Figura N° 9-32. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Peine (verano 2018)	490
Figura N° 9-33. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector Peine (verano 2018)	490
Figura N° 9-34. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018)	492
Figura N° 9-35. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018)	492
Figura N° 9-36. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector Tilopozo (verano 2018)	493
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).	500
Figura N°10-2. Mosaicos norte y sur de imágenes de alta resolución Pleiades-1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, invierno 2017.	506
Figura N°10-3. Mosaicos norte y sur de imágenes de alta resolución Pleiades-1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama verano 2017.	507
Figura N°10-4. Imagen Landsat 8 (Banda 5) correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio A) Invierno 2017 y B) Verano 2017.	508
Figura N°10-5. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.	511
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>).	518
Figura N°10-7. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.	526
Figura N°10-8. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava, agosto – diciembre 2017.	528

Figura N°10-9. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8. .	530
Figura N°10-10. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 - 2017, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.	531
Figura N°10-11. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.....	532
Figura N°10-12. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2017.....	533
Figura N°10-13. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017, sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.	535
Figura N°10-14. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 - 2017, sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.	536
Figura N° 11-1. Área de Estudio.....	539
Figura N° 11-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta-La Brava (en el PMB)	541
Figura N° 11-3. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava	546
Figura N° 11-4. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine.....	546
Figura N° 12-1. 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.	606
Figura N° 12-2. 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.	607
Figura N° 12-3. 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.	608
Figura N° 12-4. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos presentes en Lagunas monitoreadas, en campañas	

invierno 2016 y 2017. Los datos corresponden a valores promedio ponderado.	612
Figura N° 12-5. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos presentes en Lagunas monitoreadas, en campañas verano 2017 y 2018. Los datos corresponden a valores promedio ponderado.	613
Figura N° 12-6. Variación de salinidad promedio en Lagunas, 2016-2018.....	618
Figura N° 12-7. Variación oxígeno disuelto promedio en Lagunas, 2016 - 2018.	619
Figura N° 12-8. Variación de turbiedad en Laguna Saladita, 2016-2018.....	620
Figura N° 12-9. Variación de pH en puntos de monitoreo del Salar de Atacama	621
Figura N° 12-10. Análisis de resultados materia orgánica (%)- Invierno 2017.....	623
Figura N° 12-11. Análisis de resultados para pH. Invierno 2017.....	624
Figura N° 12-12. Análisis de resultados para Salinidad (mg/kg).- Invierno 2017.	625
Figura N° 12-13. Análisis de resultados conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)- Invierno 2017.....	626
Figura N° 12-14. Análisis de resultados humedad (%) – Invierno 2017.....	627
Figura N° 12-15. Análisis de resultados nitrógeno (mg/kg) – Invierno 2017... ..	628
Figura N° 12-16. Análisis de resultados potasio (mg/Kg.) – Invierno 2017.....	629
Figura N° 12-17. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg) - Invierno 2017.	630
Figura N° 12-18. Análisis de resultados permeabilidad (cm/h). Invierno 2017.	631
Figura N° 12-19. Análisis de resultados para materia orgánica (%) – Verano 2018.....	632
Figura N° 12-20. Análisis de resultados para pH. Verano 2018.	633
Figura N° 12-21. Análisis de resultados para salinidad (mg/kg). Verano 2018.	634

Figura N° 12-22. Análisis de resultados para conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)- Verano 2018.....	636
Figura N° 12-23. Análisis de resultados para humedad (%) - Verano 2018.....	637
Figura N° 12-24. Análisis de resultados para nitrógeno (mg/kg)-Verano 2018.	638
Figura N° 12-25. Análisis de resultados para potasio (mg/kg)-Verano 2018..	639
Figura N° 12-26. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg)-Verano 2018... 	640
Figura N° 12-27. Análisis de resultados para conductividad hidráulica o permeabilidad (cm/h)-Verano 2018.	641
Figura N° 12-28. Resultados Materia Orgánica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.....	643
Figura N° 12-29. Resultados Materia Orgánica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine	644
Figura N° 12-30. Resultados Materia Orgánica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	645
Figura N° 12-31. Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta- La Brava.....	646
Figura N° 12-32. Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	647
Figura N° 12-33. Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	649
Figura N° 12-34. Resultados Salinidad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.....	650
Figura N° 12-35. Resultados Salinidad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	650
Figura N° 12-36. Resultados Salinidad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	652
Figura N° 12-37. Resultados C.E. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.....	653
Figura N° 12-38. Resultados C.E. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	654

Figura N° 12-39. Resultados C.E. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	655
Figura N° 12-40. Resultados Humedad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.	657
Figura N° 12-41. Resultados Humedad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	658
Figura N° 12-42. Resultados Humedad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	659
Figura N° 12-43. Resultados Nitrógeno. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.	660
Figura N° 12-44. Resultados Nitrógeno. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	662
Figura N° 12-45. Resultados Nitrógeno. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	663
Figura N° 12-46. Resultados Potasio. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.	664
Figura N° 12-47. Resultados Potasio. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	665
Figura N° 12-48. Resultados Potasio. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	666
Figura N° 12-49. Resultados Fósforo. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.	667
Figura N° 12-50. Resultados Fósforo. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	668
Figura N° 12-51. Resultados Fósforo. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	669
Figura N° 12-52. Resultados Conductividad Hidráulica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.	670
Figura N° 12-53. Resultados Conductividad Hidráulica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.	671
Figura N° 12-54. Resultados Conductividad Hidráulica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.	672

Figura N° 12-55. Profundidad nivel freático. Sectores La Punta-La Brava, Peine y Tilopozo.	674
Figura N° 12-56. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava, hasta marzo de 2018	705
Figura N° 12-57. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.....	706
Figura N° 12-58. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine, hasta marzo de 2018	709
Figura N°12-59. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.	710

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.....	36
Tabla N° 2-2. Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis	41
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.	42
Tabla N° 5-1. Puntos de validación COT, campaña de invierno 2017 y verano 2018 segundo año de monitoreo.....	50
Tabla N° 5-2. Estratificación por tipos biológicos y codificación de especies dominantes.	52
Tabla N° 5-3. Categorías de altura empleadas para la vegetación.....	52
Tabla N° 5-4. Rango de valores para la cobertura vegetal.....	53
Tabla N° 5-5. Categorías de posición topográfica.	53
Tabla N° 5-6. Caracterización del grado de alteración de la vegetación en las formaciones vegetales.	53
Tabla N° 5-7. Categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones utilizadas en el proceso de fotointerpretación y validación en terreno.....	58
Tabla N° 5-8. Definición de categorías de recubrimiento de suelo y tipos de formaciones con presencia en el área de estudio.....	58
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.....	61
Tabla N° 5-10. Ejemplos de la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la codificación de las unidades vegetales (UV).....	61
Tabla N° 5-11. Ejemplos comparativos para la denominación de las formaciones vegetales realizada a partir de la nomenclatura COT.....	62
Tabla N° 5-12. Ejemplo de agrupación de formaciones vegetales.	62

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).....	63
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.....	65
Tabla N° 5-15. Formaciones vegetales y número de transectas por sector.....	74
Tabla N° 5-16. Contenido de humedad del suelo.....	77
Tabla N° 5-17. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades - 1A.	84
Tabla N° 5-18. Umbrales de NDVI por formación vegetal y sector de monitoreo. ...	87
Tabla N° 5-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, invierno de 2017.	91
Tabla N° 5-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Invierno 2017.....	93
Tabla N° 5-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio, monitoreo verano de 2018.	110
Tabla N° 5-22. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto.	112
Tabla N° 5-23. Tipo de vegetación en las transectas de monitoreo.....	128
Tabla N° 5-24. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 3 (invierno 2017), en cada subsector.....	130
Tabla N° 5-25. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 3 (invierno 2017).	140
Tabla N° 5-26. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 3 (invierno 2017).	143
Tabla N° 5-27. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, en Monitoreo 3 (invierno 2017).....	144
Tabla N° 5-28. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 3 (invierno 2017).	145
Tabla N° 5-29. Resumen de la validación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 4 (verano 2018), en cada subsector.	147

Tabla N° 5-30. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 4 (verano 2018).....	157
Tabla N° 5-31. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 4 (verano 2018).....	160
Tabla N° 5-32. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, para el Monitoreo 4 (verano 2018).....	163
Tabla N° 5-33. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 4 (verano 2018).....	163
Tabla N° 5-34. Superficies de vegetación activa (NDVI) en base a la COT por sector.	164
Tabla N° 6-1. Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo (PM) de fauna. Sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 19.	171
Tabla N° 6-2. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la tercera campaña de monitoreo (invierno 2017). Se indica además, la presencia (X) en cada sector.	190
Tabla N° 6-3. Especies de fauna registradas por ambiente. Tercera campaña de monitoreo (invierno 2017). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.....	202
Tabla N° 6-4. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Tercera campaña de monitoreo (invierno 2017).....	206
Tabla N° 6-5. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Tercera campaña de monitoreo (invierno 2017).....	208
Tabla N° 6-6. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la cuarta campaña de monitoreo (verano 2018). Se indica además, la presencia (X) en cada sector.	210
Tabla N° 6-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Cuarta campaña de monitoreo (verano 2018). Se indica la presencia (X) en cada ambiente y sector.	224
Tabla N° 6-8. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Cuarta campaña de monitoreo (verano 2018).....	228
Tabla N° 6-9. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Cuarta campaña de monitoreo (verano 2018).....	230
Tabla N° 7-1. Puntos de medición Tapetes Microbianos PMB.....	232

Tabla N° 7-2. Caracterización Tapetes microbianos, invierno 2017.	239
Tabla N° 7-3. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas, Punto S-6A, Laguna Salada.	246
Tabla N° 7-4. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.	248
Tabla N° 7-5. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo SA-25 (SC: sin capas pigmentadas).	252
Tabla N° 7-6. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal y tapete sumergido, en el Punto de Monitoreo SA-25.	252
Tabla N° 7-7. Descripción general de la distribución vertical, estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.	255
Tabla N° 7-8. Descripción de la configuración laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.	258
Tabla N° 7-9. Descripción de la estructura laminar de tapetes en Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.	260
Tabla N° 7-10. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	262
Tabla N° 7-11. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.	265
Tabla N° 7-12. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.	267
Tabla N° 7-13. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.	269
Tabla N° 7-14. Descripción de tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.	271
Tabla N° 7-15. Descripción de tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.	271

Tabla N° 7-16. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, agosto 2017.	277
Tabla N° 7-17. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Invierno 2017.	280
Tabla N° 7-18. Caracterización de tapetes microbianos, verano 2018	282
Tabla N° 7-19. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas de tapetes microbianos, Punto S-6A, Laguna Salada.	289
Tabla N° 7-20. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.	292
Tabla N° 7-21. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo SA-25.	295
Tabla N° 7-22. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal y sumergido, Punto de Monitoreo SA-25.	296
Tabla N° 7-23. Descripción general de la estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.	300
Tabla N° 7-24. Descripción de la configuración laminar de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.	302
Tabla N° 7-25. Tabla Descripción de la estructura laminar en muestras del borde superficial y sedimento de Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.	304
Tabla N° 7-26. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	306
Tabla N° 7-27. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.	309
Tabla N° 7-28. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.	311
Tabla N° 7-29. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.	313

Tabla N° 7-30. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.	316
Tabla N° 7-31. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, verano 2018.	320
Tabla N° 7-32. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama (E.M. = Estación Meteorológica, registro de radiación solar total). Verano 2018.	323
Tabla N° 8-1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S), originales. Posición final Monitoreos 3 y 4, puntos de muestreo suelo.	327
Tabla N° 8-2. Parámetros medidos en subcomponente suelo.	328
Tabla N° 8-3. Parámetros evaluados y método de análisis. Componente Suelo.	330
Tabla N° 8-4. Valores de Materia orgánica (%).	331
Tabla N° 8-5. Interpretación del pH.	331
Tabla N° 8-6. Categorías de Salinidad.	332
Tabla N° 8-7. Niveles de Fosforo (mg/kg).	332
Tabla N° 8-8. Niveles de Nitrógeno (mg/kg)	332
Tabla N° 8-9. Niveles de Potasio (mg/kg)	332
Tabla N° 8-10. Rangos de conductividad hidráulica (permeabilidad) (cm/h)..	333
Tabla N° 8-11. Tamaño de partículas que determina la textura del suelo	333
Tabla N° 8-12. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Invierno 2017.	338
Tabla N° 8-13. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Invierno 2017.	340
Tabla N° 8-14. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Invierno 2017.	342
Tabla N° 8-15. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Invierno 2017.	344

Tabla N° 8-16. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Invierno 2017.....	346
Tabla N° 8-17. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Invierno 2017.....	348
Tabla N° 8-18. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Invierno 2017.....	350
Tabla N° 8-19. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Invierno 2017.....	352
Tabla N° 8-20. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Invierno 2017.....	354
Tabla N° 8-21. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Invierno 2017.....	356
Tabla N° 8-22. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Invierno 2017.....	358
Tabla N° 8-23. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Invierno.....	360
Tabla N° 8-24. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Invierno 2017.....	362
Tabla N° 8-25. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Invierno.....	364
Tabla N° 8-26. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Verano 2018.....	367
Tabla N° 8-27. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Verano 2018.....	369
Tabla N° 8-28. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Verano 2018.....	371
Tabla N° 8-29. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Verano 2018.....	373
Tabla N° 8-30. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Verano 2018.....	375
Tabla N° 8-31. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Verano 2018.....	377

Tabla N° 8-32. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Verano 2018.....	379
Tabla N° 8-33. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Verano 2018.....	380
Tabla N° 8-34. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Verano 2018.....	382
Tabla N° 8-35. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Verano 2018.....	384
Tabla N° 8-36. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Verano 2018.....	386
Tabla N° 8-37. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Verano 2018.....	388
Tabla N° 8-38. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Verano 2018.....	390
Tabla N° 8-39. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Verano 2018.....	392
Tabla N° 9-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2017 y verano 2018.....	396
Tabla N° 9-2. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de agua.	400
Tabla N° 9-3. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de Sedimentos.....	400
Tabla N° 9-4. Escala de tamaño de grano utilizada en base a Wentworth (1922).	401
Tabla N° 9-5. Resumen de metodologías de muestreo de componentes biológicos.....	402
Tabla N° 9-6. Instrumentos de medición <i>in situ</i> de parámetros del agua	405
Tabla N° 9-7. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática.....	405
Tabla N° 9-8. Fechas de muestreo de cada una de las variables.	406

Tabla N° 9-9. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine (invierno 2017).	424
Tabla N° 9-10. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	425
Tabla N° 9-11. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo (invierno 2017).	427
Tabla N° 9-12. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine (invierno 2017).	429
Tabla N° 9-13: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine (invierno 2017).	430
Tabla N° 9-14. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	430
Tabla N° 9-15: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	431
Tabla N° 9-16. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo (invierno 2017).	431
Tabla N° 9-17: Resultados granulométricos de los Sedimentos. Sector Tilopozo	432
Tabla N° 9-18. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine. Campaña Invierno 2017.	434
Tabla N° 9-19. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña invierno 2017.	436
Tabla N° 9-20. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2017.	438
Tabla N° 9-21. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine. Campaña Invierno 2017.	440
Tabla N° 9-22. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2017.	442
Tabla N° 9-23. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2017.	444
Tabla N° 9-24. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Peine (invierno 2017).	445

Tabla N° 9-25. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	448
Tabla N° 9-26. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Tilopozo (invierno 2017).	450
Tabla N° 9-27. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (invierno 2017).	452
Tabla N° 9-28. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).	454
Tabla N° 9-29. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (invierno 2017).	456
Tabla N° 9-30. Comunidad de Plantas vasculares acuáticas (% cobertura) en el área de estudio. Campaña invierno 2017.	459
Tabla N° 9-31. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine (verano 2018).	460
Tabla N° 9-32. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).	462
Tabla N° 9-33. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo (verano 2018).	463
Tabla N° 9-34. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine (verano 2018).	464
Tabla N° 9-35: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine (verano 2018)	465
Tabla N° 9-36. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).	466
Tabla N° 9-37: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).	467
Tabla N° 9-38. Resultados de calidad de Sedimentos en el Sector Tilopozo (verano 2018).	467
Tabla N° 9-39: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Tilopozo (verano 2018).	468
Tabla N° 9-40. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine. Campaña Verano 2018.	469

Tabla N° 9-41. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña Verano 2018.	471
Tabla N° 9-42. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo. Campaña Verano 2018.	473
Tabla N° 9-43. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine. Campaña verano 2018.	475
Tabla N° 9-44. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña verano 2018.	477
Tabla N° 9-45. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo. Campaña verano 2018.	479
Tabla N° 9-46. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Peine (verano 2018).	481
Tabla N° 9-47. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en en Sector La Punta y La Brava (verano 2018).	483
Tabla N° 9-48. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Tilopozo (verano 2018).	486
Tabla N° 9-49. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (verano 2018).	489
Tabla N° 9-50. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).	491
Tabla N° 9-51. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (verano 2018).	493
Tabla N° 9-52. Comunidad Macrófitas (% cobertura) en el área de estudio....	495
Tabla N°10-1. Resumen de Componentes y Variables	496
Tabla N°10-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargada de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control.....	497
Tabla N°10-3. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de invierno 2017, 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.....	502
Tabla N°10-4. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de verano 2017, 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.	503
Tabla N°10-5. Características técnicas del sensor Pleiades-1A.....	504
Tabla N°10-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8	508
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 2017.	515
Tabla N°10-8. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Agosto, 2017.....	520
Tabla N°10-9. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Agosto, 2017.....	521
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 de 2017.....	522
Tabla N°10-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Diciembre de 2017.	523
Tabla N° 10-12. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1A y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).	524
Tabla N° 10-13. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).	525
Tabla N° 11-1. Información Reportada.....	537
Tabla N° 11-2. Responsable de las Mediciones, Muestreo y/o Análisis	537
Tabla N° 11-3. Identificación de Compromiso	538

Tabla N° 11-4. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas	540
Tabla N° 11-5. Materiales y Equipos	542
Tabla N° 11-6. Fechas de Medición.....	543
Tabla N° 11-7. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava ...	543
Tabla N° 11-8. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine.....	544
Tabla N° 12-1. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano 2018 respecto al monitoreo de invierno 2017	549
Tabla N° 12-2. Variaciones en la cantidad de formaciones descritas por campaña	552
Tabla N° 12-3. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector.	567
Tabla N° 12-4. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de <i>Schoenoplectus californicus</i> , en relación a los registros históricos de alta resolución.	568
Tabla N° 12-5. Cuadro resumen de la presencia de tipos de tapetes en base a macro-zonas de pigmentación, en sector Peine.....	611
Tabla N° 12-6. Cuadro resumen de la presencia de tipos de tapetes en base a macro-zonas de pigmentación en Sector La Punta-La Brava..	612
Tabla N° 12-7. Cuadro resumen de la presencia de tipos de tapetes en base a macro-zonas de pigmentación en Vegas de Tilopozo.....	612
Tabla N° 12-8. Profundidad Nivel Freático. Monitoreos 1, 2, 3 y 4.....	673
Tabla N°12-9. Consolidado de índices <i>Kappa</i> de validación del modelo de clasificación para imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8.	698
Tabla N°12-10. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades 1A y Landsat 8) y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).	700
Tabla N° 12-11. Valores Mínimos, Máximos y Promedio de la Serie	703

Tabla N°12-12. Valores mínimos, máximos y promedio de la serie, sector Tilopozo – La Punta y La Brava.	705
Tabla N°12-13. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Tilopozo – La Punta y La Brava.	708
Tabla N° 12-14. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de <i>Schoenoplectus californicus</i>, en relación a los registros históricos de alta resolución, sector Tilopozo - La Punta y La Brava.	708
Tabla N°12-15. Valores mínimos, máximos y promedio de la serie, sector Peine.	709
Tabla N° 12-16. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Peine.	712
Tabla N° 12-17. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de <i>Schoenoplectus californicus</i>, en relación a los registros históricos de alta resolución, sector Peine.	712

FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 5-1. Ejemplo de estaca en el punto inicial de las transectas de monitoreo en el área del Salar.	76
Fotografía N° 5-2. Ejemplos de especies en estado fenológico vigoroso versus especies en estado latente y rastros.	78
Fotografía N° 5-3. Ejemplos de condiciones de sustrato definidas para el muestreo en áreas desprovistas de vegetación.	79
Fotografía N° 5-4. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo zonal.....	100
Fotografía N° 5-5. Fisonomía de formaciones vegetales de tipo azonal.....	105
Fotografía N° 5-6. Fisonomía de otros recubrimientos (sin vegetación) en el área de estudio.	107
Fotografía N° 5-7. Vegetación en lagunas al norte del sector Soncor.	107
Fotografía N° 5-8. Fisonomía de matorral con dominancia de <i>Tessaria absinthioides</i> , en el área de influencia.	118
Fotografía N° 5-9. Fisonomía de la formación vegetal de vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> , en el área de influencia.....	118
Fotografía N° 5-10. Fisonomía de la formación vegetal de vega de <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.	119
Fotografía N° 5-11. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Juncus balticus</i> , en el área de influencia.	121
Fotografía N° 5-12. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de <i>Schoenoplectus californicus</i> , en el área de influencia.	121
Fotografía N° 5-13. Fisonomía de la formación vegetal de vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> , y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.....	122
Fotografía N° 5-14. Fisonomía de la formación vegetal matorral – vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.....	123

Fotografía N° 5-15. Fisonomía de la formación vegetal de matorral hídrico con dominancia de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en el área de influencia.	125
Fotografía N° 5-16. Fisonomía de la formación vegetal matorral hídrico – vega con dominancia de <i>Lycium humile</i> , en el área de influencia.....	125
Fotografía N° 5-17. Fisonomía de la formación vegetal matorral hídrico – Vega con dominancia de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , en el área de influencia.	126
Fotografía N° 5-18. Fisonomía de la formación vegetal de matorral – vega de <i>Ephedra breana</i> y <i>Distichlis spicata</i> , en el área de influencia.	128
Fotografía N° 5-19. Fisonomía de herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en invierno 2017, en distintas transectas de estudio.	132
Fotografía N° 5-20. Fisonomía de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en invierno 2017, en transectas de estudio.	132
Fotografía N° 5-21. Fisonomía de herbazal de <i>Juncus balticus</i> en invierno 2017, en transectas de estudio.	132
Fotografía N° 5-22. Fisonomía de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> en invierno 2017, en transectas de estudio.	133
Fotografía N° 5-23. Fisonomía de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en invierno 2017, en transectas de estudio.	133
Fotografía N° 5-24. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> en invierno 2017, en transectas de estudio.	133
Fotografía N° 5-25. Fisonomía de herbazal de <i>Distichlis spicata</i> en verano 2018, en distintas transectas de estudio.	150
Fotografía N° 5-26. Fisonomía de herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en verano 2018, en transectas de estudio.....	150
Fotografía N° 5-27. Fisonomía de herbazal de <i>Juncus balticus</i> en verano 2018, en distintas transectas de estudio.	150
Fotografía N° 5-28. Fisonomía de herbazal de <i>Triglochin concinna</i> en verano 2018, en transectas de estudio.	151
Fotografía N° 5-29. Fisonomía de matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i> en verano 2018, en transectas de estudio.	151
Fotografía N° 5-30. Fisonomía de matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> en verano 2018, en transectas de estudio.	151

Fotografía N° 6-1. Ambientes del área de estudio. A) humedal salar (arriba; izquierda); B) humedal pajonal (arriba, derecha); C) herbazal (abajo, izquierda); D) matorral (abajo, derecha).....	175
Fotografía N° 6-2. Instalación de cámara trampa con atrayente olfativo.	180
Fotografía N° 6-3. Trampa tipo Sherman cebada y etiquetada.	181
Fotografía N° 6-4. Reptiles del área de estudio: lagartija de Constanza (superior) y lagartija de Fabián (inferior).	195
Fotografía N° 6-5. Aves del área de estudio: playero de Baird (arriba, izquierda), parina grande (arriba, derecha), pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y gaviota andina (abajo, derecha).....	197
Fotografía N° 6-6. Macromamíferos del área de estudio: zorro culpeo.	199
Fotografía N° 6-7. Micromamíferos del área de estudio: tuco-tuco de Atacama (superior), y ratón orejudo amarillo (inferior).....	200
Fotografía N° 6-8. Sapo espinoso, única especie de anfibio registrada en el área de estudio.	216
Fotografía N° 6-9. Reptiles del área de estudio: lagartija de Constanza (superior) y lagartija de Fabián (inferior).	217
Fotografía N° 6-10. Aves del área de estudio: pato juarjual (arriba, izquierda), parina grande (arriba, derecha), pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y flamenco chileno (abajo, derecha).	219
Fotografía N° 6-11. Mamíferos del área de estudio: tuco tuco de Atacama (superior), y feca de puma (inferior).	221
Fotografía N° 6-12. Mamíferos del área de estudio: ratón andino (arriba) y ratón orejudo amarillo (abajo).	222
Fotografía N° 7-1. Tapete microbiano del sitio S-9.....	237
Fotografía N° 7-2. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, agosto 2017.	243
Fotografía N° 7-3. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5	243
Fotografía N° 7-4. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2017....	244
Fotografía N° 7-5. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A (marca de escala=3 mm), agosto 2017.	245
Fotografía N° 7-6. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A,.....	245

Fotografía N° 7-7. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada, agosto 2017.	247
Fotografía N° 7-8. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = 3 mm), agosto 2017.	247
Fotografía N° 7-9. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-9.	248
Fotografía N° 7-10. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, agosto 2017.	249
Fotografía N° 7-11. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita (marca de escala= 3 mm).....	250
Fotografía N° 7-12. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25. Se observa la estratificación de 2 capas pigmentadas (marca de escala = 3 mm).....	250
Fotografía N° 7-13. Formaciones esferoidales de base vegetal (círculo rojo) que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25.....	251
Fotografía N° 7-14. Tapete microbiano de base vegetal presente en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita.	251
Fotografía N° 7-15. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.....	253
Fotografía N° 7-16. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	253
Fotografía N° 7-17. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.....	254
Fotografía N° 7-18. Tapete microbiano del sector S-11, en borde superficial interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 3 mm). ...	255
Fotografía N° 7-19. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.....	256
Fotografía N° 7-20. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	257
Fotografía N° 7-21. Muestra del borde sumergido de Laguna Interna, sector I-11. Se observa la estratificación de capas pigmentadas (marca de escala = 2 mm).	257
Fotografía N° 7-22. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.....	259

Fotografía N° 7-23. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna (marca de escala = 5 mm).	259
Fotografía N° 7-24. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	261
Fotografía N° 7-25. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.	261
Fotografía N° 7-26. Tapete microbiano del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala = 2 mm).	262
Fotografía N° 7-27. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.	263
Fotografía N° 7-28. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta.	264
Fotografía N° 7-29. Tapete microbiano del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 2 mm).	264
Fotografía N° 7-30. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-1, Laguna La Brava.	266
Fotografía N° 7-31. Vista lateral tapete microbiano en Punto LB-1, Laguna La Brava (marca de escala= 2 mm)	266
Fotografía N° 7-32. Área de muestreo de tapetes en Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.	268
Fotografía N° 7-33. Tapete microbiano sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 3 mm).	268
Fotografía N° 7-34. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.	270
Fotografía N° 7-35. Tapete microbiano sumergido Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 2 mm).	270
Fotografía N° 7-36. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.	272
Fotografía N° 7-37. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Vegas de Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos. ..	273
Fotografía N° 7-38. Punto de Monitoreo TB-2, Vegas de Tilopozo.	274

Fotografía N° 7-39. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo.....	274
Fotografía N° 7-40. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.....	275
Fotografía N° 7-41. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	276
Fotografía N° 7-42. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1).	278
Fotografía N° 7-43. Estructuras semejantes a microbialitos, observadas en laguna La Punta (LP-23).	278
Fotografía N° 7-44. Estructuras semejantes a evaporitas, observadas en laguna La Punta (LP-24) (Izquierda) y Laguna Interna (I-11) (Derecha).279	279
Fotografía N° 7-45. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada.....	286
Fotografía N° 7-46. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada. Se observa ausencia de tapetes microbianos	286
Fotografía N° 7-47. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada.	287
Fotografía N° 7-48. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A.....	288
Fotografía N° 7-49. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada.	288
Fotografía N° 7-50. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada.....	290
Fotografía N° 7-51. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.....	291
Fotografía N° 7-52. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = mm).	291
Fotografía N° 7-53. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita.	293
Fotografía N° 7-54. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita. Se observa la presencia de una ligera monocapa verde sub-superficial (marca de escala = mm).	293

Fotografía N° 7-55. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25. (marca de escala = 3 mm).....	294
Fotografía N° 7-56. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25 (marca de escala = 5 cm).	294
Fotografía N° 7-57. Tapete microbiano asociado a formaciones vegetacionales en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita (marca de escala = 3 mm).....	295
Fotografía N° 7-58. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.....	296
Fotografía N° 7-59. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	297
Fotografía N° 7-60. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.....	298
Fotografía N° 7-61. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita. Zona sumergida muestreada donde anteriormente se situaba planicie monitoreada en campañas anteriores (izquierda, Flecha roja). Planicie próxima donde se observaron tapetes microbianos (derecha).....	298
Fotografía N° 7-62. Tapete microbiano del sector S-11, en planicie interna de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 2 mm).	299
Fotografía N° 7-63. Tapete microbiano en sedimento del sector S-11, Laguna Saladita (marca de escala = 3 mm).	299
Fotografía N° 7-64. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.....	301
Fotografía N° 7-65. Tapete microbiano en borde sumergido del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna (marca de escala = 3 mm).	301
Fotografía N° 7-66. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.....	303
Fotografía N° 7-67. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna.....	303
Fotografía N° 7-68. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.	305
Fotografía N° 7-69. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 4 mm).	305
Fotografía N° 7-70. Tapetes microbianos del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 4 mm).....	306

Fotografía N° 7-71. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta	307
Fotografía N° 7-72. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta (marca de escala= 5 mm).	308
Fotografía N° 7-73. Tapetes microbianos del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 4 mm).....	308
Fotografía N° 7-74. Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.....	310
Fotografía N° 7-75. Tapete microbiano del sector LB-1 (sumergido), Laguna La Brava.....	310
Fotografía N° 7-76. Tapete microbiano del sector LB-1 (superficial), Laguna La Brava (marca de escala = 2 mm).....	311
Fotografía N° 7-77. Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.....	312
Fotografía N° 7-78. Tapetes microbianos sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 3 mm).	313
Fotografía N° 7-79. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.....	314
Fotografía N° 7-80. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 4 mm)	315
Fotografía N° 7-81. Tapetes microbianos en superficie expuesta, Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala= 2 mm). ..	315
Fotografía N° 7-82. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.....	317
Fotografía N° 7-83. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.....	317
Fotografía N° 7-84. Punto de Monitoreo TB-2, Vegas de Tilopozo.	318
Fotografía N° 7-85. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos (izquierda). Columna de agua del sistema (Derecha).....	319
Fotografía N° 7-86. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.....	319
Fotografía N° 7-87. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.	320
Fotografía N° 7-88. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1)	321

Fotografía N° 7-89. Estructuras semejantes a microbialitos, observados en laguna La Punta (LP-23).	321
Fotografía N° 7-90. Estructuras semejantes a evaporitas, observados en laguna La Punta (LP-24) (Izquierda) y Laguna Interna (I-11) (Derecha).	322
Fotografía N° 8-1. Materiales utilizados para extraer muestras de suelo para conductividad hidráulica (permeabilidad).	335
Fotografía N° 8-2. Vista general punto de muestreo S 1. Invierno 2017.	337
Fotografía N° 8-3. Vista general perfil punto de muestreo S 1, invierno 2017.	338
Fotografía N° 8-4. Vista general punto de muestreo S 2. Invierno 2017.	339
Fotografía N° 8-5. Vista general perfil punto de muestreo S 2, invierno 2017.	340
Fotografía N° 8-6. Vista general punto de muestreo S 7. Invierno 2017.	341
Fotografía N° 8-7. Vista general perfil punto de muestreo S 7, invierno 2017.	342
Fotografía N° 8-8. Vista general punto de muestreo S 8. Invierno 2017.	343
Fotografía N° 8-9. Vista general perfil punto de muestreo S 8, invierno 2017.	344
Fotografía N° 8-10. Vista general punto de muestreo S 9. Invierno 2017.	345
Fotografía N° 8-11. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Invierno 2017.	346
Fotografía N° 8-12. Vista general punto de muestreo S 13. Invierno 2017.	347
Fotografía N° 8-13. Vista general perfil punto de muestreo S 13, invierno 2017.	348
Fotografía N° 8-14. Vista general punto de muestreo S 3. Invierno 2017.	349
Fotografía N° 8-15. Vista general perfil punto de muestreo S 3, invierno 2017.	350
Fotografía N° 8-16. Vista general punto de muestreo S 4, invierno 2017.	351
Fotografía N° 8-17. Vista general perfil punto de muestreo S 4, invierno 2017.	352
Fotografía N° 8-18. Vista general punto de muestreo S 5. Invierno 2017.	353

Fotografía N° 8-19. Vista general perfil de suelo punto de muestreo S 5, invierno 2017.	354
Fotografía N° 8-20. Vista general calicata punto de muestreo S 5, nivel freático subsuperficial a 5 cm. Invierno 2017.	355
Fotografía N° 8-21. Vista general punto de muestreo S 6. Invierno 2017.	355
Fotografía N° 8-22. Vista general perfil punto de muestreo S 6, invierno 2017.	357
Fotografía N° 8-23. Vista general punto de muestreo S 10. Invierno 2017.	357
Fotografía N° 8-24. Vista general perfil punto de muestreo S 10, invierno 2017.	359
Fotografía N° 8-25. Vista general punto de muestreo S 11. Invierno 2017.	359
Fotografía N° 8-26. Vista general perfil punto de muestreo S 11, nivel freático subsuperficial. Invierno 2017.	361
Fotografía N° 8-27. Vista general punto de muestreo S 12. Invierno 2017.	361
Fotografía N° 8-28. Vista general perfil punto de muestreo S 12, invierno 2017.	363
Fotografía N° 8-29. Vista general punto de muestreo S 14. Invierno 2017.	363
Fotografía N° 8-30. Vista general perfil punto de muestreo S 14, invierno 2017.	365
Fotografía N° 8-31. Vista general punto de muestreo S 1. Verano 2018.	366
Fotografía N° 8-32. Vista general perfil punto de muestreo S 1. Verano 2018.	367
Fotografía N° 8-33. Vista general punto de muestreo S 2. Verano 2018.	368
Fotografía N° 8-34. Vista general perfil punto de muestreo S 2. Verano 2018.	369
Fotografía N° 8-35. Vista general punto de muestreo S 7. Verano 2018.	370
Fotografía N° 8-36. Vista general perfil punto de muestreo S 7. Verano 2018.	371
Fotografía N° 8-37. Vista general punto de muestreo S 8. Verano 2018.	372
Fotografía N° 8-38. Vista general perfil punto de muestreo S 8. Verano 2018.	373
Fotografía N° 8-39. Vista general punto de muestreo S 9. Verano 2018.	374

Fotografía N° 8-40. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Verano 2018.375

Fotografía N° 8-41. Vista general punto de muestreo S 13. Verano 2018. 376

**Fotografía N° 8-42. Vista general perfil punto de muestreo S 13. Verano 2018.
 377**

Fotografía N° 8-43. Vista general punto de muestreo 3 (S 3). Verano 2018. 378

Fotografía N° 8-44. Vista general perfil punto de muestreo S 3. Verano 2018.379

Fotografía N° 8-45. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2018.380

Fotografía N° 8-46. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2018.381

Fotografía N° 8-47. Vista general punto de muestreo S 5. Verano 2018. 381

Fotografía N° 8-48. Vista general perfil punto de muestreo S 5. Verano 2018.383

Fotografía N° 8-49. Vista general punto de muestreo S 6. Verano 2018. 383

Fotografía N° 8-50. Vista general perfil punto de muestreo S 6. Verano 2018.385

Fotografía N° 8-51. Vista general punto de muestreo S 10. Verano 2018. 385

**Fotografía N° 8-52. Vista general perfil punto de muestreo S 10. Verano 2018.
 387**

Fotografía N° 8-53. Vista general punto de muestreo S 11. Verano 2018. 387

**Fotografía N° 8-54. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Verano 2018.
 389**

Fotografía N° 8-55. Vista general punto de muestreo S 12. Verano 2018. 389

**Fotografía N° 8-56. Vista general perfil punto de muestreo S 12. Verano 2018.
 391**

Fotografía N° 8-57. Vista general punto de muestreo S 14. Verano 2017. 391

**Fotografía N° 8-58. Vista general perfil punto de muestreo S 14. Verano, 2018.
 393**

**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. 398**

**Fotografía N° 9-2. Estación S-9. Campaña de Invierno 2017 y Campaña de
 verano 2018. 408**

- Fotografía N° 9-3. Estación S-5. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Hidrófita sumergida. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación. d. Parche de hidrófita *Ruppia* y sustrato fino. 409**
- Fotografía N° 9-4. Estación S-10. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación. d. Parche de hidrófita *Ruppia* y sustrato fino. 410**
- Fotografía N° 9-5. Estación SA-25. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Parche de la hidrófita *Ruppia* en línea de costa y sustrato fino. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación. d. Parche de la hidrófita de *Ruppia* en línea de costa y sustrato fino. 411**
- Fotografía N° 9-6. Estación I-11. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2018. c y d. Vista panorámica de la estación. 412**
- Fotografía N° 9-7. Estación I-17. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2018. c y d. Vista panorámica de la estación. 413**
- Fotografía N° 9-8. Estación LB-1. Campaña Invierno 2017 .a., b. Vista panorámica de la estación sin hidrófitas.y Campaña Verano 2018 c. y d. Vista panorámica de la estación sin hidrófitas..... 414**
- Fotografía N° 9-9. Estación LB-2. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y costra salina. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Especie emergente (Helófita: *Triglochin concinna*)..... 415**
- Fotografía N° 9-10. Estación LB-3. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y junta afluyente con laguna. Campaña Verano 2018. c. y d. Vista panorámica de la estación y afluyente. 416**
- Fotografía N° 9-11. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y parche *Sarcocornia fruticosa* (helófita). Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Parche helófitas *S. fruticosa*, *Puccinellia frigida* y *T. concinna*. 417**
- Fotografía N° 9-12. Estación LP-24. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y parche *Sarcocornia***

<i>fruticosa</i> (helófitas) y <i>Ruppia</i> (hidrófitas). Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Parche helófitas <i>S. fruticosa</i> en línea de costa y <i>Ruppia</i> dentro del agua.....	418
Fotografía N° 9-13. Estación TB-1. Campaña Invierno 2017 y Campaña Verano 2018.....	420
Fotografía N° 9-14. Estación TB-2. Estación TB-1.....	422
Fotografía N° 9-15. Estación TB-3. Campaña Invierno 2017 y Campaña Verano 2018.....	423
Fotografía N° 9-16. <i>Heleobia atacamensis</i> encontrada en Laguna La Punta (Agosto 2017)	448
Fotografía N° 9-17. <i>Heleobia atacamensis</i> encontrada en Laguna La Punta (Abril 2018).	485

1 RESUMEN

El presente informe corresponde al primer 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 2017 y verano 2017-2018, las cuales se desarrollaron durante los meses de agosto del 2017, y entre diciembre del 2017 (para seguimiento de superficies lagunares) y marzo - abril del 2018.

La campaña correspondiente a invierno 2017, se desarrolló entre los días 01 al 26 del mes de agosto de 2017, y constituye la tercera campaña de monitoreo del PMB del proyecto. Por su parte, la campaña correspondiente a verano 2017-2018, dependiendo de la variable, se desarrolló durante los meses de diciembre 2017 y marzo-abril 2018, constituyendo la cuarta campaña PMB del proyecto. Corresponden estas fechas por una primera parte, a la campaña de medición de superficie de Lagunas, realizada entre el 27 al 30 de diciembre de 2017, y por la otra, a la campaña de seguimiento de componentes bióticas (PMB), realizada entre el 28 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). Es relevante señalar al respecto, que la implementación de la campaña, tal como quedase estipulado en la evaluación ambiental, busca realizarse en situación post lluvias, con su efecto condicionante sobre el área de estudio, no obstante, este verano 2018 solo llovió en la alta cordillera, y no sobre el salar directamente, que era lo esperado para iniciar las campañas. Dado que las precipitaciones esperadas sobre el salar finalmente no llegaron, y con el objetivo de no atrasar aún más las campañas de monitoreo, es que se ejecutaron los trabajos de seguimiento en las fechas señaladas.

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 julio y diciembre, con un mes de desfase, por lo que también se cumple con el

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

compromiso semestral de la misma en el PMB. Es importante destacar, que éste fue reportado de manera independiente el día 01 de marzo 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 operaciones. En cambio, desde diciembre 2016 a abril 2018, 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 que avancen las campañas de monitoreo en el tiempo y se vayan generando registros. 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 y más relevantes resultados, análisis y conclusiones del Informe N°2 del Plan de Manejo Biótico - PMB , según estas subcomponentes o variables monitoreadas:

En relación con Flora y Vegetación:

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

En cada subsector se realiza el monitoreo del subcomponente flora, a través de la medición del parámetro de composición y cobertura de especies, en base al método "Intercepto de Puntos". La definición de puntos de transectas se realiza en levantamiento previo, denominado en adelante "Monitoreo Base 0 – MB0" (RWL-Cedrem 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 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",

² Comprobante de Remisión de Antecedentes Respecto de las Condiciones, Compromisos y Medidas Establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental SMA con fecha 01 de marzo de 2018. División de Fiscalización SMA. Cod: 67266.

que define las transectas y su metodología para la evaluación pre operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

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

En el monitoreo COT de invierno 2017, se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación representada por un 78,0% de superficie del área de estudio. En cuanto a superficie con vegetación, se observa una representatividad de 9,5% con vegetación zonal y un 12,5% con vegetación azonal. A partir de lo anterior, se describieron nueve formaciones de matorrales zonales, de las cuales siete fueron clasificadas en tres agrupaciones según dominancia; diez formaciones vegetales azonales de humedal, donde cinco se clasificaron en tres agrupaciones de acuerdo con la dominancia, y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, tres de matorral – vega, donde una se clasificó como agrupación según dominancia y nueve de matorral hídrico – vega, en que ocho fueron clasificadas en dos agrupaciones según dominancia.

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales con dominancia de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.945,7 ha (5,9%), 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 976,4 ha (3,0%) localizada principalmente en el sector de Tilopozo, y los matorrales – vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* con 1.665,6 ha (5,0%) ampliamente distribuidos en cuatro sectores, concentradas sus formaciones en el sector Quelana.

La formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (38 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 *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea*, el matorral – vega de *Tessaria absinthioides*, *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata* (Peine), la vega de *Phragmites australis*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*, matorral – vega de *Ephedra breana* y *Distichlis spicata* (Tilopozo), 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.

En la campaña de verano 2018, se registraron tres tipos de recubrimientos de suelo: zonas sin vegetación que ocupan en total el 78,1% de la superficie total del área de estudio (25.831,1 ha); vegetación zonal, que ocupa el 8,7% de la superficie total (2.878,7

ha); y vegetación azonal que constituye un 13,2% de la superficie total (4.360,2 ha). Asimismo, se registran seis recubrimientos de suelo, que en conjunto tienen un total de 33.070,1 hectáreas: áreas desprovistas de vegetación, áreas industriales, cuerpos de agua, humedales, formaciones mixtas de matorral – humedal, y matorrales zonales.

Las áreas desprovistas de vegetación representan el 73,2% de la superficie del área de estudio y corresponden a áreas denudadas (2,3%) y salares (70,8%). Las áreas industriales representan el 3,8% de la superficie total y está compuesta por centros industriales (3,6%) y suelos removidos (0,1%). Las áreas con vegetación recubren un 21,9% (7.238,9 ha) de la superficie total del área de estudio y se encuentran representadas por los tipos de formaciones zonales de matorrales, y azonales de humedales (vegas) y matorrales mixtos (matorral hídrico y formaciones mixtas).

En cuanto a la vegetación zonal, el recubrimiento de matorrales ocupa 2.878,7 hectáreas, que representa un 8,7% de la superficie total, y está constituido por matorrales representados por ocho formaciones vegetales clasificadas según dominancia y fisonomía. La principales formaciones vegetales de representativas del tipo de vegetación zonal son los matorrales con dominancia de *Tessaria absinthioides* que ocupa una superficie de 1.626,8 ha (4,9%), que se distribuye mayormente en el sector de Peine.

En cuanto a la vegetación azonal, el recubrimiento de matorral - humedal se encuentra representado por tres tipos de formaciones, los matorrales hídricos que abarcan el 0,8% de la superficie del área de estudio (256,8 hectáreas), las vegas con 1.391,4 hectáreas que representa el 4,2%, las formaciones mixtas de matorral – vega con 2.139,3 ha (6,5%), y las formaciones mixtas de matorral hídrico – vega con 563,7 hectáreas con 1,7%. Este tipo de vegetación azonal ocupa 4.360,2 hectáreas un 13,2% del total del área de estudio

Descrito lo anterior, el monitoreo anual período 2017 - 2018 describe 33 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 anual anterior (2016 – 2017) (31).

Las principales variaciones se observan en la cobertura y composición de especies dentro de las formaciones que implica el ajuste de los límites de las formaciones en algunos casos, y el cambio en la dominancia de especies en otros, que representan diferencias no biológicas y que reorganizan las unidades en estudio.

El ajuste realizado producto del monitoreo de verano de 2017, detalla variaciones que fueron confirmadas en terreno, validando los hallazgos de línea de base, y robusteciendo la información base para monitoreos siguientes en base a una escala más detallada (1:2.000), como se observa en el monitoreo de verano de 2018 respecto del monitoreo de invierno 2017, en que las formaciones reflejan las variaciones estacionales.

En cuanto a las formaciones vegetales, el análisis de flora y vegetación indica que en ambos monitoreos (M3 y M4) se observan, en general, las mismas características de estructura de las formaciones, composición de especies dominantes y fisonomía. Sin embargo, se verifica un aumento de la cobertura de la formación en una transecta y la disminución en dos transectas de acuerdo a los rangos de cobertura por estrato dominante de la COT; algunas diferencias con respecto a las características físicas del suelo en donde se desarrollan estas formaciones vegetales, principalmente en la salinidad que disminuyó el rango en el monitoreo de verano en el matorral de *T. absinthioides*; y algunas diferencias en la riqueza registrada entre monitoreos, donde en verano se registra una especie adicional en cuatro transectas (T20, T13, T03 y T12) y al contrario, se observa una especie adicional en invierno en las transectas T21 y T11.

Referente a la composición y coberturas registradas en las campañas de invierno (M3) y verano (M4), se observa que el herbazal de *Schoenoplectus californicus* localizado en el sector de Tilopozo y Peine, presenta en los monitoreos la mayor cobertura absoluta de toda el área de estudio, tanto en su especie dominante como en las transectas (seis) definidas en esta formación. Por otra parte, las especies acompañantes presentes en las transectas *Baccharis juncea*, *Lycium humile*, *Nitrophila atacamensis* y *Puccinellia frígida* en general mantienen similares sus coberturas en M4, con respecto a M3, con algunas diferencias observadas en un matorral de *Sarcocornia fruticosa* donde disminuye en M4 la cobertura promedio de las especies *N. atacamensis* y *P. frígida* y el aumento de la cobertura promedio *B. juncea* en M4 en el herbazal de *S. californicus*.

La cobertura absoluta por transecta, en M3 y M4 los mayores valores se observan en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*. En cuanto a los valores de menor cobertura absoluta por transecta (menor al 10%), en M3 destacan tres transectas en herbazales de *Distichlis spicata*, dos transectas en un herbazal de *Juncus balticus*, dos transectas en un matorral de *Tessaria absinthioides*, y una transecta en un herbazal de *Triglochin concinna*. En M4, se mantienen el número de transectas por formación entre los valores más bajos (<10%) y se agrega una cuarta transecta en el herbazal de *D. spicata*. En general, la cobertura muerta (absoluta) se registra para todas las formaciones estudiadas, presentando algunas diferencias entre monitoreos y entre transectas.

Con respecto a la riqueza de especies, en general se mantienen los registros desde M3 a M4, presentando algunas diferencias en pocas transectas. En M4 se registra una especie más en cuatro transectas (T03, T13, T20 y T12) y, al contrario, en M3 se registra una especie adicional en T21 y T11 con respecto a M4.

Con respecto a la cobertura absoluta de otros recubrimientos, en general no se observan mayores diferencias de coberturas al comparar los resultados entre M3 y M4. 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 M4.

En los valores de cobertura promedio por subsector, se observa una diferencia de un 69,6% registrado en M3 a 62,5% en M4 en Peine, correspondiente al subsector con mayor cobertura vegetal promedio, en contraste del subsector La Brava con la menor cobertura promedio de 3,6%, pero que se mantiene en ambos monitoreos. Los otros subsectores presentan algunas diferencias en sus coberturas promedio de M3 a M4, pero se mantienen en un rango de 30 a 40%, aproximadamente.

De acuerdo a la comparación histórica entre monitoreos, en general, el herbazal de *Schoenoplectus californicus* mantiene similares las coberturas vegetales de M3 con respecto a la cobertura total de la vegetación o a nivel de especie y en la cobertura de rastrojos con respecto a la condición inicial determinada para la primera fase pre operacional de este estudio en el Monitoreo Base 0 (implementación de transectas en fase previa a la construcción y operación del proyecto; Anexo 2, Adenda 5 RWL 2015). Asimismo, en M4 la tendencia de la especie *Schoenoplectus californicus* continúa, alcanzando la mayor cobertura absoluta, aunque ninguna con un 100% como se había registrado en monitoreos anteriores. Este herbazal exhibe una disminución en la cobertura de sus especies presentes y al mismo tiempo un aumento en la cobertura muerta medida por medio de rastrojos o individuos de apariencia muerta. Estas diferencias se atribuyen al criterio de clasificación de los individuos vivos y muertos aplicado en terreno, ya que en épocas de estiaje ciertas plantas son más sensibles a la respuesta hídrica y se secan en las temporadas de invierno esperando rebrotar en las épocas más húmedas, por lo tanto, estas diferencias no se consideran una consecuencia de algún tipo de cambio en la disponibilidad de suministro hídrico o de tipo ambiental en la zona, aunque en el M4 de verano la disminución continúa observándose. Estos comportamientos podrían relacionarse con recambio natural del sistema y a la reducida precipitación caída en la zona.

Por otro lado, en general se observa una disminución en las coberturas de vegetación viva para las otras formaciones vegetales, comparando los resultados de MB0 y M3; y MB0 a M4. Aunque también destacan algunas diferencias que se presentaron al comparar la variación interanual y no sólo la variación que ha ocurrido directamente desde MB0 a los monitoreos M3 y M4. Por un lado, el herbazal de *Juncus balticus* presenta una recuperación en la cobertura vegetal en el último año de monitoreo (M3 y M4) con respecto al descenso que se había reflejado en M2 al comparar la condición inicial en MB0, algo similar ocurre para cuatro de las ocho transectas del herbazal de *Distichlis spicata*, donde en el último monitoreo (M4) se observa un aumento de la cobertura vegetal de la transecta, con respecto a lo registrado en MB0.

Entre los valores que disminuyeron su cobertura por formación en M4, se puede mencionar que en el matorral de *Tessaria absinthioides* se verifica una disminución de la cobertura absoluta en las seis transectas donde domina esta especie desde MB0 a M3 y de M3 a M4, asimismo ocurre en las cuatro transectas del herbazal de *Juncus balticus*

donde disminuye la cobertura en M3 con respecto a MB0, pero se observa un aumento en la cobertura en M4 con respecto a M3.

Por último, cabe señalar que con las diferencias de cobertura entre monitoreos no se puede indicar una tendencia. Si bien se observan disminuciones y aumentos de cobertura en M3 y M4 con respecto a MB0, una pérdida de cobertura reflejada tanto a nivel de algunas especies o en algunas transectas, son un parámetro para seguir observando la condición estacional, sobre todo porque en el último monitoreo de verano algunas transectas aumentaron su cobertura con respecto al de invierno (M3), por lo que es importante evaluar y seguir comparando estos resultados con los siguientes monitoreos.

En cuanto a la cobertura de vegetación activa, calculada a partir de imágenes de alta resolución Pleiades 1B en base al **Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)** (por su sigla en inglés), se concluye que la superficie de vegetación activa para los sectores de 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 monitoreo de verano de 2017, como el de verano de 2018.

En cuanto a los resultados de alta resolución, la superficie de vegetación activa para los sectores de los sectores Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine, éstos superan los valores mínimos históricos en ambos monitoreos. En cuanto a Soncor, la superficie de vegetación activa se encuentra sólo en el límite Oeste del sistema, por lo que sus valores fueron ajustados en base a lo observado en terreno durante el monitoreo 2016 - 2017, por lo que las superficies de vegetación activa corresponde a 7,6 ha en verano de 2017 y 6,0 ha en verano 2018, éste último menor que el período anterior.

Por otra parte, en todos los sectores, al comparar las superficies de vegetación activa del monitoreo de verano de 2017 con el de verano de 2018, éste último presenta valores menores que el anterior.

En cuanto a las formaciones de vega (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, el sector de Tilopozo – La Punta y La Brava supera la superficie mínima y se encuentra dentro del rango de los registros históricos en ambos periodos. El sector de Peine muestra un valor menor al mínimo histórico y al periodo de verano de 2017 (20,3 ha) lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en el último periodo.

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 del Servicio Agrícola y Ganadero (ver **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

La tercera campaña de monitoreo, invierno 2017, se realizó entre el 21 al 26 de agosto de 2017, 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: trampeos 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 23 especies, siendo estas 2 especies de reptiles, 17 especies de aves y 4 especies de mamíferos. Del total, 10 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, 7 se consideran amenazadas). En detalle, estas especies corresponden a las 2 especies de reptiles detectadas, 5 de las especies de aves y 3 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 19 especies se clasifican como nativas (17 especies de aves y 2 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 2017, se registraron 15 especies en el sector de La Punta y La Brava, seguido por el registro de 13 especies en Peine (con 10 especies detectadas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna, y 3 especies en otros dos puntos de ambiente terrestre), y por último 9 especies registradas en el sector de Tilopozo, 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 grupos de reptiles y aves, variando entre 15 especies registradas en el humedal salar de La Punta - La Brava, a 10 y 9 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 y Tilopozo, con 3 especies, seguido

por el herbazal y la quebrada de Tilopozo, ambos con 1 especie registrada. Por su parte, en el ambiente área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar), no se registraron especies durante esta campaña.

La cuarta campaña de monitoreo, verano 2018, se realizó entre el 02 al 06 de abril de 2018, con un equipo integrado por 6 especialistas, divididos en 3 grupos. Se realizaron los mismos 25 puntos de muestreo de las campañas previas.

Se registró una riqueza total de 36 especies, identificándose 1 especie de anfibio, 2 especies de reptiles, 27 especies de aves y 6 especies de mamíferos. Del total, 14 de estas especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación (de ellas, 8 se consideran amenazadas). En detalle, estas especies en categoría corresponden a la única especie de anfibio registrada, las 2 especies de reptiles detectadas, 6 especies de aves y 5 de las 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 32 especies son nativas (1 especie de anfibio, 27 especies de aves y 4 especies de mamíferos), y finalmente 1 especie es catalogada como introducida (un mamífero, *Equus asinus*).

En relación a la riqueza por sector, se registraron 22 especies en el sector Tilopozo; seguido por el registro de 16 especies en Peine (con 10 especies detectadas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna, y 6 especies en otros dos puntos de ambiente terrestre), y por último 12 especies registradas en el sector de 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 (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), variando entre 15 especies en el humedal pajonal (sector Tilopozo) y 10 a 12 especies en el humedal salar (sectores La Punta - La Brava y Peine), respectivamente; seguidos por el ambiente de quebrada de Tilopozo y el matorral de Tilopozo y Peine, con 8, 7 y 6 especies respectivamente. Los ambientes con menor riqueza, en tanto, corresponden al herbazal, con 5 especies registradas, y al área desprovista de vegetación costra salar (ADV costra salar), con sólo 1 especie registrada.

En el área de estudio, y en relación a la riqueza acumulada en las cuatro campañas de monitoreo, ésta asciende a un total de 45 especies, identificándose 1 especie de anfibio, 2 especies de reptiles, 35 especies de aves y 7 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 la campaña de verano 2018 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, y al igual que en los reptiles, 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 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 salar, variando entre 1,4 a 2,6 individuos/transecto (invierno 2017 y verano 2018, respectivamente), seguido por el humedal pajonal (con 1,0 a 2,0 individuos/transecto), el herbazal (0,5 ind/transecto, sólo en verano) y el matorral con 0,38 individuos/transecto, sólo en verano).

Considerando las abundancias totales por ambiente (y estandarizadas por transecto), en el caso de los reptiles, la mayor abundancia relativa se registró en el ambiente de humedal pajonal, variando entre 1,0 a 4,0 individuos/transecto (verano 2018 y verano 2017, respectivamente), seguido por el humedal salar (con 0,8 a 2,5 ind/transecto), la quebrada (1,0 ind/transecto, sólo en invierno 2016), el herbazal (0,5 ind/transecto, sólo en verano) y el matorral (con 0,4 ind/transecto, sólo en verano), mientras que los otros ambientes no registraron ejemplares. Para las aves, y para todas las campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 24,5 ind/transecto (en verano 2017) a 38,7 ind/transecto (en invierno 2016), seguido por la quebrada (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), el matorral, con 13,5 ind/transecto (aunque sólo en verano 2018); mientras que los ambientes con menor abundancia fueron el herbazal (1,5 ind/transecto) y el área desprovista de vegetación costra salar, sin registro de ejemplares.

En el caso de los micromamíferos trampeados, y para el total de campañas, de las 2 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 los ambientes en que se encontró, con 1 a 11 ejemplares), entre 0,8% (en el ambiente herbazal y humedal pajonal, en verano 2018) a 11,7% (en la quebrada, en verano 2018). En cambio, el ratón andino fue registrado en 4 ambientes, variando entre un IDR de 0,8% a un 5,0% (en el ambiente de quebrada). En los ambientes área desprovista de vegetación costra salar y humedal salar, no hubo capturas en las campañas.

En una primera escala gruesa de comparación con la Línea de Base, las 45 especies registradas en estas cuatro 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.

Comparando con los valores y criterios especificados en el plan de seguimiento ambiental, en general, a las distintas escalas de análisis (cualitativo y cuantitativo) y comparaciones con la línea de base (campañas previas), las variaciones observadas en las campañas de monitoreo, 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 la Línea de Base que en el monitoreo (ej. mayor riqueza de especies, mayores valores de abundancia absoluta, mayor número de flamencos), con amplias variaciones estacionales naturales (mayor abundancia en invierno que en verano).

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), mientras que analizando al 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, con menores valores en el monitoreo que en la Línea de Base (lo que está dado particularmente por la parina chica).

En relación con Tapetes microbianos:

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

Se caracterizaron las comunidades microbianas extremófilas, tapetes microbianos, de los siguientes sistemas lagunares: Sector Peine conformada por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna; y Sector La Punta-La Brava conformado por las Laguna La Brava, Laguna La Punta y zona Tilopozo. Para ello, se realizaron campañas de monitoreo en Invierno 2017 (1, 2 y 3 de agosto 2017) – y Verano 2018 (3, 4 y 5 de abril de 2018). Se analizaron *in situ* un total de muestras de 16 puntos de monitoreo distribuidos en estos sistemas lagunares.

Las muestras de tapetes microbianos fueron obtenidas a través de testigos de PVC para muestras de sedimento y con espátula para el caso de tapetes superficiales expuestos. Posteriormente se realizó *in situ* el conteo, caracterización pigmentaria de las laminaciones estratificadas que presentó cada tapete y determinación del espesor total de cada tapete a través de una regla milimetrada de precisión. Los datos obtenidos fueron

registrados en una ficha tipo de monitoreo de cada laguna 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 de la columna de agua de cada laguna, así como datos de radiación solar del área durante el período de monitoreo.

De los resultados del monitoreo invierno 2017-verano 2018, la presencia de tapetes microbianos en ambos periodos se detectó en 11 puntos de los 16 de monitoreo (68,8%).

Las características macroscópicas de los tapetes microbianos analizados *in situ* en las dos condiciones estacionales, indican diferencias para 2 puntos de monitoreo en verano 2018, S-11, LP-24, respecto a los 11 puntos señalados en el párrafo anterior. En los tapetes microbianos del área particular punto S-11 (Laguna Saladita) se detectó la desaparición de capas de pigmentación café, que en invierno de 2017 se localizaban en la zona profunda del tapete. En el punto LP-24, en tanto, en verano 2018 se observó presencia de tapetes con 2 zonas de pigmentación, los cuales no se detectaron en invierno 2017.

Para ambos periodos, invierno 2017 y verano 2018, se observó predominancia de una estructura pigmentaria conformada por tres macro-zonas de pigmentación, 91% para el monitoreo invierno 2017 y 82% para el monitoreo verano 2018.

El espesor máximo de los tapetes observados fue 28 mm en invierno 2017 y 25 mm en verano 2018, los cuales fueron registrados para ambos períodos en el Sector Peine.

Para el Sector Peine, campañas invierno 2017 y verano 2018, destaca la Laguna Salada que se caracterizó por presentar tapetes microbianos con continuidad espacial a través de la superficie del punto de monitoreo, estos tapetes distinguen especialmente por la intensidad y variación de pigmentación, estratificación continua y consistente.

Para el sector La Punta-La Brava destaca la Laguna La Brava que en invierno 2017 y verano 2018 presentó tapetes con textura superficial semejante al cuero (coriácea), convexos y tapetes planos con textura principalmente granular.

El sector Tilopozo en las campañas invierno 2017 y verano 2018, no registró presencia de tapetes microbianos.

Por otro lado, a través de la identificación visual, en ambas campañas se sugiere la presencia de evaporitas (I-11, LP-24) y de microbialitos (LP-23, LB-1).

Respecto a los cambios observados en las cuatro campañas de monitoreo destacan los siguientes aspectos:

En relación a la estructura pigmentaria de los tapetes microbianos en verano 2018 respecto a verano 2017, para el Sector Peine se observa disminución de tapetes con estructura de pigmentación de tres macrozonas (Tipología 1), mayor presencia de tapetes que presentan dos macrozonas (Tipología 2) y menor presencia de tapetes que exhiben solo una macrozona (Tipología 1). En este contexto, de acuerdo a esta disminución de tapetes con pigmentación de tres macro-zonas, se establece “pérdida” de estratificación coloreada para el sistema Laguna Saladita, específicamente para el punto S-11, con la desaparición de capas de pigmentación café localizadas en la zona profunda de los tapetes.

Otro cambio percibido, es referente a los tapetes observados en verano 2017 en laguna La Brava (LB-2), los cuales se localizaban en una extensión constante del borde lagunar sumergido y además presentaban capas superficiales de textura gelatinosa, de débil cohesión. Estos tapetes en verano 2017, se describieron como un nuevo tipo de morfología de tapete en la caracterización general de los sectores, además de los dos tipos descritos previamente en invierno 2016 (M1). En invierno 2017 (M3) se registró la continuidad de estos tapetes aunque en menor extensión, pero en verano 2018 (M4) no se observó la presencia de este tipo de tapete.

Junto a esto, es importante destacar la continuidad de tapetes microbianos registrados como nuevos en verano 2017 en el sedimento de Laguna Saladita, estación SA-25, la cual previamente (invierno 2016) solo había registrado tapetes superficiales. Al respecto, en invierno 2017 y verano 2018 se observa continuidad de los tapetes nuevos referidos.

A su vez, se destaca la presencia de nuevos tapetes en verano 2018, en la estación LP-23, de Laguna La Punta. En los monitoreos previos invierno 2016, verano 2017 e invierno 2017 no se detectó presencia de tapetes en el sedimento del área particular de monitoreo. Sin embargo, en verano 2018 se observó la presencia de una estratificación de consistencia blanda con capas pigmentadas, especialmente de color púrpura, localizada en el sedimento blando del área de monitoreo.

Considerando las cuatro campañas realizadas a la fecha, se distinguen 2 tipos de morfología de tapetes microbianos principalmente: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente bien estructurados, estratificados y pigmentados, característicos de laguna Salada. 2) Tapetes menos laminados, de menor espesor, convexos/esferoidales, con apariencia y textura de tipo coriácea (semejante al cuero), los cuales predominan en Laguna La Brava.

Para el caso del sector Tilopozo, si bien existen puntos de monitoreo (3) que fueron agregados voluntariamente por parte del Titular para robustecer la caracterización de las zonas, sólo se evidenció presencia de tapetes microbianos en la campaña de invierno

2016, sin haber detectado tapetes en ninguno de los 3 puntos en las campañas de invierno 2017 ni verano 2018.

Con el monitoreo realizado en las campañas de invierno 2017 y verano 2018, se cumple con el objetivo del PMB respecto de caracterizar el componente tapete microbiano presente en cada laguna de los sectores de Peine y La Punta-La Brava, que quedase indicado en la Adenda 5 del proyecto y con detectar presencia de microbialitos y evaporitas.

En relación Suelo o Sustrato:

El periodo reportado para la componente de Suelos (subcomponente sustrato), en el presente informe anual se enmarca entre los días 08 y 12 de agosto de 2017, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, y la campaña de verano post-lluvias estivales, realizada entre los días 28 y 31 de marzo de 2018.

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

Para el área de estudio se evaluaron 14 puntos de muestreo, en los cuales se confeccionaron 14 calicatas de hasta 75 cm. de profundidad. En cada una de ellas se extraen muestras de suelo a dos profundidades diferentes, profundidad que se encuentra en función del número y potencia de los estratos u horizontes, independiente de su número, el muestreo se realiza siempre en 2 horizontes, teniendo en consideración que estas sean tomadas, los 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 tomaron las muestras, las cuales fueron debidamente etiquetadas y embalados en forma adecuada para envío a laboratorio vía terrestre (Calama y Santiago) para los análisis de los parámetros 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:

- Tilopozo con los puntos de muestreo: S 1 (VT6)³, S 2 (VT5), S 7 (VT1), S 8 (VT2), S 9 (VT3) y S 13 (VT4);

³ Entre paréntesis se indica **código original Punto Muestreo Suelos (PMB, 2015)**

- Peine se encuentran los puntos: S 10 (VTM1), S 11 (VB01), S 12 (VB02) y S 14 (VB03), y;
- La Punta-La Brava: los puntos S 3 (VLP3), S 4 (VLP2), S 5 (VLP1) y S 6 (VLB2).

Como resultados del monitoreo de invierno del 2017, se puede señalar que, para el área de estudio del PMB (los 3 sectores) la materia orgánica varía desde porcentaje inferior a 0,1 a 21,3% (muy bajo a muy alto), es decir, presenta gran variabilidad. Los valores **muy bajo** se presentan en los puntos S 3-1 (VLP3) sector La Punta; S 10-2 (VTM1), S 12 (VB02) y S 14 (VB03) en Peine, y S1 (VT6), S 2 (VT5), S 9 (VT3) y S 13 (VT4) sector de Tilopozo, los cuales se presentan en terrenos con vegetación arbustiva clara y herbácea muy escasa o nula. En contraste, Los valores más altos clasificados como “**muy alto**” se presentan principalmente en, **S 7-1 (VT1), S 8 (VT2) sector de Vegas de Tilopozo**; seguidos de los puntos S 11 (VB01, Peine) S 4-1 (VLP4, La Punta) y S 6-2 (VLB02, La Brava), los cuales se asocian principalmente a sectores con alta cobertura vegetal.

En lo que respecta al pH, para el monitoreo de invierno del 2017 en los suelos del área de estudio, éste es mayoritariamente moderadamente básico (64,3% del muestreo) y ligeramente alcalino (35,7%), pH más ácidos o básicos no fueron detectados en los muestreos, el cual no está en función del sector, e incluso en un mismo perfil éste puede variar, dado que este parámetro se encuentra en función principalmente del material parental, vegetación, hidrología y manejo cultural del área (riego, fertilizantes y otros), y en el caso específico del área de estudio al manejo hídrico.

Para el área, el factor principal de aporte salino a los suelos es el material parental, asociado a la evaporación del agua, ya que las concentraciones mayores se encuentran principalmente en suelos sin nivel freático superficial, excepto en el punto S 6 (VLB2, La Brava), aun cuando el nivel freático se presenta a los 56 cm. Sin embargo, no existe una correlación entre la concentración de sales y el sector, es así como en La Punta y La Brava la concentración de sales solubles varía entre 9.711 y 80.943 mg/kg, situación similar a Peine en donde ésta fluctúa entre 8.302 y 67.935 mg/kg., e igual condición en Tilopozo con valores entre 8.454 y 71.300 mg/kg.

Para el área la presencia de suelos no salinos es muy escasa (S5-1 – VLP La punta y S 8-2 VT2 Tilopozo), como también los extremadamente salinos (S 6-1 - VLB2 La Brava, S 7-1 - VT1, Tilopozo y S 10-1 - VTM-1, Peine. En cambio, los suelos ligeramente salinos, salinos y muy salinos, son más frecuentes y se presentan en los tres sectores estudiados.

Para el área, los suelos con menor porcentaje de humedad (inferior a 10%) corresponden al punto S 12 (VB02, Peine) y S 1-1 (VT6, Tilopozo), los cuales están asociados a suelo de texturas muy gruesas, gruesas y moderadamente gruesas, siendo estos los que retienen una menor cantidad de humedad, debido al número y tamaño de los poros. Con un porcentaje mayor o igual a 50% de humedad, se presenta los suelos asociados a texturas francas o con componente franco (texturas medias o moderadamente finas), correspondiendo a los puntos S 6 (VLB2, La Brava), S 3 (VLP3, La Punta), S 11 (VB01) y

S 14-2 (VB03) sector de Peine, como también los puntos S 7-2 (VT1), S 8-1 (VT2) y S 9-1 (VT3) sector de Tilopozo. Considerando la variabilidad de los contenidos de humedad y la escasa relación con los tipos de texturas, se concluye que existen otros factores que determinan el contenido de humedad, entre los que se pueden mencionar materia orgánica, sales, tamaño y cantidad de poros.

Respecto al nitrógeno disponible, el área de estudio se caracteriza por presentar contenidos muy bajos (inferior a 10 mg/kg.) y bajos (10,1 a 20 mg/kg.), los suelos con valores medios (20,1 a 40 mg/kg) son muy escasos (S 12 - VB02, Peine y S 13-2 - VT4, Tilopozo, no detectándose suelos con niveles altos y muy altos durante el monitoreo de invierno 2017, situación normal en los suelos de escaso desarrollo y de zonas áridas del país.

Respecto al potasio, la mayoría de los suelos presenta niveles altos (mayor a 800 mg/kg.), los niveles adecuados (151 a 800 mg/kg.) son escasos (S 11 -VB01, S 12 -VB02 y S 14-1 -VB03, sector de Peine). Niveles muy bajo, bajo y medio no se detectan en el área de estudio.

En cuanto al fósforo, los suelos con disponibilidad muy alta (> 30,1 mg/kg.) son escasos (S 11-1 -VB01, Peine, S 2-1 - VT5 y S 8-2 -VT2 en Tilopozo), y son frecuentes los suelos con disponibilidades muy baja (< 5 mg/kg.) con un 25% del total de muestreos, un 28,6% de los puntos el potasio es bajo (5,1 a 10 mg/kg.), en un 25% del total de puntos la disponibilidad de potasio es media (10,1 a 20 mg/kg.) y la disponibilidad alta (20,1 a 30 mg/kg) se presenta en un 10,7% del total de muestras.

En el área la permeabilidad de los suelos varía de moderadamente alta (0,360 < 3,6) en un 7,1% de total de muestreos, alta (3,6 < 36) en un 35,7% de los muestreos y muy alta (>36) en el 57,2% de los puntos, no detectándose suelos con permeabilidad muy baja, baja y moderadamente baja.

En el monitoreo realizado en invierno del 2017, en 8 puntos de muestreo se detectó la presencia de nivel freático a la profundidad de trabajo (menores a 1 m.). Sin embargo, es necesario indicar que en aquellos en los cuales no se observó presencia de agua, no implica necesariamente que ésta no esté presente, dado que podría estar a mayor profundidad.

Como resultados del monitoreo de verano 2018, la materia orgánica presenta también alta variabilidad, pero hasta un rango menor que en invierno, varía desde porcentaje inferior a 0,1% hasta 9,8% (muy bajo a muy alto). Del total de puntos, en 15 de éstos los valores son **muy bajo** (inferior 0,9%), y en la mayoría de ellos las concentraciones son inferior a 0,1% (siendo este el límite detectable), correspondiendo al punto S 3-1 (VLP3) y S 5-1 (VLP1) sector La Punta. Los valores **muy alto** se presentan en los puntos S 11-1 (VB01, Peine) y S 7 (VT1) y S 8 (VT2) sector de vegas de Tilopozo, ídem a campaña de invierno.

En general se puede señalar que, los puntos con mayor porcentaje de materia orgánica, se presentan en área con abundante cobertura vegetal, principalmente del tipo herbácea y alto contenido hídrico (humedal), como es el caso de vegas de Tilopozo, excepto para el punto situado en La Brava, donde a pesar de no presentar vegetación superficial, el contenido de materia orgánica en profundidad es muy alto, lo que se podría atribuir a la presencia en profundidad, de abundantes restos vegetales, lo que se puede deber a antiguas vegas que fueron enterrada por fenómenos naturales, condición que se revierte durante el Monitoreo 4, durante el cual la materia orgánica determinada es inferior a 0,1%.

En relación al pH, para el monitoreo del verano del 2018, los suelos del área de estudio son mayoritariamente moderadamente básico (42,9% del muestreo) y ligeramente alcalino (57,1%), pH más ácidos o básicos no fueron detectados en los muestreos.

En cuanto a las sales solubles, en general las menores concentraciones se asocian a suelos con nivel freático sub superficial o en profundidad, y en el borde del salar. Además, en algunos puntos las concentraciones entre ambos puntos de muestreo presentan una variación muy importante. Por lo tanto, para el área y con la información disponible no existe un factor único y común que determine la salinidad de los suelos, lo cual se refleja en la variabilidad de las concentraciones en el sector, en el caso de La Punta-La Brava ésta varía entre 7.472 a 111.154 mg/kg, situación similar ocurre en Peine con contenidos entre 7.961 a 112.772 mg/kg. Mientras que en Tilopozo los valores mínimos son similares (8.274 mg/kg.) pero los máximos son significativamente menores a los determinados en los otros sectores (46.954 mg/kg).

Para el área, en verano 2018, la presencia de suelos no salinos es muy escasa (S 5-1 – VLP La punta y S 8-2 VT2 Tilopozo), como también los extremadamente salinos (S 6-1 - VLB2 La Brava, S 7-1 - VT1, Tilopozo y S 10-1 - VTM-1, Peine. En cambio, los suelos ligeramente salinos, salinos y muy salinos, son más frecuentes y se presentan en los tres sectores estudiados. Se mantiene lo observado en invierno 2017.

En verano 2018, la humedad determinada en los diferentes puntos de muestreo varía entre un 2,8 y 68,0%. Los suelos con menor porcentaje de humedad (inferior a 10%) corresponden al punto S 12-1 (VB02, Peine) el cual se asocia a un suelo de texturas muy gruesas. Con un porcentaje mayor a 50% de humedad, se presentan los suelos asociados a texturas francas o con componente franco (texturas moderadamente finas a medias), correspondiendo a los puntos S 3-2 (VLP3, La Punta), S 6 (VLB2, La Brava); S 7-2 (VT1), S 8-1 (VT2) y S 9-1 (VT3) sector de Tilopozo, y finalmente los puntos S 11 (VB01) y S 14-2 (VB03) en el sector de Peine

Como resultado del monitoreo de verano del 2018, los suelos se caracterizan por presentar nitrógeno disponible mayoritariamente en niveles medios (42,9% de los muestreos) y bajos (35,7%), los niveles muy bajos son escasos al igual que los altos con un 10,7% del total de los muestreos cada uno, representado por los puntos S 11-1 – VB01

Peine, S 4-1 – VLP4 La punta y S 9-2 – VT3 Tilopozo, en el caso de los primeros y S 12-1-VB02 Peine, S 1-1 - VT6 y S 7-1 – VT1 sector de Tilopozo. No detectándose suelos con niveles muy altos durante este monitoreo.

Respecto al potasio, la mayoría de los suelos (82,1%) presenta niveles altos (mayor a 800 mg/kg.), los niveles adecuados son escasos (17,9%), representado por los puntos (S 11 -VB01, S 12-1 -VB02 y S 14-1 -VB03 Peine, como también S 7-2 –VT1 Tilopozo. Niveles muy bajo, bajo y medio no se detectan en el área de estudio.

En cuanto al fósforo, y de acuerdo a los resultados del monitoreo del verano 2018 para el área son frecuentes los suelos con disponibilidades baja (50% del muestreo), muy alta (21,4%) y media (17,9%), siendo escasos los suelos con disponibilidad muy baja (7,1%) representado por los puntos S 3-2 – VLP3 La Punta y S 12-1 VB02 Peine, como también los de disponibilidad alta (3,6%) en el punto S 6-1-VLB2 La Brava.

En el área la permeabilidad de los suelos es mayoritariamente muy alta (71,4% de los muestreo) y en menor proporción alta (25,0%) y muy escasos la permeabilidad moderadamente alta (3,6%), no detectándose suelos con permeabilidad muy baja, baja y moderadamente baja.

En relación al nivel freático, en el monitoreo realizado en verano del 2018 el número de puntos en los cuales se detectó agua a nivel de profundidad fue de 6, lo que implica una disminución en 2 puntos, respecto al monitoreo de invierno del 2017..

Al analizar la evolución de los diferentes parámetros estudiados y comprar los resultados de los monitoreos 2, 3 y 4, con los determinados en M1, se obtiene que:

En lo que respecta a la conductividad eléctrica, para M2 un 57,1% de los valores determinados presentan un aumento respecto a M1, el cual varía entre 839 y 5.865 $\mu\text{S/cm}$. y en un 42,9% de las muestras se observa una disminución entre 81 y 8.040 $\mu\text{S/cm}$. Mientras que en M3 en un 46,4% de las muestras, la C.E. aumentó entre 320 y 15.610 $\mu\text{S/cm}$ y disminuye en un 53,6% de los muestreos entre 390 y 6.590 $\mu\text{S/cm}$ al comparar con M1. En cambio, en M4 el 50% de los muestreos presenta valores superiores que M1, aumento que varían entre 260 y 7.480 $\mu\text{S/cm}$ y las disminución (50% del total) se presenta entre 371 y 10.600 $\mu\text{S/cm}$.

En cuanto a la materia orgánica un 42,9% de los puntos de muestreo para M2, presentó un aumento respecto a M1, el cual varía entre 0,009 y 3,661%, y en un 57,1% de los puntos, se determinó valores inferiores de la materia orgánica, disminución que fluctúa entre 0,085 a 3,593%. En cambio, para M3 en el 46,4% de las muestras se determinó un aumento en la materia orgánica, variación entre 0,005 a 6,28% y en un 53,6% de los puntos se verificó una disminución de la materia orgánica, la cual fluctúa entre 0,318 y 1,917%.

Este mismo parámetro, aumenta en un 21,4% de los puntos para M4 respecto a M1, aumento que fluctúa entre 0,3 a 3,7%, mientras que la materia orgánica disminuye en un 78,6% de los puntos de muestreo, disminución que varía entre 0,16 y 5,44%.

El pH del área de estudio se presenta entre 7,93 y 9,19 (M1), el cual es mayor en un 32,1% de los puntos en M2, este aumento varía entre 0,03 a 0,5, en un 3,6% de los puntos no existe variación en el pH, y en un 64,3% de los puntos de muestreo el pH disminuye entre 0,01 a 0,89. Mientras que, para M3 en un 35,7% de los puntos de muestreo el pH aumenta en un rango entre 0,1 a 0,2, disminuyendo en un 64,3% de las muestras entre 0,01 a 0,56, respecto a M1. Finalmente, para M4 en un 60,7% de las muestras se observa un aumento del pH en un rango que varía entre 0,02 a 0,5, y en un 39,3% de las muestras el pH es más ácido, variación entre 0,06 a 0,41.

Para el área de estudio la salinidad varía entre 3.150 y 38.650 mg/kg (M1), concentración que aumenta en un 71,4% de los puntos de muestreo para M2 respecto a M1, esta variación fluctúa entre 1,104 a 67.921 mg/kg., mientras que, en un 28,6% de los muestreos la salinidad disminuyó entre 1.429 y 19.299 mg/kg. En cambio, para M3 en un 89,3% de los puntos de muestreo la salinidad aumenta entre 1.211 a 58.829 mg/kg, y en un 10,7% de los muestreo, ésta disminuyo en un rango que varía entre 240 y 13.809 mg/kg. Al comparar los resultados de M4 con M1, se determina que un 82,1% de los muestreos la salinidad fue mayor, aumento que varía entre 1.257 y 94.122 mg/kg, disminuyendo en un 17, 9% de los muestreos, entre 26 a 18.264 mg/kg.

La permeabilidad o conductividad hidráulica para el área de estudio varía entre 0,2 cm/h (punto S6-2 laguna La Brava en invierno 2017) a 1461,9 cm/h (en S3-2 verano 2018) pero que considerando las 4 campañas hasta la fecha, se tiene valores de velocidad de sustratos de hasta 2.294 cm/h en punto de Laguna La Punta (S5-2), presentando un comportamiento muy variable en el área,. En general las mayores velocidades se presentan en La Punta-La Brava y en algunos puntos de Peine, y los menores mayoritariamente en Tilopozo, como también en el sector de Peine (S 10-2, S 11, S 12, y S 14).

En los suelos del área de estudio el nitrógeno disponible determinado para M1 varía entre 0 a 40 mg/kg., el cual aumenta en un 89,3% de los puntos de muestreo en M2 en un rango entre 7 a 37 mg/kg., y disminuyendo en un 10,7% de los puntos. Mientras que, para M3 en un 46,4% de los puntos el nitrógeno aumenta entre 1 a 15 mg/kg, y en un 53,6% disminuye entre 1 a 18 mg/kg respecto a M1. En cambio, para M4 en el 85,7% de los puntos se detectó un aumento en el nitrógeno, el cual lo hace entre 2 a 50 mg/kg. Y en un 14,3% de los muestreo el nitrógeno es inferior, disminución entre 1 a 8 mg/kg.

El potasio disponible en el área de estudio varía entre 677 a 8.763 mg/kg, valores determinados para M1, del total de puntos de muestreo, en M2 aumentó la concentración de este macroelemento en un 22,2% entre 86 a 1.223 mg/kg, concentración que

disminuye en un 77,8% de los muestreos, variación entre 141 a 2.731 mg/kg. Tanto para M3 como para M4, la concentración de potasio aumentó en un 60,7% y disminuyó en un 39,3% de los puntos de muestreo, respecto a M1. Para M3, el aumento en la concentración lo hace entre 32,7 a 3.826,3 mg/kg y disminuyo entre 80 a 1.913,3, mientras que para M4, el aumento es entre 176 a 5.758 mg/kg y la disminución entre 65 a 1.693 mg/kg.

La concentración de fósforo disponible en el área de estudio varía entre 1 a 78 mg/kg, valores que fueron determinados para M1. Un 89,3% de los puntos de muestreo aumentaron la concentración de fósforo en M2 respecto a M1, esta variación es entre 1 a 31 mg/kg., en un 7,1% de los muestreo, el fósforo no presenta variación en el valor, y en un 3,6% de los puntos el fósforo disminuye (61 mg/kg). En M3 el potasio disponible es mayor respecto a M1, el cual se presenta en un 89,3% de las muestras y el aumento varía entre 0,1 a 142,1 mg/kg, con una dsiminución en un 10,7% de los puntos en un rango entre 1,1 y 69,1 mg/kg. Para M4 el 92,9% de los puntos de muestreo presenta un aumento en la concentración de fósforo, la cual varía entre 3 a 90 mg/kg, y en un 7,1% de los muestreo el fósforo disminuye entre 6 y 50 mg/kg, respecto a M1.

La humedad del suelo para M1 varía entre 1 a 74%, al comparar estos resultados con M2 se obtiene que para este último, se determinó un aumento en un 60,7% de los puntos de muestreo, variación entre 2 y 41%, en un 3,6% no se presenta variación, y en 35,7% de los muestreos los valores de humedad son inferiores a M1, los cuales disminuyen entre 1 y 10%. Mientras que, para M3, un 57,1% de los puntos de muestreo presentan un aumento en la humedad entre 0,8 a 32,2%, en 3,6% no hay variación y en un 39,3% de los muestreos, se observa una disminución de la humedad en un rango entre 0,3 a 14,1%, al comparar con M1. Finalmente, en M4 el 50% de los puntos presentó un aumento en la humedad (0,2 a 42%) y el otro 50% disminuyo el contenido de humedad (0,3 a 45%), respecto a M1.

Para el área de estudio en M1 se determinaron 9 puntos en donde el nivel freático se detectó a nivel de trabajo, número que no presenta variaciones para M2, disminuyendo a 8 en el monitoreo 3 y a 6 en M4.

Son varios los factores que determinan los valores de los diferentes parámetros, entre los cuales se pueden destacar: la fecha de muestreo, clima (temperatura, humedad), precipitaciones, cobertura vegetal y actividad antrópica. Sin embargo, a priori se estima que sólo cuatro de ellos podrían afectar los resultados, correspondiendo a la fecha de muestreo, la temperatura, la disponibilidad hídrica y actividad antrópica, los restantes parámetros pierden importancia, dado que las muestras son tomadas muy próximas entre una y otras, lo cual a la fecha no excede los 50 cm., a pesar de esto, la variabilidad de los resultados para un mismo punto de muestreo en los diferentes monitoreos aún es tal que, con la información disponible no es posible señalar cual o cuales está afectando de mayor manera.

En relación con Limnología:

El presente informe consolidado da cuenta de la recopilación y revisión de datos relacionados 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 el monitoreo cuenta con cuatro campañas semestrales en las cuales se evalúan los subcomponentes biota acuática, calidad de aguas y sedimento, realizadas en los periodos de agosto de 2016 y 2017 correspondiente a la época de invierno, y marzo de 2017 y abril 2018, correspondientes a la época de verano.

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 segundo año, los resultados del componente agua de las campañas de monitoreo de invierno 2017 y verano 2018, 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 de 2017 y verano 2018, tanto para el Sector de Peine y como para el sector de La Punta y La Brava, estuvieron dentro de los rangos determinados para este sistema según el marco de referencia utilizado (Plan de Manejo Biótico). 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.

En el Sector de Peine, la conductividad mostró un incremento desde laguna Salada hacia laguna Interna, además de variaciones temporales con mayores valores en verano 2018, alcanzando los 72.920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en I-17, correspondiente a una salinidad de 36 g/kg (agua

euhalina, 30- 40 g/L en salinidad). El Sulfato, registró altos valores de concentración tanto en invierno como en verano, incrementándose también de laguna Salada a laguna Interna. 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 marcado carácter básico, con un pH por sobre un valor de 8, alcanzando las 9,3 unidades de pH en laguna Interna en verano 2018, esto en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados. 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 las laguna La Punta hacia La Brava, también se observa un incremento en conductividad y salinidad, alcanzando los 129.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en LB-2, correspondiente a una salinidad de 63 g/kg en verano de 2018 (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. 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.

En el caso del nitrato, se obtuvieron valores por sobre el máximo registrado en la línea base del PMB, siendo mayores en verano de 2018, lo cual puede estar relacionado con una mayor actividad fotosintética o nivel trófico del sistema. 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. 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 4.210 y 4.455 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (2 gr/Kg) y cloruro (913 a 961 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 8,1), con valores de alcalinidad total y de bicarbonato acordes a ese 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, a diferencia de TB-2, como es el caso de los altos registros de Clorofila “a” y turbiedad en verano de 2018. La mayor concentración de Clorofila “a” registrada en este sector (en los dos monitoreos realizados) junto a algunas variables con concentraciones elevadas como son el nitrógeno total (NTK), nitrógeno amoniacal, el nitrato y el fósforo total, puede estar relacionado con una mayor actividad fotosintética en zonas someras de baja profundidad.

Respecto a la calidad de sedimentos, los resultados descritos para las estaciones del sector Peine (laguna Salada, Saladita e Interna), tanto para invierno 2017 como verano 2018, presentan valores sobre el máximo registrado para 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, incluso menores a los registrados en invierno 2016 y verano 2017, respectivamente, 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 al análisis granulométrico del sector de Peine, los sedimentos mostraron que el diámetro promedio de grano obtenido en Laguna Salada y Laguna Saladita, correspondió a *arena fina* y en laguna Interna a *arena media*, tanto en invierno 2017 como en verano 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 y Saladita y *arena media* en Laguna Interna.

Los resultados de sedimentos para las estaciones de La Punta y La Brava en invierno 2017 y verano 2018, muestran valores sobre el máximo registrado para la línea base (PMB), para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total, en ambas campañas de monitoreo (mayor en el invierno en el caso del fósforo). Al igual que el sistema de Peine, el potencial redox en todas las estaciones de La Punta y La Brava presentó características reductoras con valores negativos, incluso menores a los registrados en invierno 2016 y verano 2017, respectivamente, 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 la granulometría, en laguna La Punta los diámetros medios de grano obtenidos correspondieron a *arena fina* y *arena muy fina*, tanto en invierno 2017 como en verano 2018. Para el caso de laguna La Brava, el diámetro medio de grano correspondió a *arena gruesa* y *arena media* en invierno 2017 y a *arena media* y *arena fina* en verano 2018. Tales diferencias estacionales en La Brava, pueden estar relacionadas con la dinámica sedimentaria del sector asociado al flujo de agua, que si este disminuye, permite la ocurrencia de fracciones sedimentarias de menor tamaño (arena fina). Cabe mencionar que los análisis granulométricos de la línea base en verano 2015 (PMB), indican que los

tipos de grano medio para este sector estuvieron entre limo (0,05 mm) y arena muy gruesa (1,1 mm), el cual corresponde a un rango mayor de tamaño de grano medio a lo encontrado en las lagunas La Punta y La Brava en las campañas de invierno 2107 y verano 2018 (el año anterior no hubo registros granulométricos).

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 halofílicos, 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, los sedimentos también se registraron altos valores para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total, además de importantes concentraciones de Nitrógeno Total Kjeldahl en el sector tanto en invierno 2017 como en verano 2018. Por su parte el potencial redox presentó características reductoras en invierno 2016, verano 2017 e invierno 2017. En verano 2018 se observa un cambio en la condición de sedimentos de características reductoras a ambientes que favorecen reacciones de oxidación, ya que se registraron valores positivos en el potencial redox. Esto puede estar relacionado con la lejanía del sector de Tilopozo al núcleo del Salar permitiendo condiciones menos sulfatadas en los sedimentos y más oxidativas. Cabe mencionar que los registros de carbono orgánico total y materia orgánica en general fueron más bajos en TB-2 respecto de TB-1 y TB-3 (principalmente en invierno 2017), esto relacionado con que la estación TB-2 está ubicada a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad y 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 fue de *arena fina a arena media* en verano 2018 y de *arena muy fina a arena fina* en invierno 2017.

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 el Plan de Manejo biótico o superando dicho rango, en lo que respecta a la línea de base o a la comparación entre campañas de monitoreo.

En general para fitobentos y fitoplancton en los tres sistemas estudiados (Peine, La Punta y La Brava, y vegas de Tilopozo) se reportó la alta frecuencia y dominancia de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas). En tanto, respecto de los géneros frecuentes y dominantes reportados i.e. *Denticula*, *Haloroundia*, *Halamphora*, *Nitzschia* y *Navicula* (de estas últimos géneros solo algunas especies), todas correspondieron a taxones halófilos encontrados en ambientes salinos y en algunos casos endémicos.

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).

En el **sector Peine** para fitobentos y fitoplancton la riqueza fue similar a lo observado en la LB en invierno 2017 y verano 2018, en tanto, la abundancia solo del fitobentos estuvo por sobre lo detectado en LB en invierno 2017. Entre campañas de monitoreo solo la riqueza del fitobentos fue mayor en invierno 2016, en tanto la abundancia total presentó un mayor registro en invierno 2017. Para el fitoplancton entre campañas de monitoreo (invierno 2016 y 2017 y verano 2017 y 2018 respectivamente) ambos parámetros comunitarios fueron similares. En verano, las riquezas fueron similares y la abundancia mayor en verano 2017. En general, las mayores diversidades para fitobentos como para fitoplancton fueron detectadas en la Laguna Salada, en tanto, las menores en Laguna Saladita.

En el sector **La Punta y La Brava**, para el fitobentos, la riqueza de géneros, en el contexto comparativo entre invierno 2017 y línea de base (periodos de invierno), se observó registros menores de riqueza y abundancia en invierno 2017 respecto de la línea de base. Respecto de la campaña de monitoreo verano 2018 y la línea de base (periodos de verano), se observaron registros similares de riqueza de géneros y abundancias totales.

Para el fitoplancton, la riqueza de géneros, en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo invierno 2017 y línea de base (periodos de invierno), se observó registros similares de riqueza y abundancia en invierno 2017 respecto de la línea de base. Respecto de la campaña de monitoreo verano 2018 y la línea de base (periodos de verano), también se observaron registros similares de riqueza de géneros y abundancias totales.

En términos comparativos el fitobentos y el fitoplancton entre invierno 2016 versus invierno 2017, se observaron mayores registros de riqueza de géneros por estación y abundancia total para invierno 2016. En tanto, entre verano 2017 versus verano 2018, los

registros de la riqueza de géneros y abundancias totales fueron similares entre verano 2017 y verano 2018.

En general, las mayores diversidades de fitobentos y fitoplancton fueron detectadas en la Laguna La Punta, respecto de la Laguna La Brava.

El Sector **vegas de Tilopozo** para fitobentos y fitoplancton no presentan antecedentes de línea de base, por lo tanto su seguimiento y variación fue evaluada en relación a la campañas de monitoreo anterior considerando el mismo periodo estacional. Los registros de fitobentos para la riqueza de géneros entre invierno 2016 e invierno 2017 presentaron mayores valores en invierno 2016. En tanto, para las abundancias los registros en ambos periodos de invierno fueron similares. En verano 2017 y verano 2018 para la riqueza de géneros y abundancia total por estación, se encontraron mayores registros en verano 2017.

En tanto, la riqueza de géneros y la abundancia total del fitoplancton entre invierno 2016 e invierno 2017 presentaron diferencias, observándose mayores valores en invierno 2016. En verano 2017 y verano 2018 para la riqueza de géneros por estación, se encontraron mayores registros en verano 2017. En cambio, para la abundancia total se observaron mayores registros en verano 2018.

En la campaña de invierno 2017 y verano 2018, los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos y fitoplancton fueron mayores en la estación TB-2, además de TB-1 para el fitoplancton.

Respecto a la comunidad zoobentónica, la abundancia y riqueza registradas se encuentran dentro de lo esperado e incluso con valores más altos en algunas estaciones, de acuerdo a los datos de línea base. Los valores de riqueza y abundancia son mayores en la campaña de invierno 2017 por sobre la de verano 2018 debido a mejores condiciones de disponibilidad de agua debido al invierno altiplánico, con excepción de Tilopozo que mostró una especie más en verano que en invierno. No se observa una relación de mayor o menor abundancia y riqueza en las estaciones que pueda obedecer a variables de calidad de agua o sedimentos propios del lugar de muestreo.

En el Sector La Punta y La Brava se registró una mayor riqueza en relación con los registros de la línea base, tanto en la campaña de invierno como verano, con valores máximos de 5 y 4 especies respectivamente. En ambas campañas la estación LP-23 fue la que registró la mayor riqueza de especies mientras que LP-24 y LB-2 fueron las que menor riqueza presentaron. Los *taxa* dominantes corresponden a Harpacticoidea en la campaña de invierno seguida por Cochliopidae, mientras que en verano la dominancia la tuvo Cochliopidae junto a Harpacticoidea.

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.

En el sector La Punta-La Brava destacan las similitudes de riqueza zoobentónica y por sobre todo de abundancia de las estaciones LP-23, LP-24 y LB-1. Mencionar que cuando LP-23 registra presencia de Harpacticoida, LP-24 no, y cuando LP-23 muestra altos valores de Cochliopidae, LP-24 muestra valores mucha más bajos. Esto podría tener relación con parámetros como COT, P, MO y Nitrógeno Total en sedimentos, los cuales presentan altas variaciones entre ambas estaciones.

En el Sector Tilopozo la estación TB-3 forma parte de un sistema distinto a las otras 2 estaciones, sin embargo, los resultados muestran presencia de zoobentos en la estación TB-1 en la campaña de invierno y en TB-2 y TB-3 en la campaña de verano mostrando una correlación distinta a la esperada de TB-1 con TB-2 y de forma separada TB-3. Éstas estaciones difieren en que se localizan en diferentes sistemas lóticos en los cuales los parámetros de Temperatura, Clorofila "a" y Sulfato (SO_4^{-2}) estarían provocando estas diferencias, siendo la temperatura al parecer el factor determinante.

Respecto a la comunidad de zooplancton, en el sector Peine se registraron valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, excepto por casos puntuales como en S-9 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna) en invierno 2017, donde se sobrepasó en abundancia total dado por copépodos Harpacticoida. Cabe mencionar que en este sistema los zooplancteres más abundantes fueron copépodos Harpacticoida 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. Esta especie se considera como halófila, encontrándose en ambientes incluso hipersalinos con salinidades por sobre los 90 g/L.

La comunidad de zooplancton en La Punta y La Brava, también se registraron valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, excepto en LP-23 (La Punta) en invierno y verano y LB-1 (La Brava) en invierno 2017, donde se sobrepasó en abundancia total. En este sistema se observó que en invierno 2017 dominaron los copépodos Harpacticoidea (principalmente en La Brava) y copépodos ciclopoidea, mientras que en verano 2018 dominaron *Boeckella sp.* y *Artemia franciscana* con larvas nauplio en ambos *taxa* (principalmente en La Punta). Cabe mencionar que en ambas campañas, *Boeckella sp.* solo se encontró en laguna La Punta, lo que se puede relacionar con su nivel de tolerancia a la salinidad menor al de *Artemia franciscana*, o bien, a las interacciones con otros organismos zooplanctónicos, como por ejemplo, que puede predar sobre las larvas nauplio de *Artemia franciscana*, lo cual podría ser la causa de que ambas *taxa* no coexistan a pesar de que sus rangos de tolerancia a la salinidad lo permiten.

Para el sector Tilopozo, las campañas de invierno 2017 y verano 2018 fueron distintas. Mientras que en invierno dominaron copépodos ciclopoideos 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 nivel de agua encontrado en el sistema en ese período, más bajo que los anteriores y catalogándose como pajonal hídrico.

Respecto de las plantas vasculares acuáticas, en los tres sectores evaluados, fueron detectadas ocho (8) 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*, y por último *Triglochin concinna*. 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 2017 y verano 2018, 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 2018 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 la helófito emergente *Schoenoplectus*, *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:

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

El propósito es realizar el seguimiento de la cobertura de los cuerpos de agua, a través de imágenes satelitales, en los dos sistemas lagunares comprometidos 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 de 2017.

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 de 2017 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; y 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 se obtuvieron mediante el índice *Kappa*⁴, los cuales dan cuenta de un ajuste confiable de las coberturas obtenidas, ya que desde las imágenes Pleiades 1A el rango de valores *Kappa* para el invierno de 2017 fue de 0,50 (La Punta y La Brava) y 0,86 (Peine), y en verano de 2017 fue de 0,73 (La Punta y La Brava) y 0,83 (Peine). En el caso de Landsat 8, el ajuste varía entre 0,50 (La Punta y La Brava) y 0,74 (Peine) para invierno de 2017, y entre 0,54 (La Punta y La Brava) y 0,59 (Peine). Las variaciones en el ajuste, se atribuyen principalmente a la fisonomía de los sistemas lagunares, determinando los mayores valores de *Kappa* a aquellos sectores que se encuentran total o parcialmente delimitados por costra salina; por lo tanto, las respuestas espectrales son más claras, facilitando la determinación de umbrales de los parámetros del modelo y la

⁴ El índice *Kappa* corresponde a una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). Valores cercanos a 1,00 indican un mejor ajuste entre los elementos de clasificación.

clasificación final. Complementariamente se aplicó el índice de Precisión Global⁵, que determinó para invierno de 2017 valores entre 0,76 y 0,94 para alta resolución y 0,50 y 0,90 para media resolución, mientras que, para verano de 2017, se determinaron valores entre 0,88 y 0,93 para alta resolución y 0,54 y 0,80 en el caso de imágenes de media resolución, obteniendo la mayor precisión el sistema lagunar de Peine en todos los casos excepto en verano de 2017 desde Landsat 8.

En consideración a que los modelos obtenidos presentan un ajuste moderado a bueno según la fuerza de concordancia, se propone continuar utilizando los ajustes metodológicos empleados desde el monitoreo de la fase de construcción y revalidados la fase de operación, los cuales consideraron aquellos utilizados en la línea de base, ajustándolos de manera de robustecer el modelo. Los principales ajustes metodológicos realizados se refieren al procesamiento de las imágenes aplicando el método de corrección atmosférica ATCOR (por su sigla en inglés, *Atmospheric & Topographic Correction*) y además de incorporar parámetros espectrales al modelo de clasificación (NDVI en Pleiades-1A y Landsat 8, y la transformada *Tasseled Cap*, *Wetness* en Landsat 8). Los ajustes empleados, responden a mejorar la precisión del modelo de clasificación y realizar la validación del mismo.

Las superficies lagunares estimadas en el monitoreo desde imágenes de alta resolución (Pleiades 1A), para invierno de 2017 corresponden a 48,1 ha en La Punta y La Brava y 74,6 ha en Peine, en tanto para verano de 2017, corresponden a 48,6 ha en La Punta y La Brava y 74,1 ha Peine.

Las superficies lagunares estimadas en el monitoreo desde imágenes de media resolución (Landsat 8), para invierno de 2017 corresponden a 32,8 ha en La Punta y La Brava y 104,6 ha en Peine, en tanto para verano de 2017, corresponden a 39,3 ha en La Punta y La Brava y 75,3 ha Peine.

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 los dos sistemas lagunares, las coberturas están por encima de los registros mínimos de línea de base, donde las diferencias porcentuales se atribuyen principalmente a las variaciones estacionales intranuales e interanuales.

En relación al análisis comparativo entre las imágenes satelitales, las diferencias en la resolución espacial entre las imágenes Landsat 8 y Pleiades 1-A, para los periodos de invierno y verano de 2017, son atribuibles principalmente a diferencias en la resolución espacial. La variación más importante se da en el sistema lagunar Peine, en agosto de 2017, donde existe una diferencia de 71,3% entre los modelos propuestos, dada la sobrestimación de las imágenes de resolución media. Sin embargo, los resultados de los

⁵ El índice de Precisión Global (*Overall Accuracy*) determina qué proporción respecto del total de las predicciones fueron acertadas.

índices *kappa* y de precisión global señalan un buen ajuste sobre la base a la validación de terreno.

En relación al análisis comparativo entre monitoreos del primer y segundo año, existe una tendencia al incremento en los resultados de las imágenes de alta resolución, tanto en los promedios anuales, como en las variaciones estacionales. Sin embargo, los resultados de las imágenes Landsat 8, presentan disminuciones, tanto en los promedios anuales como estacionales en ambos sectores (agos16/17; dic16/17), lo que se relaciona con los resultados de los ajustes metodológicos del modelo de clasificación supervisada, evitando la sobrestimación que se observa a partir del reflejo de la sal en estos sistemas lagunares.

En relación con Nivel Freático en Lagunas:

Se realizó medición de niveles freáticos en 5 puntos distribuidos en los Sistemas Lagunares La Punta - La Brava (3) y Peine (2), con una frecuencia de medición mensual, del período total comprendido entre **abril 2017 a marzo 2018**, siendo todo el período en fase operación del proyecto.

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

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

De los valores registrados a la fecha, en cada uno de los puntos de monitoreo, para el período abril 2017 a marzo 2018, los niveles promedio de cada punto se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente. En particular, los piezómetros representativos del Sector La Punta- La Brava, presentan valor promedio de niveles en el período de cotas: 2.300,17 m s.n.m. para BA-05; 2.300,02 m s.n.m para BA-07 y 2.300,86 m s.n.m para BA-16. Para el Sector de las lagunas de Peine, presentan valor promedio de niveles en el período, de cotas: 2.300,12 m s.n.m. en BA-21 y 2.300,28 m s.n.m. en BA-22.

Además de presentar valores de niveles promedios por sobre los valores mínimos registrados de línea base, los niveles presentan también tendencias estables y cíclicas en el tiempo. De acuerdo a los niveles observados en este período abril 2017-marzo 2018, no se perciben cambios respecto de lo indicado en la evaluación del proyecto como línea de base.

En relación con Cambio del Estado Ecológico:

En cuanto al Sistema La Punta - La Brava y Tilopozo, los niveles freáticos presentan valores que se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, presentándose sobre los mínimos.

En cuanto a la superficie lagunar correspondiente al monitoreo invierno 2017 y verano 2018, el valor se encuentra por sobre el mínimo histórico.

Con respecto al seguimiento de composición y cobertura de especies en este sector, se observa una similitud entre los resultados obtenidos en MB0 y monitoreos estacionales del primer año de estudio (M1 y M2). Las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo, son las que desarrollan mayor cobertura vegetal: las formaciones de *Schoenoplectus californicus* y algunas transectas con formaciones de herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, además de algunas transectas localizadas en cercanías a cuerpos de agua, en el sector de La Punta.

Con respecto a la comparación de los valores históricos de la línea de base del proyecto (año 2014) con los monitoreos de invierno 2016 a verano 2018 (monitoreos de M1 a M4), se observa que en la formación de *Distichlis spicata* las coberturas seguirían siendo similares al considerar la cobertura de la especie dominante dentro de un rango del 20 a 30%. En la formación de *Schoenoplectus californicus* a nivel de formación los valores son indicadores de una alta cobertura de la vegetación históricamente (igual o cercanas al 100%) y las diferencias se observan a nivel de especie. En el caso de las formaciones de *Sarcocornia fruticosa*, se observan valores menores en los últimos monitoreos (M3 y M4) con respecto a los históricos de 2014 y 2015, no obstante sería importante precisar que los resultados no son estrictamente en la misma ubicación, por lo cual para el caso de la especie *Sarcocornia fruticosa*, ésta se desarrolla en vegetación parchosa y por lo mismo es importante tener varias transectas para ser comparables y en este caso solo existía un punto de línea base comparable con las transectas de monitoreo.

De acuerdo a los registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat para sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava, las superficies de vegetación activa estimadas a la fecha se encuentran dentro de los rangos señalados y sobre los mínimos históricos a partir de imágenes de alta resolución.

En cuanto al Sistema Peine, los niveles freáticos también presentan valores promedio registrados a la fecha que se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, presentándose sobre los mínimos. En cuanto a la superficie lagunar correspondiente al monitoreo invierno 2017 y verano 2018, el valor también se encuentra por sobre el mínimo histórico.

Sobre el seguimiento de composición y cobertura de especies en este sector, se observa una similitud entre los resultados obtenidos en MB0 y monitoreos estacionales del primer

año de estudio (M1 y M2). Las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo, son las que desarrollan mayor cobertura vegetal, como la formación de *Schoenoplectus californicus*.

Por otro lado, en M3 las formaciones que continúan presentando menor cobertura vegetal en este sector, corresponde a una transecta localizada en un matorral de *Tessaria absinthioides*. En todas estas transectas se observó un sustrato con menor contenido de humedad (no saturado), y en sustratos de textura terrosa o costra salina terrosa (matorral de *T. absinthioides*), localizados más al borde del salar de Atacama. En adición, donde se registró la mayor cobertura muerta, corresponde a dos transectas en el sector de Peine, en un herbazal de *Schoenoplectus californicus* (T02; 36,0%) y en un herbazal de *D. spicata* (T08; 33,2%), seguido de las formaciones de *D. spicata* y *T. absinthioides* con mayor registro de cobertura muerta en varias de sus transectas (entre 10 y 20% aproximadamente).

Al comparar los valores históricos de la línea de base del proyecto (año 2014) con los monitoreos a la fecha, M1 a M4, se observa que en la formación de *Distichlis spicata* las coberturas seguirían siendo similares al considerar la cobertura de la especie dominante dentro de un rango del 20 a 30%. En la formación de *Schoenoplectus californicus* a nivel de formación los valores son indicadores de una alta cobertura de la vegetación históricamente (igual o cercanas al 100%) y las diferencias se observan a nivel de especie. Para las formaciones de *Tessaria absinthioides*, se observan valores menores en los monitoreos (M3 y M4) con respecto a los históricos de 2014 y 2015, no obstante, sería importante precisar que los resultados no corresponden estrictamente a la misma ubicación, desarrollándose como vegetación parchosa y por lo mismo es importante tener varias transectas para ser comparables y en este caso solo existía un punto de línea base comparable con las transectas de monitoreo.

En general, las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos históricos a partir de imágenes Landsat y sobre los mínimos históricos a partir de imágenes de alta resolución. Siendo aún el segundo año de mediciones, las formaciones de vega (herbazal) de *Schoenoplectus californicus* en este sector, y en el periodo de verano 2018, presentan una superficie menor al mínimo histórico y al periodo de verano de 2018, lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en el último periodo.

Para ambos sectores, es necesaria la evaluación del tercer año para determinar la existencia de tendencias en las variables de estado indicadas en el Anexo 2 de la Adenda 5, "Plan de Manejo Biótico" (PMB).

2 INTRODUCCION

El presente informe corresponde al segundo 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 operaciones⁶. 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 anual N°2, para cada una de las variables o subcomponentes que involucra el PMB, en su frecuencia y métodos correspondientes de medición, para con ello realizar el análisis de este seguimiento de cada una de las variables bióticas involucradas. Junto con lo anterior, como objetivo también está el detectar tempranamente cualquier cambio en su estado ecológico, como consecuencia de fenómenos locales, regionales y/o globales.

El área de estudio del PMB se presenta en la **Figura N° 2-1**, e 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):

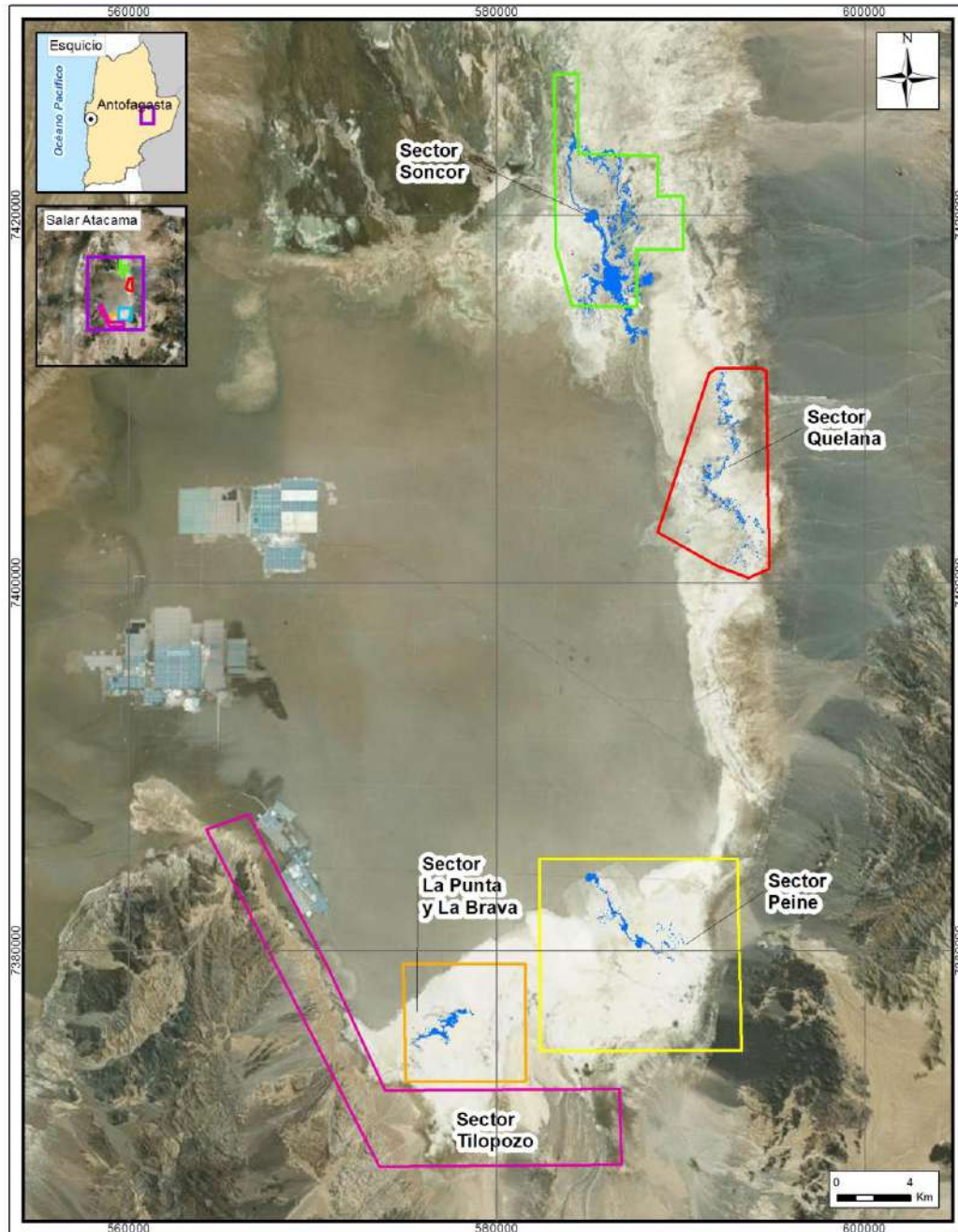
- 4) Sistema Soncor (*) constituido por las lagunas Barros Negros y Chaxa; y
- 5) Quelana (*), Aguas de Quelana (ubicadas ambas 4 y 5 en la Reserva Nacional Los Flamencos).

(*) 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

⁶ 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 2017 y verano 2017-2018, las cuales se desarrollaron durante los meses de agosto del 2017, y entre diciembre del 2017 (para seguimiento de superficies lagunares) y marzo - abril del 2018.

La campaña correspondiente a invierno 2017, se desarrolló entre los días 01 al 26 del mes de agosto de 2017, y constituye la tercera campaña de monitoreo biológico del proyecto. Por su parte, la campaña correspondiente a verano 2017-2018, dependiendo de la variable, se desarrolló durante los meses de diciembre 2017 y marzo-abril 2018, constituyendo la cuarta campaña de monitoreo biológico del proyecto. Corresponden estas fechas por una primera parte, a la campaña de medición de superficie de Lagunas, realizada entre el 27 al 30 de diciembre de 2017, y por la otra, a la campaña de seguimiento de componentes biológicas (PMB), realizada entre el 28 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). Es relevante señalar al respecto, que la implementación de la campaña, tal como quedase estipulado en la evaluación ambiental, busca realizarse en situación post lluvias, con su efecto condicionante sobre el área de estudio, no obstante, este verano 2018 solo llovió en la alta cordillera, y no sobre el salar directamente, que era lo esperado para iniciar las campañas. Dado que las precipitaciones esperadas sobre el salar finalmente no llegaron, y con el objetivo de no atrasar aún más las campañas de monitoreo, es que se ejecutaron los trabajos de seguimiento en las fechas señaladas.

El Plan de Manejo Biótico (PMB) definido en el Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, establece para las componentes de Biotas, 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
Biotas	Flora terrestre	Semestral	Composición y cobertura de especies	31*	-	31*
	Vegetación	Semestral/	Distribución y	61*	-	61*

Componente	Subcomponente	Frecuencia	Variables generales	Número Estaciones PMB	Estaciones voluntarias	Número de Estaciones Totales
	terrestre	Anual	cobertura de la vegetación azonal			
	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 61 puntos de monitoreo COT corresponden a los 59 puntos de monitoreo previamente definidos en campañas anteriores, con la incorporación voluntaria en esta campaña de 2 puntos de monitoreo COT en el sector Aguas de Quelana.

*** 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 a 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 azonal⁷, 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 en el Informe Anual N°1 del PMB.

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

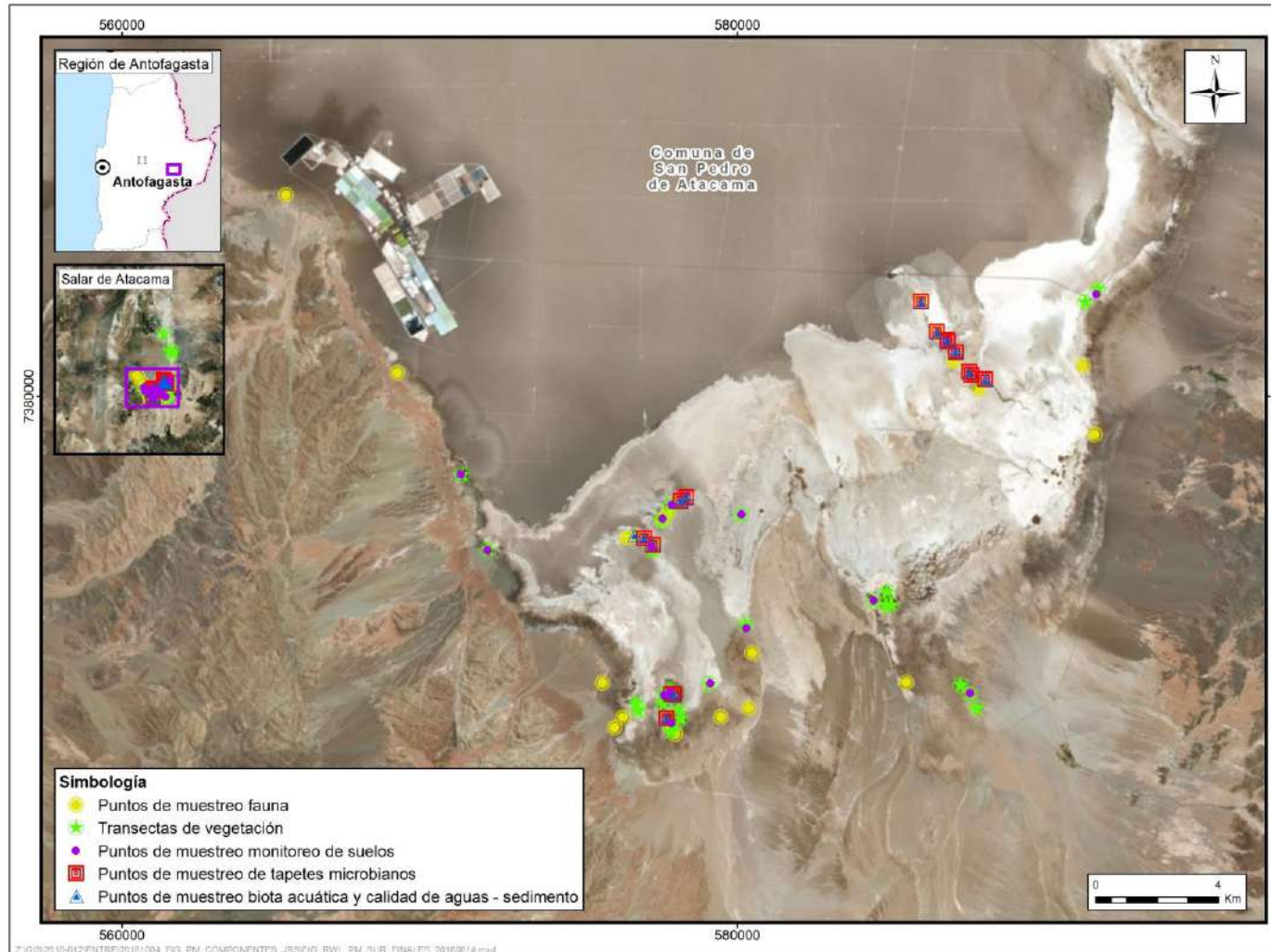
⁷ La definición de puntos de transectas de vegetación azonal, para la subcomponente de flora terrestre, se realiza en levantamiento previo realizado en terreno en el mes de julio de 2016, denominado en adelante "Monitoreo Base 0 – MB0" (RWL-Cedrem agosto 2016), como cumplimiento al acápite 10.2 de la 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 2017 y verano 2018 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	Amakáik Consultoría Ambiental SpA
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.

3 OBJETIVO

El objetivo de este Informe, es presentar los resultados del monitoreo correspondiente al Informe Anual N°2 del Plan de Manejo Biótico del proyecto RWL, comprometido en la RCA 21/2016, las que involucran las componentes y variables de medición de frecuencia Semestral, correspondientes a la temporada de invierno 2017, las que fueron monitoreadas en el mes de agosto del 2017, y a la estación de verano, las que fueron monitoreadas desde diciembre 2017 a abril 2018, dependiendo de la variable respectivamente, de tal manera de poder verificar tempranamente el comportamiento de las variables y cualquier cambio en su estado ecológico.

4 ALCANCES Y ESTRUCTURA DEL INFORME

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos en las campaña de invierno 2017 y verano 2017-2018, del Plan de Manejo Biótico (PMB), para las componentes de Biot, Suelo y Agua, las cuales han sido reportadas por el equipo Consultor especialista para el desarrollo de estas actividades, Cedrem Consultores. El detalle de los participantes en el estudio se indica en el **Anexo de Responsables y Participantes de las actividades de muestreo**.

Para cada subcomponente o agrupación de éstas se presenta un capítulo específico, 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 MB0 para Flora y Vegetación.

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

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

A partir del numeral siguiente, se presenta el detalle de cada componente, como un capítulo específico con los lineamientos establecidos en la Resolución de SMA 223/2015.

5 FLORA Y VEGETACIÓN

En el presente informe anual de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos correspondiente a invierno 2017 y verano 2018, de frecuencia semestral, para el subcomponente ambiental Flora y Vegetación, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE N°21/2016 del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama” de la empresa 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 21 y 26 de agosto de 2017, fechas en que se realizó la campaña estacional de invierno de 2017 (Monitoreo 3 o M3), y entre los días 28 y 31 de marzo de 2018, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de verano de 2018, llamado en adelante Monitoreo 4 (M4). Es importante destacar, que el monitoreo de verano, se desarrolló en las fechas antes mencionadas, durante el período de 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: carta ocupación de tierras, transectas con método de intercepto de puntos en base a la metodología *point quadrat* y el 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.

Para dar cumplimiento a lo anterior, se desarrollan los siguientes objetivos específicos:

- Monitorear la distribución y la cobertura de la vegetación (zonal y azonal), en su estructura comunitaria horizontal y vertical, en resultados semestrales (invierno 2017 y verano 2018) a través del método de carta de ocupación de tierras (COT).
- Determinar la cobertura real, 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.
- Comparar los valores de vegetación activa de cada sector, obtenidos a partir del índice NDVI, en verano 2018 (monitoreo 4), con los registros históricos de la línea de base y el monitoreo realizado en verano 2017 (monitoreo 2) (Adenda 5 RWL, 2015, Apéndice B). Lo anterior, dado que 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 3 y Monitoreo 4) con el monitoreo inicial (MBO) realizado en la etapa pre operacional del proyecto, junto con la información de línea de base y la variación interanual con los, Monitoreo 1 y Monitoreo 2.

5.1 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.1 COBERTURA Y VEGETACIÓN (COT)

5.1.1.1 Descripción del área de estudio

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

Específicamente, el área de estudio corresponde a aquellos sectores del Salar que, en relación a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), concentran la vegetación: La Punta y La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana. Con el fin de mantener la sectorización establecida por el PMB, se distribuyó el área de estudio en cinco subsectores: (1) Tilopozo, (2) La Punta y La Brava⁸, (3) Peine, (4) Soncor y (5) Aguas de Quelana⁹ (**Figura N° 5-1**).

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

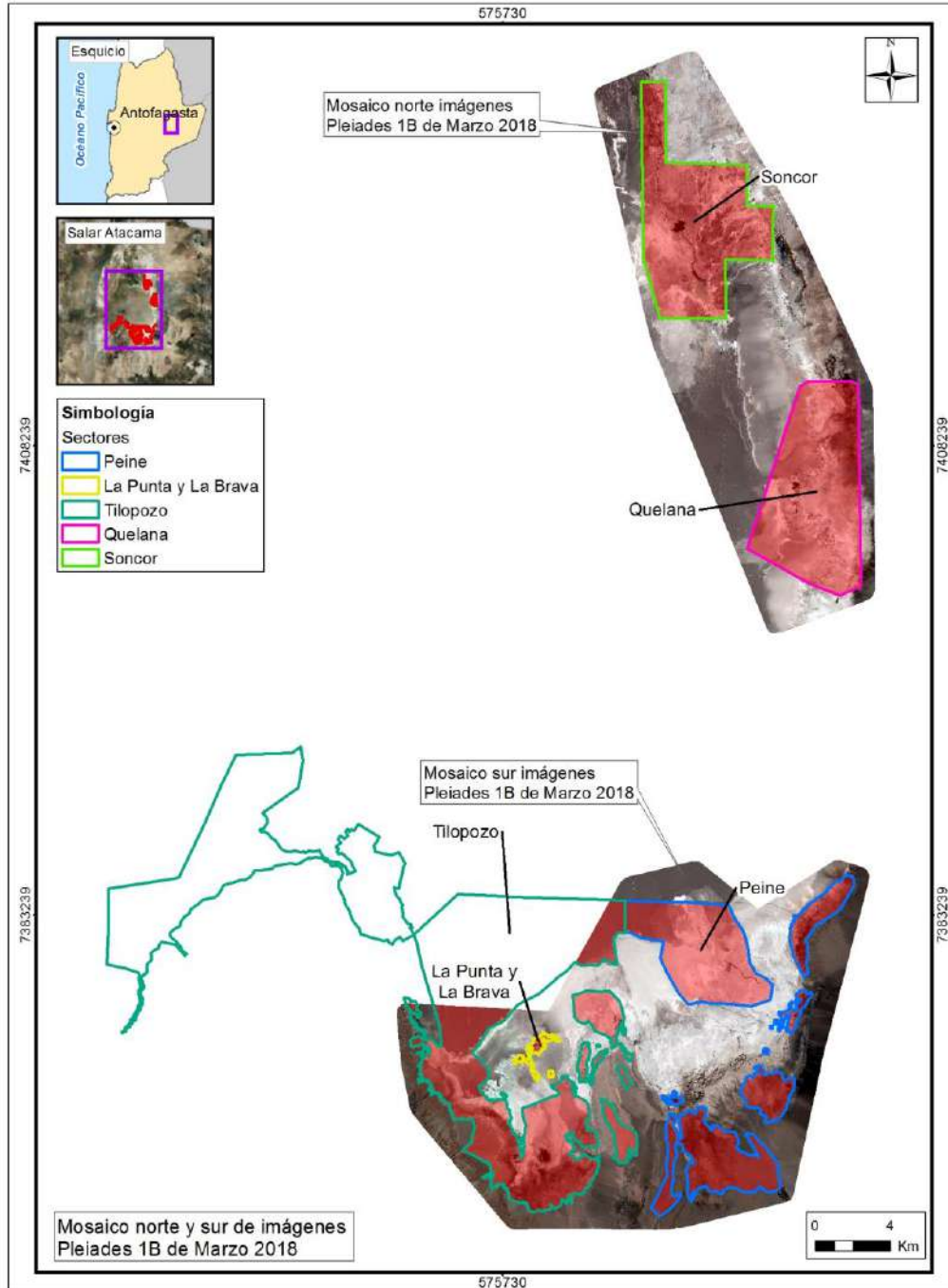
⁸ Con el fin de homologar la sectorización a la establecida por el PMB, se decidió seccionar el área de Tilopozo en dos subsectores: *La Punta y La Brava*, y *Tilopozo*.

⁹ 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.

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 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- 2017 y Verano – 2018 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.

Para este monitoreo se levantó información de 61 puntos de monitoreo correspondientes a cada polígono sujeto a seguimiento definido en la COT. Estos 61 puntos de monitoreo COT corresponden a los 59 puntos de monitoreo previamente definidos en campañas anteriores, con la incorporación voluntaria de 2 puntos de monitoreo COT, con el fin de ajustar límites y destacar el cambio en la composición florística de las formaciones vegetales involucradas.

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).
- 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 2017 y verano 2018 segundo 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
	QE012	-	594579	7403096
	QE013	-	594638	7402889
Soncor	SO001	T14*	585849	7418685

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 2017 y verano 2018.

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.

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 multispectrales de alta resolución, las cuales provienen del satélite Pleiades-1B (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 atributación de las unidades cartográficas de la COT a continuación, se describen los distintos niveles de análisis, los cuales se utilizan para las clasificaciones de recubrimiento de suelo y sus tipos de vegetación:

- I. **Unidad cartográfica (UC):** corresponde a un polígono de la cartografía COT. Su código 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 2006). La **Tabla N° 5-7** lista los tipos de formaciones utilizados.
- V. **Recubrimiento de suelo:** zonificación de los tipos de formaciones vegetales y otras coberturas de la superficie terrestre. Esta clasificación fue realizada a partir

de las categorías de uso de suelo¹⁰ 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.

¹⁰ 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 fointerpretación 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).

Formación vegetal	Especies dominantes	Altura Vegetal Mediana (Rango)*		Cobertura Vegetal Mediana (Rango)*	
		LB	H	LB	H
Matorral con dominancia de Ad	Ad Aa Ai cis cid	4(2-5)	2(1-2)	3	4
Matorral de Ai	Ai cid	3	3	3	2
Matorral con dominancia de Eb	Eb dp	4(2-5)	2	2(2-3)	2

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

Fuente: Elaboración propia

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 7 y 11 de agosto de 2017.

La campaña de verano se realizó durante el período tardío de verano, a inicios de la estación de otoño entre el 28 y 31 de marzo de 2018.

5.1.2 FLORA Y VEGETACIÓN

5.1.2.1 Ubicación de puntos muestreo

Para el presente estudio, se consideraron las 31 transectas establecidas durante el Monitoreo Base 0 (RWL-Cedrem agosto 2016) del subcomponente Flora y Vegetación del proyecto y que fueron ubicadas atendiendo a las transectas propuestas en cumplimiento de la Resolución de Calificación Ambiental (Res Ext N° 0021/2016) que aprobó el proyecto “Estudio de Impacto Ambiental: Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”.

Específicamente en marco del “Informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación de Transectas (Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016)”, 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**).

En la **Tabla N° 5-14** se presentan las coordenadas de las transectas realizadas para el monitoreo biológico del subcomponente flora y vegetación, considerando además la asociación con los puntos originales propuestos en el Plan de Manejo Biótico (RCA y Adenda 5) y en figuras **Figura N° 5-3**, **Figura N° 5-4**, **Figura N° 5-5**, **Figura N° 5-6** y **Figura N° 5-7** se indica la localización de las transectas por subsector.

Tabla N° 5-14. Coordenadas de las transectas de monitoreo del Plan de Manejo Biótico del subcomponente Flora y Vegetación, en los sectores de estudio.

SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
Peine	VB01	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	T01	T01i	584979	7373198	2.307	SE
				T01f	585029	7373195		
			T02	T02i	584864	7373653	2.311	SE
				T02f	584886	7373611		
			T03	T03i	584870	7373199	2.312	NO
				T03f	584822	7373214		
			T04	T04i	584450	7373358	2.307	SO
				T04f	584440	7373310		
	VB02	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	T05	T05i	587784	7369847	2.329	NE
				T05f	587787	7369896		
			T06	T06i	587249	7370627	2.324	SE
				T06f	587291	7370598		
			T07	T07i	587538	7370322	2.323	SE
T07f				587589	7370321			
VB03	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T08	T08i	591329	7383068	2.304	SO	
			T08f	591304	7383026			
		T09	T09i	591730	7383499	2.301	SE	
T09f	591734		7383449					
La Brava	VLB2	Herbazal de <i>Triglochin palustris</i>	T10	T10i	577230	7374967	2.302	NE
				T10f	577264	7375004		
La Punta	VLP1	Herbazal de <i>Triglochin palustris</i>	T11	T11i	577546	7375994	2.298	SE
				T11f	577557	7375945		
	VLP2	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T12	T12i	577872	7376446	2.305	NO
				T12f	577827	7376471		
	VLP3	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	T13	T13i	580099	7376130	2.304	NE

SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA					
			Número	Código	Este	Norte							
				T13f	580149	7376130							
Soncor	VS*	Área desprovista de vegetación	T14	T14i	585970	7418664	2.300	SO					
				T14f	585937	7418624							
Quelana	VQ*	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T15	T15i	593317	7403472	2.301	SO					
					T15f	593279			7403439				
		VQ*	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T16	T16i	591112	7405899	2.296	NE				
					T16f	591159	7405919						
	VQ*	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	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					
					T19f	577828			7370372				
				VT2	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T20			T20i	577581	7370304	2.307	SE
										T20f	577629		
	VT3	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T21	T21i	579122	7370660	2.305	SO					
					T21f	579074			7370655				
	VT4	VT4	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					
						T24	T24i	577922			7369310	2.310	SO
							T24f	577879			7369283		
			T25	T25i	577901	7369109	2.311	SO					
		T25f		577851	7369103								
VT5	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T26	T26i	571909	7375029	2.303	SE						
				T26f	571931			7374985					
VT6	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T27	T27i	571081	7377447	2.304	NO						

SUB SECTOR	PUNTO ASOCIADO*	FORMACIÓN VEGETAL	TRANSECTA		COORDENADAS UTM (WGS84)		ALTITUD (m.s.n.m.)	ORIENTACIÓN TRANSECTA
			Número	Código	Este	Norte		
				T27f	571031	7377448		
	VTM1*	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	T28	T28i	580249	7372583	2.309	SE
				T28f	580295	7372564		
	VT2	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	T29	T29i	577865	7370468	2.308	SO
				T29f	577823	7370437		
	VT1	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	T30	T30i	577602	7369977	2.309	NE
				T30f	577604	7370026		
			T31	T31i	576807	7369755	2.310	NE
	T31f	576807	7369807					

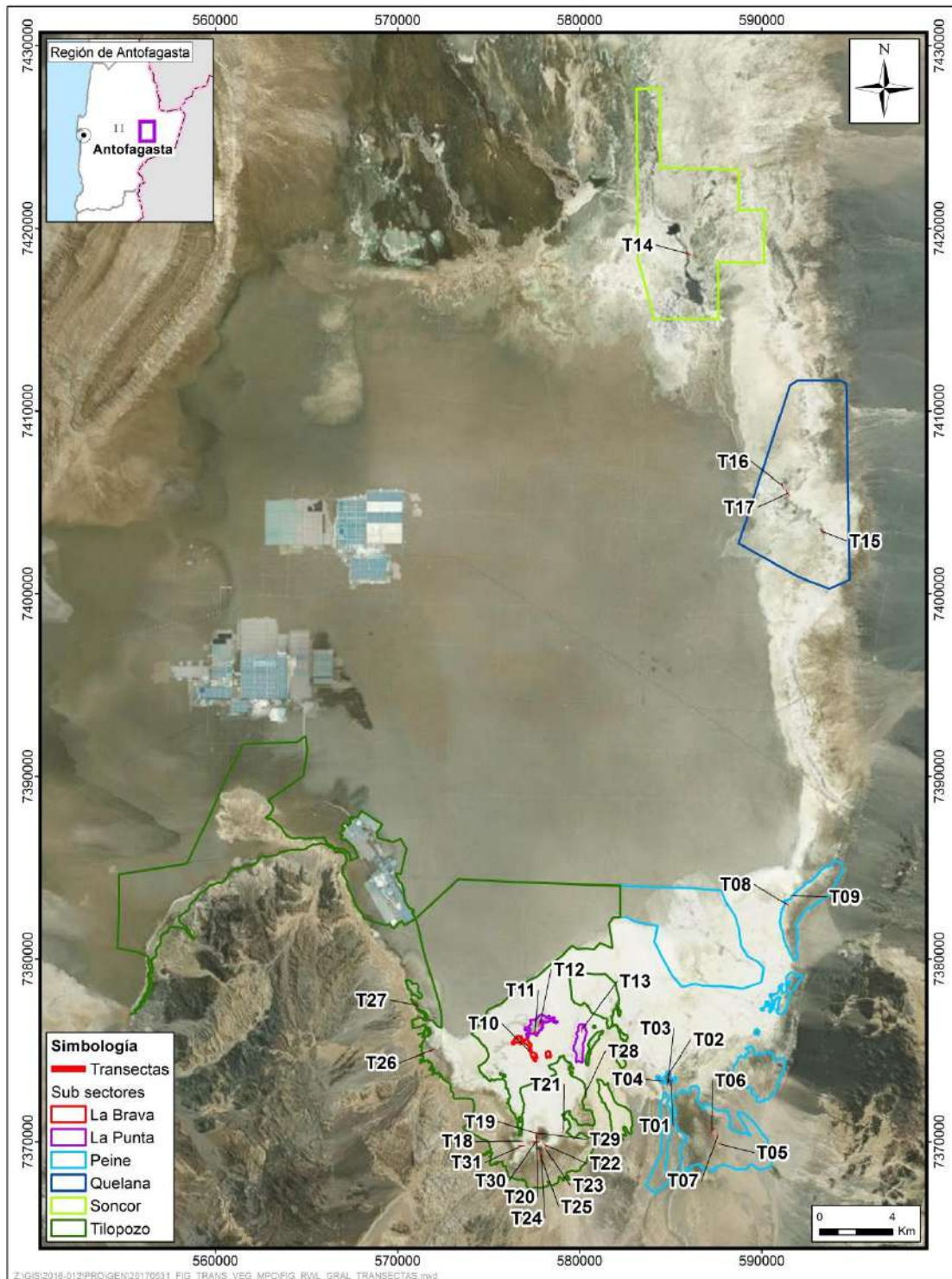
Dónde: Punto Asociado*: Puntos propuestos para monitoreo en el Plan de Manejo Biótico;

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

VQ* y **VS***: 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..

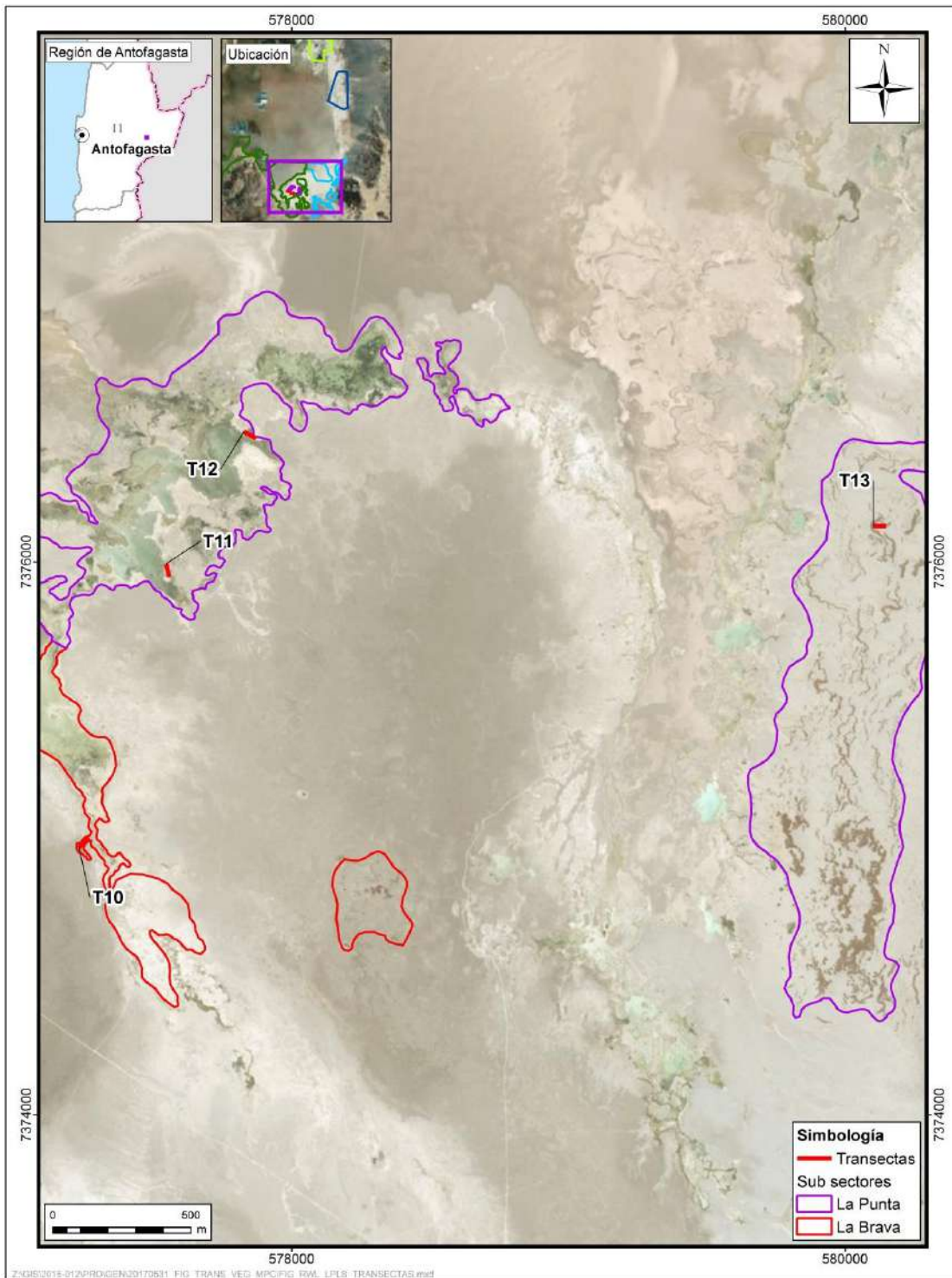
Fuente: Elaboración propia

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



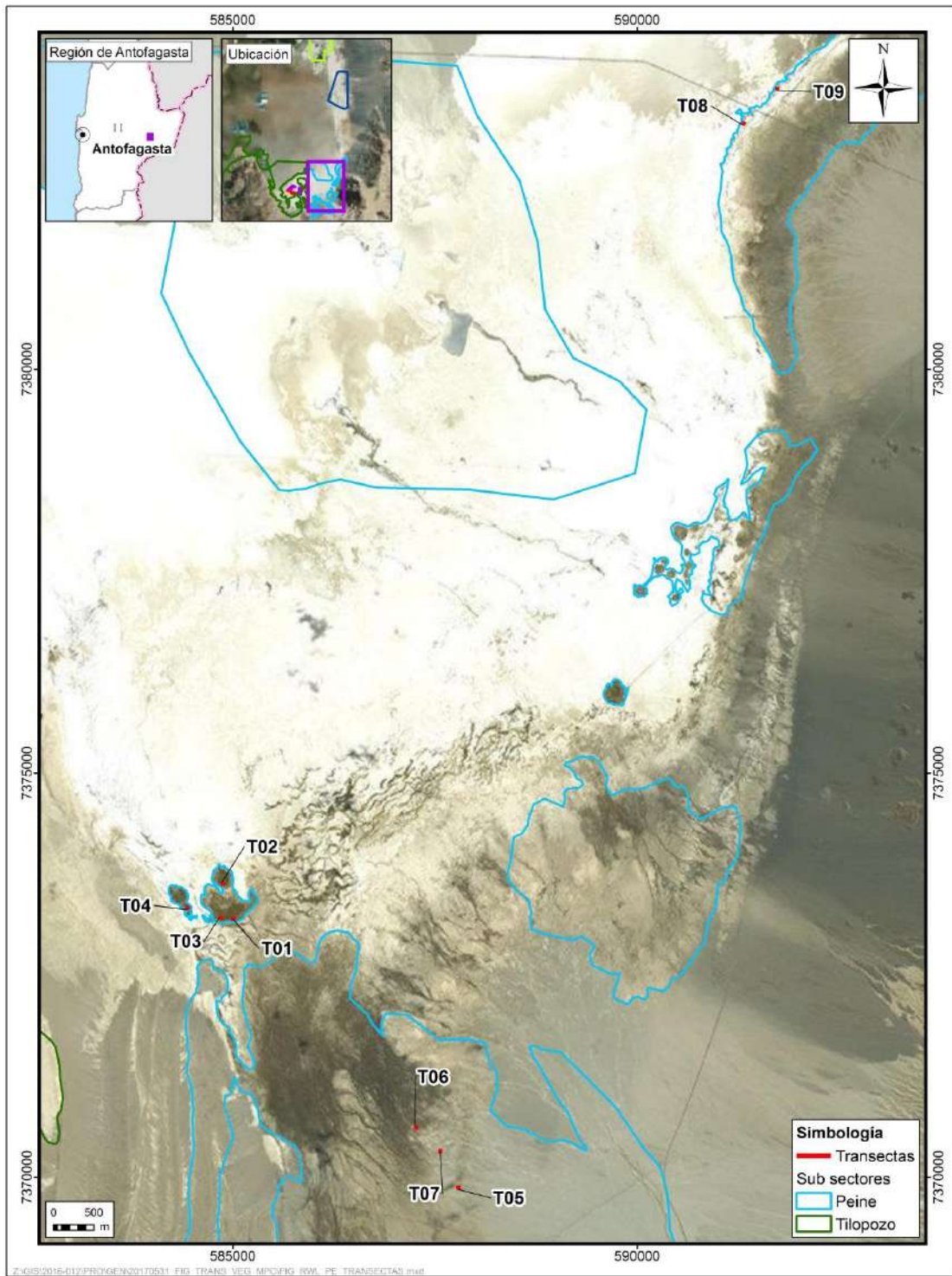
Fuente: Elaboración propia

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



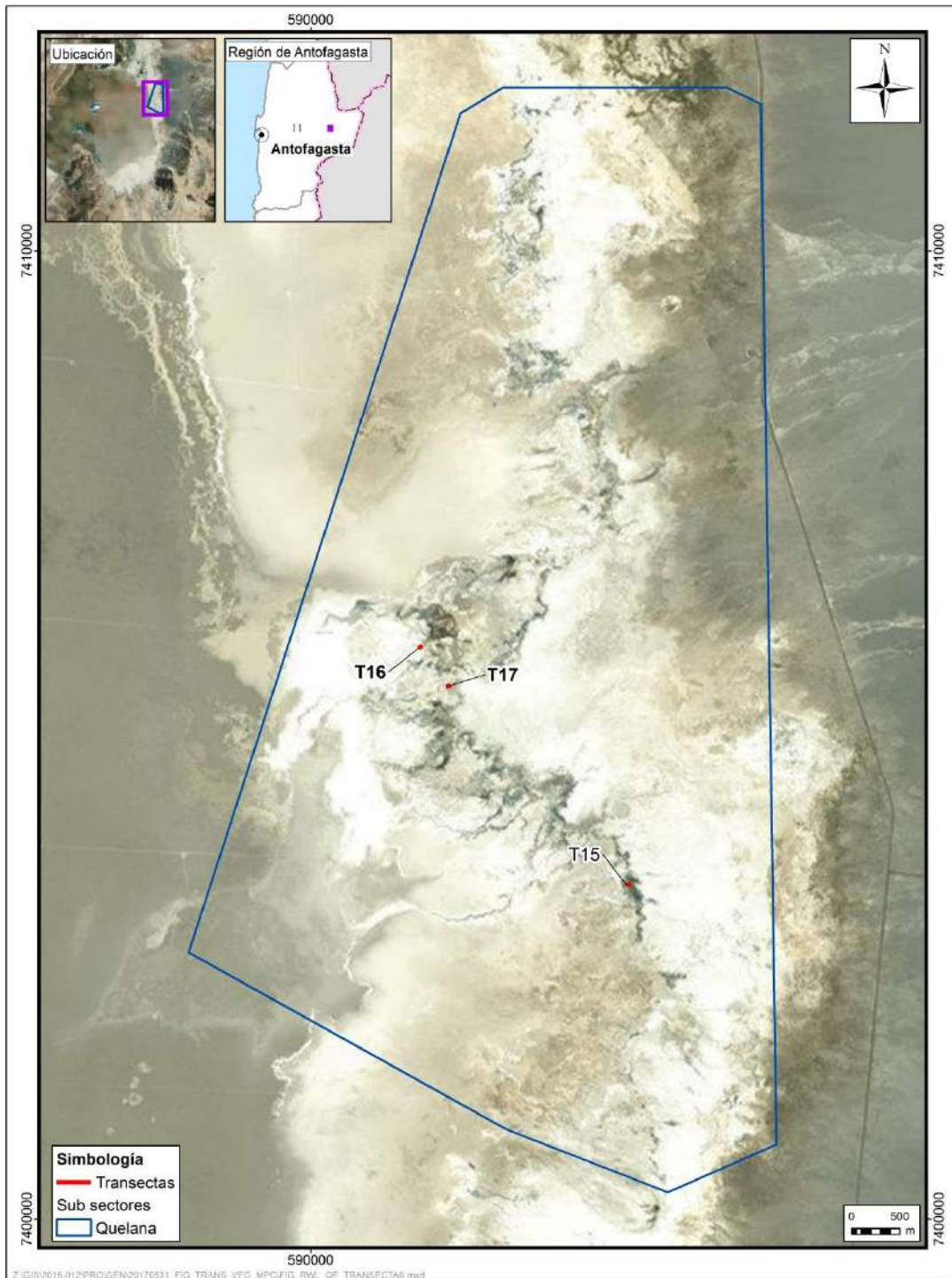
Fuente: Elaboración propia

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



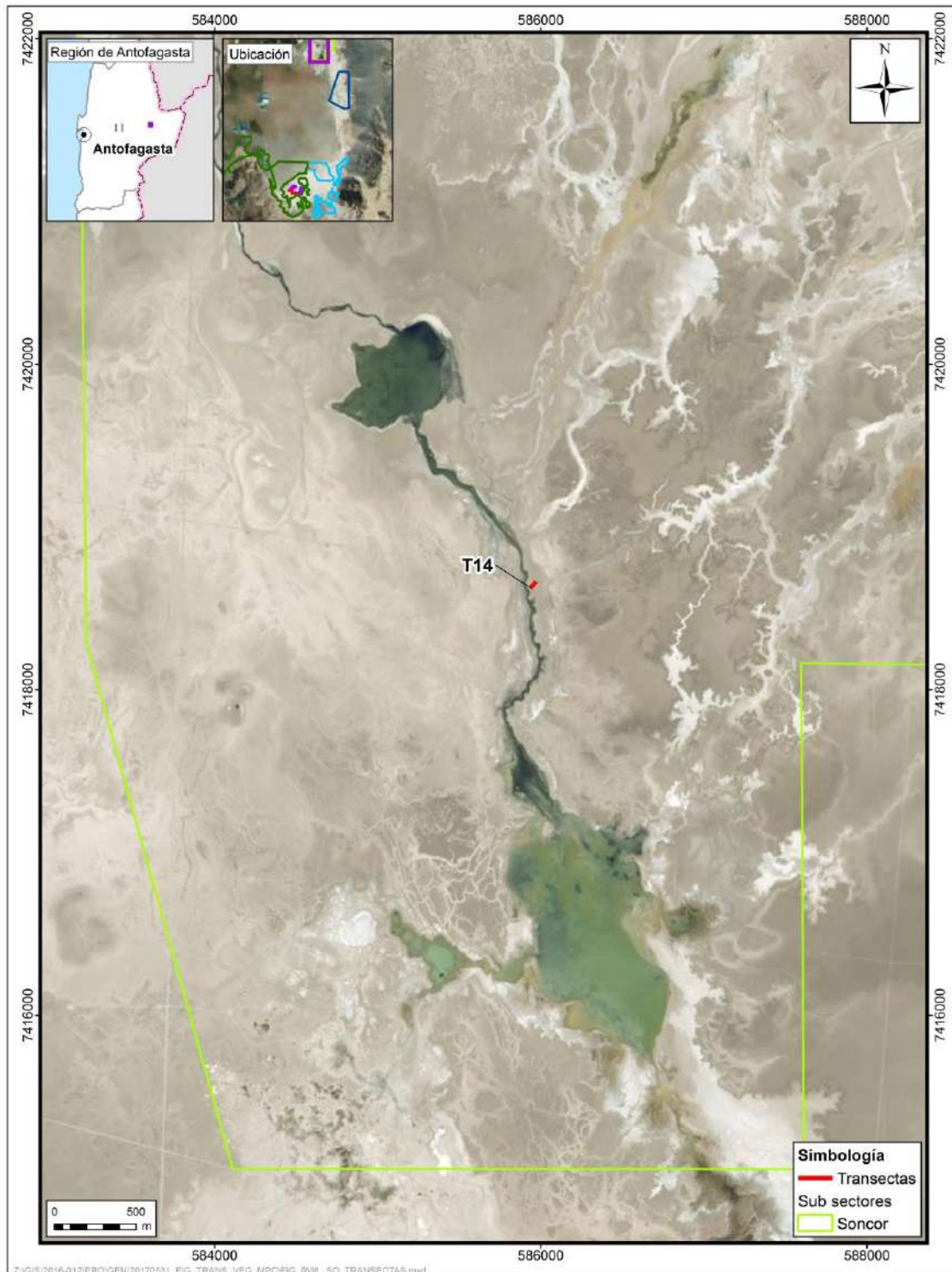
Fuente: Elaboración propia

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



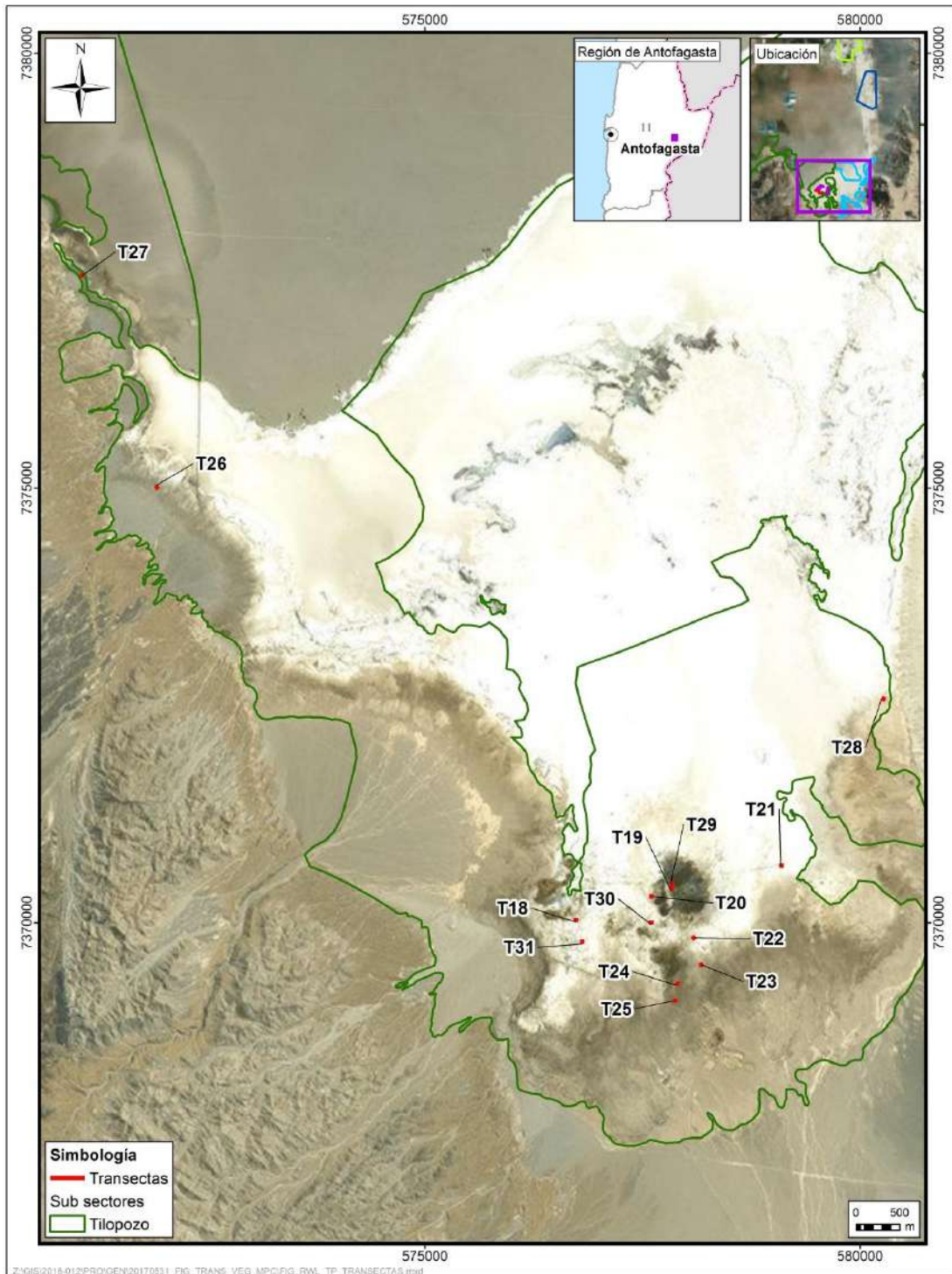
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido en el Monitoreo Base 0 (RWL-Cedrem agosto 2016), en el área de estudio existen tanto formaciones vegetales hidrófilas sensibles a la alteración del suministro hídrico (herbazales de *Schoenoplectus californicus* y de *Juncus balticus*), como grandes extensiones de formaciones de especies halófitas (herbazal de *Distichlis spicata* y de *Sarcocornia fruticosa*). En la **Tabla N° 5-15**, se detallan el número de transectas definidas por sector y tipo de formación vegetal.

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

SECTOR	SUB SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	No DE TRANSECTAS	
La Punta-La Brava	Tilopozo	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	6	
		Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	3	
		Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	2	
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	3	
	Total en subsector Tilopozo			14
	La Brava	Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	1	
	Total en subsector La Brava			1*
	La Punta		Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	1
			Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	1*
			Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	1*
Total en subsector La Punta			3	
Peine	Peine	Herbazal de <i>Distichlis spicata</i>	2	
		Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	4	
		Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	3	
	Total en subsector Peine			9
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	3	
	Total en sector Aguas de Quelana			3*
Soncor	Soncor	Área desprovista de vegetación	1	
	Total en subsector Soncor			1*
Total			31	

* Transectas de control de la vegetación en sectores de lagunas, identificando su formación vegetal de acuerdo a validación de vegetación realizada en el monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

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

En cumplimiento de lo dispuesto por la RCA que aprueba el proyecto, el análisis de datos del presente estudio estuvo orientado a la caracterización florística de cada una de las transectas y por sector, en cuanto a parámetros de: composición, riqueza y cobertura, respectivamente.

Además de la caracterización florística en las transectas, se analizaron parámetros de seguimiento complementarios, los cuales corresponden a: i) la condición de sustrato salino y/o agua, ii) la vegetación muerta (rastroy).

5.1.2.3 *Materiales y equipos utilizados*

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

- Un navegador Garmin 20X ETREX. Para localizar cada transecta en el área de estudio. Además, se georreferenció con este GPS las coordenadas de inicio y fin en UTM (Universal Transversal de Mercator), en Datum WGS 84 19S, con el fin de confirmar su ubicación.
- Huincha de medir de 50 metros de longitud. Para ubicar los puntos de intercepción a lo largo de la transecta, cada 0,1 m.
- Un formulario para el registro de los componentes de muestreo predichos.
- Cámara fotográfica. Se realizó un registro fotográfico de la formación vegetal, sistematizando la toma fotográfica con tres fotografías en las secciones inicial y final, y cuatro fotografías en la sección central, en cada transecta.

5.1.2.4 *Metodología de muestreo*

5.1.2.4.1 Aspectos generales

El método utilizado para el muestreo de la vegetación se basa en el **método de Carta de Ocupación de Tierras, en adelante COT**. Esta metodología se utiliza para validar la caracterización de la vegetación, estacionalmente, en los puntos de muestreo de las transectas, con respecto a la caracterización que se realiza a nivel general en el área de estudio con el muestreo de vegetación COT (ver en **sección 5.1.1.5**).

En cuanto a la caracterización de la flora, el **método utilizado fue el de “Intercepto de Puntos”** (ver ficha de terreno tipo en **Anexo Vegetación y Flora**), según lo establecido por el informe de Monitoreo de Vegetación, Ubicación de Transectas (Informe Ejecutivo RWL/CEA mayo 2016), el cual fue aprobado a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL; y el cual determina las transectas y su metodología para la evaluación pre operación y posterior seguimiento en las campañas semestrales, y el Plan de Manejo Biótico del Proyecto.

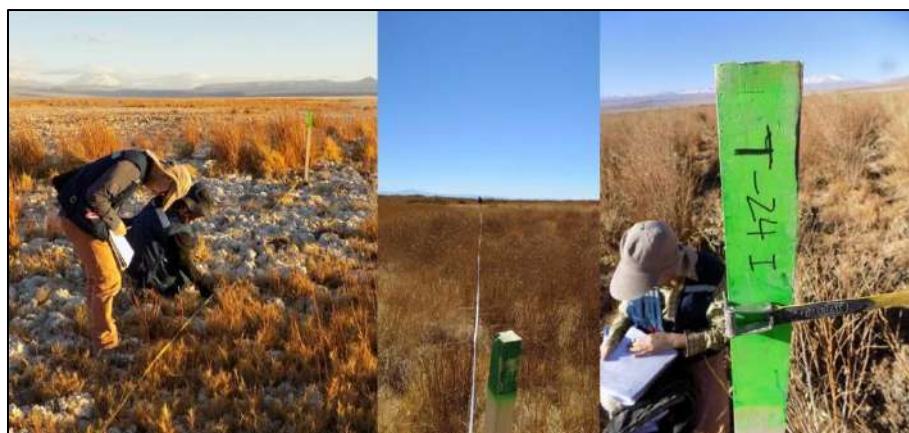
El método de intercepto de puntos en transectos, entrega una estimación de coberturas más precisas que el uso de grillas, para la misma cantidad de puntos muestreados (Blackman, 1935; Goodall, 1952; Greg – Smith, 1983). Por lo anterior, el método de intercepto de puntos, basado en el método “point quadrat”, en este caso corresponde al catastro florístico en puntos separados cada 0,1 metros, a través de transectas lineales de 50 metros de longitud, asumiendo que la probabilidad en que un taxa intercepte la huincha es función de la cobertura (Mueller-Dumbois y ElleMBERG 1974). A partir de este

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

5.1.2.4.2 Trabajo en terreno

El levantamiento de información se realizó en una campaña de terreno, donde se visitó y registró la información de las 31 transectas de monitoreo, de 50 metros de longitud, ubicadas y marcadas durante el Monitoreo Base 0 realizado en etapa de pre-operación del proyecto (RWL-Cedrem agosto 2016) ver Fotografía N° 5-1.

Fotografía N° 5-1. Ejemplo de estaca en el punto inicial de las transectas de monitoreo en el área del Salar.



Fuente: Elaboración propia

El relevamiento de información en las transectas se 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.

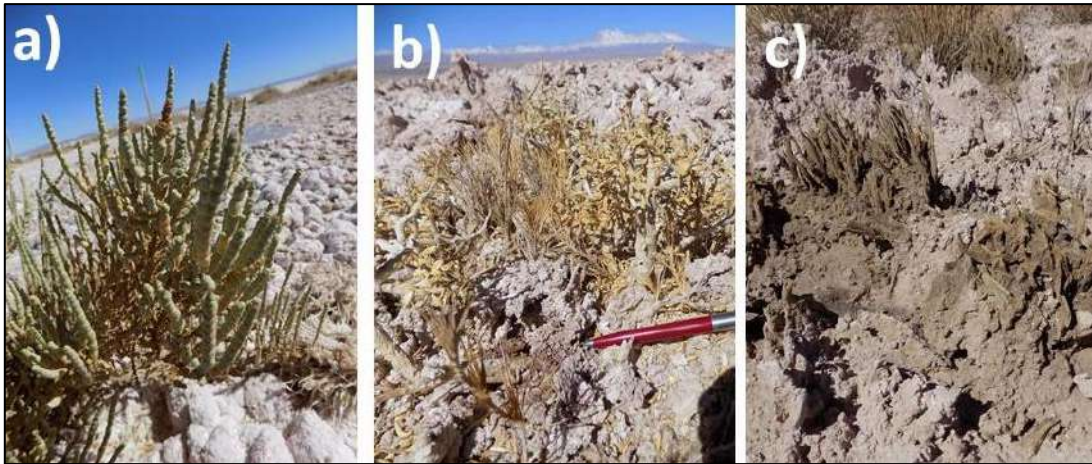
Durante el muestreo de los taxa en cada punto de muestreo, se considera una subdivisión de las especies de flora en relación a su estado fenológico y condición sanitaria, según las siguientes definiciones (**Fotografía N° 5-2**):

- **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

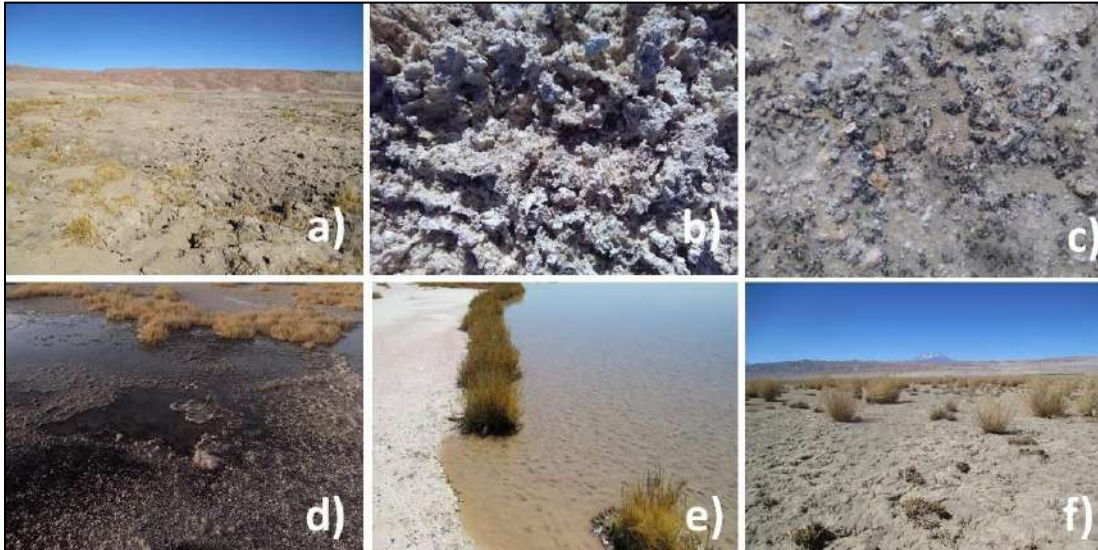
Además, en caso de que un punto de muestreo presentase áreas desprovistas de vegetación, se procede a registrar aspectos relacionados con la condición de sustrato (Fotografía N° 5-3), como elemento clave para detectar posibles cambios futuros en la unidad vegetal. Las clases registradas correspondieron a:

- **Costra salina:** corresponde al recubrimiento de suelo con alto contenido salino y que puede identificarse visualmente como afloramiento salino.
- **Costra salina terrosa:** costra salina y con presencia de recubrimiento de suelo el cual presenta textura terrosa.
- **Costra salina saturada:** costra salina con un contenido de humedad que se encuentra en el límite superior de almacenamiento de agua o en su capacidad de campo.
- **Costra salina sobresaturada:** costra salina con un contenido de humedad el cual sobrepasa su límite superior de almacenamiento de agua o su capacidad de campo, por lo tanto, se observa un suelo anegado.
- **Agua superficial:** corresponde al sustrato cuyo contenido de humedad supera su capacidad de almacenamiento, generándose una película de agua sobre la

superficie del suelo. Dependiendo de la cantidad de agua, y de la morfología del terreno puede observarse como un cuerpo de agua.

- **Sustrato terroso:** corresponde a sustrato de suelo desnudo en cuya textura se observa un bajo contenido salino y predomina la apariencia de suelo de textura terrosa.

Fotografía N° 5-3. Ejemplos de condiciones de sustrato definidas para el muestreo en áreas desprovistas de vegetación.



Dónde: a) costra salina terrosa; b) costra salina; c) costra salina saturada; d) costra salina sobresaturada; e) agua superficial o cuerpo de agua; f) sustrato terroso.

Fuente: Elaboración propia

En cada transecta se georreferencia con GPS sus coordenadas¹¹ de inicio y fin en Datum WGS 84 Huso 19S y se mantiene un registro fotográfico de la formación vegetal.

5.1.2.5 Metodología de cálculo y análisis

Toda la información recogida en el muestreo, es ordenada y almacenada digitalmente en una base de datos de consulta. Dado que el análisis es dependiente de la identificación florística, se realiza una revisión de las muestras botánicas colectadas y de las especies registradas y fotografiadas, para asegurar su identificación taxonómica.

Posteriormente, se desarrolló un trabajo de revisión y sistematización de la información (**Anexo 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.

¹¹ UTM (Universal Transversal de Mercator)

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

El cálculo del porcentaje de cobertura absoluta de las especies, se realiza asumiendo que la probabilidad que un taxa intercepte la recta proyectada en los puntos a lo largo de la transecta, es en función de su cobertura (Mueller-Dumbois y ElleMBERG 1974). En consideración de esto, se determinan los siguientes parámetros:

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

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

Donde:

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

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

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

$$Cat = \sum Casp$$

Es decir, corresponde a la suma de las coberturas absolutas de cada una de las especies presentes en una transecta.

- **Promedio de la cobertura absoluta de la transecta (\overline{Cat})**

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

Donde: S_T = Riqueza de especies de la transecta. Representa el número total de especies que interceptan la transecta en los puntos establecidos.

- **Promedio de la cobertura absoluta del subsector (CaSEC)**

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

Dónde:

$\sum Cat$ = 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 3, invierno 2017 en las transectas se llevó a cabo en una campaña de terreno, ejecutada durante la estación de invierno, entre los días 8 y 11 de agosto de 2017. Posteriormente, el procesamiento de datos se ejecutó entre el 14 y 18 de agosto, y el desarrollo de los análisis se realizó entre el 21 y 28 de agosto de 2017.

El Monitoreo 4, de verano 2018, se desarrolló en una campaña durante el período tardío de verano, entre el 28 y 31 de marzo de 2018. Posteriormente, el procesamiento de datos se ejecutó entre el 02 y 06 de abril, y el desarrollo de los análisis se realizó entre el 17 y 28 de mayo de 2018.

5.1.3 DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN AZONAL – MÉTODO DE IMÁGENES SATELITALES - NDVI

Para el seguimiento de la distribución y cobertura de la vegetación azonal, se utilizan imágenes satelitales de alta resolución espacial, según lo establecido en la Adenda 5 RWL (2015), Apéndice B, para monitorear las coberturas vegetacionales, en base a la vegetación activa de cada formación determinada en la COT, y su grado de vigorosidad, durante la temporada de crecimiento de la vegetación, esto se refiere al periodo posterior a las precipitaciones estivales (marzo – abril).

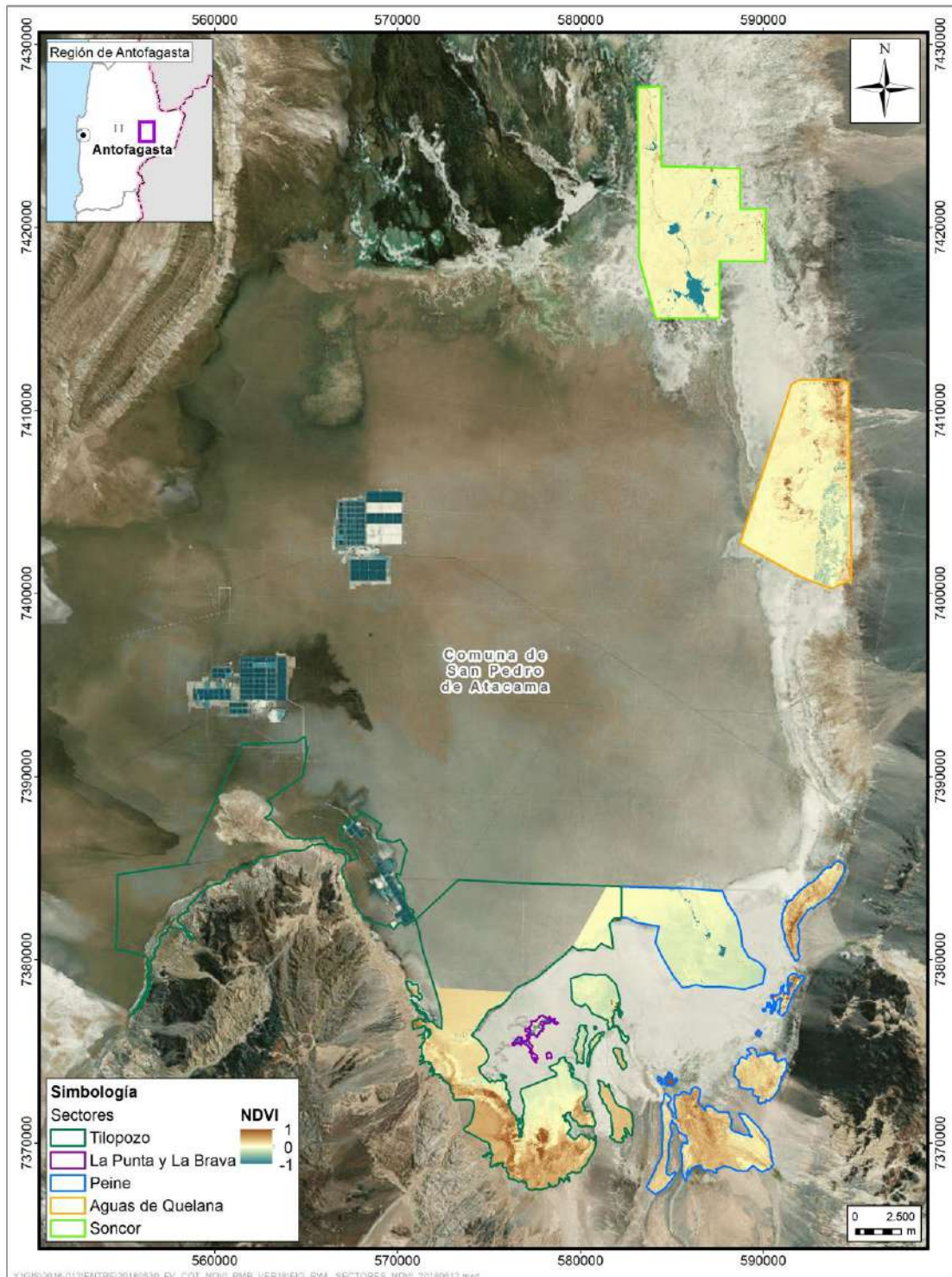
La cobertura de vegetación activa, se calcula a partir del **Índice de Vegetación Normalizado** (NDVI por su sigla en inglés), siendo éste el establecido en el Apéndice B del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto, y siendo a su vez el más usado en los análisis de la vegetación mediante imágenes satelitales.

5.1.3.1 Ubicación de sectores para la medición

La obtención de los valores de NDVI se realiza en un área congruente con la superficie de la Carta de Ocupación de Tierras (COT), que representa la vegetación zonal y azonal en cinco sectores del Salar en la campaña de verano de 2018: (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, donde se explica que *“se entenderá un cambio de tendencia si después de 3 años consecutivos, se observa una disminución sostenida de la cobertura, fuera del rango de los valores registrados históricamente por sector”* (PMB, Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B).

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

En consideración de lo mencionado recientemente, el análisis comparativo se realiza con las *superficies de vegetación activa por sector de estudio* y tomando las variaciones en relación 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 multiespectrales de alta resolución, usando la siguiente ecuación:

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

Donde:

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

R Reflectancia en el rojo (Banda 3).

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

5.1.3.3 Materiales y equipos utilizados

Las imágenes multiespectrales de alta resolución usadas en el presente estudio, provienen del sensor Pleiades-1B, y en su conjunto conforman dos mosaicos, el primero en el sector norte que comprenden los sistemas lagunares de Soncor y Aguas de Quelana, y el segundo en el sector sur que corresponde a los sistemas de Tilopozo, La Punta y La Brava, y Peine (**Figura N° 5-8**). La selección de este tipo de imágenes se debe a que sus características permiten contar con la resolución espacial adecuada para la cartografía detallada, y de precisión (Pancromática, 50 cm; Multiespectral, 2 m), además de permitir acortar a una semana el plazo de captura de las imágenes para toda el área de estudio, permitiendo que la fecha de captura coincidiera con la validación de terreno.

El satélite Pleiades está constituido de una banda pancromática con resolución de 0,5 m en visual nadir y 4 bandas espectrales con resolución de 2 m (blue - azul, green - verde, red - rojo y near infrared - infrarrojo cercano). La precisión de corrección por ortorrectificación puede encontrarse dentro 1m y 10m respectivamente. Las principales características del sensor se describen en la **Tabla N° 5-17** y en el **Anexo Vegetación y Flora** de las imágenes analizadas.

Tabla N° 5-17. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades - 1A.

Características	Detalle	
Órbita	Altitud: 695 km	
	Tipo: Tipo sincrónica con el sol	
Bandas Sensor	Pancromáticas: 480 - 830 nm	
	Multiespectrales	
	Azul: 430 - 550 nm	Rojo: 600 - 720 nm
	Verde: 490 - 610 nm	Infrarrojo: 750 - 950 nm
Resolución del sensor	Pancromática: 50cm	
	Multiespectral: 2 m	

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

5.1.3.4 Metodología de cálculo y análisis

En una primera fase de este proceso, las imágenes PLEIADES, son sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir errores provenientes de interferencias, las cuales pueden ser producto del ángulo de captura y alteraciones en el movimiento del satélite, o bien el efecto de las partículas presentes en la atmósfera, entre otros.

Inicialmente, a cada imagen se le realizó una corrección radiométrica, la cual consiste en la conversión de los valores de pixeles desde números digitales (ND) a unidades de radiancia espectral absoluta ($W / (m^2 *sr * \mu m)$)¹². Este proceso se utiliza como medio de calibración para disminuir la falta de uniformidad en los valores digitales debido a efectos producidos por errores sistemáticos en el sensor, tales como la contaminación de partículas en su plano focal, las que pueden manifestarse en forma de manchas y bandas en las imágenes. Esta conversión proporciona una base para la comparación de datos en una sola escena o entre imágenes adquiridas en fechas diferentes o por diferentes sensores (Chander *et al.*, 2009).

Posteriormente, se realizó la corrección atmosférica de cada imagen. Esta corrección busca reducir el efecto de la interacción de las moléculas y partículas de la atmósfera (vapor de agua, polvo en suspensión, entre otras) en la radiación electromagnética captada por los sensores de un satélite. La eliminación de los efectos atmosféricos y del terreno, recuperan los parámetros físicos de la superficie incluyendo la reflectancia, visibilidad del suelo y temperatura. Para este fin, se utilizó el módulo ATCOR (por su sigla en inglés, Atmospheric & Topographic Correction).

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.

¹² Dónde: W: Watts; m²: metro cuadrado; sr: estereorradián; μm : micrómetro.

Seguidamente, las imágenes son ortorrectificadas a modo de eliminar las distorsiones geométricas, producto de imperfecciones del sensor, la curvatura de la tierra y los efectos locales del relieve. Finalmente, las imágenes fueron unidas conformando dos mosaicos dentro del área de estudio (polígono norte y sur en **Figura N° 5-1**).

En la segunda fase, durante el post-procesamiento de las imágenes satelitales, se calcula el índice NDVI (ver detalles de éste índice espectral en la **sección 5.1.3.2** y seguidamente se establecen los valores del umbral de NDVI a partir del cual se determina la vigorosidad de la vegetación al interior de cada formación vegetal, por lo que se considerará o no “activa”.

La definición de los umbrales del NDVI se realizó para cada una de las formaciones vegetales descritas por la COT 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*”¹³, para cada formación vegetal (polígonos) definidas en la COT, considerando la cobertura de verano de 2018. 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 NDVI¹⁴.

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 1B, se realizó el 31 de marzo de 2018, cuyo análisis se complementa con la información levantada durante la campaña de terreno post-lluvias estivales en la región, realizada durante los días 28 y 31 de marzo de 2018.

¹³ 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).

¹⁴ El agua tiene reflectancia $R > IRC$, por lo tanto valores negativos de NDVI.

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

SECTOR DE MONITOREO NDVI	TIPO DE VEGETACIÓN	RECUBRIMIENTO DE SUELO	FORMACIÓN VEGETAL	UMBRAL DE VEGETACIÓN ACTIVA	
				NDVI	PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN
			<i>juncea</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>		
			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 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 2017

5.2.1.1.1 Caracterización de la vegetación en el área de estudio

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

De acuerdo a los resultados de invierno 2017, la cobertura vegetal se extiende en una superficie de 7.262,4 ha (22,0% del área de estudio), ver **Tabla N° 5-19**. Se identificaron tres tipos de recubrimiento de suelo, entre los cuales destaca la superficie sin vegetación representada por un 78,0% de superficie del área de estudio. En cuanto a superficie con vegetación, se observa una representatividad de 9,5% con vegetación zonal y un 12,5% con vegetación azonal. Dentro de los tipos de formaciones, se identificaron nueve formaciones de matorrales zonales, de las cuales siete fueron clasificadas en tres agrupaciones según dominancia; diez formaciones vegetales azonales de humedal, donde cinco se clasificaron en tres agrupaciones de acuerdo con la dominancia, y tres tipos formaciones azonales mixtas, con dos formaciones de matorral hídrico, tres de matorral – vega, donde una se clasificó como agrupación según dominancia y nueve de matorral hídrico – vega, en que ocho fueron clasificadas en dos agrupaciones según dominancia.

Entre las formaciones más representativas, destacan los matorrales zonales de *Tessaria absinthioides* con una superficie de 1.945,7 hectáreas (5,9%) y los de *Atriplex atacamensis* con 542,8 hectáreas (1,6%), ambos concentrados en el sector de Peine. Por otra parte, en la vegetación azonal son más representativas las formaciones de vega de *Distichlis spicata* con 976,4 hectáreas (3,0%) y las vegas de *Juncus balticus* con 241,6 hectáreas (0,7%), ambas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo, y los matorrales hídricos de *Sarcocornia fruticosa* con 241,7 ha (0,7%) distribuido principalmente en el sector 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, junto a la superficie ocupada por cada uno y su representatividad en el área de estudio.

Tabla N° 5-19. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio del proyecto, invierno de 2017.

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Sector Área de Estudio (ha)					TOTAL	
	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana	Soncor	ha	%
RECUBRIMIENTO DE SUELO							
Tipo de formación o recubrimiento							
<i>Formación vegetal</i>							
OTROS RECUBRIMIENTOS	14.386,5	58,2	2.934,2	3.435,5	4.993,5	25.807,9	78,0
AREAS INDUSTRIALES	1.245,2					1.245,2	3,8
Centros industriales	1.198,1					1.198,1	3,6
Suelos removidos	47,1					47,1	0,1
AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	13.132,7	18,4	2.862,4	3.410,1	4.749,3	24.172,9	73,1
Áreas denudadas	593,0		155,1			748,1	2,3
Salares	12.539,7	18,4	2.707,3	3.410,1	4.749,3	23.424,8	70,8
CUERPOS DE AGUA	8,6	39,8	71,8	25,4	244,2	389,6	1,2
Lagunas	8,6	39,8	71,8	25,4	244,2	389,6	1,2
VEGETACIÓN ZONAL	990,6		2.036,0	104,9		3.131,5	9,5
MATORRAL	990,6		2.036,0	104,9		3.131,5	9,5
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>			542,8			542,8	1,6
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	8,5		69,5			78,0	0,2
<i>Matorral de Ai</i>			148,5			148,5	0,4
<i>Matorral de Eb</i>	416,5					416,5	1,3
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	565,6		1.275,2	104,9		1.945,7	5,9
VEGETACIÓN AZONAL	1.677,0	60,3	954,9	1.413,9	24,7	4.130,7	12,5
HUMEDALES	1.056,2	19,2	104,2	213,7	16,9	1.410,2	4,5
<i>Vega con dominancia de dp</i>	661,8	2,3	81,6	213,7	16,9	976,4	3,0
<i>Vega de sca</i>	40,4					40,4	0,1
<i>Vega de jb</i>	241,6					241,6	0,7
<i>Vega de sca bj</i>			11,6			11,6	0,04
<i>Vega de sca bj dp</i>	25,6		9,5			35,1	0,1
<i>Vega de ph sca dp</i>	42,5					42,5	0,1
<i>Vega con dominancia de tc</i>	24,5	16,9				41,4	0,1
<i>Vega de bj sca dp</i>	19,8		1,5			21,2	0,1
MATORRAL - HUMEDAL	620,8	41,1	850,6	1.200,2	7,8	2.720,5	8,2
<i>Matorral hídrico de Lh</i>	49,6					49,6	0,1
<i>Matorral hídrico de Sf</i>			11,0	230,7		241,7	0,7

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Sector Área de Estudio (ha)					TOTAL	
RECUBRIMIENTO DE SUELO	Tilopozo	La Punta y La Brava	Peine	Aguas de Quelana	Soncor	ha	%
Tipo de formación o recubrimiento							
<i>Formación vegetal</i>							
<i>Matorral - Vega de Eb dp</i>	74,6					74,6	0,2
<i>Matorral - Vega de Tb Aa dp</i>			146,9			146,9	0,4
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	333,1		687,4	637,3	7,8	1.665,6	5,0
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	145,3		3,4			148,7	0,4
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	18,2	41,1	1,9	313,6		374,9	1,1
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>				18,6		18,6	0,1
Total general (ha)	17.054,1	118,5	5.925,0	4.954,3	5.018,2	33.070,1	100%
Total general (%)	51,6%	0,4%	17,9%	15,0%	15,2%		

Donde: Códigos especies arbustivas: Aa: *Atriplex atacamensis*, Ad: *Aloysia desericola*, 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*.

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, especies dominantes y representatividad de las formaciones vegetales en función de las unidades cartográficas (polígonos) identificadas en el área de estudio.

Como se observa en la **Tabla N° 5-20**, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega de *Distichlis spicata* (38 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, seis 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 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 (24,7 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 2017, en **Anexo Vegetación y Flora**.

Tabla N° 5-20. Descripción de las formaciones vegetales en el área de estudio del proyecto. Invierno 2017.

RECUBRIMIENTO DE SUELO	Especies Dominantes	Cobertura vegetal		Unidades Cartográficas	
		Rango*		N°	%
<i>Formación vegetal</i>		LB	H		
VEGETACIÓN ZONAL					
MATORRALES				25	20,0
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>	Aa cid Tt	4(3-4)	4	2	1,6
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	Ad Aa Ai cis cid	3(1-3)	4	3	2,4
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	2	1	0,8
<i>Matorral de Eb</i>	Eb	3(2-3)	-	7	5,6
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	Tb Aa	4(2-5)	-	12	9,6
VEGETACIÓN AZONAL					
HUMEDALES				65	52,0
<i>Vega con dominancia de dp</i>	dp bj	1	4(2-6)	38	30,4
<i>Vega de sca</i>	sca	-	5(1-7)	6	4,8
<i>Vega de jb</i>	jb	1	3(3-4)	7	5,6
<i>Vega de sca bj</i>	sca bj	-	7	1	0,8
<i>Vega de sca bj dp</i>	sca bj dp	-	6(7-6)	5	4,0
<i>Vega de ph sca dp</i>	ph sca dp		5	1	0,8
<i>Vega con dominancia de tc</i>	tc nia	1	4(3-4)	3	2,4
<i>Vega de bj sca dp</i>	bj sca dp	-	6(7-6)	4	3,2
MATORRAL - HUMEDAL				35	28,0

RECUBRIMIENTO DE SUELO	Especies Dominantes	Cobertura vegetal		Unidades Cartográficas	
		Rango*		N°	%
<i>Formación vegetal</i>					
Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp	Tb Lh dp	3	2	1	0,8
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf	Sf dp bj tc pu nia	3	4(3-4)	5	4,0
Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh	Lh dp sca jb	3(2-4)	4(3-4)	8	6,4
Matorral - Vega de Tb dp	Tb dp	4(3-4)	4(3-5)	8	6,4
Matorral - Vega de Tb Aa dp	Tb Aa dp	4	2	1	0,8
Matorral - Vega de Eb dp	Eb dp	2	2	1	0,8
Matorral hídrico de Lh	Lh	3	-	3	2,4
Matorral hídrico de Sf	Sf	3(2-4)		8	6,4
Total Unidades cartográficas con cobertura vegetal				125	100,0

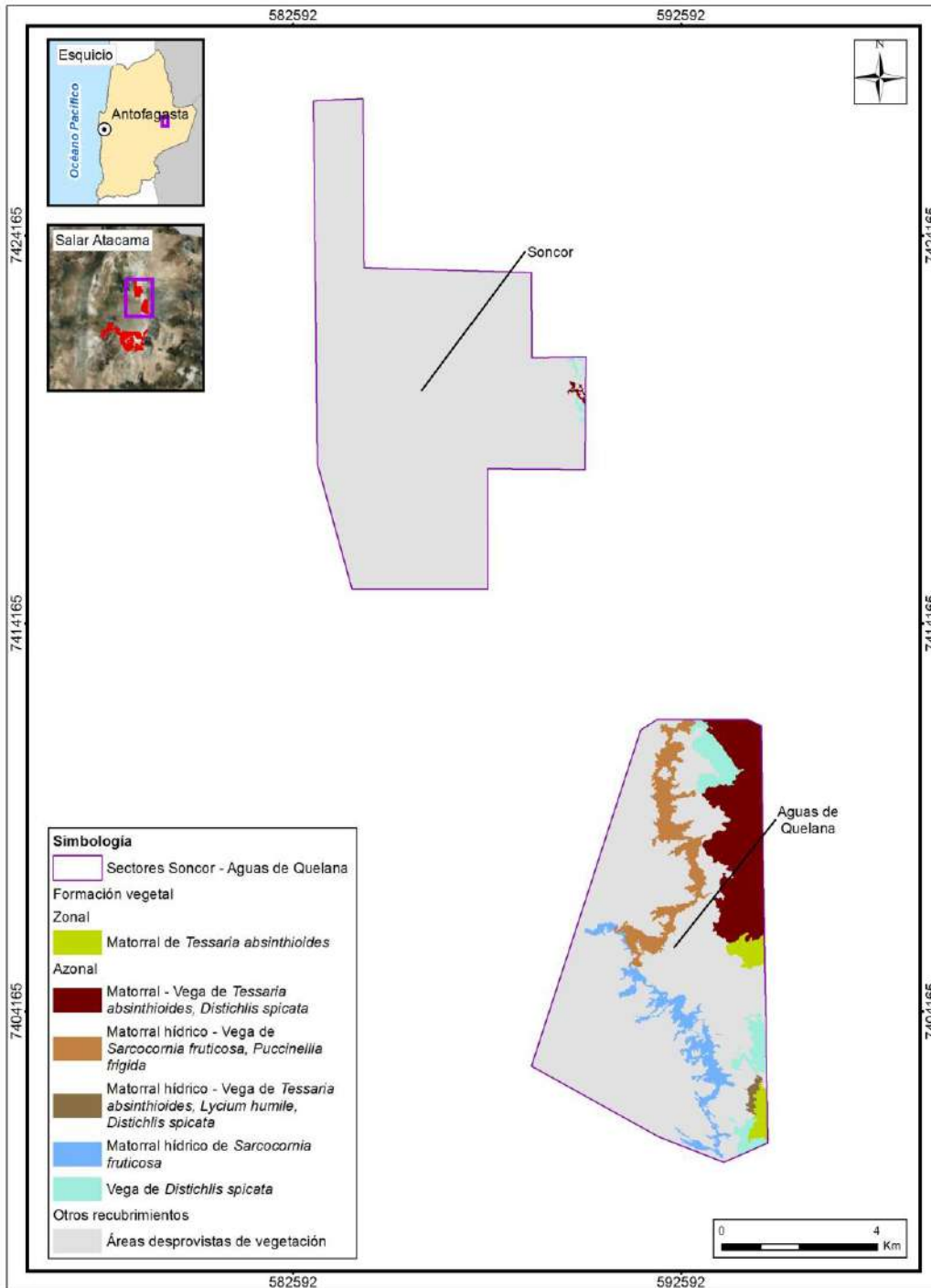
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Dónde:

COT: Carta Ocupación de Tierras					
Cobertura vegetal (%)		Códigos de especies		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>

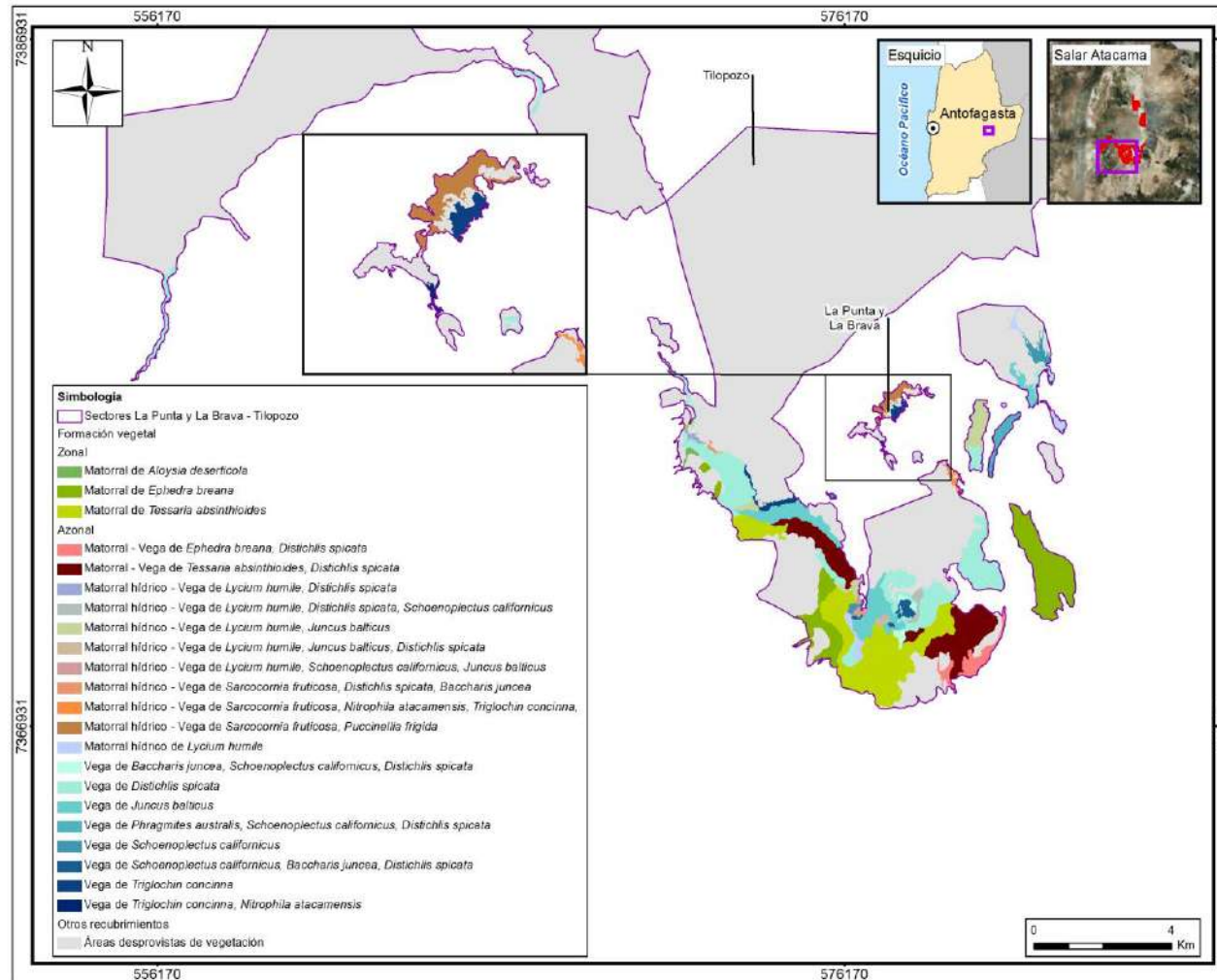
Fuente: Elaboración propia

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 2017.



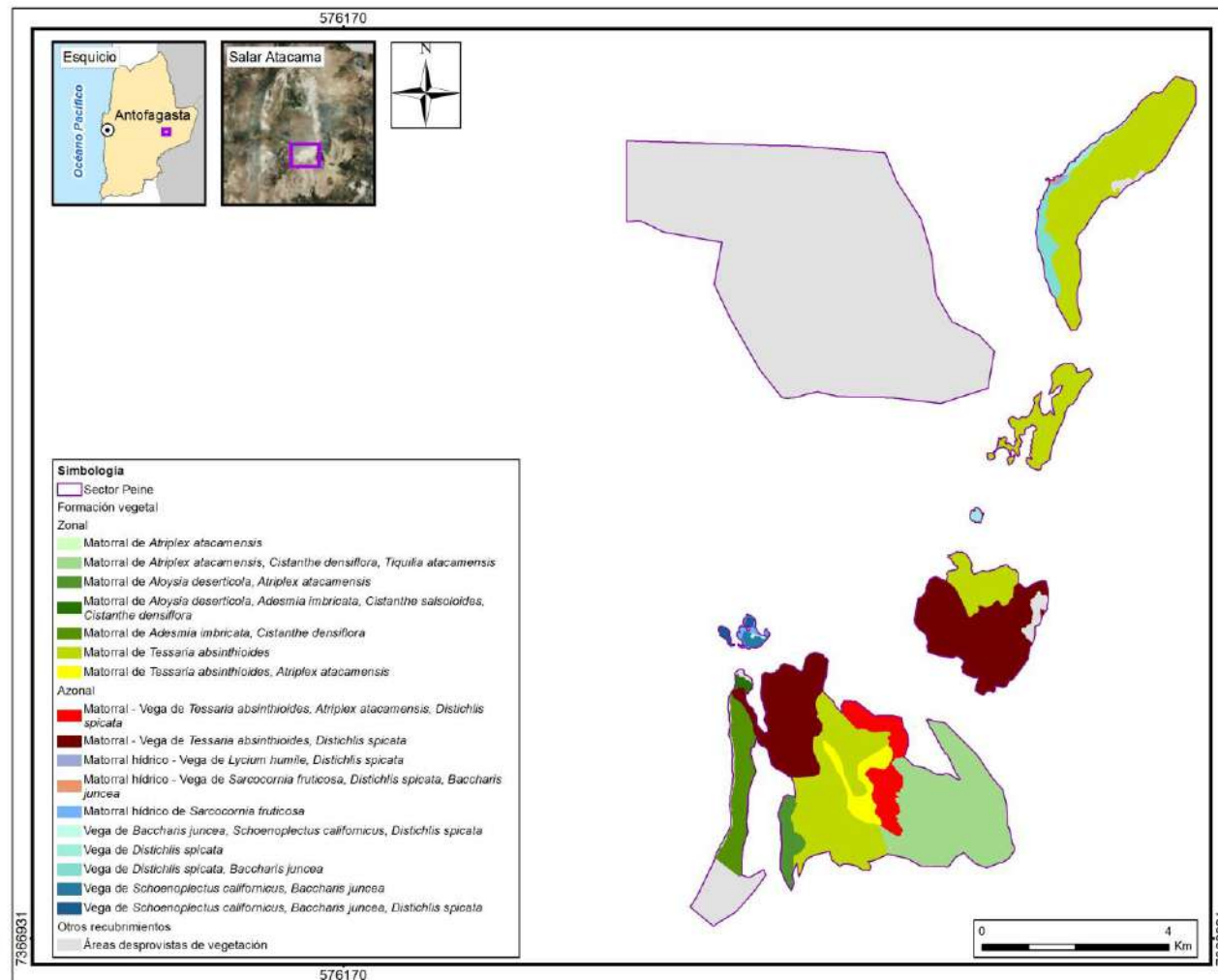
Fuente: Elaboración propia

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 2017.



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 2017.



5.2.1.1.2 Formaciones vegetales - invierno 2017

A continuación, como resultado de la campaña de invierno 2017, 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 2017 se pueden revisar en detalle en los anexos cartográficos de invierno 2017, en **Anexo 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 salsoloides*. La cobertura vegetal varía entre muy escasa y muy clara (5 a 25%) para el estrato arbustivo y clara (25-50%) para el herbáceo (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en tres unidades cartográficas ubicadas principalmente en el sector de Peine y en menor representatividad en el sector Tilopozo, abarcando una superficie de 78,0 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*

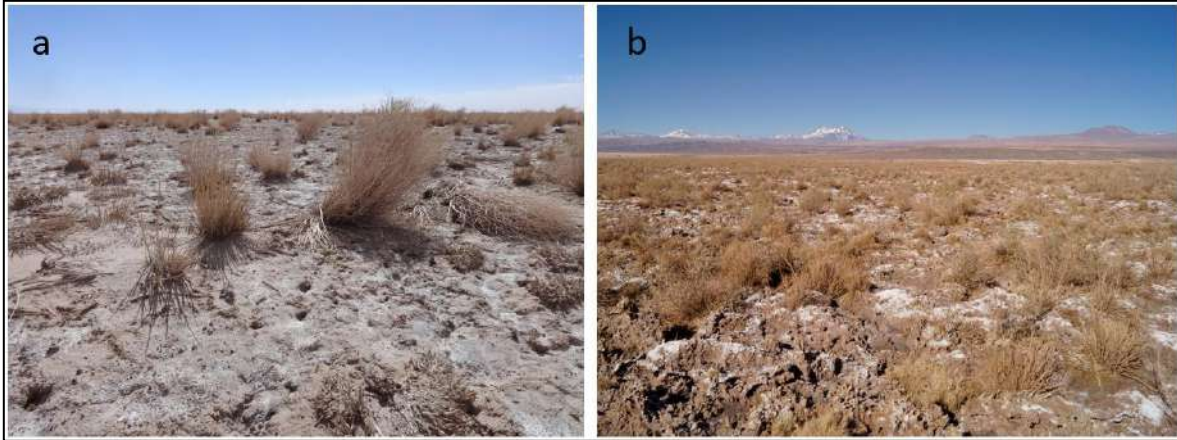
La formación presenta una fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Ephedra breana* “pingo-pingo”. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo con una cobertura vegetal que varía entre escasa y muy clara (5 a 25%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en siete unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 416,5 hectáreas, que representa un 1,3% 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. La cobertura vegetal está representada por un estrato arbustivo que varía de escasa a poco densa (5 a 75%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación se observó en 12 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana. Es la formación zonal más representativa, abarcando una superficie de 1.945,7 hectáreas, que representa un 5,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

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

Donde a: *Matorral de Tessaria absinthioides*, y b: *Matorral con dominancia de Tessaria absinthioides*.
Fuente: Elaboración propia

b) Vegetación Azonal

- *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 (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en 38 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 976,4 hectáreas, que representa un 3,0% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Schoenoplectus californicus*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* “junco”. La cobertura vegetal varía de muy 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 seis unidades cartográficas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 40,4 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Vega de Juncus balticus*

La formación presenta una fisonomía de herbazal, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus* “junquillo”. 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 de Schoenoplectus californicus y Baccharis juncea*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por las especies *Schoenoplectus californicus* “junco” y *Baccharis juncea* “suncho”. La cobertura vegetal observada es muy densa (>90%), ver **Tabla N° 5-20**.

Esta formación está representada por una unidad cartográfica en el sector de Peine, abarcando una superficie de 11,6 hectáreas, que representa un 0,04% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Agrupación de vega con dominancia de Schoenoplectus californicus, Baccharis juncea y Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de vega, representada por dos formaciones vegetales¹⁵ según la dominancia de las especies, aunque entre ellas, corresponden a las mismas especies herbáceas *Schoenoplectus californicus* “junco”, *Baccharis juncea* “suncho” y *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato herbáceo varía entre densa y muy densa (75 a 100%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en nueve unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 56,3 hectáreas, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *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”, *Schoenoplectus californicus* “junco” y *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal observada es poco densa (50 a 75%), ver **Tabla N° 5-20**.

¹⁵ Representa a las formaciones de vega de *Schoenoplectus californicus*, *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata* y a la vega *Baccharis juncea*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*.

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 Triglochin concinna*

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

Esta formación se observó en tres unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 41,4 hectáreas, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Matorral hídrico de Lycium humile*

La formación presenta una fisonomía de matorral dominado por 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 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 clara (5 a 50%) entre sus unidades (**Tabla N° 5-20**).

Esta formación se observó en ocho unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Peine y Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 241,7 hectáreas, que representa un 0,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral representado por el arbusto *Ephedra breana* “pingo-pingo” con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis*

spicata “grama salada”. La cobertura vegetal de ambos estratos es escasa (5 a 10%), ver **Tabla N° 5-20**.

Corresponde a una unidad cartográfica ubicada al sureste del sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 74,6 hectáreas, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-19**).

- *Agrupación de Matorral – Vega con dominancia de Tessaria absinthioides y Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral representado por los arbustos *Tessaria absinthioides* “brea” y *Atriplex atacamensis* “cachiyuyo” junto a un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La agrupación está conformada por dos formaciones vegetales¹⁶ según la dominancia de las especies entre sus unidades. 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 1.812,5 hectáreas, que representa un 5,4% 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” y *Juncus balticus* “junquillo”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 a 50%) y la del estrato herbáceo entre muy clara y clara (10 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”, *Triglochin concinna*, *Puccinellia frigida* y *Nitrophila atacamensis*. La cobertura vegetal observada del estrato leñoso bajo es muy clara (10 a 25%) y la del estrato herbáceo entre muy clara y clara (10 a 50%), ver **Tabla N° 5-20**. Esta formación se observó en cinco unidades cartográficas

¹⁶ Representa a las formaciones de matorral - vega de *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* y al matorral - vega de *Tessaria absinthioides*, *Atriplex atacamensis* y *Distichlis spicata*.

ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine y Aguas de Quelana, abarcando una superficie de 374,9 hectáreas, que representa un 1,1% 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%) (**Tabla N° 5-20**). Esta formación está representada por una unidad cartográfica ubicada al sureste del sector de Soncor, 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.

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

Fuente: Elaboración propia

c) Otros recubrimientos

- Áreas desprovistas de vegetación

En el área de estudio, se identificaron dos tipos de formaciones relacionadas a áreas naturales (no intervenidas) sin vegetación, correspondientes a las superficies cubiertas de sal, el salar propiamente tal y áreas 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 24.172,9 hectáreas, lo que representa la mayor superficie del área de estudio con un 73,1%, distribuido en todos los sectores en 47 unidades cartográficas (**Tabla N° 5-19**).

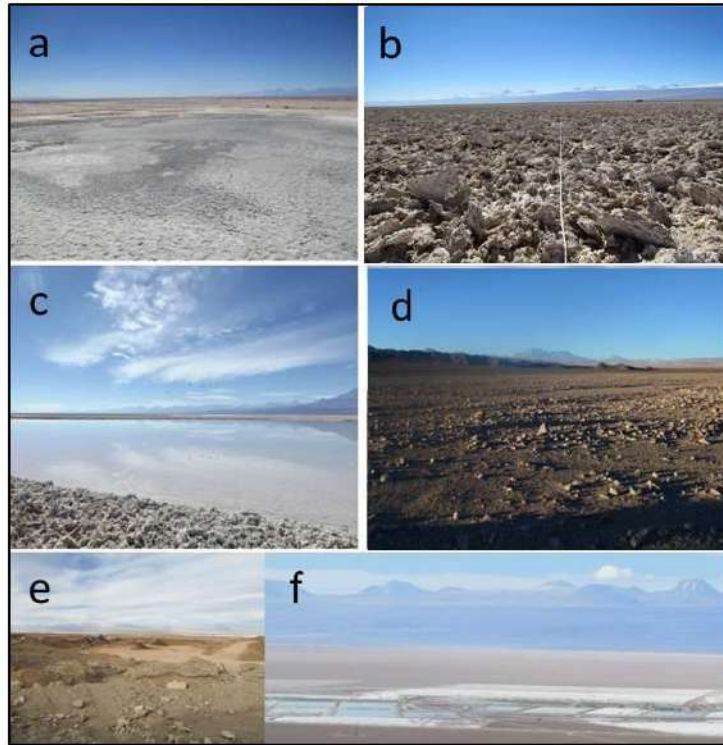
- Áreas industriales

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 todas las unidades localizadas en el sector de Tilopozo (**Tabla N° 5-19**).

- Cuerpos de agua

Por otra parte, los cuerpos de agua corresponden a lagunas de distintas superficies, distribuidas en todos los sectores del área de estudio. Abarcan una superficie de 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 (67,1% 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 denudadas, 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 2018

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 2018, sobre los mismos recubrimientos del suelo descritos en la sección anterior.

En la campaña de verano, se registraron tres tipos de recubrimientos de suelo: zonas sin vegetación que ocupan en total el 78,1% de la superficie total del área de estudio (25.831,1 ha); vegetación zonal, que ocupa el 8,7% de la superficie total (2.878,7 ha); y vegetación azonal que constituye un 13,2% de la superficie total (4.360,2 ha). Asimismo, se registran seis recubrimientos de suelo, que en conjunto tienen un total de 33.070,1 hectáreas: áreas desprovistas de vegetación, áreas industriales, cuerpos de agua, matorrales, humedales y formaciones mixtas de matorral – humedal.

Las áreas desprovistas de vegetación representan el 73,2% de la superficie del área de estudio con 24.196,3 ha y corresponden a áreas denudadas (771,5 ha) y salares (23.424,7 ha). Las áreas industriales representan el 3,8% de la superficie total con 1.245,2 hectáreas, y esta compuestas por centros industriales (1.198,1 ha) y suelos removidos (47,1 ha). Las áreas con vegetación recubren un 22,0% (7.238,9 ha) de la superficie total del área de estudio y se encuentran representadas por los tipos de formaciones zonales de matorrales, y azonales de humedales (vegas) y matorrales (matorral hídrico y formaciones mixtas). En la **Tabla N° 5-21** se presentan los distintos recubrimientos de suelo y formaciones vegetales presentes en el área de estudio, junto a la superficie ocupada por cada uno y su representatividad para la campaña de verano.

En cuanto a la vegetación zonal, el recubrimiento de matorrales ocupa 2.878,7 hectáreas, que representa un 8,7% de la superficie total, y está constituido por matorrales representados por ocho cinco vegetales clasificadas según dominancia y fisonomía. La principal formación zonal de matorral es el Matorral con dominancia de *Tessaria absinthioides* que ocupa una superficie de 1.626,8 ha (4,9%). Las formaciones de matorrales zonales se distribuyen mayormente en la zona sur del área de estudio, principalmente en los sectores de Peine y Aguas de Quelana.

En cuanto a la vegetación azonal, el recubrimiento de matorral - humedal se encuentra representado por tres tipos de formaciones, los matorrales hídricos que abarcan el 0,8% de la superficie del área de estudio (256,8 hectáreas), las vegas con 1.391,4 hectáreas que representa el 4,2%, las formaciones mixtas de matorral – vega con 2.139,3 ha (6,5%), y las formaciones mixtas de matorral hídrico – vega con 563,7¹⁸ hectáreas con 1,7%. Este tipo de vegetación azonal ocupa 4.360,2 hectáreas un 13,2% del total del área de estudio (ver **Tabla N° 5-21**).

¹⁸ Se refiere a la suma de los matorrales hídrico en la Tabla verano 2018

Las formaciones más representativas son los matorrales con dominancia de *Tessaria absinthioides* con 1.626,8 hectáreas (4,9% del área total), que se presenta en mayor proporción en el sector Peine (1.420,2 hectáreas); esta especie se adapta a gran diversidad de condiciones edáficas, ya que vive en suelos de textura pesada a liviana, sometida tanto a elevadas como a bajas concentraciones salinas y a diversos regímenes de humedad, en costas marinas o en zonas mediterráneas (Degano,1997), presentándose en este caso en ambientes de borde del cuerpo del salar. Su asociación con *Distichlis spicata* también es representativa del área de estudio con 2.139,3 hectáreas, formando unidades denominadas matorrales – vega, que se distribuyen mayormente en los sectores de Tilopozo, Peine y Aguas de Quelana, en ambientes de transición aledaños al cuerpo del salar dando la condición mixta. Finalmente, las vegas con dominancia de *Distichlis spicata* también se presentan en forma recurrente en el área de estudio ocupando 975,3 hectáreas, principalmente en el sector de Tilopozo y Aguas de Quelana, en ambientes más salinos y saturados dadas las características halófitas de la especie.

De acuerdo al proceso de seguimiento de la COT para la descripción de la vegetación, en la **Tabla N° 5-22** se presenta un resumen de las coberturas, especies dominantes y representatividad de las formaciones vegetales en función de las unidades cartográficas (polígonos) identificadas para esta campaña. Según se observa, la formación con mayor cantidad de unidades corresponde a la vega con dominancia de *Distichlis spicata* (42 unidades), esta formación presenta una variación de cobertura vegetal de escasa a densa (5% a 90%), le sigue los matorrales con dominancia de *Tessaria absinthioides* son 14 unidades cartográficas de escasa a poco densa (5% a 75%). Por otro lado, el matorral de *Atriplex imbricata*, la vega de *Phragmites australis*, *Schoenoplectus californicus* y *Distichlis spicata*, la vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*, y el matorral hídrico – vega de *Tessaria absinthioides*, *Lycium humile* y *Distichlis spicata*, presentan una unidad cartográfica en el área de estudio (ver **Figura N° 5-12 - Figura N° 5-13**). Los resultados de la cartografía para el monitoreo de verano de 2018 se pueden revisar con mayor detalle en **Anexo Vegetación y Flora**.

Tabla N° 5-21. Representatividad de los recubrimientos de suelo en los sectores del área de estudio, monitoreo verano 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	
	Peine	La Punta y La Brava	Soncor	Aguas de Quelana	Tilopozo	ha	%
OTROS RECUBRIMIENTOS	2.936,00	58,2	4.993,50	3.435,40	14.408,00	25.831,10	78,1
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	2.864,30	18,4	4.749,30	3.410,10	13.154,20	24.196,30	73,2
Salares	2.707,30	18,4	4.749,30	3.410,10	12.539,70	23.424,70	70,8
Áreas desnudas	157				614,5	771,5	2,3
AREAS INDUSTRIALES					1.245,20	1.245,20	3,8
Centros industriales					1.198,10	1.198,10	3,6
Suelos removidos					47,1	47,1	0,1
CUERPOS DE AGUA	71,8	39,8	244,2	25,4	8,6	389,6	1,2
Lagunas	71,8	39,8	244,2	25,4	8,6	389,6	1,2
VEGETACIÓN ZONAL	2.181,00			114,8	583	2.878,70	8,7
MATORRALES	2.181,00			114,8	583	2.878,70	8,7
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>	542,8					542,8	1,6
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	69,5					69,5	0,2
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>					491,1	491,1	1,5
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	1.420,20			114,8	91,8	1.626,80	4,9
<i>Matorral de Ai</i>	148,5					148,5	0,4
VEGETACIÓN AZONAL	808	60,3	24,8	1.404,00	2.063,20	4.360,20	13,2
HUMEDALES	108,2	19,1	16,9	203,9	1.043,20	1.391,40	4,2
<i>Vega con dominancia de dp</i>	90,4	2,3	16,9	203,9	661,8	975,3	2,9
<i>Vega con dominancia de jb</i>					241,6	241,6	0,7
<i>Vega con dominancia de tc</i>		13,6			24,5	38,1	0,1

TIPO DE RECUBRIMIENTO <i>RECUBRIMIENTO DE SUELO</i> Tipo de formación o recubrimiento <i>Formación vegetal</i>	SECTOR ÁREA DE ESTUDIO (ha)					TOTAL	
	Peine	La Punta y La Brava	Soncor	Aguas de Quelana	Tilopozo	ha	%
<i>Vega de nia tc</i>		3,3				3,3	0,01
<i>Vega de ph dp sca</i>					42,5	42,5	0,1
<i>Vega con dominancia de sca</i>	17,7				72,7	90,4	0,3
MATORRAL - HUMEDAL	699,8	41,1	7,8	1.200,10	1.019,90	2.968,90	9
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	3,4				145,3	148,7	0,4
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	1,9	41,1		335,2	18,2	396,5	1,2
<i>Matorral hídrico con dominancia de Lh</i>					49,6	49,6	0,2
<i>Matorral hídrico con dominancia de Sf</i>	7,1			209,1		216,2	0,7
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>				18,6		18,6	0,1
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	687,4		7,8	637,3	806,8	2.139,30	6,5
Total general (ha)	5.925,00	118,5	5.018,20	4.954,20	17.054,10	33.070,10	100
Total general (%)	17,9	0,4	15,2	15	51,6		

Fuente: Elaboración propia

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

RECUBRIMIENTO DE SUELO <i>Formación vegetal</i>	Especies dominantes	Cobertura vegetal Mediana (Rango)*		Unidades cartográficas	
		LB	H	N°	(%)
VEGETACIÓN ZONAL					
MATORRALES				28	21,7
<i>Matorral con dominancia de Aa</i>	Aa cid Tt	4(3-4)	4	2	1,6
<i>Matorral con dominancia de Ad</i>	Ad Aa Ai cis cid	3	4	2	1,6
<i>Matorral de Ai</i>	Ai cid	3	2	1	0,8
<i>Matorral con dominancia de Eb</i>	Eb dp	2(2-3)	2	9	7,0
<i>Matorral con dominancia de Tb</i>	Tb Aa Lh	4(2-5)	1	14	10,9
VEGETACIÓN AZONAL					
MATORRAL - HUMEDAL				34	26,4
<i>Matorral - Vega de Tb dp</i>	Tb dp	3(3-4)	3(2-5)	9	7,0
<i>Matorral hídrico con dominancia de Lh</i>	Lh	3		3	2,3
<i>Matorral hídrico con dominancia de Sf</i>	Sf dp	3(2-4)	2	7	5,4
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Lh</i>	Lh dp sca jb bj	3(2-4)	4(3-4)	8	6,2
<i>Matorral hídrico - Vega con dominancia de Sf</i>	Sf dp bj sca nia pu tc	3(2-3)	4(2-5)	6	4,7
<i>Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp</i>	Tb Lh dp	3	2	1	0,8
HUMEDALES				67	51,9
<i>Vega de ph dp sca</i>	ph dp sca		5	1	0,8
<i>Vega con dominancia de dp</i>	dp jb nia bj	1	4(2-6)	42	32,6
<i>Vega con dominancia de jb</i>	jb dp	1	3(3-4)	7	5,4
<i>Vega con dominancia de sca</i>	sca bj dp ph		6(2-7)	14	10,9
<i>Vega con dominancia de tc</i>	tc	1	4(3-4)	2	1,6
<i>Vega de nia tc</i>	nia tc		2	1	0,8
Total unidades cartográficas con cobertura vegetal				129	100

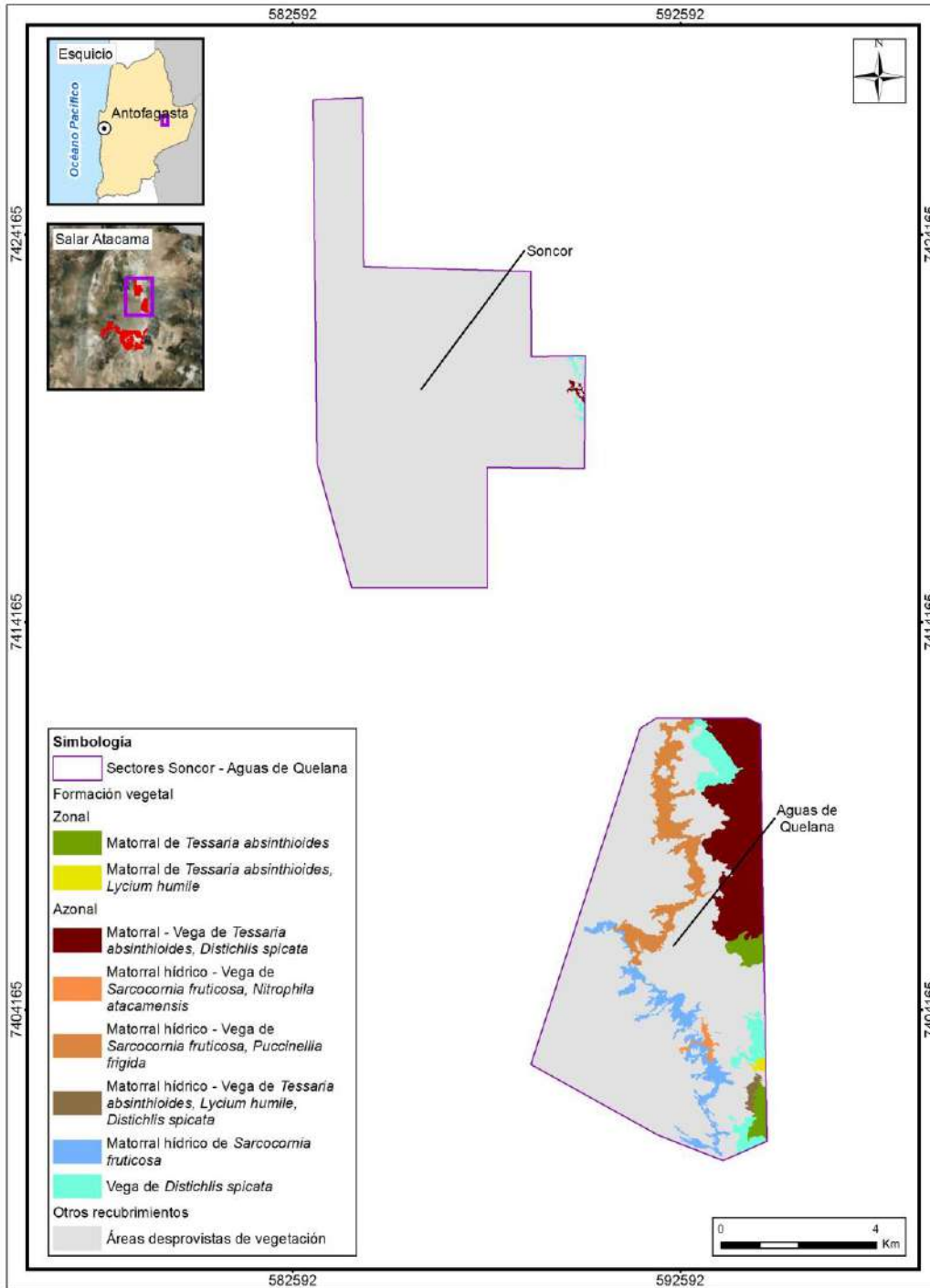
*: El rango no se indica para aquellos casos de valor único registrado.

Dónde:

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

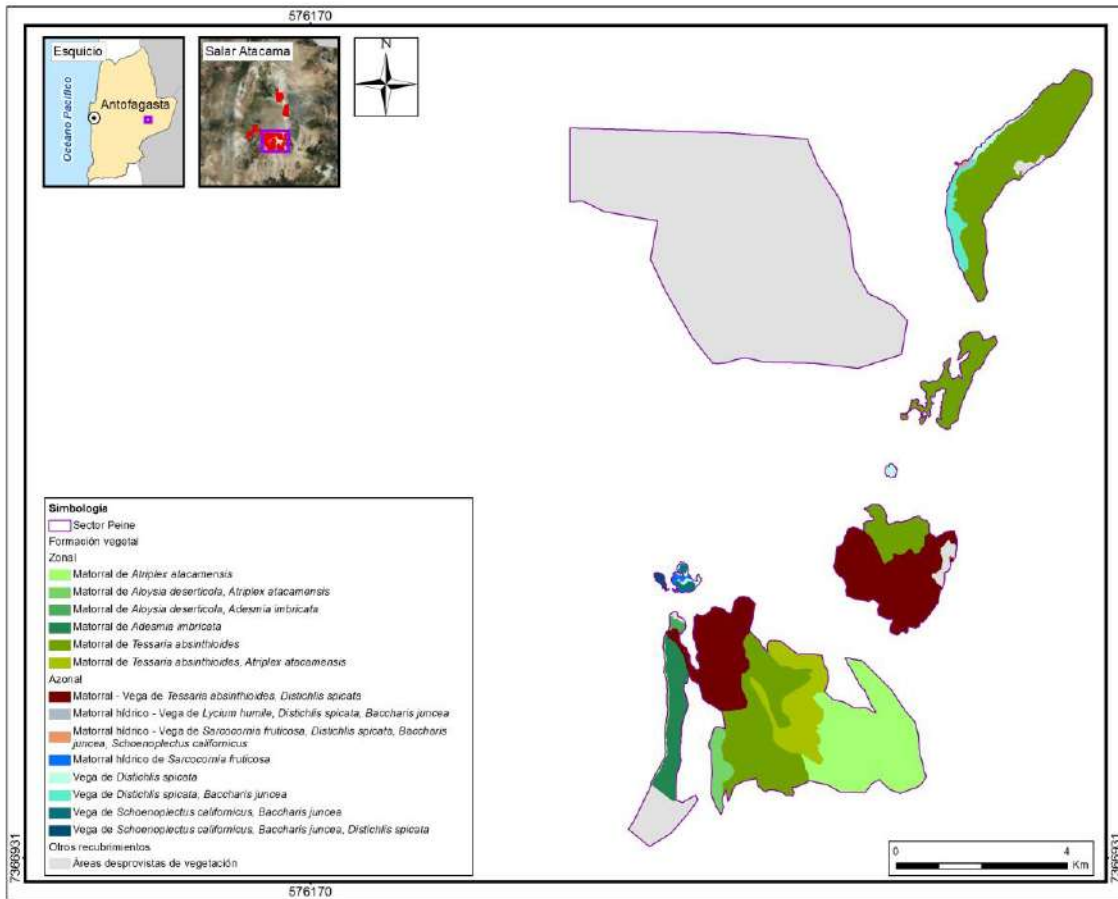
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-12. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en la zona norte del área de estudio, verano 2018.



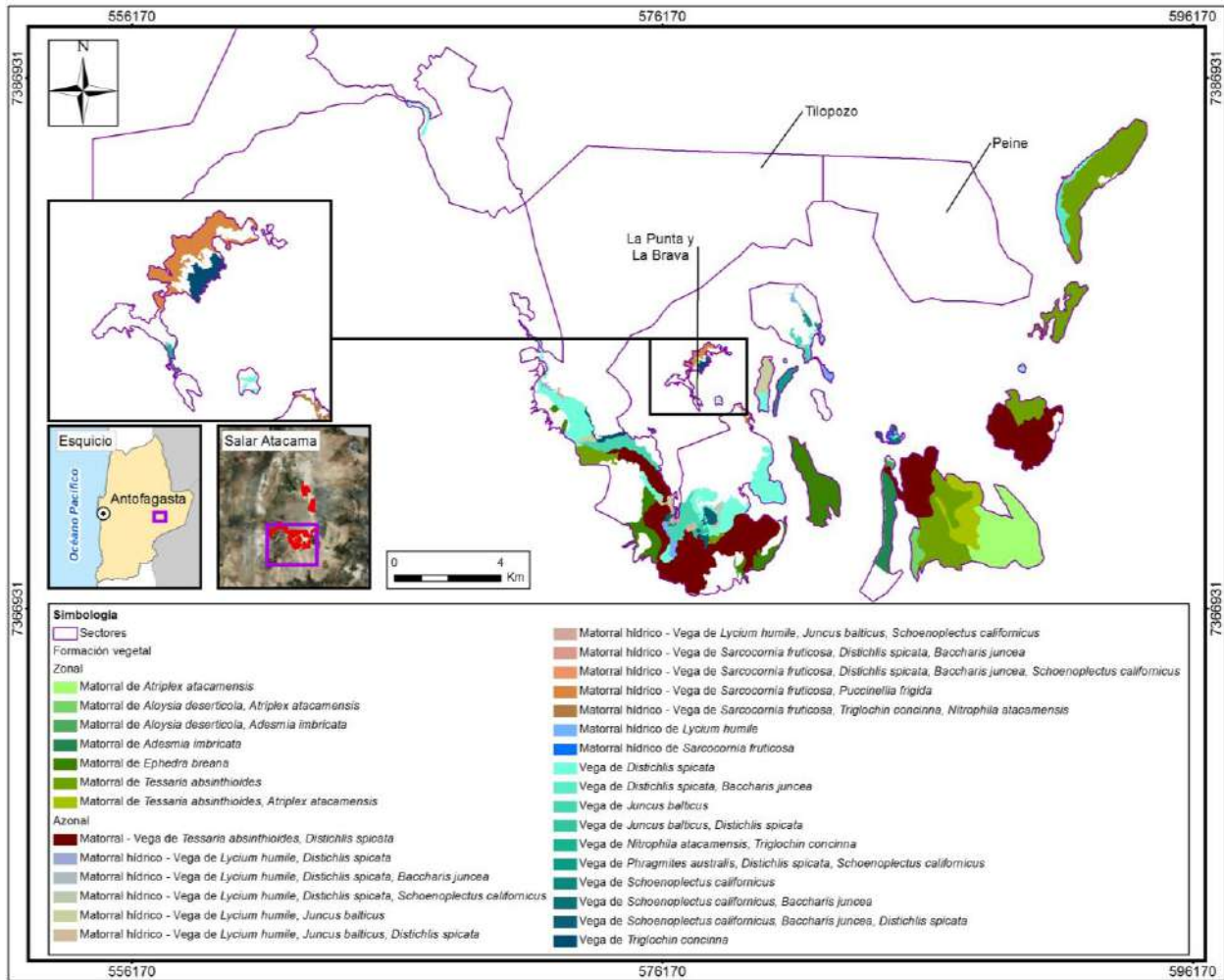
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-13. Distribución de formaciones vegetales y otros recubrimientos según Carta de Ocupación de Tierras (COT), en el sector Peine. Verano 2018.



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, verano 2018.



Fuente: Elaboración propia

5.2.1.2.2 Formaciones vegetales

A continuación, se describe la vegetación, de acuerdo a sus patrones de distribución zonal y azonal, y se añade una descripción general para las unidades correspondientes a otros recubrimientos dentro del área de estudio. En las figuras precedentes, **Figura N° 5-12**, **Figura N° 5-13** y **Figura N° 5-14**, se presenta la distribución de las formaciones vegetales según la COT, en la zona norte (Soncor y Quelana) y sur (Tilopozo, La Punta y La Brava y Peine) del área de estudio.

Según se explica en la **sección 5.1.1.6.1**, las distintas unidades vegetales identificadas, fueron agrupadas de acuerdo a la cobertura del tipo biológico y las especies dominantes, con el objeto de facilitar la comprensión de los análisis e interpretación de los resultados. En cada descripción por dominancia se hace un detalle de las formaciones que lo componen su ubicación, superficie y cobertura. Los resultados de este monitoreo se pueden revisar con mayor detalle en en los anexos cartográficos de verano 2018, en **Anexo Vegetación y Flora**.

a) Vegetación Zonal

- *Matorral con dominancia de Atriplex atacamensis*

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

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

- Agrupación de matorrales con dominancia de *Aloysia deserticola*

Agrupación vegetal con fisonomía de matorral, presenta una fisonomía con un estrato leñoso alto dominado por la especie *Aloysia deserticola* “rica - rica”. La cobertura vegetal corresponde a muy clara (10 a 25%) para el estrato arbustivo (LB). Está compuesta por dos tipos de formaciones vegetales las que presentan dominancia absoluta de *Aloysia deserticola* y las que se encuentran asociadas a matorrales de *Atriplex atacamensis*, *Atriplex imbricata*, y a las herbáceas *Cistanthe densiflora* y *Cistanthe salsoides*.

Estas formaciones se observaron en un total de doses unidades cartográficas ubicadas en el sector de Peine, abarcando una superficie de 69,5 ha, que representa un 0,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

- *Matorral de Atriplex imbricata*

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

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

- Agrupación de matorrales con dominancia de *Ephedra breana*

Formación vegetal con fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo dominado por la especie arbustiva *Ephedra breana* “pingo-pingo”. La cobertura vegetal varía entre escasa y muy clara (5 a 25%) para el estrato arbustivo, con la presencia de la especie herbácea *Distichlis spicata*, que presenta una cobertura escasa (5 a 10%).

Esta formación se observó en un total de nueve unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 491,1 ha, que representa un 1,5% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

- Agrupación de matorrales con dominancia de *Tessaria absinthioides*

Formación vegetal con fisonomía de matorral, con un estrato leñoso bajo - medio dominado por la especie arbustiva *Tessaria absinthioides* “brea”. La cobertura vegetal varía de escasa a poco densa (5 a 75%) para el estrato arbustivo, con la presencia de las especies *Atriplex atacamensis* y *Lycium humile* (**Tabla N° 5-22**)

Esta formación se observa en un total de 14 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, Peine y Quelana, abarcando una superficie de 21.626,8 ha, que representa un 4,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-8. Fisonomía de matorral con dominancia de *Tessaria absinthioides*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo TL 006, sector Tilopozo, y PE010, sector Peine.

b) Vegetación Azonal

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

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo medio dominado por la especie *Phragmites australis*. La cobertura vegetal es poco densa (50 – 75%), en la única unidad identificada en el área de estudio (**Tabla N° 5-21**), localizada en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 45,2 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**). Forma asociaciones con especies como *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus*.

Fotografía N° 5-9. Fisonomía de la formación vegetal de vega de *Phragmites australis, Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo TL052, sector Tilopozo.

- Agrupación de vegas con dominancia de *Distichlis spicata*

La formación presenta una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata*. La cobertura vegetal varía de escasa a densa (5 a 90%) entre sus unidades con la presencia de especies como *Juncus balticus*, *Nitrophila atacamensis* y *Baccharis juncea*, incluyendo una cobertura muy escasa (1 – 5%) de la especie arbustiva *Lycium humile*.

Esta formación se observó en un total de 42 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine, Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 975,3 ha, que representa un 2,9% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-10. Fisonomía de la formación vegetal de vega de *Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo TL005, sector Tilopozo, y PE024 en el sector Peine.

- Agrupación de vegas con dominancia de *Juncus balticus*

Agrupación vegetal con fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Juncus balticus*. La cobertura vegetal varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades, incluyendo la presencia de la especie *Distichlis spicata*. Se observa además presencia muy escasa (1 – 5%) de la especie arbustiva *Lycium humile*.

Esta formación se observó en un total de siete unidades cartográficas ubicadas en el sector de Tilopozo, abarcando una superficie de 241,6 ha, que representa un 0,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-11. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de *Juncus balticus*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo TL013 y TL014, sector Tilopozo.

- Agrupación de vegas con dominancia de *Schoenoplectus californicus*

Agrupación vegetal con fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Schoenoplectus californicus* “junco”. La cobertura vegetal varía de escasa a muy densa (5 a 100%), frecuentemente con unidades densas y muy densas (>75%) en asociaciones con *Baccharis juncea*, *Distichlis spicata* y *Phragmites australis*.

Esta formación se observó en un total de 14 unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 90,4 ha, que representa un 0,3% de la superficie del área de estudio (Tabla N° 5-22).

Fotografía N° 5-12. Fisonomía de la formación vegetal de vega con dominancia de *Schoenoplectus californicus*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo TL056, en el sector Tilopozo, y PE004, sector Peine.

- Agrupación de vegas 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 varía de muy clara a clara (10 a 50%) entre sus unidades. Existe además presencia muy escasa (1 a 5%) de la especie arbustiva *Sarcocornia fruticosa*. Esta asociación se desarrolla particularmente en suelos saturados sobresaturados.

Esta formación se observó en un total de dos unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Tilopozo, La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 38,1 ha, que representa un 0,1% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

- Vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*

La formación corresponde a una fisonomía de vega, con un estrato herbáceo dominado por la especie *Nitrophila atacamensis*, con cobertura escasa (5 a 10%), en asociación con la especie *Triglochin concinna*.

Esta formación se observa en una unidad cartográfica ubicada en el sector de La Punta y La Brava, abarcando una superficie de 3,3 ha, que representa un 0,01% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-13. Fisonomía de la formación vegetal de vega de *Phragmites australis*, *Schoenoplectus californicus*, y *Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia. Izquierda: punto de muestreo LB003 (Vega de *Nitrophila atacamensis* y *Triglochin concinna*); Derecha: punto de muestreo LP001 (Vega de con dominancia de *Triglochin concinna*), sector Tilopozo.

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral y un amplio estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de muy clara a clara (10 a 50%), y la del estrato herbáceo entre escasa y poco densa (5 - 75%).

Esta formación se registra en nueve unidades cartográficas ubicadas en los sectores Tilopozo, Peine, Quelana y Soncor, abarcando una superficie de 2.139,3 ha, que representa un 6,5% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

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



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo de muestreo TL051 y TL054, sector Tilopozo.

- Agrupación de matorrales hídricos con dominancia de *Lycium humile*

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

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

- Agrupación de matorrales hídricos con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*

La formación presenta una fisonomía de matorral. Está dominada por la especie arbustiva *Sarcocornia fruticosa*, que alcanza una cobertura vegetal entre escasa y clara (5 y 50%) entre sus unidades, asociada a la especie herbácea *Distichlis spicata*, que presenta una cobertura escasa (5 y 10%).

Esta formación se observó en un total de siete unidades cartográficas ubicadas en los sectores de Peine y Quelana, abarcando una superficie de 216,2 ha, que representa un

0,7% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**). Se presenta en mayor proporción en el sector Quelana (209,1 ha), desarrollándose al borde de los cuerpos de agua.

Fotografía N° 5-15. Fisonomía de la formación vegetal de matorral hídrico con dominancia de *Sarcocornia fruticosa* en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo PE020, sector Peine.

- Agrupación de matorrales hídricos matorrales hídricos – Vega con dominancia de *Lycium humile*

Agrupación vegetal con fisonomía mixta de matorral hídrico con dominancia de *Lycium humile*, en asociación a especies herbáceas de vega como son *Distichlis spicata*, *Schoenoplectus californicus*, *Juncus balticus* y *Baccharis juncea*.

La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a clara (5 a 50%), y la del estrato herbáceo entre muy claro y claro (10 - 50%). Esta formación se registra en ocho unidades cartográficas ubicadas en los sectores Tilopozo y Peine, abarcando una superficie de 148,7 ha, que representa un 0,4% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-16. Fisonomía de la formación vegetal matorral hídrico – vega con dominancia de *Lycium humile*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo TL059, sector Tilopozo, y PE017, sector Peine.

- Agrupación de matorrales hídricos matorrales hídricos – Vega con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*

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

La cobertura vegetal del estrato leñoso bajo varía de escasa a muy clara (5 a 25%) y el estrato herbáceo varía entre escaso y poco denso (5 a 75%). Esta formación se registra en seis unidades cartográficas ubicadas en los sectores Tilopozo, La Punta y La Brava, Peine y Quelana, abarcando una superficie de 396,5 ha, que representa un 1,2% de la superficie del área de estudio (**Tabla N° 5-22**).

Fotografía N° 5-17. Fisonomía de la formación vegetal matorral hídrico – Vega con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, puntos de muestreo PE029, sector Peine, y TL033, sector Tilopozo.

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

La formación presenta una fisonomía mixta de matorral de *Tessaria absinthioides* y un estrato herbáceo dominado por la especie *Distichlis spicata* “grama salada”. La cobertura es muy clara (10 – 25%) para el estrato leñoso y escasa para el herbáceo (5 – 10%), en la única unidad identificada en el área de estudio localizada en el sector Quelana. Posee una superficie de 18,6 hectáreas, que representa un 0,1% del área de estudio total. **(Tabla N° 5-22)**

Fotografía N° 5-18. Fisonomía de la formación vegetal de matorral – vega de *Ephedra breana* y *Distichlis spicata*, en el área de influencia.



Fuente: Elaboración propia, punto de muestreo QE006, sector Quelana.

5.2.2 RESULTADOS FLORA Y VEGETACIÓN

5.2.2.1 Resultados del muestreo de flora vegetación, campaña de invierno de 2017

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 2017.

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

Tabla N° 5-23. 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>Juncus balticus</i> , <i>Lycium humile</i>	T08; T09; T20; T21; T22; T26; T27; T28
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	<i>Distichlis spicata</i> , <i>Lycium humile</i>	T13; T18; T30; T31
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Schoenoplectus californicus</i>	<i>Baccharis juncea</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T01; T02; T03; T04; T19; T29
Herbazal	Azonal	Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	<i>Nitrophila atacamensis</i> , <i>Puccinellia frigida</i> , <i>Sarcocornia fruticosa</i>	T10*; T11*
Matorral	Azonal	Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	<i>Nitrophila atacamensis</i> , <i>Puccinellia frigida</i> , <i>Triglochin concinna</i>	T12*; T15*; T16*; T17*
Matorral	Zonal	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>	T05; T06; T07; T23; T24; T25
Sin vegetación/Salar		Área desprovista de vegetación	-	T14*

Dónde: *: Transectas control vegetación.

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetales, en la **Tabla N° 5-24**, se presentan las principales características de las transectas para la campaña de invierno 2017, 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° 5-19, Fotografía N° 5-20, Fotografía N° 5-21, Fotografía N° 5-22, Fotografía N° 5-23 y Fotografía N° 5-24.

Tabla N° 5-24. Resumen de la verificación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 3 (invierno 2017), 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	No 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	>80%	1	2
		T22	LB1 H3	dp Lh	No saturado	>80%	1	3
		T26	H3	dp	No saturado	>80%	1	1
		T27	H3	dp	No saturado	<10%	1	1
		T28	H4	dp	No saturado	50-80%	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	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	Sobresaturado	<10%	1	4
		T03	H7	sca bj	Saturado	<10%	1	2
		T04	H7	sca	No saturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T19	H7	sca	Saturado	<10%	1	3
		T29	H7	sca	Sobresaturado	<10%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	H3	tc nia	Sobresaturado	>80%	1	3
	La Punta	T11	LB1 H4	tc	Sobresaturado	>80%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							

Formación vegetal	Subsector	Transecta	Formación COT	Especie(s) dominante(s)	Contenido Humedad	Afloramiento salino	Grado Alteración	Riqueza
Matorral de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	La Punta	T12	LB3 H2	Sf pu	Saturado	>80%	1	1
	Aguas de Quelana	T15	LB3	Sf	Sobresaturado	>80%	1	4
		T16	LB3	Sf	Sobresaturado	>80%	1	1
		T17	LB3 H2	Sf	Sobresaturado	50-80%	1	1
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	LB4	Tb Aa	No saturado	50-80%	1	1
		T06	LB4 H2	Tb Aa dp	No saturado	50-80%	1	2
		T07	LB4	Tb Aa	No saturado	10-30%	1	1
	Tilopozo	T23	LB4	Tb	No saturado	30-50%	1	1
		T24	LB4 H2	Tb dp	No saturado	50-80%	1	2
		T25	LB4 H3	Tb dp	No saturado	50-80%	1	2
	Riqueza total en formación vegetal							
Área desprovista de vegetación	Soncor	T14	ADV	-	-	-	-	-

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras		
Coberturas (%):	Tipo Biológico:	Especies:
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)		nia: <i>Nitrophila atacamensis</i>
6 densa (75-90)	Grado de Alteración:	sca: <i>Schoenoplectus americanus</i>
7 muy densa (>90)	1 Vegetación en estado natural	tc: <i>Triglochin concinna</i>

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-19. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en invierno 2017, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-20. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en invierno 2017, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-21. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en invierno 2017, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-22. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en invierno 2017, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-23. Fisonomía de matorral de *Sarcocornia fruticosa* en invierno 2017, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-24. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en invierno 2017, en transectas de estudio.



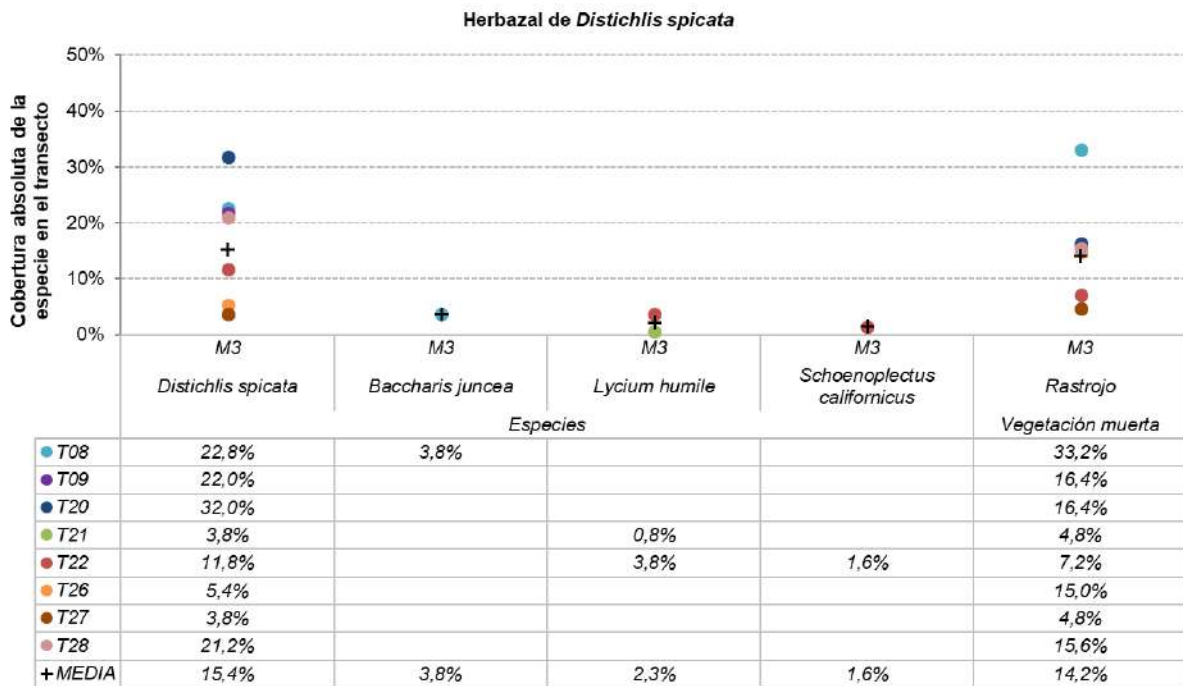
Fuente: Elaboración propia

5.2.2.1.2 Composición y cobertura

5.2.2.1.2.1 Cobertura absoluta de especies

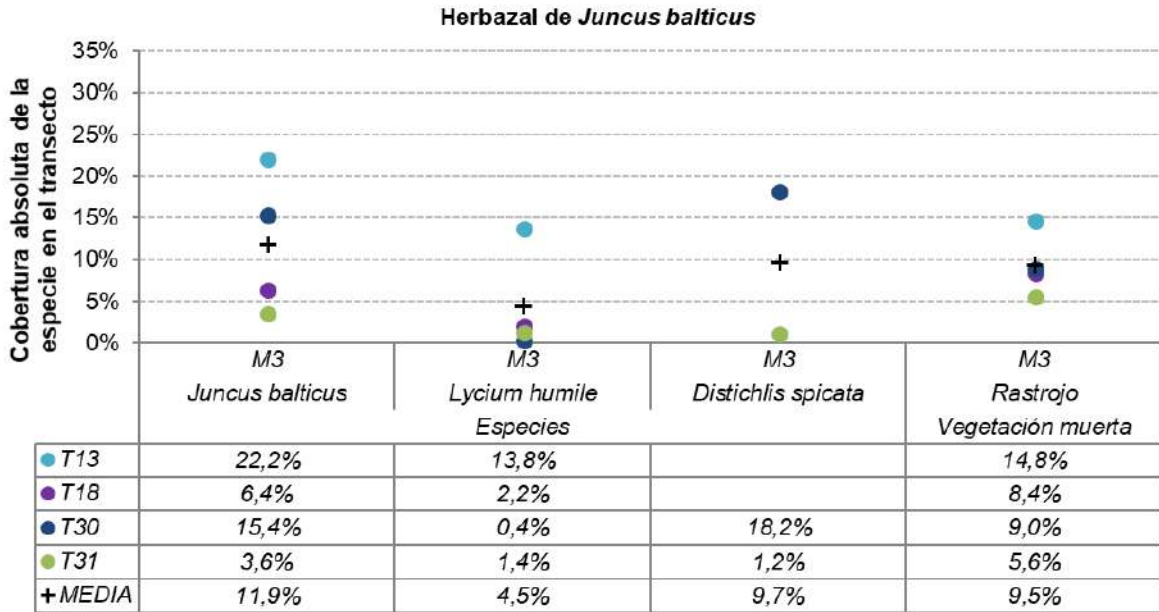
La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 3 (invierno 2017), se presenta por transecta en los siguientes seis gráficos, ordenados según las seis formaciones vegetales.

Figura N° 5-15. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de *Distichlis spicata*.



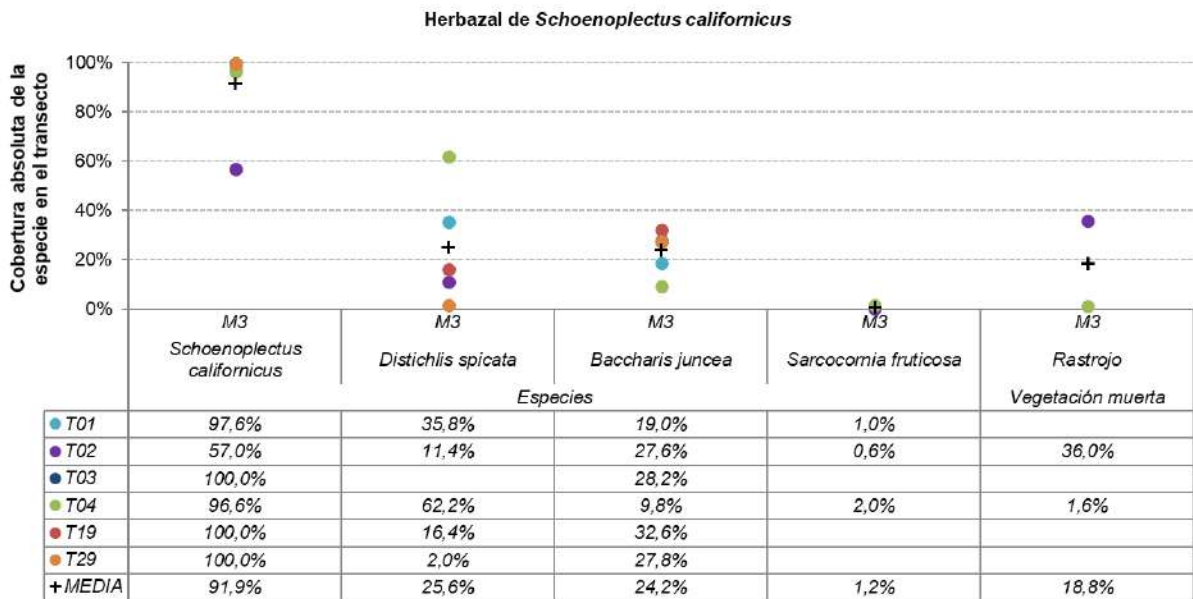
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-16. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de *Juncus balticus*.



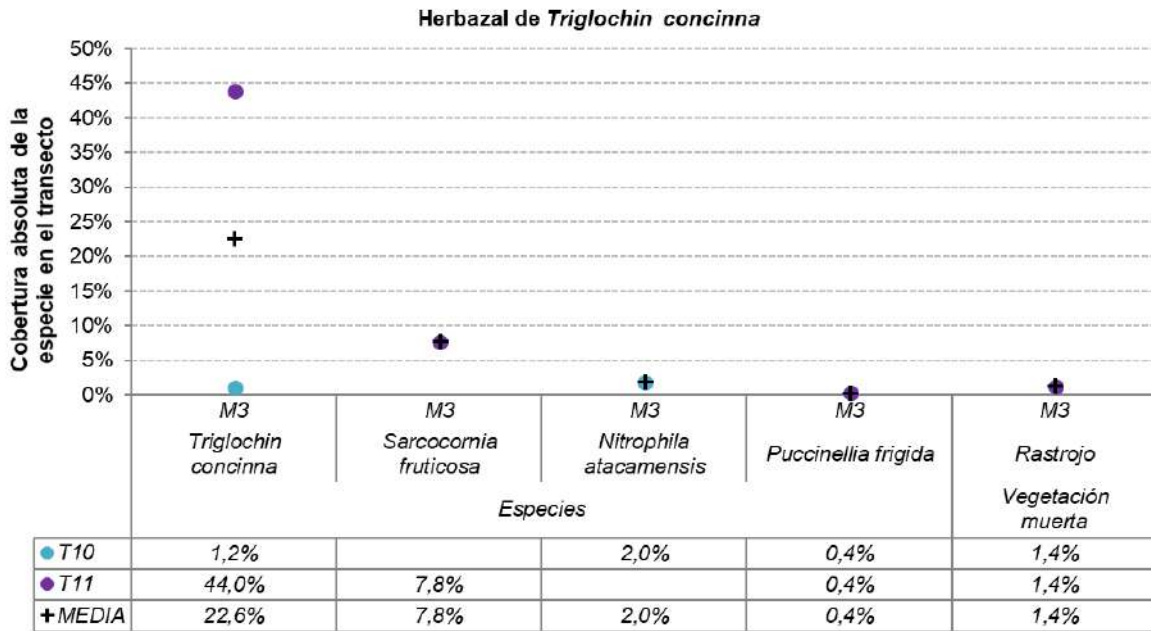
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-17. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus*.



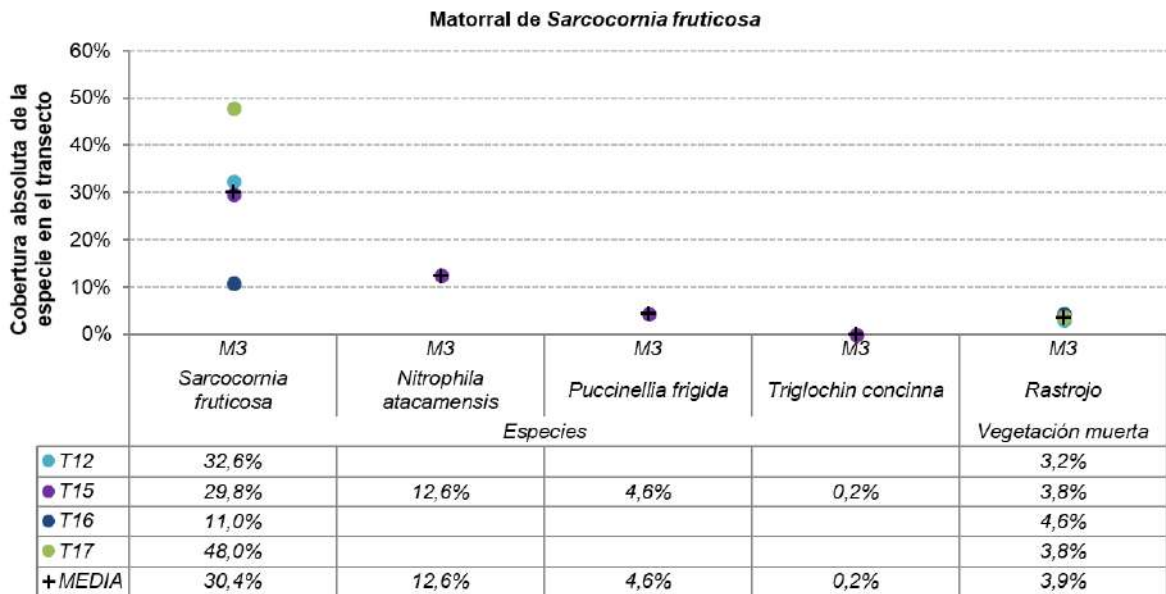
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-18. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, en la formación de herbazal de *Triglochin concinna*.



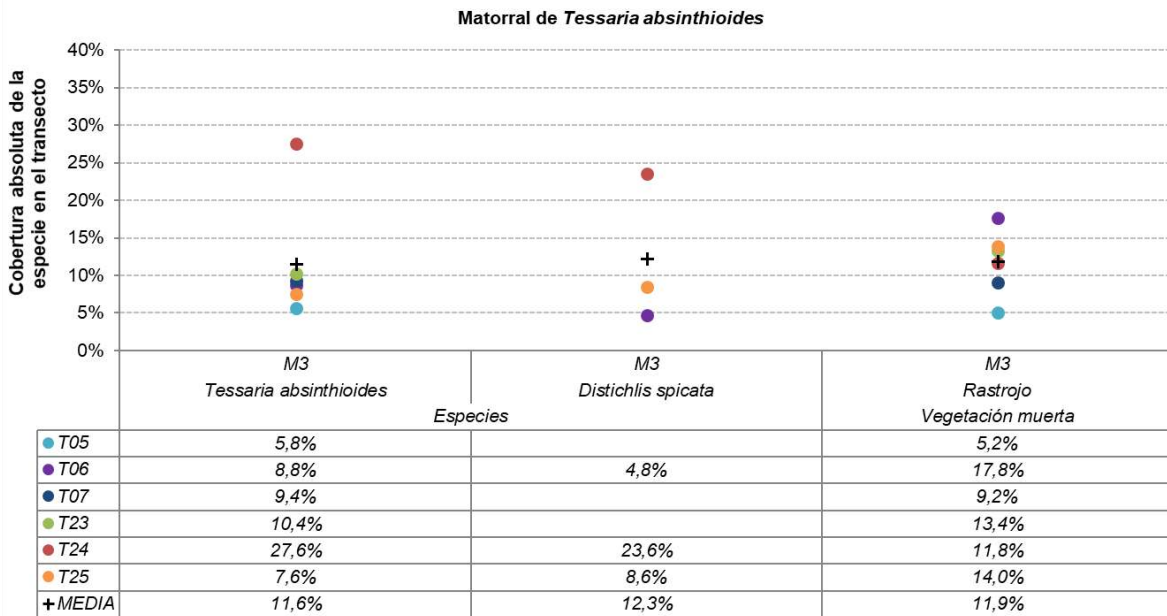
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5-19. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 3, 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 3, 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 un 100% en tres transectas (T03, T19 y T29), ver **Figura N° 5-17**. Además, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con una media de 91,9% 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 1,6% (**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 5,8% y 7,6%, respectivamente y en la transecta T24 un máximo de cobertura absoluta de 27,6%, presentando una cobertura media de 11,6% 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 22,2% en la transecta T13 y una cobertura (absoluta) mínima de 3,6% en la transecta T31, registrando una cobertura promedio de 11,9% 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 coberturas sobre el

25% en transectas del 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 2017 (Monitoreo 3).

En el Monitoreo 3, se observa que la transecta T04 alcanza la mayor cobertura absoluta, con un 170,6% 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 24,2 y 64,1%.

El herbazal de *Distichlis spicata* presenta los valores más bajos de cobertura absoluta por transectas. El valor mínimo se presenta en la transecta T27, con un 3,8% de cobertura absoluta. Otras transectas en esta formación, como T21 y T26, presentan coberturas inferiores al 6%, mientras que la mayor cobertura absoluta se registró en la transecta T20 con un 32,0% (**Tabla N° 5-25**).

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

Por otra parte, en la **Tabla N° 5-25** se presentan las coberturas muertas detectadas por transecta, donde se observa que el herbazal de *Schoenoplectus californicus* es la única formación donde no se observó cobertura muerta en cuatro de las seis transectas en la formación. No obstante, en la transecta T02 de esta formación es donde se registra la mayor cobertura de rastrojos con un 36,0%.

En cuanto a las otras formaciones vegetales, en todas las transectas se detectó algún porcentaje de cobertura muerta, variando desde un mínimo de 1,4% en las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* (T10 y T11), hasta un máximo de 33,2% en un herbazal de *Distichlis spicata* (T08). En resumen, se observa que la cobertura de rastrojos por transecta es menor a un 10% de cubrimiento en 15 transectas, en nueve transectas se observa una cobertura entre 10 y 20% y dos transectas que registran un máximo de 33 y 36% de rastrojos ya mencionadas anteriormente (T08 y 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 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 3 (invierno 2017).

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	153,4%	38,4%	-	-	4
			T02	96,6%	24,2%	36,0%	-	4
			T03	128,2%	64,1%	-	-	2
			T04	170,6%	42,7%	1,6%	-	4
		Tilopozo	T19	149,0%	49,7%	-	-	3
			T29	129,8%	43,3%	-	-	3
	<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	La Punta	T13	36,0%	18,0%	14,8%	60,2%	2
		Tilopozo	T18	8,6%	4,3%	8,4%	83,0%	2
			T30	34,0%	11,3%	9,0%	60,2%	3
			T31	6,2%	2,1%	5,6%	88,2%	3
	<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	Peine	T08	26,6%	13,3%	33,2%	42,8%	2
			T09	22,0%	22,0%	16,4%	61,6%	1
		Tilopozo	T20	32,0%	32,0%	16,4%	51,6%	1
			T21	4,6%	2,3%	4,8%	90,6%	2
			T22	17,2%	5,7%	7,2%	78,2%	3
			T26	5,4%	5,4%	15,0%	79,6%	1
			T27	3,8%	3,8%	4,8%	91,4%	1
			T28	21,2%	21,2%	15,6%	63,2%	1
	<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	3,6%	1,2%	1,4%	95,2%	3
		La Punta	T11	52,2%	17,4%	1,4%	50,2%	3
Matorral	<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>		T12	32,6%	32,6%	3,2%	64,2%	1
		Quelana	T15	47,2%	11,8%	3,8%	52,0%	4
			T16	11,0%	11,0%	4,6%	84,4%	1
			T17	48,0%	48,0%	3,8%	48,2%	1

Tipo de formación	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	5,8%	5,8%	5,2%	89,0%	1
			T06	13,6%	6,8%	17,8%	69,6%	2
			T07	9,4%	9,4%	9,2%	81,4%	1
		Tilopozo	T23	10,4%	10,4%	13,4%	76,2%	1
			T24	51,2%	25,6%	11,8%	44,2%	2
			T25	16,2%	8,1%	14,0%	70,6%	2

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, suelo 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, principalmente en el matorral de *Tessaria absinthioides* (T05, T24 y T25).

Cabe señalar que las transectas que presentaron agua superficial en su superficie corresponden a cinco transectas de dos formaciones vegetales (**Tabla N° 5-26**); herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, ambas formaciones localizadas en bordes o cercanas a sistemas lagunares.

Tabla N° 5-26. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 3 (invierno 2017).

Formación vegetal	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M3 (%)						Total (%)
		Agua superficial	Costra Salina (Cs)			Terroso		
			Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada		Cs terrosa	
<i>Herbazal de Schoenoplectus californicus</i>	T01	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T02	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T03	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T04	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T19	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T29	-	-	-	-	-	-	0,0%
<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	T13	-	60,2%	-	-	-	-	60,2%
	T18	-	83,0%	-	-	-	-	83,0%
	T30	-	60,2%	-	-	-	-	60,2%
	T31	-	88,2%	-	-	-	-	88,2%
<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	T08	-	42,8%	-	-	-	-	42,8%
	T09	-	61,6%	-	-	-	-	61,6%
	T20	-	-	-	-	51,6%	-	51,6%
	T21	-	90,6%	-	-	-	-	90,6%
	T22	-	78,2%	-	-	-	-	78,2%
	T26	-	79,6%	-	-	-	-	79,6%
	T27	-	-	-	-	-	91,4%	91,4%
	T28	-	63,2%	-	-	-	-	63,2%
<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	T10	47,2%	48,0%	-	-	-	-	95,2%
	T11	7,4%	17,0%	21,4%	4,4%	-	-	50,2%
<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>	T12	-	28,8%	-	35,4%	-	-	64,2%
	T15	3,2%	1,0%	14,2%	33,6%	-	-	52,0%
	T16	2,6%	81,8%	-	-	-	-	84,4%
	T17	15,4%	32,8%	-	-	-	-	48,2%
<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	T05	-	-	-	-	89,0%	-	89,0%
	T06	-	69,6%	-	-	-	-	69,6%
	T07	-	-	-	-	-	81,4%	81,4%
	T23	-	76,2%	-	-	-	-	76,2%
	T24	-	-	-	-	44,2%	-	44,2%
	T25	-	-	-	-	70,6%	-	70,6%

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 (69,6%).

El sector de Soncor no presenta cobertura vegetal, ya que se encuentra sobre una costra salina y corresponde a un área desprovista de vegetación. Por otra parte, el subsector La Brava tiene el menor valor de cobertura absoluta, entre los subsectores con vegetación, con un 3,6% que representa una formación parchosa de vegetación correspondiente a un herbazal de *Triglochin concinna* que se desarrolla en bordes de lagunas (**Tabla N° 5-27**).

Los subsectores La Punta, Quelana y Tilopozo presentan valores similares entre ellos, con coberturas promedio entre 35,0% y 40,3% (**Tabla N° 5-27**).

Por otro lado, se entrega la cobertura promedio de la vegetación muerta, donde se observa un valor máximo en el subsector Peine, con un 13,3%, seguido del subsector Tilopozo con 9,0%, de cobertura muerta. Los otros subsectores registran menos de un 7% de cobertura promedio de rastrojos (**Tabla N° 5-27**).

Finalmente, la riqueza de especies por subsector se observa entre tres y seis especies vasculares, exceptuando a sector Soncor que no registra vegetación o individuos de flora (**Tabla N° 5-27**). 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 Sub-sectores, en Monitoreo 3 (invierno 2017).

Sub-sector	Transectas en el sub-sector	Promedio de la cobertura absoluta por sector		Riqueza (No. De especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	
La Brava	1	3,60%	1,4%	3
La Punta	3	40,3%	6,5%	5
Peine	9	69,6%	13,3%	5
Aguas de Quelana	3	35,4%	4,1%	4
Soncor*	1	-	-	-
Tilopozo	14	35,0%	9,0%	6

* Sub- sector Soncor no muestreado en Monitoreo 3 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.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 5-28. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 3 (invierno 2017).

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

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Resultados del muestreo F y V campaña de verano

5.2.2.2.1 Formaciones vegetales

Los tipo de vegetación identificados en cada una de las transectas durante la campaña de verano 2018 (Monitoreo 4), corresponden a las mismas formaciones vegetales que fueron registradas en el Monitoreo 3 de invierno 2017, las que se presentan en la **Tabla N° 5-29**.

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 2018, tanto de la vegetación (riqueza, formación COT asociada, especies dominantes y grado de alteración) como del terreno (humedad del suelo y salinidad).

La fisonomía de las formaciones vegetales observadas en la campaña de verano 2018 se pueden observar en las siguientes fotografías **Fotografía N° 5-25**, **Fotografía N° 5-26**, **Fotografía N° 5-27**, **Fotografía N° 5-28**, **Fotografía N° 5-29** y **Fotografía N° 5-30**, en las cuales se puede apreciar el mayor vigor de la cobertura vegetal observado en esta campaña.

Por otra parte, cabe mencionar, que al igual que en el Monitoreo 3 de invierno 2017, la transecta T14 (Sector Soncor) no pudo realizarse, ya que presenta problemas de acceso por el Este del sistema lagunar. No obstante, esta transecta es la única que se desarrolla en áreas absolutamente desprovistas de vegetación, por lo cual no es concluyente en términos de los resultados del monitoreo. Por motivos de seguridad relacionados con dificultades de acceso por efectos de inundaciones en el área, los guardaparques de CONAF no permitieron el acceso al lugar de ubicación de la transecta T14. Sin embargo, se lograron acercamientos con apoyo de CONAF hacia el punto de la transecta, corroborando desde la distancia que se mantiene el mismo tipo de recubrimiento de suelo de área desprovista de vegetación (ADV).

Tabla N° 5-29. Resumen de la validación COT y características físicas en las transectas de Monitoreo 4 (verano 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	No saturado	>80%	1	2
		T09	H4	dp	No saturado	30-50%	1	1
	Tilopozo	T20	H5	dp	No saturado	30-50%	1	2
		T21	H2	dp	No saturado	>80%	1	1
		T22	LB1 H3	dp	No saturado	>80%	1	3
		T26	H3	dp	No saturado	50-80%	1	1
		T27	H3	dp	No saturado	10-30%	1	1
		T28	H4	dp	No saturado	>80%	1	1
Riqueza total en formación vegetal								5
Herbazal de <i>Juncus balticus</i>	La Punta	T13	LB2 H4	jb Lh	No saturado	>80%	1	3
	Tilopozo	T18	H4	jb	No 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%	1	4
		T02	H7	sca bj	Sobresaturado	<10%	1	4
		T03	H7	sca bj	Saturado	<10%	1	3
		T04	H7	sca dp bj	Saturado	<10%	1	4
	Tilopozo	T19	H7	sca bj dp	Saturado	<10%	1	3
		T29	H7	sca bj dp	Sobresaturado	<10%	1	3
	Riqueza total en formación vegetal							
Herbazal de <i>Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	H2	ia tc	No saturado	>80%	1	3
	La Punta	T11	LB1 H4	tc Sf	Sobresaturado	50-80%	1	2
	Riqueza total en formación vegetal							
Matorral de <i>Sarcocornia</i>	La Punta	T12	LB3 H2	Sf pu	No saturado	>80%	1	2

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 H2	Sf nia	Saturado	>80%	1	4
		T16	LB3	Sf	Saturado	>80%	1	1
		T17	LB3 H2	Sf pu	Saturado	>80%	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 H1	Tb Aa	No saturado	<10%	1	2
		T07	LB4	Tb Aa	No saturado	<10%	1	1
	Tilopozo	T23	LB3	Tb	No saturado	30-50%	1	1
		T24	LB4 H2	Tb dp	No saturado	>80%	1	2
		T25	LB4 H2	Tb dp	No saturado	10-30%	1	2
Riqueza total en formación vegetal								2
Área desprovista de vegetación	Soncor	T14	ADV	-	-	-	-	-

Donde:

COT: Carta Ocupación de Tierras		
Coberturas (%):	Tipo Biológico:	Especies:
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)		nia: <i>Nitrophila atacamensis</i>
6 densa (75-90)	Grado de Alteración:	sca: <i>Schoenoplectus americanus</i>
7 muy densa (>90)	1 Vegetación en estado natural	tc: <i>Triglochin concinna</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 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% y >80%), mientras que todos los herbazales de *D. spicata* se observan con mayor porcentaje de afloramiento salino, sobre una costra salina. El herbazal de *Schoenoplectus californicus* se observó sobre suelos saturados a sobresaturados y baja presencia de afloramientos salinos, mientras que las formaciones de *Triglochin concinna* y *Sarcocornia fruticosa* se desarrollan sobre suelos con alto porcentaje de afloramiento salino, principalmente sobre un 80%, ver **Tabla N° 5-29**.

En cuanto al grado de alteración, todas las transectas visitadas se observan en una “vegetación en estado natural”, ver **Tabla N° 5-29**.

Con respecto a la riqueza, se observa entre una a cuatro especies en las transectas, y al observar la riqueza por formación vegetal se obtiene un máximo de cinco especies de flora vascular en el herbazal de *Distichlis spicata*, seguido de cuatro especies en cuatro formaciones vegetales y dos especies en el matorral de *T. absinthioides* (**Tabla N° 5-29**).

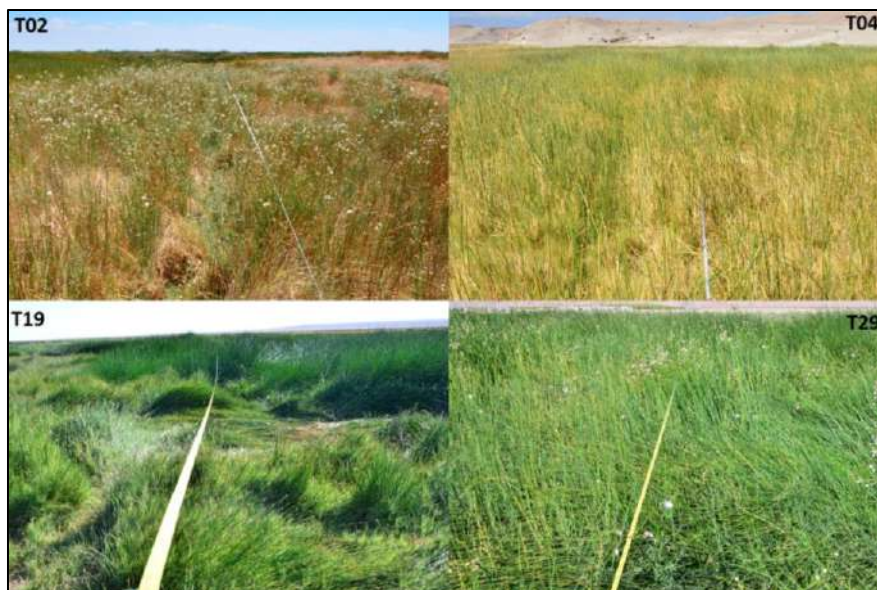
Por último, cabe destacar que la transecta T14 del sector Soncor (Laguna Barros Negros) se localiza sobre un área desprovista de vegetación, la cual fue visitada en terreno en el Monitoreo Base 0 y se corroboró que es la única transecta sin vegetación y tampoco presenta especies aisladas.

Fotografía N° 5-25. Fisonomía de herbazal de *Distichlis spicata* en verano 2018, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-26. Fisonomía de herbazal de *Schoenoplectus californicus* en verano 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-27. Fisonomía de herbazal de *Juncus balticus* en verano 2018, en distintas transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-28. Fisonomía de herbazal de *Triglochin concinna* en verano 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-29. Fisonomía de matorral de *Sarcocornia fruticosa* en verano 2018, en transectas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 5-30. Fisonomía de matorral de *Tessaria absinthioides* en verano 2018, en transectas de estudio.



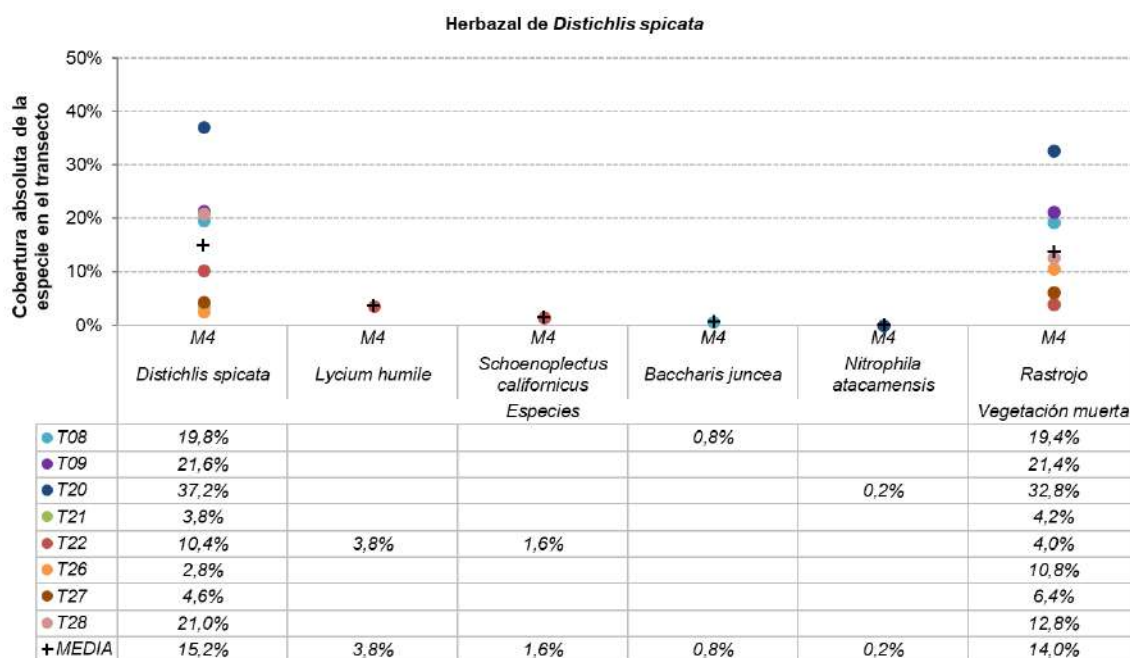
Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2.2 Composición y cobertura

5.2.2.2.2.1 Cobertura absoluta de especies

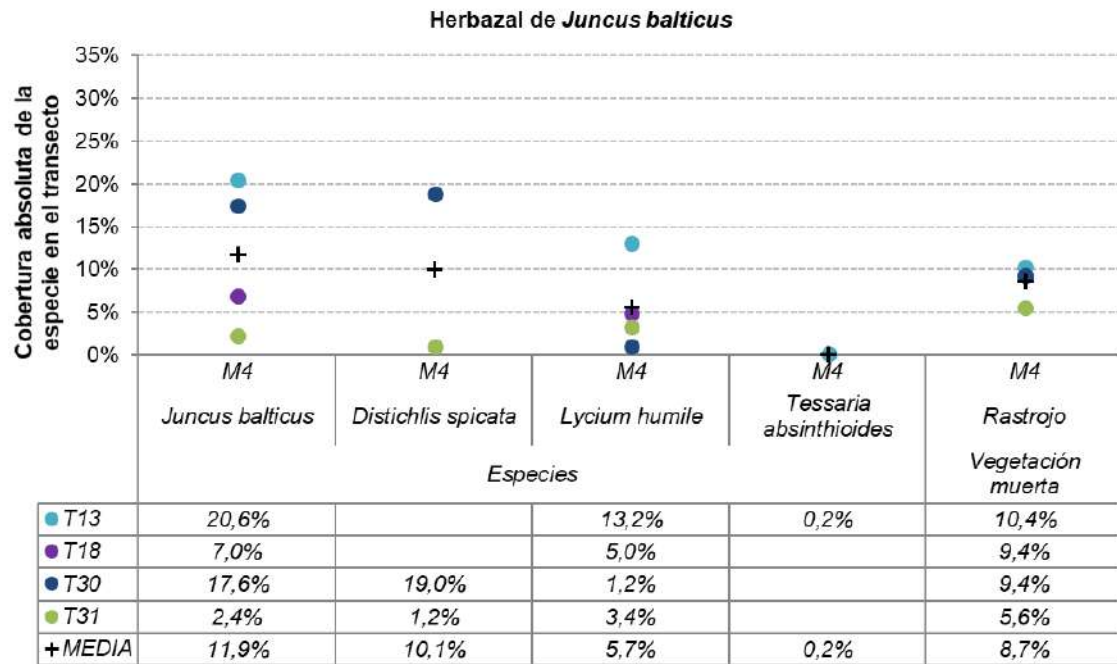
La cobertura absoluta de las especies, calculada para el Monitoreo 4 (verano 2018), se observa por transecta en los siguientes gráficos, ordenados según las seis formaciones vegetales.

Figura N° 5-21. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de *Distichlis spicata*.



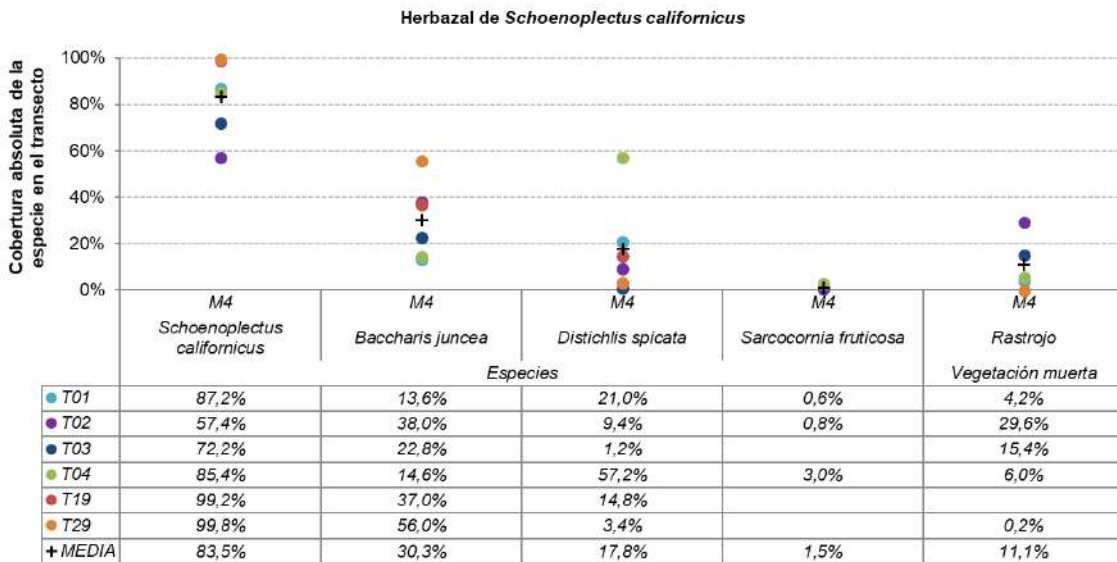
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-22. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de *Juncus balticus*.



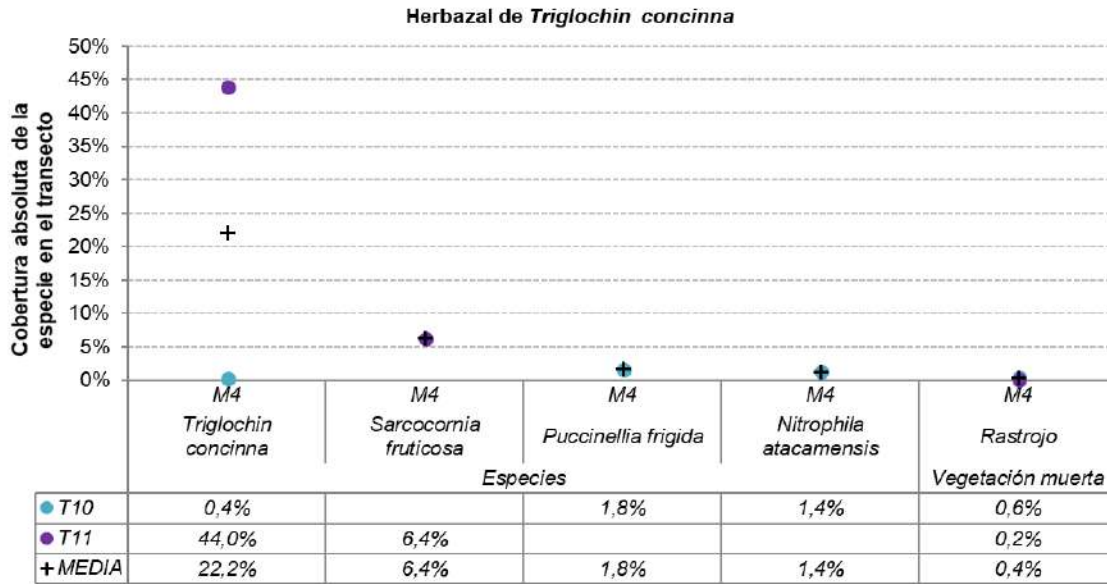
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-23. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de *Schoenoplectus californicus*.



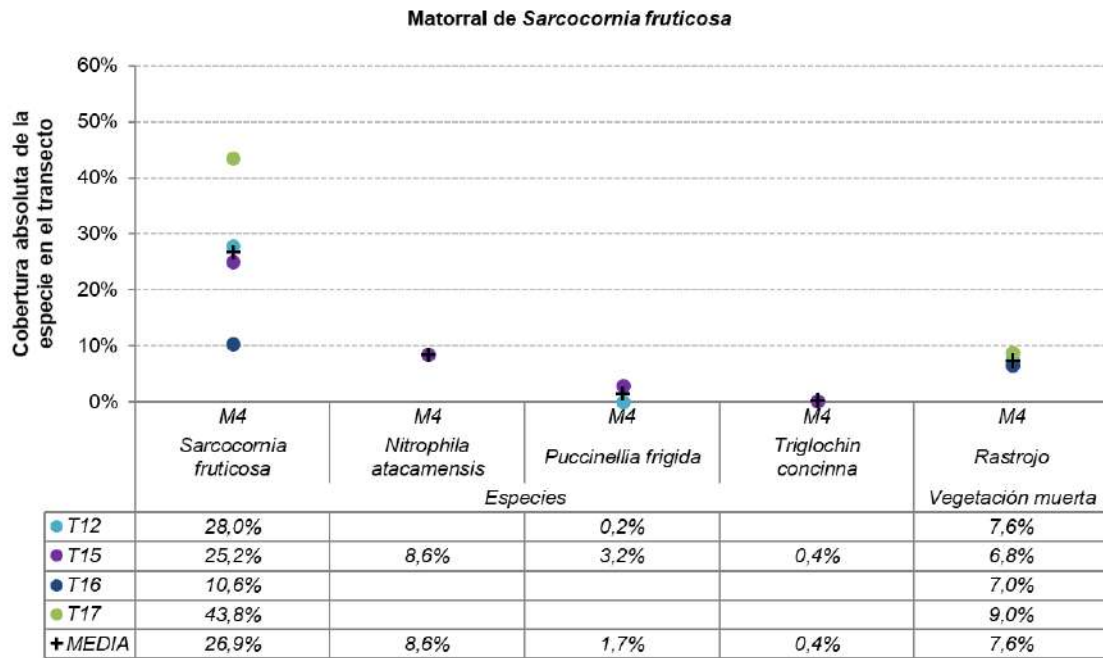
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-24. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de herbazal de *Triglochin concinna*.



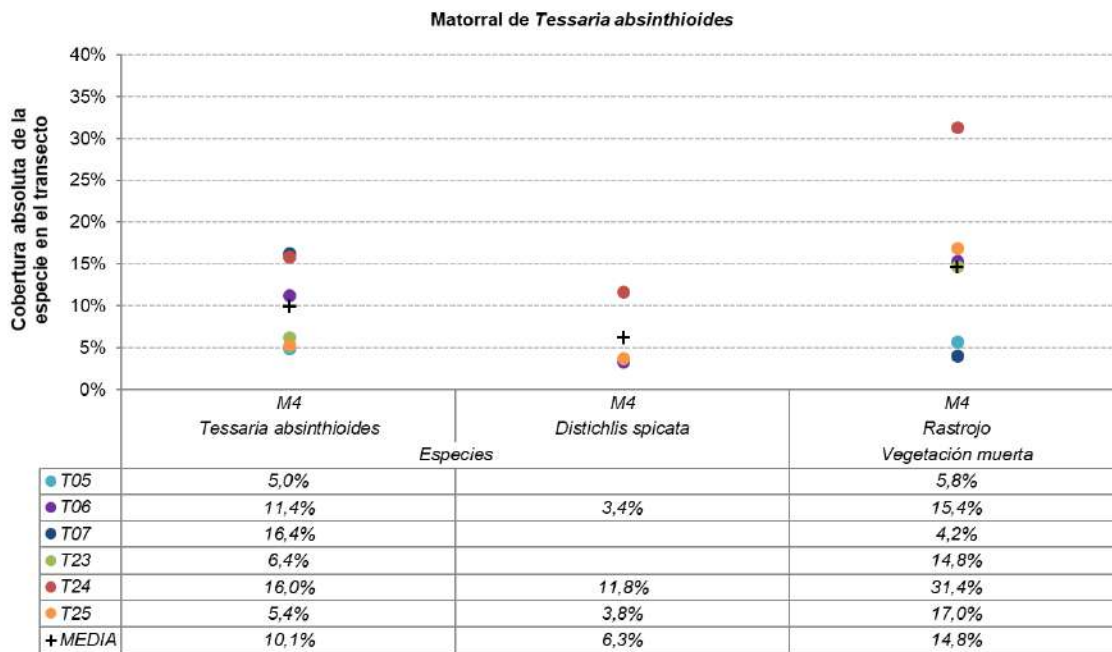
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-25. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de matorral de *Sarcocornia fruticosa*.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5-26. Cobertura absoluta de las especies registradas en las transectas de monitoreo 4, en la formación de matorral de *Tessaria absinthioides*.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del Monitoreo 4, en la **Figura N° 5-23** se observa que la especie *Schoenoplectus californicus* alcanza la mayor cobertura absoluta, con un 99,2% y 99,8% en las transectas T19 y T29, respectivamente. Además, esta especie conserva la mayor cobertura promedio de todas las especies registradas, con una media de 83,5% 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 1,6%, ver **Figura N° 5-21**.

Entre las especies dominantes de menor presencia, destaca la especie arbustiva *Tessaria absinthioides*, la que en las transectas T05, T25 y T23, registra coberturas mínimas de 5,0%, 5,4% y 6,4%, respectivamente y en la transecta T07 un máximo de cobertura absoluta de 16,4%, presentando una cobertura media de 10,1% en la formación. Adicionalmente, esta especie fue registrada en baja cobertura en una formación dominada por *Juncus balticus*, con una cobertura absoluta de 0,2% (T13), ver **Figura N° 5-26**.

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 20,6% en la transecta T13 y una cobertura (absoluta) mínima de 2,4% en la transecta T31, registrando una cobertura promedio de 11,9% en la formación (**Figura N° 5-22**). Esta especie no se registra en otras transectas de otras formaciones.

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

5.2.2.2.2 Cobertura y riqueza de transectas

En la **Tabla N° 5-30** se presenta las coberturas absoluta y promedio, además de la riqueza para cada una de las transectas monitoreadas en la campaña de verano (Monitoreo 4).

Dentro de los resultados, destacan las transectas del herbazal de *Schoenoplectus californicus*, donde se observan los mayores valores de cobertura por transecta, con más del 100% de cobertura absoluta en cinco de las seis transectas de la formación y entre un 26,4 % y un 53,1% de cobertura promedio en todas las transectas (**Tabla N° 5-30**). Asimismo, la otra transecta (T03) que presentó menor cobertura absoluta en la formación, igualmente alcanza una alta cobertura con respecto a las otras formaciones vegetales, con un 96,2%. En dos transectas de esta formación destaca la cobertura de rastrojos con un 29,6% y 15,4% (T02 y T03, respectivamente).

Por otro lado, y en relación a las transectas en las formaciones vegetales del herbazal de *Triglochin concinna*, matorral de *Sarcocornia fruticosa* y matorral de *Tessaria absinthioides*, la cobertura de la vegetación (absoluta) es variable entre transectas, donde las mayores coberturas se observan en el herbazal de *T. concinna* con un 50,4% (T11), en el matorral de *S. fruticosa* con un 28,2%, 37,4% y 43,8% (T12, T15 y T17, respectivamente) y en el matorral de *T. absinthioides* un 27,8% (T24) y el resto de las transectas no supera el 17% de cobertura vegetal (absoluta), ver **Tabla N° 5-30**. En estas formaciones, las coberturas promedio por transecta no superan un 17%, a excepción de T11 y T17 con una cobertura de 25,2 y 43,8%, respectivamente.

Los herbazales de *Juncus balticus* y *Distichlis spicata*, también presentan variaciones de cobertura entre transectas, donde ambas formaciones varían entre <10% a 38% aproximadamente, donde todas las transectas presentaron alguna cobertura de rastrojos, generalmente menor a un 13%, con tres transectas en el herbazal de *D. spicata* con una cobertura mayor (19,4%, 21,4% y 32,8% en T08, T09 y T20 respectivamente), ver **Tabla N° 5-30**.

Dentro de los resultados también destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de suelo desnudo es alto, en comparación al recubrimiento vegetal, exceptuando al herbazal de *Schoenoplectus californicus*, ver **Tabla N° 5-30**.

Tabla N° 5-30. Riqueza y cobertura absoluta y promedio de las transectas en Monitoreo 4 (verano 2018).

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	122,4%	30,6%	4,2%	0,8%	4
			T02	105,6%	26,4%	29,6%	-	4
			T03	96,2%	32,1%	15,4%	-	3
			T04	160,2%	40,1%	6,0%	-	4
		Tilopozo	T19	151,0%	50,3%	-	-	3
			T29	159,2%	53,1%	0,2%	-	3
	<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	La Punta	T13	34,0%	11,3%	10,4%	63,0%	3
		Tilopozo	T18	12,0%	6,0%	9,4%	80,6%	2
			T30	37,8%	12,6%	9,4%	56,4%	3
			T31	7,0%	2,3%	5,6%	87,8%	3
	<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	Peine	T08	20,6%	10,3%	19,4%	60,6%	2
			T09	21,6%	21,6%	21,4%	57,0%	1
		Tilopozo	T20	37,4%	18,7%	32,8%	30,0%	2
			T21	3,8%	3,8%	4,2%	92,0%	1
			T22	15,8%	5,3%	4,0%	81,4%	3
			T26	2,8%	2,8%	10,8%	86,4%	1
			T27	4,6%	4,6%	6,4%	89,0%	1
			T28	21,0%	21,0%	12,8%	66,2%	1
	<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	La Brava	T10	3,6%	1,2%	0,6%	96,0%	3
		La Punta	T11	50,4%	25,2%	0,2%	51,8%	2
T12			28,2%	14,1%	7,6%	64,4%	2	
Matorral	<i>Matorral de Sarcocornia fruticosa</i>	Quelana	T15	37,4%	9,4%	6,8%	57,8%	4
			T16	10,6%	10,6%	7,0%	82,4%	1

Tipo de formación	Formación vegetal	Subsector	Transecta	Cobertura vegetación (%)		Cobertura absoluta (%)		Riqueza (No. de especies)
				Absoluta	Promedio	Rastrojos/ muerta	Otros recubrimientos	
			T17	43,8%	43,8%	9,0%	47,2%	1
	<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	Peine	T05	5,0%	5,0%	5,8%	89,2%	1
T06			14,8%	7,4%	15,4%	70,8%	2	
T07			16,4%	16,4%	4,2%	79,4%	1	
		Tilopozo	T23	6,4%	6,4%	14,8%	78,8%	1
			T24	27,8%	13,9%	31,4%	47,6%	2
			T25	9,2%	4,6%	17,0%	74,6%	2

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 transectas, los cuales están asociados a las características del sustrato donde se desarrolla la vegetación, tales como costra salina, agua superficial, suelo terroso entre otros.

Con respecto a esta cobertura, destaca que para casi todas las formaciones vegetales el porcentaje de otros recubrimientos es igual o por sobre el 50%, exceptuando todas las transectas del herbazal de *Schoenoplectus californicus* que tienen un 100% de cobertura vegetal, donde solo una transecta registró un 0,8% de agua superficial y en la transecta T20 del herbazal de *Distichlis spicata* un valor de 30,0% de costra salina terrosa. El sustrato principal registrado en otros recubrimientos es la costra salina.

Por último, cabe señalar que las otras transectas que presentaron agua superficial en su superficie corresponden a las dos transectas del herbazal de *Triglochin concinna* con un 51,4% (T10) y un 7,6% (T11) de cobertura absoluta y en la transecta T12 en un matorral de *Sarcocornia fruticosa* con un 17,2% (**Tabla N° 5-31**). Cabe mencionar, que la transecta T10 se localiza cercana a sistemas lagunares (La Brava) y este cubrimiento de agua superficial se trata de un pequeño cuerpo de agua donde la formación vegetal lo rodea (**Fotografía N° 5-28**).

Tabla N° 5-31. Cobertura absoluta de Otros recubrimientos en las transectas de Monitoreo 4 (verano 2018).

Formación vegetal	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M4 (%)						
		Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
			Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
<i>Herbazal de Schoenoplectus californicus</i>	T01	0,8%	-	-	-	-	-	0,8%
	T02	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T03	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T04	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T19	-	-	-	-	-	-	0,0%
	T29	-	-	-	-	-	-	0,0%
<i>Herbazal de Juncus balticus</i>	T13	-	63,0%	-	-	-	-	63,0%
	T18	-	80,6%	-	-	-	-	80,6%
	T30	-	56,4%	-	-	-	-	56,4%
	T31	-	87,8%	-	-	-	-	87,8%
<i>Herbazal de Distichlis spicata</i>	T08	-	60,6%	-	-	-	-	60,6%
	T09	-	19,6%	-	-	37,4%	-	57,0%
	T20	-	-	-	-	30,0%	-	30,0%
	T21	-	92,0%	-	-	-	-	92,0%
	T22	-	81,4%	-	-	-	-	81,4%
	T26	-	86,4%	-	-	-	-	86,4%
	T27	-	-	-	-	-	89,0%	89,0%
	T28	-	-	-	-	66,2%	-	66,2%
<i>Herbazal de Triglochin concinna</i>	T10	51,4%	44,6%	-	-	-	-	96,0%
	T11	8,8%	23,4%	-	19,6%	-	-	51,8%
<i>Matorral de Sarcocornia</i>	T12	17,2%	32,4%	-	14,8%	-	-	64,4%
	T15	-	57,8%	-	-	-	-	57,8%

Formación vegetal	Transecta	Cobertura absoluta de Otros recubrimientos - M4 (%)						
		Agua superficial	Costra Salina (Cs)				Terroso	Total (%)
			Cs	Cs sobresaturada	Cs saturada	Cs terrosa		
<i>fruticosa</i>	T16	-	82,4%	-	-	-	-	82,4%
	T17	-	47,2%	-	-	-	-	47,2%
<i>Matorral de Tessaria absinthioides</i>	T05	-	89,2%	-	-	-	-	89,2%
	T06	-	-	-	-	70,8%	-	70,8%
	T07	-	-	-	-	-	79,4%	79,4%
	T23	-	78,8%	-	-	-	-	78,8%
	T24	-	47,6%	-	-	-	-	47,6%
	T25	-	74,6%	-	-	-	-	74,6%

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 y de cobertura muerta (62,5% y 13,5%, respectivamente). Además, en la **Tabla N° 5-33**, se puede observar la composición de las especies presentes por subsector, señalando su riqueza por subsector.

El subsector La Brava tiene el menor valor de cobertura absoluta entre los sectores con vegetación, con un 3,60% que representa una formación parchosa de vegetación correspondiente a un herbazal de *Triglochin concinna* que se desarrolla en bordes de lagunas. No obstante registra una baja cobertura muerta de 0,6%, ver **Tabla N° 5-32**.

Los subsectores La Punta, Quelana y Tilopozo presentan valores similares entre ellos, con coberturas promedio entre 37,5%, 30,6% y 35,4% y a su vez, una cobertura muerta entre 6,1 y 11,3% (**Tabla N° 5-32**).

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

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

Finalmente, la riqueza de especies por subsector se observa entre tres y siete especies vasculares, exceptuando a sector Soncor que no registra vegetación o individuos de flora (**Tabla N° 5-32**). Cabe señalar que se rectifican en este Informe Anual algunos datos informados en el Reporte Semestral N°4 de Monitoreo Verano 2018 en Tabla N° 2-4. La razón se debe al cálculo erróneo al considerar una transecta menos en el subsector La Punta y a la vez una transecta adicional en Tilopozo. La transcripción corresponde al número de transectas por subsector, en donde lo correcto es 3 puntos para subsector La Punta, y 14 puntos para subsector Tilopozo. De acuerdo a lo corregido, la información del Reporte Semestral N°4 correspondía a lo siguiente: Sub-sector La Punta, 2 transectos, cobertura promedio de vegetación de 39,3%, vegetación muerta 3,9% y riqueza de 3 especies, y en sub-sector Tilopozo, 15 transectos y promedio de la cobertura de vegetación 35,3%. Cabe destacar que los valores actualizados en este Informe son los correctos y permiten poder comparar con los resultados de campañas anteriores, como verano 2017.

Tabla N° 5-32. Cobertura promedio y riqueza por Sub-sectores, para el Monitoreo 4 (verano 2018).

Sub-sector	Transectos en el sub-sector	Promedio de la cobertura absoluta por sector		Riqueza (No. De especies)
		Vegetación (%)	Vegetación muerta - Rastrojo (%)	
La Brava	1	3,60%	0,6%	3
La Punta	3	37,5%	6,1%	6
Peine	9	62,5%	13,5%	5
Aguas de Quelana	3	30,6%	7,6%	4
Soncor	1	-	-	-
Tilopozo	14	35,4%	11,3%	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 5-33. Composición de especies vasculares por subsectores, en el Monitoreo 4 (verano 2018).

Especie	Sub-sector Área de estudio				
	La Brava	La Punta	Peine	Aguas de Quelana	Tilopozo
<i>Baccharis juncea</i> (Cass.) Desf.			x		x
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene			x		x
<i>Juncus balticus</i> Willd.		x			x
<i>Lycium humile</i> Phil.		x			x
<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.	x			x	x
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M.Johnst.	x	x		x	
<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) Scott			x	x	
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják		x	x		x
<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC		x	x		x
<i>Triglochin concinna</i> Davy	x	x		x	
Riqueza total por subsector	3	6	5	4	7

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 2018, 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 2018: (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 5.1.3.4, los resultados de la superficie de vegetación activa por formación vegetal correspondiente a cada sector y para situación verano 2018, se detallan en la **Tabla N° 5-34** y se grafican en el **Anexo Vegetación y Flora** de este Informe Anual.

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

SECTOR <i>Recubrimiento de suelo / Tipo de vegetación</i> Formación vegetal	SUPERFICIES (ha)	
	Vegetación activa NDVI	Polígonos con vegetación COT
Peine	496,6	5.925,0
Área desprovista de vegetación	0,5	2.936,0
<i>Zonal</i>	<i>411,3</i>	<i>2.181,0</i>
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i>	146,3	542,8
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>	27,4	60,1
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> y <i>Adesmia imbricata</i>	3,0	9,3
Matorral de <i>Adesmia imbricata</i>	82,8	148,5
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	84,5	1.193,7
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Atriplex atacamensis</i>	67,4	226,5
<i>Azonal</i>	<i>84,8</i>	<i>808,0</i>
Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	27,0	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> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	0,6	1,9
Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	3,5	7,1
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	14,6	33,2
Vega de <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	26,3	57,2
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	7,4	11,6
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis</i>	4,5	6,1

SECTOR <i>Recubrimiento de suelo / Tipo de vegetación</i> Formación vegetal	SUPERFICIES (ha)	
	Vegetación activa NDVI	Polígonos con vegetación COT
<i>spicata</i>		
La Punta y La Brava	5,9	118,5
Área desprovista de vegetación	0,1	58,2
Azonal	5,8	60,3
Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	3,4	41,1
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	0,1	2,3
Vega de <i>Nitrophila atacamensis</i> y <i>Triglochin concinna</i>	0,7	3,3
Vega de <i>Triglochin concinna</i>	1,6	13,6
Aguas de Quelana	291,8	4.954,2
Área desprovista de vegetación	0,2	3.435,4
Zonal	14,3	114,8
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	12,2	104,9
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Lycium humile</i>	2,1	9,8
Azonal	277,2	1.404,0
Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	203,5	637,3
Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Nitrophila atacamensis</i>	2,1	21,6
Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> y <i>Puccinellia frigida</i>	21,4	313,6
Matorral hídrico - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> , <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>	5,8	18,6
Matorral hídrico de <i>Sarcocornia fruticosa</i>	37,2	209,1
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	7,2	203,9
Soncor	31,2	5.018,2
Área desprovista de vegetación	25,1	4.993,5
Azonal	6,0	24,8
Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	2,8	7,8
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	3,2	16,9
Tilopozo	428,0	17.054,1
Área desprovista de vegetación	11,0	14.408,0
Zonal	62,5	583,0
Matorral de <i>Ephedra breana</i>	54,7	491,1
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i>	7,8	91,8
Azonal	354,5	2.063,2
Matorral - Vega de <i>Tessaria absinthioides</i> y <i>Distichlis spicata</i>	132,1	806,8
Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis spicata</i>	1,5	8,6
Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	6,7	16,5
Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> y <i>Juncus balticus</i>	20,6	95,9
Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y	3,0	10,1

SECTOR <i>Recubrimiento de suelo / Tipo de vegetación</i> Formación vegetal	SUPERFICIES (ha)	
	Vegetación activa NDVI	Polígonos con vegetación COT
<i>Distichlis spicata</i>		
Matorral hídrico - Vega de <i>Lycium humile</i> , <i>Juncus balticus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	5,0	14,3
Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Baccharis juncea</i>	1,1	4,4
Matorral hídrico - Vega de <i>Sarcocornia fruticosa</i> , <i>Triglochin concinna</i> y <i>Nitrophila atacamensis</i>	3,3	13,8
Matorral hídrico de <i>Lycium humile</i>	8,9	49,6
Vega de <i>Distichlis spicata</i>	32,4	661,8
Vega de <i>Juncus balticus</i>	85,0	225,5
Vega de <i>Juncus balticus</i> y <i>Distichlis spicata</i>	4,9	16,2
Vega de <i>Phragmites australis</i> , <i>Distichlis spicata</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	9,1	42,5
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	7,9	22,5
Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	30,2	50,3
Vega de <i>Triglochin concinna</i>	2,8	24,5
Total general	1.253,4	33.070,1
Total con áreas con vegetación	1.216,4	7.238,9

Fuente: Elaboración propia

La vegetación activa calculada a partir del NDVI, corresponde a 1.253,4 ha, superficie que representa un 3,8% 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 16,8% (1.216,4 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.

6 FAUNA VERTEBRADOS TERRESTRES

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos semestrales de invierno 2017 y verano 2018 para el componente ambiental biota, subcomponente Fauna de vertebrados, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE N°21/2016 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama de la empresa 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 21 al 26 de agosto de 2017, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, y entre los días 02 al 06 de abril de 2018, correspondiente al monitoreo semestral de verano. Esta campaña de verano 2018 se desarrolló en una fecha posterior a lo normal, a la espera de la ocurrencia de las lluvias de verano. Finalmente, esto no sucedió dentro del tiempo esperado, por lo cual se decidió llevar a cabo la campaña de verano en las fechas señaladas.

El presente informe de monitoreo corresponde a la tercera y cuarta 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 2017 y verano de 2018,

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.

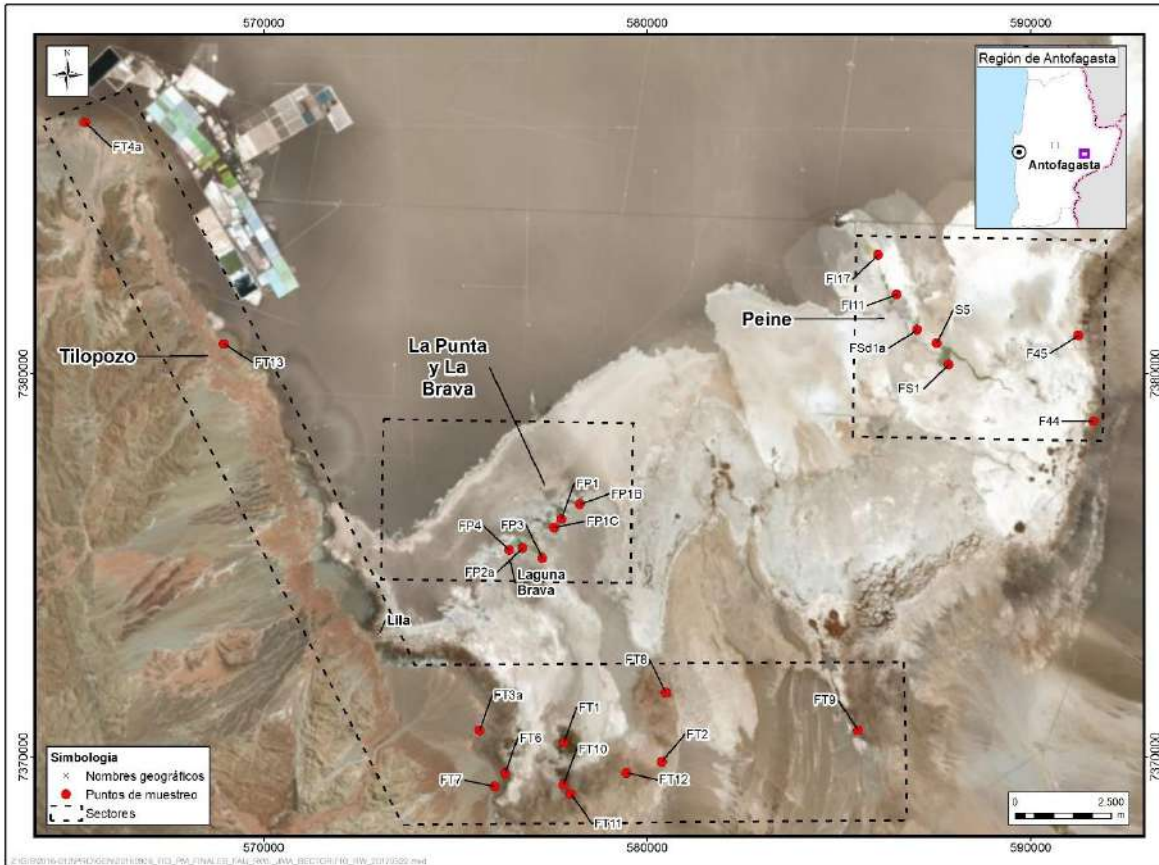
Para el área específica de estudio, y analizando los datos de muestreos de línea base (PMB, 2015), los que se resumen en varias campañas (desde los años 2006 a 2015), se ha registrado una riqueza acumulada de 62 especies de vertebrados, de las cuales 49 corresponden a aves (79%), 10 especies a mamíferos (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 Tessaria	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	
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	-

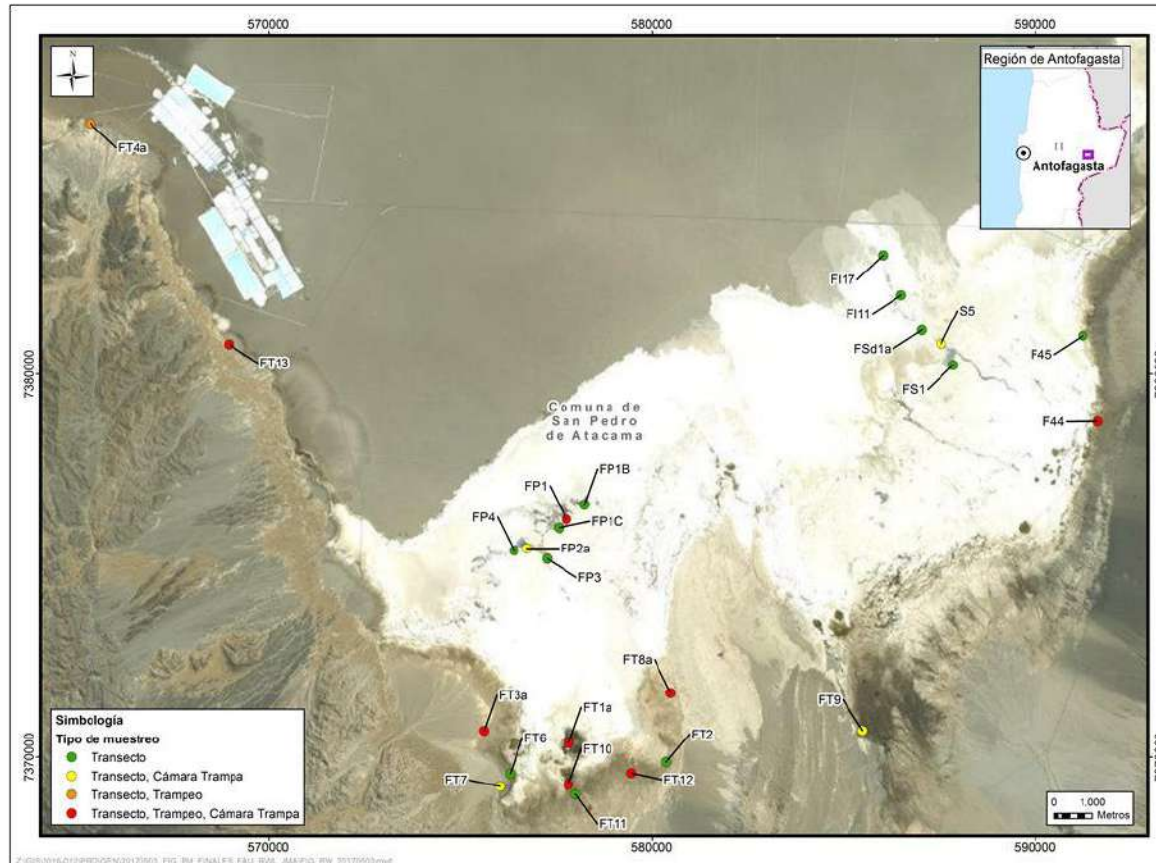
Nota: Las estaciones que presentan una letra a minúscula, representa una adecuación de la estación original, en cuanto a la ubicación exacta (ej. FT4a corresponde a la estación original FT4, que se cambió de lugar, manteniendo el ambiente).

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). 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**; 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 (abajo, izquierda); D) matorral (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia.

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

En el caso de la fauna de vertebrados, para las variables riqueza, composición y abundancia, los parámetros utilizados son a) número e identidad de especies, para la riqueza y composición, y b) número de ejemplares, para la abundancia (absoluta y relativa) y frecuencia (absoluta y relativa). Los parámetros se expresan además para cada tipo de ambiente predefinido y estandarizados por el número de puntos o transectos realizados por cada ambiente.

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

6.1.4.1 Tipos de muestreo

El presente estudio consideró cuatro tipos de muestreo para relevar la fauna vertebrada terrestre de acuerdo a lo establecido en el Plan de Seguimiento de la RCA. El principal tipo corresponde al transecto, al que se sumaron muestreos complementarios, los cuales están dirigidos a maximizar la detección de determinadas taxa de fauna vertebrada silvestre. Estos muestreos complementarios corresponden a: trampeo de roedores y marsupiales, muestreo nocturno de aves y anfibios, y cámara trampa con atrayente olfativo.

Las definiciones de los tipos de muestreo son las siguientes:

- Transecto (T): Caminata a partir de un punto, para detectar evidencias directas e indirectas de fauna vertebrada terrestre.
- Trampeo de roedores y marsupiales (TR): Captura viva de especies de pequeños mamíferos.
- Muestreos Nocturnos (MN): Muestreo indirecto por playback de aves nocturnas y anfibios.
- Cámara trampa con atrayente olfativo (CT): Se instalan cámaras trampa con atrayente olfativo para detectar visualmente especies de carnívoros.

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, trapeo, 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 (m^2 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, edentados¹⁹ 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*).

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

¹⁹Si bien no han sido registrados dentro del área de estudio son parte del listado potencial (Iriarte, 2008).

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, que se adjunta en el **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**.

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



Fuente: Elaboración Propia.

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

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.4.5 Trabajo en gabinete post terreno**6.1.4.5.1 Traspaso y procesamiento de datos**

Los datos en bruto obtenidos de los distintos tipos de formularios llenados en terreno fueron traspasados a una base digital en gabinete, junto con el traspaso de las fotografías.

6.1.4.5.2 Análisis de datos

A continuación, se detalla la metodología del análisis de datos realizada en gabinete, a *posteriori* del trabajo de terreno de Cedrem Consultores.

6.1.4.5.3 Riqueza y composición

La riqueza se estimó en base al número total de especies detectadas, ya sea por evidencias directas e indirectas, en cada transecto (incluyendo muestreos complementarios) ejecutado para un mismo ambiente por sector. Así:

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

En algunos casos, se estimó la riqueza media, en función del esfuerzo de muestreo de transectos, de modo de estandarizar los datos y hacerlos más comparables.

La composición se analiza en base a la identidad de las especies registradas.

6.1.4.5.4 Caracterización de los taxa

Las especies detectadas en terreno fueron descritas considerando su clasificación taxonómica, origen geográfico, grado de movilidad, estatus de residencia, estado de conservación y, de corresponder, su condición de especialista de hábitat, condición de monumento natural, o bien si cumple con algún criterio de protección (BSE)²⁰. Esta información fue extraída del listado de fauna potencial realizado previo al terreno y complementada, cuando fuese necesario, mediante la misma metodología.

El detalle de caracterización se indica a continuación:

a) Origen geográfico

La asignación del origen geográfico se basó principalmente en lo descrito por el Ministerio 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

²⁰ 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).

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 y D.S. N°6/2017 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)²¹. 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.

²¹Para efecto del presente monitoreo, se incluye como categoría de amenaza en base a la Guía para la descripción del área de influencia (Servicio de Evaluación Ambiental [SEA], 2015).

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



Fuente: Modificado de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) 2012.

Las categorías de aquellas especies que no se incluyen en los citados Decretos Supremos, fueron definidas según los estados consignados en la Ley de Caza N° 19.473 y su Reglamento (SAG, 2012a). Ambos cuerpos legales definen los estados de conservación con sustento legal para la fauna silvestre, y que corresponden a: Peligro de extinción; considerada homóloga a la categoría En Peligro (EN) de la UICN (2012), Vulnerable (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 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) 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 BSE²² (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:

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

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:

²² Criterios de protección de especies: B: especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; S: especie con densidades poblacionales reducidas; E: especie catalogada benéfica para el equilibrio de los ecosistemas naturales (SAG, 1998).

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

En esta medida de 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.

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 21 al 26 de agosto de 2017, mientras que el traspaso de los datos a digital, su orden en base de datos y su análisis se realizó entre el 28 de agosto al 8 de septiembre de 2017.

El muestreo y medición de cada parámetro se efectuó para el monitoreo de verano entre el 02 al 06 de abril de 2018, mientras que el traspaso de los datos a digital, su orden en base de datos y su análisis se realizó entre el 09 de abril al 25 de mayo de 2018.

6.2 RESULTADOS

6.2.1 Resultados del monitoreo campaña de invierno 2017

6.2.1.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, en la tercera campaña de monitoreo, se registraron 23 especies, siendo estas 2 especies de reptiles, 17 especies de aves y 4 especies de mamíferos (**Tabla N° 6-2**).

De las 23 especies de fauna detectadas, 10 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 6 especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); otras 3 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del

Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que la especie restante se encuentra clasificada 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 3 de las especies de mamíferos (**Tabla N° 6-2**).

Del total de 10 especies en categoría de conservación, 7 se consideran “*bajo amenaza*”; es decir, en las categorías En Peligro (1 especie; un reptil) y Vulnerable (6 especies; 5 aves y 1 mamífero). Por su parte, las otras 3 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), 21 de las 23 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 23 especies registradas en la campaña (13,04%) son endémicas de Chile (las 2 especies de reptiles registradas y 1 especie de mamífero); otras 19 especies de las 23 detectadas (82,61%) se clasifican como nativas (17 especies de aves y 2 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 tercera campaña de monitoreo (invierno 2017). 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	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILIA									1	1	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	

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
SCOLOPACIDAE											
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35	X		
GRUIFORMES											
RALLIDAE											
<i>Fulica ardesiaca</i>	Tagua andina	S/EC	S	-	N	S	A	24,15		X	
<i>Fulica gigantea</i>	Tagua gigante	VU ¹	S	-	N	S	A	48,65	X		
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<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	X	
MOTACILLIDAE											
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		X
TYRANNIDAE											
<i>Lessonia oreas</i>	Colegial del norte	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	Dormilona cenicienta	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		
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	VU ¹	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA AVES									13	9	4

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
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
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<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
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA									1	3	4

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 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.

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: 3 especies son de baja movilidad, solo 1 especie se cataloga con movilidad media, y por último 19 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla N° 6-2**).

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° 6-2**).

Finalmente, en cuanto al índice de riesgo, destaca la presencia de 1 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 (1 reptil y 4 aves), y por último 12 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo (10 aves y 2 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 menor en Tilopozo, aunque con diferente composición. En el sector La Punta y La Brava, la riqueza total es de 15 especies (con 1 reptil, 13 aves y 1 mamífero); en el sector de Peine la riqueza total es de 13 especies (con 1 reptil, 9 aves y 3 mamíferos), mientras que en el sector de Tilopozo la riqueza total es de 9 especies, distribuidas en 1 reptil, 4 aves y 4 mamíferos. 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 se realizó muestreo nocturno.

6.2.1.2.2 Reptiles

Del total de 23 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 2 corresponden a reptiles (8,7%), 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 y Peine, 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 23 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 17 corresponden a aves (73,9%), las que se distribuyen en 6 órdenes y 12 familias (**Tabla N° 6-2**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, 5 (29,4%) se encuentran en categoría de conservación, correspondientes a la gaviota andina, la tagua gigante y las 3 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 17 especies, 16 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que la especie restante, el pato juarjual, no se clasifica en ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que 10 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, 9 especies presentan densidades poblacionales reducidas, y 8 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 10 especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las 17 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta, y en cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, 3 especies presentan un riesgo alto (las 3 especies de flamencos), otras 4 presentan un riesgo medio, y todo el resto (10 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 13 especies (destacando el primer registro de tagua gigante para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015); seguido del sector de Peine, que presenta 9 especies (destacando el primer registro de tagua andina para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015), y por el sector de Tilopozo, con sólo 4 especies (todas terrestres; **Tabla N° 6-2**).

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



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.2.4 Mamíferos

Del total de 23 especies de fauna detectadas en el área de estudio durante la campaña, 4 corresponden a mamíferos (17,4%), las que se distribuyen en tres órdenes y cuatro familias (**Tabla N° 6-2; Fotografía N° 6-6; Fotografía N° 6-7**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, 3 (75,0%) 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*), considerado Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 6-2**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE, de las 4 especies, 3 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 la especie restante se considera benéfica 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), 2 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), 1 especie presenta movilidad media (el ratón orejudo amarillo), y 1 especie movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama). En cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, una especie presenta un índice de riesgo alto (el tuco-tuco de Atacama), y otras 2 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, ambos sectores con lagunas (La Punta y La Brava y Peine) corresponden a los de menor riqueza, presentando sólo de 1 a 3 especies, respectivamente; en tanto que el sector de Tilopozo presenta la mayor riqueza de mamíferos, con 4 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 y Peine sólo se encuentra la lagartija de Fabián (**Tabla N° 6-3**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra mayoritariamente en el humedal salar de La Punta y La Brava, con 13 especies registradas durante la campaña (10 de ellas acuáticas), seguido por el humedal salar de Peine con 9 especies (8 de ellas acuáticas); y finalmente el humedal pajonal con sólo 3 especies (todas terrestres). Por otra parte, y al igual que con los reptiles, no se registraron especies de aves en ninguno de los 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 4 especies, seguido por el matorral de Peine y Tilopozo con 3 especies registradas en ambos. Luego, con 1 especie registrada, se encuentran el humedal salar de La Punta y La Brava, y el herbazal y la quebrada de Tilopozo. Por su parte, no se registraron especies de mamíferos en el humedal salar de Peine y ni 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 - La Brava, con 15 especies registradas en total (1 reptil, 13 aves y 1 mamífero), lo que representa un 65,22% de toda la fauna registrada en la campaña; seguido muy cercanamente entre sí por los ambientes humedal salar de Peine, con 10 especies (1 reptil y 9 aves) y el humedal pajonal de Tilopozo, con 9 especies (1 reptil, 4 aves y 4 mamíferos). Los ambientes con menor riqueza, en tanto, corresponden al matorral de Peine y Tilopozo, con 3 especies (3 mamíferos en ambos casos), seguido por el herbazal y la quebrada de Tilopozo, ambos con 1 especie registrada (1 mamífero en ambos casos). 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 gigante y tagua andina, correspondientes a los primeros registros de estas especies para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015.

Tabla N° 6-3. Especies de fauna registradas por ambiente. Tercera campaña de monitoreo (invierno 2017). 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	X						
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						
Pollito de mar tricolor	X							
Tagua andina		X						
Tagua gigante	X							
Minero de la Puna						X		
Golondrina de dorso negro	X	X						
Bailarín chico común	X					X		
Colegial del norte	X							
Dormilona cenicienta						X		
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X							
Flamenco chileno	X	X						
MAMMALIA								
Zorro culpeo	X		X			X	X	
Burro						X	X	
Ratón orejudo amarillo			X		X	X		X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
RIQUEZA TOTAL POR AMBIENTE	15	10	3	0	1	9	3	1

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

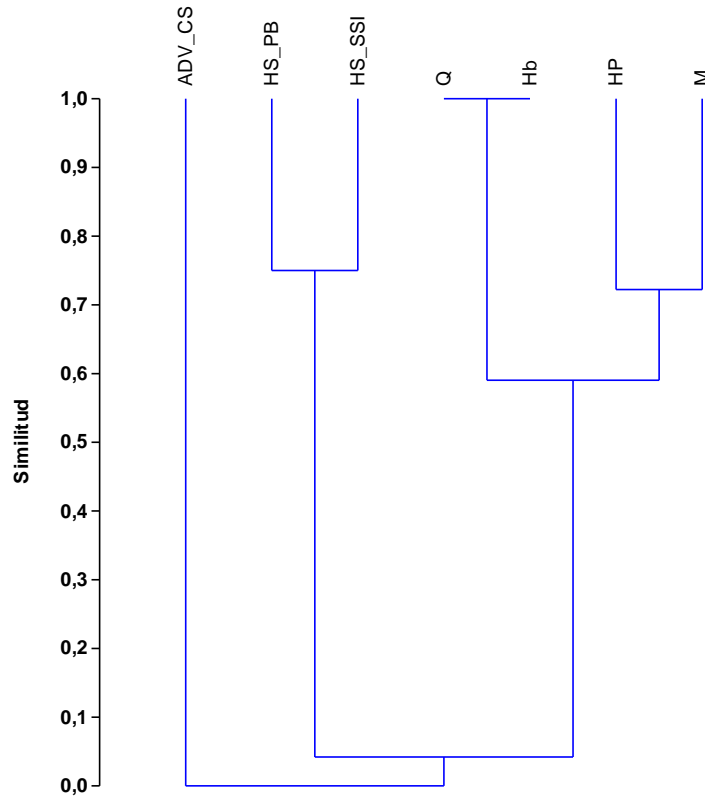
6.2.1.4 Similitud

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 75% 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 59%, dentro de los cuales los más similares son el herbazal y la quebrada (con un 100% de similitud), seguidos por el humedal pajonal y el matorral (con cerca de un 73% de similitud; **Figura N° 6-4**).

Es necesario destacar que el 100% de similitud que se observa entre los ambientes de herbazal y quebrada, obedece al registro de una única especie común a ambos ambientes, *Phyllotis xanthopygus* (ratón orejudo amarillo), la cual fue registrada mediante trapeo de micromamíferos.

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



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 2 especies de reptiles, la especie más abundante fue la lagartija de Fabián, con 15 ejemplares avistados, lo que representa un 78,9% de abundancia relativa, mientras que la lagartija de Constanza presenta una abundancia relativa de 21,1%, con 4 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 5 de los 25 puntos de muestreo, lo que representa un 20% de frecuencia relativa, mientras que la lagartija de Constanza fue registrada en sólo 1 punto de muestreo, obteniendo un 4% de frecuencia relativa (**Tabla N° 6-4**).

En relación a las aves censadas, las especies más abundantes fueron la parina grande, con 156 ejemplares (41,5% de abundancia relativa), el flamenco chileno (125 individuos, lo que representa un 33,2% de abundancia relativa), el caití (19 individuos; 5,1% de abundancia relativa), el playero de Baird (18 individuos; 4,8% de abundancia relativa), el chorlo de la puna (15 individuos; 4,0% de abundancia relativa) y la gaviota andina (11 individuos; 2,9% de abundancia relativa); mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja, variando entre 1 a 6 ejemplares (**Tabla N° 6-4**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el flamenco chileno (registrada en 8 puntos; con un 32% de frecuencia), el chorlo de la puna (7 puntos, 28%), la gaviota andina, el caití, y la parina grande (las 3 especies registradas en 6 puntos; 24% de frecuencia) y la golondrina de dorso negro (4 puntos; 16%). 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 3 individuos registrados en 3 puntos de muestreo (en los tres casos por registro en trampas cámara, y 1 registro visual) y 4 registros indirectos en otros 4 puntos, por lo que su frecuencia es de 28%. En el caso del burro, no hubo registro directo, y sólo se detectó en la campaña mediante registros indirectos en 4 puntos, lo que representa un 16% de frecuencia. En el caso de la única especie de micromamífero detectada en la campaña, el tuco-tuco de Atacama, se registraron 6 individuos en un punto de muestreo y 6 registros indirectos en otros 6 puntos, por lo que su frecuencia es de 28% (**Tabla N° 6-4**).

**Tabla N° 6-4. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna.
Tercera campaña de monitoreo (invierno 2017).**

CLASE Nombre común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	4	21,1	1/25	4,0
Lagartija de Fabián	15	78,9	5/25	20,0
TOTAL REPTILES	19	100,0	-	-
AVES				
Aguilucho común	1	0,3	1/25	4,0
Pato juarjual	6	1,6	3/25	12,0
Chorlo de la puna	15	4,0	7/25	28,0
Gaviota andina	11	2,9	6/25	24,0
Caití	19	5,1	6/25	24,0
Playero de Baird	18	4,8	3/25	12,0
Pollito de mar tricolor	2	0,5	1/25	4,0
Tagua andina	1	0,3	1/25	4,0
Tagua gigante	1	0,3	1/25	4,0
Minero de la Puna	2	0,5	1/25	4,0
Golondrina de dorso negro	4	1,1	4/25	16,0
Bailarín chico común	6	1,6	2/25	8,0
Colegial del norte	2	0,5	1/25	4,0
Dormilona cenicienta	1	0,3	1/25	4,0
Flamenco andino o Parina grande	156	41,5	6/25	24,0
Flamenco de James o Parina chica	6	1,6	1/25	4,0
Flamenco chileno	125	33,2	8/25	32,0
TOTAL AVES	376	100,0	-	-
MAMMALIA				
Zorro culpeo	3+4x	-	7/25	28,0
Burro	4x	-	4/25	16,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	6+6x	-	7/25	28,0

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 2,0 individuos/transecto (en 2 puntos de muestreo en Tilopozo), seguido por el humedal salar, con 1,36 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 33,64 individuos/transecto; valor mucho mayor al siguiente ambiente, el humedal pajonal, con 3,0 ind/transecto. En los restantes ambientes, en tanto, (matorral, área desprovista de vegetación costra salar, herbazal y quebrada), 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, sólo fue registrada una especie mediante trampeo, el ratón orejudo amarillo, detectada en 4 de los 6 ambientes en que se llevó a cabo el trampeo; y con un IDR variando entre 1,7% (en los ambientes de herbazal y matorral) a 3,3% (en la quebrada), con 2 a 3 ejemplares registrados en dichos ambientes. 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. Tercera campaña de monitoreo (invierno 2017).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)												
Nombre común	HS		ADV_CS		Hb		HP		M		Q	
	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	0	0/60	1,7	2/120	2,5	3/120	1,7	2/120	3,3	2/60

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 2018

6.2.2.1 Riqueza, composición y caracterización de fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, y en esta cuarta campaña de monitoreo, se registraron 36 especies, con la identificación de: 1 especie de anfibio, 2 especies de reptiles, 27 especies de aves y 6 especies de mamíferos (**Tabla N° 6-6**).

De las 36 especies de fauna detectadas, 14 se encuentran clasificadas en categoría de conservación, correspondientes a la única especie de anfibio registrada, las 2 especies de reptiles detectadas, 6 especies de aves y 5 de las especies de mamíferos. El Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores) asigna a 5 de estas especies alguna categoría de conservación; otras 6 especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); y las 3 especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Rottmann & López-Callejas (1992) o Cofré & Marquet (1999; **Tabla N° 6-6**).

Del total de 14 especies en categoría de conservación, 8 se consideran “*bajo amenaza*”; es decir, en las categorías En Peligro (1 especie, un reptil), Vulnerable (6 especies; 5 aves y 1 mamífero) y Casi amenazada (1 especie, un mamífero). Por su parte, 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), 32 de las 36 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**).

De acuerdo a su origen geográfico, 3 de las especies registradas son endémicas de Chile (las 2 especies de reptiles y 1 especie de mamífero), en tanto que otras 32 especies son nativas (1 especie de anfibio, 27 especies de aves y 4 especies de mamíferos), y finalmente, 1 especie es catalogada como introducida (un mamífero, *Equus asinus*; **Tabla N° 6-6**).

Tabla N° 6-6. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en la cuarta campaña de monitoreo (verano 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
AMPHIBIA											
ANURA											
BUFONIDAE											
<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo Espinoso	LC ³	BE	-	N	S	B	50,35			X
TOTAL RIQUEZA ANFIBIOS									0	0	1
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 ⁵	SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILIA									1	2	1
AVES											
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
<i>Circus cinereus</i>	Vari ceniciento	S/EC	BE	-	N	S	A	18,35			X
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35		X	X
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Anas flavirostris</i>	Pato jergón chico	S/EC	-	-	N	S	A	30,00		X	
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15,00	X	X	

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Oressochen melanopterus</i>	Piuquén	VU ¹	-	-	N	S	A	54,5	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		
RECURVIROSTRIDAE											
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85		X	
SCOLOPACIDAE											
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35		X	
<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X		X
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Metriopelia aymara</i>	Tortolita de la puna	S/EC	S	-	N	N	A	9,15			X
FALCONIFORMES											
FALCONIDAE											
<i>Falco femoralis</i>	Halcón perdiguero	I ⁷	BE	-	N	N	A	11,35			X
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Geositta isabellina</i>	Minero grande	S/EC	BS	-	N	N	A	3,35			X
<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

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			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 micropterus</i>	Mero de Tarapacá	S/EC	BSE	-	N	N	A	5,00			X
<i>Lessonia oreas</i>	Colegial del norte	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35	X		
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	Dormilona cenicienta	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca rojiza	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	VU ⁶	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	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	VU ¹	SE	-	N	S	A	65,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA AVES									10	10	15
MAMMALIA											
CARNIVORA											
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ²	E	-	N	N	A	3,65	X	X	X
FELIDAE											
<i>Puma concolor</i>	Puma	NT ⁴	E	-	N	N	A	17,65		X	

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-			X
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<i>Abrothrix andina</i>	Ratón andino	NP ⁸	E	-	N	N	M	11,15			X
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Ratón orejudo amarillo	NP ⁸	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
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA									1	4	5

ESTADOS DE CONSERVACIÓN: EN: En Peligro; I: Insuficientemente conocida; 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°41/2011 MMA; (4) D.S. N°42/2011 MMA; (5) D.S. N°52/2014 MMA; (6) D.S. N°38/2015 MMA; (7) Rottman & López-Calleja 1992; (8) 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.

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: 4 especies son catalogadas de baja movilidad (la única especie de anfibio y las 2 especies de reptiles detectadas, y 1 especie de mamífero), 2 especies (ambas especies de mamíferos) son clasificadas de movilidad media, y por último 30 especies son clasificadas como de alta movilidad (27 especies de aves y 3 especies de mamíferos; **Tabla N° 6-6**).

En relación a las especies especialistas de hábitat, 14 especies se consideran especialistas, como el único anfibio detectado, el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*, en el humedal pajonal); una especie de reptil, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y 12 especies de aves (habitantes de ambientes de humedal; **Tabla N° 6-6**).

Finalmente, en cuanto al índice de riesgo, destaca la presencia de 1 especie clasificada con un índice de riesgo máximo (*Liolaemus fabiani*, Lagartija de Fabián), 6 se encuentran clasificadas con índice de riesgo alto (el sapo espinoso, el piuquén, las 3 especies de flamencos y el tuco-tuco de Atacama), otras 6 se encuentran clasificadas con un índice de riesgo medio (1 reptil y 5 aves), y por último, 22 especies se encuentran clasificadas con un índice de riesgo bajo (18 aves y 4 mamíferos). A la única especie introducida, el burro (*Equus asinus*) no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla N° 6-6**).

Del análisis por sector, la riqueza es mayor en el sector de Tilopozo, con 22 especies registradas durante la campaña (destacando la única especie de anfibio detectada, 1 reptil, 15 aves y 5 mamíferos), seguido por el sector de Peine, con 16 especies detectadas (2 reptiles, 10 aves y 4 mamíferos); mientras que el sector de La Punta y La Brava presenta 12 especies detectadas, distribuidas en 1 reptil, 10 aves y 1 mamífero (**Tabla N° 6-6**).

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 (el único anfibio, la lagartija de Fabián y la mayoría de las aves), y otras sólo se encuentran en ambientes terrestre (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

Del total de 36 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, sólo 1 de ellas corresponde a un anfibio (2,8%), perteneciente al orden Anura, familia Bufonidae. Esta especie, *Rhinella spinulosa*, está catalogada “sin amenaza” en su categoría de conservación, clasificada en Preocupación menor (**Tabla N° 6-6; Fotografía N° 6-8**).

En relación a la clasificación de especies en las categorías BSE (Ley de Caza; D.S. N° 05/98 MINAGRI), esta especie de anfibio se encuentra en condición de beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria y beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. En cuanto a su origen, se cataloga como especie nativa; es especialista de hábitat y presenta baja movilidad. Finalmente, el índice de riesgo calculado para la especie la clasifica como de riesgo alto (**Tabla N° 6-6**).

La especie se registró únicamente en el sector de Tilopozo durante esta campaña, específicamente en el ambiente de humedal pajonal (**Tabla N° 6-7**), y corresponde al primer registro de esta clase y especie para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015.

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

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.2.2 Reptiles

Del total de 36 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 2 de ellas corresponden a reptiles (5,6%), ambas pertenecientes al Orden Squamata y a 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.

En relación a la clasificación de especies en las categorías BSE (Ley de Caza; D.S. N° 05/98 MINAGRI), ambas especies se encuentran catalogadas en condición de densidades poblacionales reducidas y beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. También, estas 2 especies registradas son endémicas de Chile y presentan baja movilidad; sin embargo, solo una de ellas es especialista de hábitat: la lagartija de Fabián, asociada a bordes de salares (**Tabla N° 6-6**). Finalmente, en cuanto al

índice de riesgo de las especies de reptiles registradas, la lagartija de Fabián se cataloga con un riesgo máximo (83,35), mientras que la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (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 36 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 27 de ellas corresponden a aves (75,0%), las que se distribuyen en siete órdenes y 13 familias (**Tabla N° 6-6; Fotografía N° 6-10**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, 6 especies (22,2%) se encuentran en categoría de conservación. Las especies consideradas “*bajo amenaza*” corresponden a la gaviota andina, el piuquén y las 3 especies de flamencos, clasificadas en categoría Vulnerable. La especie restante, el halcón perdiguero, en tanto, está catalogada “*sin amenaza*”, clasificada en categoría Insuficientemente conocida (**Tabla N° 6-6**).

En relación a la clasificación de las especies de aves en las categorías BSE (Ley de Caza; D.S. N° 05/98 MINAGRI), de las 27 especies registradas, 24 se encuentran clasificadas en categoría B, S y/o E; mientras que las 3 especies restantes no se clasifican en ninguna categoría. Con mayor detalle, podemos señalar que 4 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, 3 especies se consideran con densidades poblacionales reducidas, 8 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales, 5 especies se consideran beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y con densidades poblacionales reducidas, y 3 especies se consideran con densidades poblacionales reducidas y benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. La especie restante, el mero de Tarapacá, se encuentra clasificada en las categorías B, S y E (**Tabla N° 6-6**). Ninguna de las especies de aves se considera Monumento Natural.

En cuanto a su origen, todas las especies de aves registradas son nativas, mientras que 12 de estas especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las 27 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta; y en cuanto al índice de riesgo, 4 especies presentan un riesgo alto (el piuquén y las 3 especies de flamencos), otras 5 especies presentan un riesgo medio, y las 18 especies restantes presentan un riesgo bajo (**Tabla N° 6-6**).

Por otra parte, comparando los sectores, el sector de Tilopozo presenta la mayor riqueza de aves, con 15 especies registradas en él (la mayoría asociadas a ambientes terrestres; con excepción del vari ceniciento y el pitotoy chico, asociados a ambientes de humedal). Le siguen en riqueza los sectores de La Punta y La Brava (destacando el primer registro de piuquén para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015) y Peine, con 10 especies registradas en cada uno de ellos. En ambos sectores, la mayoría de las especies registradas corresponden a especies asociadas a ambientes acuáticos (**Tabla N° 6-6**).

Fotografía N° 6-10. Aves del área de estudio: pato juarjuel (arriba, izquierda), parina grande (arriba, derecha), pollito de mar tricolor (abajo, izquierda) y flamenco chileno (abajo, derecha).



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.2.4 Mamíferos

Del total de 36 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante la campaña, 6 de ellas corresponden a mamíferos (16,7%), las que se distribuyen en 3 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, 5 (83,3%) se encuentran en categoría de conservación. Las 2 especies consideradas “*bajo amenaza*” corresponden al tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), clasificado en categoría Vulnerable, y al puma (*Puma concolor*), clasificado en categoría Casi amenazada. Las 3 especies catalogadas “*sin amenaza*” en su estado de conservación, en tanto, corresponden al zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), clasificado en categoría Preocupación menor, y a los roedores ratón andino (*Abrothrix andinus*) y ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*), ambos clasificados en categoría Sin prioridad inmediata (**Tabla N° 6-6**).

En relación a la clasificación de las especies de mamíferos en las categorías BSE (Ley de Caza; D.S. N° 05/98 MINAGRI), de las 6 especies registradas, 5 se encuentran en categoría B, S y/o E; mientras que la especie restante (el burro) no se clasifica en ninguna categoría. Con mayor detalle podemos señalar que 3 especies se consideran benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales, en tanto que otras 2 especies se consideran con densidades poblacionales reducidas (**Tabla N° 6-6**). Ninguna de las especies de mamíferos se considera Monumento Natural.

En cuanto a su origen, 1 de las especies es endémica de Chile (el tuco-tuco de Atacama), otras 4 especies son nativas, y la especie restante es introducida (el burro). Por otro lado, ninguna especie se considera especialista de hábitat. De las 6 especies de mamíferos registradas, 3 especies se consideran de alta movilidad, otras 2 especies con movilidad media, y 1 especie con movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama). Finalmente, en cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, sólo 1 especie presenta un riesgo alto (el tuco-tuco de Atacama), mientras que otras 4 especies presentan un índice bajo; al burro, en tanto, no se le asigna un índice de riesgo (**Tabla N° 6-6**).

Por otra parte, comparando los sectores, el sector de Tilopozo presenta la mayor riqueza de mamíferos, con 5 especies registradas en él; le sigue el sector de Peine con 4 especies registradas (destacando el primer registro de puma para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015). La menor riqueza, en tanto, se presenta en el sector de La Punta y La Brava, con sólo 1 especie registrada (**Tabla N° 6-6**).

**Fotografía N° 6-11. Mamíferos del área de estudio: tuco tuco de Atacama (superior),
y feca de puma (inferior).**



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía N° 6-12. Mamíferos del área de estudio: ratón andino (arriba) y ratón orejado amarillo (abajo).



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.3 Composición por ambiente

En el caso de los anfibios, la única especie de la clase que fue registrada durante la campaña (el sapo espinoso) se detectó en el ambiente humedal pajonal del sector de Tilopozo (**Tabla N° 6-7**)

Para los reptiles, de las 2 especies detectadas en la campaña, la lagartija de Fabián sólo se registra en el ambiente de humedal salar de los sectores La Punta y La Brava y Peine; en tanto que la lagartija de Constanza se encuentra en el humedal pajonal de Tilopozo, y en algunos ambientes terrestres de Peine (matorral) y Tilopozo (herbazal y matorral). Por su parte, en los restantes ambientes terrestres de Tilopozo (área desprovista de vegetación costra salar y quebrada), no se registra ninguna especie (**Tabla N° 6-7**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra mayoritariamente en los ambientes de humedal: el mayor número de especies registrado corresponde al humedal salar de La Punta y La Brava, con 10 especies detectadas (en su mayoría especies asociadas a ambientes acuáticos), seguido por los registros de 9 especies en el humedal salar de Peine (únicamente especies asociadas a ambientes acuáticos) y en el humedal pajonal de Tilopozo (sólo 2 especies asociadas a ambientes acuáticos). A estos registros de riqueza, le siguen el ambiente de quebrada de Tilopozo con 6 especies detectadas (todas terrestres), y los matorrales de Tilopozo y Peine, con 3 y 1 especies registradas, respectivamente. Por otra parte, no se registraron especies de aves en el área desprovista de vegetación costra salar ni en el herbazal de Tilopozo (**Tabla N° 6-7**).

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes terrestres, ya que se registran 4 especies en el matorral de Peine y en el herbazal y humedal pajonal de Tilopozo; seguidos por el registro de 3 y 2 especies en los ambientes de matorral y quebrada de Tilopozo, respectivamente. La menor riqueza, en tanto, se encuentra en los ambientes de humedal salar de La Punta y La Brava y área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo, registrándose en ellos sólo 1 especie. Por su parte, en el humedal salar de Peine no se registraron especies (**Tabla N° 6-7**).

Agrupando a las 4 clases de vertebrados registradas durante la campaña, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal pajonal de Tilopozo, con 15 especies detectadas en total (1 anfibio, 1 reptil, 9 aves y 4 mamíferos), lo que representa un 41,7% de toda la fauna registrada en la campaña; seguido por el humedal salar de La Punta y La Brava con 12 especies (1 reptil, 10 aves y 1 mamífero) y por el humedal salar de Peine, con 10 especies (1 reptil y 9 aves). Los ambientes con menor riqueza, en tanto, corresponden a la quebrada (8 especies; 6 aves y 2 mamíferos) y matorral de Tilopozo (7 especies; 1 reptil, 3 aves y 3 mamíferos), al matorral de Peine, con 6 especies (1 reptil, 1 ave y 4 mamíferos), y al herbazal (5 especies; 1 reptil y 4 mamíferos) y área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo (1 especie, 1 mamífero) (**Tabla N° 6-7**).

En general, los ambientes de menor riqueza son en su mayoría, un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza, ya que, por una parte, también se encuentran en dichos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas. Las excepciones corresponderían al registro de la única especie de anfibio (sapo espinoso) y al puma, correspondientes a los primeros registros de estas especies para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015.

Tabla N° 6-7. Especies de fauna registradas por ambiente. Cuarta campaña de monitoreo (verano 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
AMPHIBIA								
Sapo espinoso						X		
REPTILIA								
Lagartija de Constanza			X		X	X	X	
Lagartija de Fabián	X	X						
AVES								
Vari ceniciento						X		
Aguilucho común			X			X		
Pato jergón chico		X						
Pato juarjual	X	X						
Piuquén	X							
Chorlo de la puna	X	X						
Gaviota andina	X							
Caití		X						
Playero de Baird	X	X						
Pollito de mar tricolor		X						
Pitotoy chico	X					X		
Tortolita de la puna						X		
Halcón perdiguero						X		
Minero grande								X
Minero chico							X	

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
Minero de la Puna						X	X	X
Tijeral común								X
Bailarín chico común	X					X		
Chirihue verdoso							X	
Mero de Tarapacá						X		
Colegial del norte	X							
Dormilona cenicienta								X
Dormilona chica						X		X
Dormilona de nuca rojiza								X
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica		X						
Flamenco chileno	X	X						
MAMMALIA								
Zorro culpeo	X		X		X	X	X	
Puma			X					
Burro					X	X	X	
Ratón andino					X			X
Ratón orejudo amarillo			X	X	X	X		X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
RIQUEZA TOTAL POR AMBIENTE	12	10	6	1	5	15	7	8

Nota: el orden en el listado de las especies sigue a la **Tabla N° 6-7**.

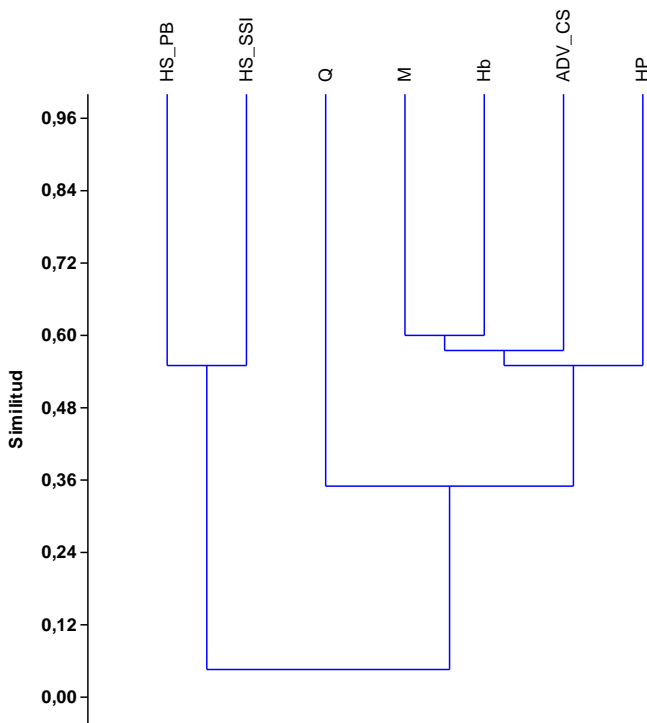
Fuente: Elaboración Propia.

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 de fauna (**Figura N° 6-5**).

Según los resultados de similitud, se forman dos grandes agrupaciones: los dos sistemas acuáticos de humedal salar, y el humedal pajonal con los restantes ambientes terrestres. En el caso de los ambientes de humedal salar, correspondientes a La Punta y La Brava por una parte, y a las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna) por otra, éstos se agrupan a un 55% de similitud. Por su parte, en el otro gran grupo, el ambiente de quebrada se asocia al resto de los ambientes a una similitud de 35%; igual situación ocurre para el humedal pajonal, asociándose con los tres ambientes restantes a un 55% de similitud. Luego, el área desprovista de vegetación costra salar (ADV_CS) se asocia con el herbazal y el matorral a una similitud cercana al 58%. Finalmente, los ambientes que resultaron ser más similares en esta campaña de verano 2018 fueron el herbazal y el matorral, asociándose a una similitud de 60% (**Figura N° 6-5**).

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



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

Para los anfibios, sólo se registró 1 única especie durante la campaña, el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*), con sólo 1 individuo detectado, por lo cual su abundancia relativa es de 100%. En cuanto a su frecuencia, esta especie fue detectada en sólo 1 de los 25 puntos de muestreo, lo que representa un 4,0% de frecuencia relativa (**Tabla N° 6-8**).

En el caso de las dos especies de reptiles, la especie más abundante en esta campaña fue la lagartija de Fabián, con 28 ejemplares avistados, lo que representa un 82,4% de abundancia relativa; mientras que la lagartija de Constanza presenta un 17,6% de abundancia relativa, con 6 individuos detectados (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 10 de los 25 puntos de muestreo, representando un 40,0% de frecuencia relativa, mientras que la lagartija de Constanza fue registrada en 5 de 25 puntos, obteniendo un 20,0% de frecuencia relativa (**Tabla N° 6-8**).

En relación a las aves censadas, las especies más abundantes fueron la parina grande, con 113 ejemplares (21,7% de abundancia relativa), el chirihue verdoso con 68 ejemplares (13,1% de abundancia relativa) seguido de cerca por el flamenco chileno (67 individuos; 12,9%), el chorlo de la puna (50 individuos; 9,6%), el pollito de mar tricolor (42 ejemplares; 8,1%), el caití (33 ejemplares; 6,3%), el minero chico (29 individuos; 5,6%), el minero de la Puna (21 individuos; 4,0%), el bailarín chico común (20 individuos; 3,8%), el playero de Baird (19 ejemplares; 3,7%) y la parina chica (17 ejemplares; 3,3%); mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja, variando entre 1 a 11 ejemplares (Tabla N° 6-8). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el chorlo de la puna (registrado en 9 puntos, con un 36,0% de frecuencia), seguido por el playero de Baird y el flamenco chileno (ambos registrados en 5 puntos; 20,0% de frecuencia); luego le siguen el pato juarjual y el minero de la Puna (ambos registrados en 4 puntos; 16,0% de frecuencia), y el aguilucho común, caití, bailarín chico común y parina grande (todos registrados en 3 puntos; 12,0% de frecuencia, mientras que el resto de las especies son poco frecuentes, variando en su registro entre 1 a 3 puntos (4,0% a 8,0% de frecuencia; **Tabla N° 6-8**).

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue el zorro culpeo, con 8 individuos registrados en 8 puntos de muestreo (en 7 casos exclusivamente por registro en cámara trampa, y 4 registros visuales) más 1 registro indirecto en otro punto, por lo que su frecuencia es de 36,0%. Le siguen el burro, con 8 ejemplares registrados en 1 punto de muestreo más 5 registros indirectos, representando un 24,0% de frecuencia; y el puma, sólo con registro indirecto en 1 punto de muestreo, por lo que su frecuencia relativa es de 4,0% (**Tabla N° 6-8**). En el caso de la única especie de micromamífero detectada en la campaña, el tuco-tuco de Atacama, se registraron 8 ejemplares en 3 puntos de

muestreo y 4 registros indirectos en otros 4 puntos, por lo que su frecuencia es de 28,0% (Tabla N° 6-8).

Tabla N° 6-8. Abundancia y frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Cuarta campaña de monitoreo (verano 2018).

CLASE Nombre Común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
AMPHIBIA				
Sapo Espinoso	1	100,0	1/25	4,0
TOTAL AMPHIBIA	1	100,0	-	-
REPTILIA				
Lagartija de Constanza	6	17,6	5/25	20,0
Lagartija de Fabián	28	82,4	10/25	40,0
TOTAL REPTILIA	34	100,0	-	-
AVES				
Vari ceniciento	1	0,2	1/25	4,0
Aguilucho común	3	0,6	3/25	12,0
Pato jergón chico	3	0,6	1/25	4,0
Pato juarjual	11	2,1	4/25	16,0
Piuquén	1	0,2	1/25	4,0
Chorlo de la puna	50	9,6	9/25	36,0
Gaviota andina	1	0,2	1/25	4,0
Caití	33	6,3	3/25	12,0
Playero de Baird	19	3,7	5/25	20,0
Pollito de mar tricolor	42	8,1	2/25	8,0
Pitotoy chico	6	1,2	2/25	8,0
Tortolita de la puna	1	0,2	1/25	4,0
Halcón perdiguero	1	0,2	1/25	4,0
Minero grande	1	0,2	1/25	4,0
Minero chico	29	5,6	2/25	8,0
Minero de la Puna	21	4,0	4/25	16,0
Tijeral común	2	0,4	1/25	4,0
Bailarín chico común	20	3,8	3/25	12,0
Chirihue verdoso	68	13,1	2/25	8,0
Mero de Tarapacá	1	0,2	1/25	4,0
Colegial del norte	2	0,4	1/25	4,0
Dormilona cenicienta	1	0,2	1/25	4,0
Dormilona chica	4	0,8	2/25	8,0

CLASE Nombre Común	ABUNDANCIA ABSOLUTA TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Dormilona de nuca rojiza	2	0,4	1/25	4,0
Flamenco andino o Parina grande	113	21,7	3/25	12,0
Flamenco de James o Parina chica	17	3,3	1/25	4,0
Flamenco chileno	67	12,9	5/25	20,0
TOTAL AVES	520	100,0	-	
MAMMALIA				
Zorro culpeo	11+1x	-	9/25	36,0
Puma	1x	-	1/25	4,0
Burro	8+5x	-	6/25	24,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	8+4x	-	7/25	28,0

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).

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), la mayor abundancia de anfibios se presenta en el ambiente de humedal pajonal con 0,50 individuos/transecto (con 2 puntos de muestreo en Tilopozo), puesto que éste fue el único ambiente donde se registró la especie representante de esta clase. En los restantes ambientes no se registró ningún otro ejemplar, por lo cual la abundancia relativa en estos casos fue 0,00 individuos/transecto (ver **Anexo Fauna de Vertebrados Terrestres**).

Para los reptiles, la mayor abundancia relativa se presenta en el ambiente de humedal salar, con 2,55 individuos/transecto (en 11 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine), seguida por el humedal pajonal, con 1,00 individuos/transecto (con 2 puntos de muestreo en Tilopozo), por el herbazal, con 0,50 ind/transecto (en 2 puntos de muestreo) y por el matorral, con 0,38 individuos/transecto (en 8 puntos de muestreo repartidos en los sectores de Peine y Tilopozo). En tanto, en los restantes ambientes (área desprovista de vegetación costra salar y quebrada) no hubo registro de ejemplares por lo cual la abundancia relativa en estos casos fue 0,00 individuos/transecto (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, con 34,18 individuos/transecto (en 11 puntos de muestreo repartidos en los sectores de La Punta y La Brava y Peine), seguido muy cercanamente entre sí por el matorral con 13,50 individuos/transecto (en 8 puntos de muestreo repartidos en los sectores de Peine y Tilopozo) y por el humedal pajonal, con 13,00 individuos/transecto (con 2 puntos de muestreo en Tilopozo). Por su parte, la menor abundancia relativa se presenta en el ambiente de quebrada, registrándose 10,00 individuos/transecto (con sólo 1 punto de muestreo en Tilopozo). En tanto, en los restantes ambientes (área desprovista de vegetación costra salar, herbazal y quebrada) no hubo registro de ejemplares por lo cual la abundancia relativa en estos casos fue 0,00 individuos/transecto (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, se registraron 2 especies mediante trapeo. De éstas, el ratón orejudo amarillo fue la especie más frecuente y abundante, ya que se registró en 5 de los 6 ambientes, y con un IDR variando entre 0,8% (en el herbazal y en el humedal pajonal) a 6,7% (en el área desprovista de vegetación costra salar y en la quebrada) en los ambientes en que se encontró, registrándose de 1 a 4 ejemplares de la especie. Mientras, el ratón andino fue registrado en sólo 2 ambientes, variando entre un IDR de 0,8% (en el herbazal) a un 5,0% (en la quebrada), registrándose de 1 a 3 ejemplares de la especie. En los restantes ambientes, en tanto, no hubo capturas de individuos de la especie (**Tabla N° 6-9**).

Tabla N° 6-9. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trapeados. Cuarta campaña de monitoreo (verano 2018).

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%)												
Nombre común	HS		ADV_CS		Hb		HP		M		Q	
	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR
Ratón andino	0	0/60	0	0/60	0,8	1/120	0	0/120	0	0/120	5,0	3/60
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	6,7	4/60	0,8	1/120	0,8	1/120	2,5	3/120	6,7	4/60

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

AMBIENTES: HS: Humedal salar; ADV_CS: área desprovista de vegetación costra salina; Hb: herbazal; HP: humedal pajonal; M: matorral; Q: quebrada.

Fuente: Elaboración Propia.

7 TAPETES MICROBIANOS

Para esta componente, se presentan las actividades y resultados obtenidos a partir del monitoreo semestral de invierno 2017 y monitoreo campaña de verano 2018, para las comunidades de microorganismos extremófilos, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA RE N°21/2016 del Proyecto.

Es importante señalar que, los monitoreos de invierno 2017 y verano 2018, éste último posterior a la estación de lluvias estivales, corresponden al segundo periodo de monitoreo anual 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 sub componente y que son objeto de seguimiento, corresponden a caracterización laminar de: tapetes microbianos, presencia de microbialitos y presencia de evaporitas, según lo establecido en la RCA del Proyecto.

El período reportado en el presente informe se enmarca para los días **1, 2 y 3 de agosto de 2017 y 3, 4 y 5 de abril de 2018**, fechas entre las que se llevó a cabo las campañas en terreno de los monitoreos de invierno 2017 y verano 2018 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: 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 de microorganismos, con una frecuencia de monitoreo semestral.

7.1 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1.1 Descripción del Área de Estudio

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

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

Adicionalmente, y de forma voluntaria, se consideró la inspección y registro en el Sistema de Tilopozo (3). Lo anterior ha sido considerado desde el monitoreo 1 del PMB y fue comunicado a través de los reportes e Informe Anual N°1 PMB, junio 2017.

En las cuencas evaporíticas del norte de Chile se han realizado varios estudios sobre la diversidad microbiana (Demergasso et al., 2004,2008; Wierzchos et al., 2006, 2011; Dorador et al., 2008, 2009, 2018; Stivaletta et al., 2011, 2012; Navarro-Gonzalez et al., 2003; Maier et al., 2004; Drees et al., 2006; Lynch et al., 2012). Sin embargo, existen escasas investigaciones de los ecosistemas microbianos bentónicos para el área de estudio Sector Peine y La Punta-La Brava (Farias et al., 2014; Farias et al., 2017). Al respecto, se describe la presencia de comunidades microbianas extremófilas de tapetes microbianos y microbialitos en Laguna La Brava (Farías *et al.*, 2014). Según el estudio, los tapetes presentan grupos taxonómicos predominantes que pertenecen al phylum *Proteobacteria* (*Rhodospirillales* y *Syntrophobacterales*) (Farias *et al.*, 2014). A su vez, también se indica la diversidad microbiana dominada por Euryarchaeota, Crenarchaeota y Firmicutes en tapetes microbianos no litificados, y en microbialitos se reporta altas proporciones de Planctomycetes (Farias et al. 2017).

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 referencias de la ubicación. 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 Originales UTM WGS 84 Huso 19		Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19	
		Norte	Este	Norte	Este
Sector Peine	S-5	7.380.789	587.547	7.380.789	587.547
	S-6A*	7.380.684	587.618	7.380.684	587.618
	S-9	7.380.551	588.061	7.380.551	588.061
	SA-25	7.381.430	587.117	7.381.430	587.117
	S-10	7.381.812	586.833	7.381.812	586.833
	S-11*	7.381.778	586.859	7.381.778	586.859
	I-11	7.382.095	586.494	7.382.095	586.494
	I-17**	7.382.940	586.058	7.383.061	585.995
Sector	LP-23	7.376.584	578.169	7.376.584	578.169
	LP-24	7.376.709	578.347	7.376.709	578.347

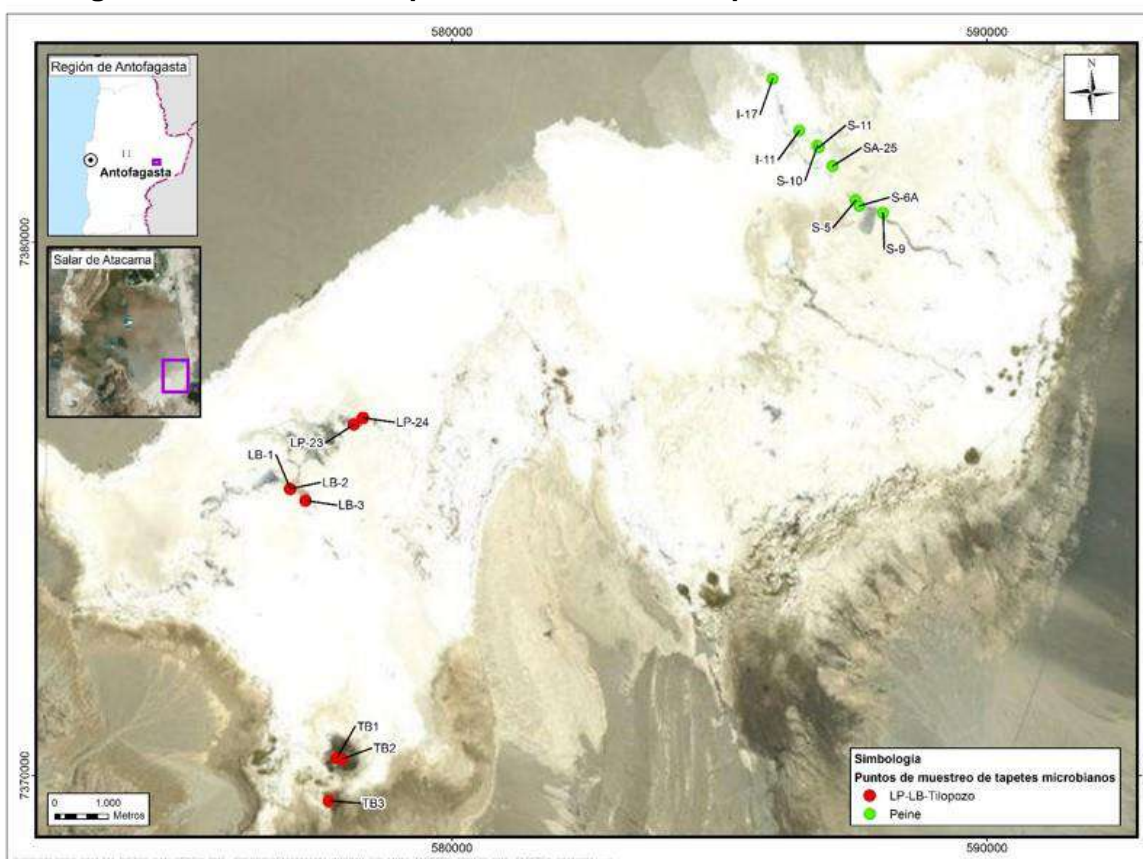
Sector	Punto de Monitoreo Fijo	Coordenadas Originales UTM WGS 84 Huso 19		Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19	
		Norte	Este	Norte	Este
La Punta y La Brava	LB-1	7.375.376	576.985	7.375.376	576.985
	LB-2**	7.375.494	576.782	7.375.378	576.978
	LB-3*	7.375.157	577.270	7.375.157	577.270
Sector Tilopozo	TB1*	7.370.329	577.852	7.370.329	577.852
	TB2*	7.370.316	577.952	7.370.316	577.952
	TB3*	7.369.526	577.705	7.369.526	577.705

*: Estaciones 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.

** : Estaciones relocalizadas

Los puntos I-17 y LB-2 de Peine y sector La Punta-La Brava, respectivamente, fueron relocalizados desde la primera campaña del PMB, con el fin de lograr una mejor accesibilidad para seleccionar sitios de interés y aumentar la calidad de monitoreo. Tanto las estaciones voluntarias, como la relocalización de estos puntos, ha sido considerado desde el monitoreo 1 del PMB y fue comunicado a través de los reportes e Informe Anual N°1 PMB, junio 2017 a la autoridad ambiental.

Como ya fuera mencionado, para el sistema de Tilopozo se incorporan también voluntariamente por parte del proyecto tres puntos de muestreo, identificados como **TB1, TB2 y TB3**, con el objetivo de detectar o descartar presencia de tapetes microbianos en los tres cuerpos de agua registrados en el sector Tilopozo, y en el caso de registrar presencia, evaluarla e incorporar esta información al análisis.

Figura N° 7-1. Ubicación puntos de muestreo Tapetes en el área de estudio

Fuente: Cedrem Consultores.

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.

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

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

Para cada punto de monitoreo se toman muestras en triplicado. Posteriormente se realiza *in situ* el conteo y caracterización pigmentaria de las laminaciones estratificadas que presenta cada tapete. Complementariamente se determina el espesor total de cada tapete a través de una regla milimetrada de precisión y se toman fotos con referencia métrica de los tapetes más representativos. Los datos obtenidos se registran en una ficha tipo de monitoreo de cada laguna y se presentan en **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Aguas**, acápites Hojas de Campo Tapetes Microbianos, invierno y verano respectivamente..

Adicionalmente, se obtienen datos de los parámetros físico-químicos de: pH, oxígeno temperatura, conductividad, salinidad y turbidez, de la columna de agua de cada laguna. Estos análisis fueron realizados por la ETFA ANAM, cuyos certificados de análisis y titularidad se presentan en **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Aguas**). El parámetro radiación solar se determina a partir de los registros diarios de la estación meteorológica de Albemarle, el cual fue incorporado como una variable necesaria de registrar.

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

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

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

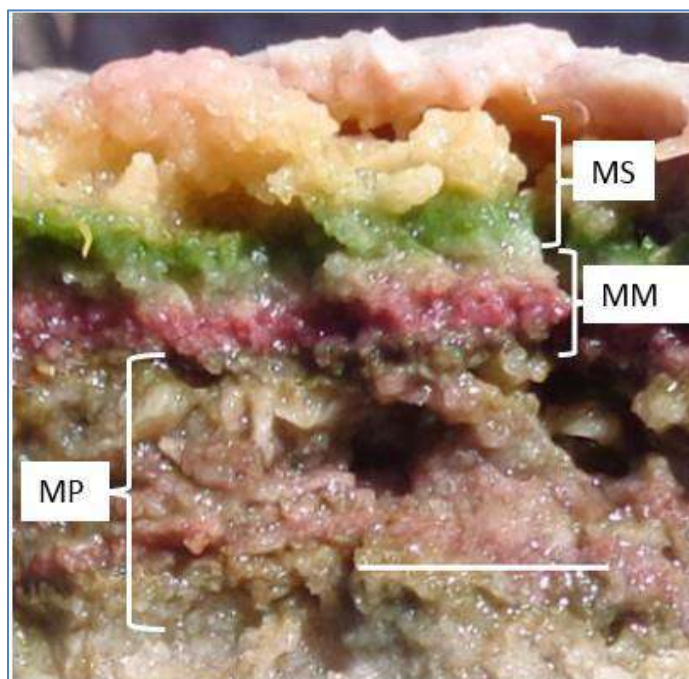
- Macro-zona profunda, configurada por el conjunto de subcapas posteriores a la capa púrpura-rosada.

Cabe destacar que cada zona macroscópica está formada a su vez por un número variable de laminaciones. La clasificación de macro-zonas se esquematiza en la **Figura N° 7-2**, 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. Tapete microbiano del sitio S-9

Fuente: Elaboración propia

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

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:

- Campaña de invierno: 1, 2 y 3 de agosto 2017;
- Campaña de verano: 3, 4 y 5 de abril de 2018.

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

7.2 RESULTADOS

7.2.1 Resultados Campaña Invierno 2017

Se analizaron *in situ* muestras de los 16 puntos de monitoreo distribuidos en el sistema Peine y sistema La Punta-La Brava y Tilopozo. Conforme a esto se detectó la presencia de tapetes microbianos en 11 puntos de los 16 de monitoreo (68,8%). En la **Tabla N° 7-2** se presenta el resumen con la caracterización de todos los Tapetes monitoreados en invierno 2017.

En relación a la cantidad de capas estratificadas, la laguna que presentó tapetes con mayor estratificación correspondió a Laguna La Punta (LP-23) con 13 capas. Por el contrario, Laguna Saladita, exhibió tapetes con menor número de capas (SA-25 tapete sumergido). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de las tres macrozonas y consistencia en la estructura se detectaron en Laguna Saladita (S-11), Laguna La Brava (LB-1) y Laguna Salada (S-6A, S-9).

Referente a la dimensión del espesor de tapete, el valor máximo de espesor (28 mm) se encontró en el Sistema Peine (I-17).

Tabla N° 7-2. Caracterización Tapetes microbianos, invierno 2017.

Punto de Monitoreo	Tapetes microbianos	Tipología según zonación macroscópica			Morfología principal	Número de capas	
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		Máx	Mín
S-6A	+	+	-	-	Plano	9	7
S-9	+	+	-	-	Plano	10	4
SA-25	+	+	-	+	Plano	5	1
S-11	+	+	-	-	Plano	5	3
I-11	+	+	-	-	Plano	8	7
LP-23	+	+	-	-	Plano	13	6
LP-24	+	+	-	-	Plano	5	3
LB-1	+	+	-	-	Convexo sólido	8	3
LB-2	+	+	-	-	Superficie gelatinosa, plano; Convexo sólido	10	3
LB-3	+	+	-	-	Plano	7	5
I-17	+	-	+	-	Plano	4	3
S-5	-	-	-	-	-	-	-
S-10	-	-	-	-	-	-	-
TB-1	-	-	-	-	-	-	-
TB-2	-	-	-	-	-	-	-
TB-3	-	-	-	-	-	-	-

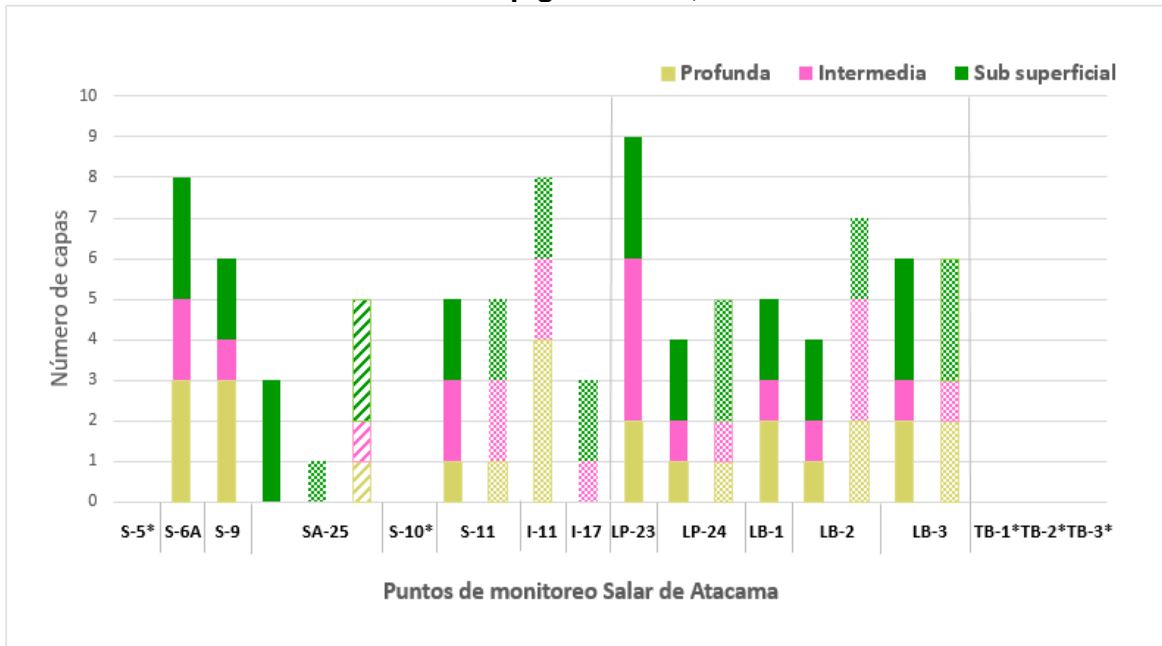
(Ausencia = - ; presencia = +)

Respecto a la zonación macroscópica, descrita anteriormente, se determinaron 3 tipos de tapetes presentes en el área de estudio: el primer tipo se caracterizó por presentar las tres macro-zonas pigmentarias (Tipología 1), corresponde también al tapete de mayor frecuencia (91%), respecto a los 11 puntos de muestreo que exhibieron presencia de esta comunidad. En general, este tipo de tapete fue predominante en el Sistema Peine, La Punta y La Brava, sin incluir la zona Tilopozo. El segundo tipo exhibió la presencia de dos macro-zonas (Tipología 2), éstas se conformaron por una zona Sub-superficial y zona Intermedia, presente en Laguna Interna (I-17), Sector Peine. El tercer tipo de tapete, en tanto, presentó simplemente una macro-zona (Tipología 3) denominada Sub-superficial, y fue detectado en el Sector Peine, Laguna Saladita (SA-25). Estos detalles, se presentan graficamente en la **Figura N° 7-3**.

En la **Figura N° 7-3**, se observa el registro de los tapetes microbianos en cada punto de monitoreo y la estructura de capas pigmentadas, es decir, el número promedio de capas

en macrozonas: Sub-superficial, Intermedia y Profunda. Las estaciones que indican asterisco (*) no registraron presencia de tapetes.

Figura N° 7-3. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos según identificación de macro-zonas pigmentadas, invierno 2017.



Fuente: elaboración propia

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

Los datos graficados corresponden a valores promedio. En general, la mayoría de los tapetes microbianos se presenta en planicies expuestas del borde lagunar (Barra con relleno sólido), a su vez, en algunas estaciones se registraron también tapetes sumergidos parcialmente o totalmente bajo el agua (Barra con trama de cuadrados) y tapetes de base vegetal (Barra con trama de líneas). Las barras divisorias indican las estaciones por sector, de izquierda a derecha, Sistema Peine, Sector La Punta-La Brava, y Sector Tilopozo.

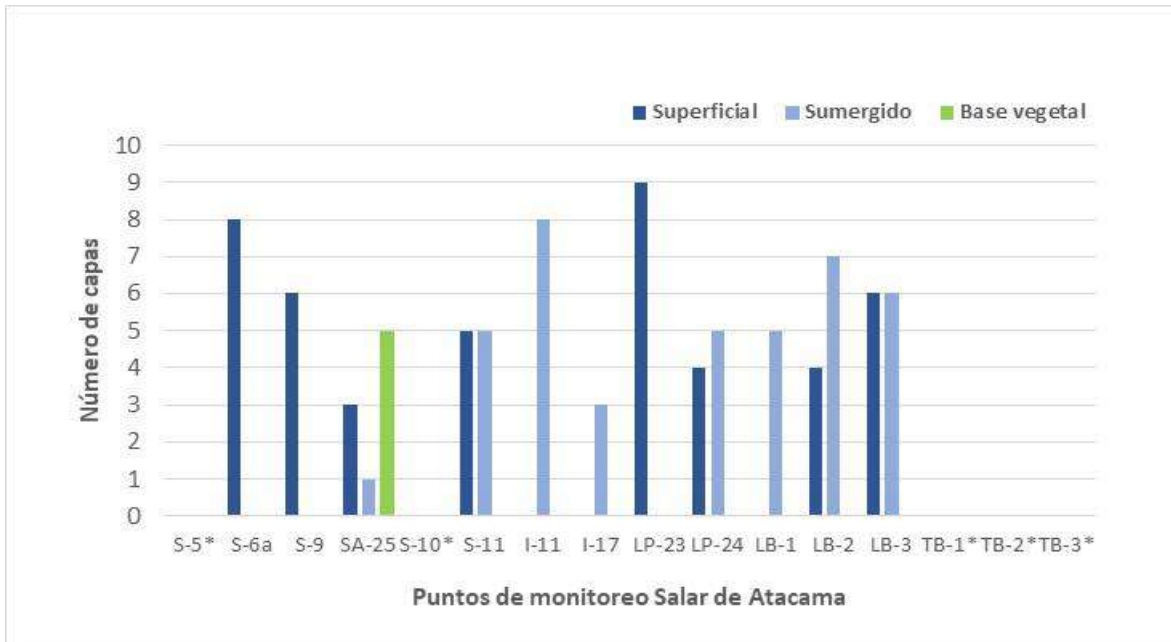
Como se había mencionado, el sector que presentó mayor número correspondió a La Punta-La Brava, específicamente Laguna La Punta (LP-23), se puede visualizar en **Figura N° 7-4** y por el contrario, el sector que exhibió una estratificación sencilla con menor número de capas fue el Sector Peine, Laguna Saladita (tapete sumergido SA-25).

Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de las tres zonas y consistencia en la macro-estructura morfológica se detectaron en el Sector de Peine, específicamente en Laguna Salada (S-6A, S-9), y en Sector La Punta-La Brava, en Laguna La Brava (LB-1). Contrariamente, los tapetes más deteriorados (apariencia deshidratada) se identificaron en el Sector Peine, Laguna Saladita (tapete superficial SA-25).

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

Referente a la dimensión del espesor de tapete, los de mayor (28 mm) y menor espesor (4 mm) se encontraron en el Sistema Peine. La **Figura N° 7-4** muestra los valores de espesor de tapetes sumergidos en planicies expuestas del borde superficial lagunar (Barra color azul), también de tapetes sumergidos parcialmente o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde).

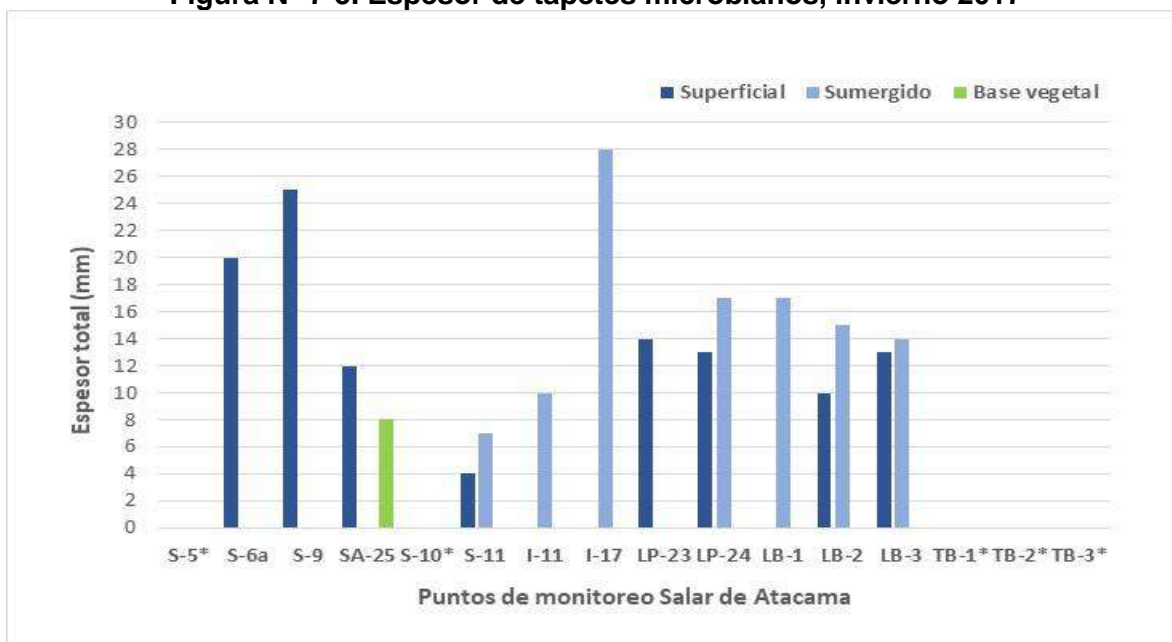
Figura N° 7-4. Distribución número de capas de tapetes microbianos, invierno 2017.



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

Los datos observados en la **Figura N° 7-4** corresponden a valores promedio. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste), y tapetes de base vegetal (verde).

Figura N° 7-5. Espesor de tapetes microbianos, invierno 2017



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

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

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

7.2.1.1 Resultados Sector Peine, Laguna Salada. Invierno 2017

7.2.1.1.1 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 (profundidad promedio: 19,3 cm).

Fotografía N° 7-2. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada, agosto 2017.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-3. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.2 Punto de Monitoreo S-6A

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde de la Laguna Salada, la cual presenta superficialmente áreas de pigmentación oscura. La superficie es irregular con marcas de huellas humanas, se observa también ausencia de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-4**).

En muestras del borde sumergido de la laguna no se observó la presencia de tapetes microbianos según se observa en la **Fotografía N° 7-6**. Los tapetes observados en la planicie expuesta exhibieron estratificación de tres macro-zonas, continuidad de las capas y consistencia estructural (**Fotografía N° 7-5**). La **Tabla N° 7-3** indica la descripción de la estructura de pigmentación. El espesor total fluctuó entre 10 y 20 mm.

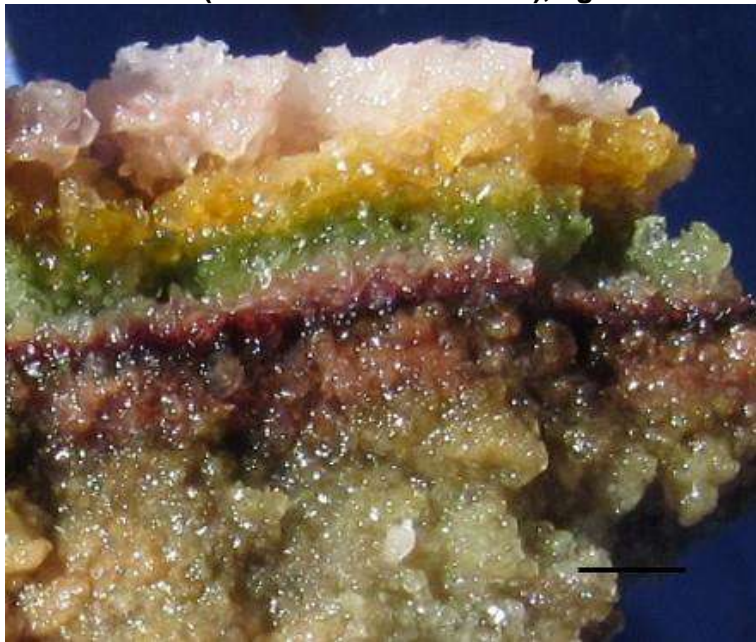
Respecto a la pigmentación, en la macro-zona sub-superficial predominan capas de color rosado y verde. En la macro-zona intermedia se observan preferentemente capas rosadas y púrpuras. A su vez, en la macro-zona profunda, la pigmentación de las capas es variable, esencialmente café, verde y negro. En general, los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura granulosa, hidratada, de aspecto brillante.

Fotografía N° 7-4. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2017.



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 2017.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-6. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada, agosto 2017.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-3. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas, Punto S-6A, Laguna Salada.

Macro-zonas	Pigmentación				
	Tapetes superficiales				
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
Sub-superficial	Amarillo	Naranja claro	Rosado	Rosado	
			Naranja	Blanco	
	Verde	Verde	Verde	Gris	
Intermedia	Verde opaco claro	Púrpura	Púrpura	Púrpura	
	Verde opaco				Rosado
	Verde opaco	Rosado claro	Púrpura		Púrpura
	Verde opaco				
Profunda	Verde opaco claro	Café oscuro	Negro	Verde opaco	
		Café naranja	Café verde	Amarillo verde	
		Café opaco		Café	
		Café naranja			
Total capas	7	8	7	9	

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.1.3 Punto de Monitoreo S-9

Las muestras obtenidas provienen de una planicie expuesta del borde de la laguna, que 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. Los tapetes presentaron estratificación de tres macro-zonas, continuidad de las capas y consistencia estructural (**Fotografía N° 7-8**). No se observó la presencia de tapetes microbianos en el borde sumergido del sistema (**Fotografía N° 7-9**).

La **Tabla N° 7-4** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación de los tapetes reconocidos. La zona sub-superficial, presenta capas de color rosado, verde, naranja y amarillo. La zona intermedia exhibe capas principalmente de color púrpura y en la zona profunda predominan capas de color café. Los tapetes analizados presentaron un espesor variable de 7 a 25 mm. Los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura granular, estratificación regular, de aspecto brillante e hidratado.

Fotografía N° 7-7. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada, agosto 2017.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-8. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = 3 mm), agosto 2017.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-9. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-9.



Tabla N° 7-4. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Rosado	Amarillo	Verde opaco
	Naranja		
	Amarillo claro	Verde oscuro	
	Verde		
Intermedia	Purpura	Púrpura	Rosado
			Púrpura
Profunda	Café oscuro	Naranja	Café
	Café claro		
	Café oscuro	Café oscuro	
	Rosado		
	Café oscuro		
Total capas	10	5	4

Fuente: Elaboración propia

En general, Laguna Salada se caracterizó por presentar tapetes microbianos con continuidad espacial a través de la superficie del punto de monitoreo, estos tapetes distinguen especialmente por la intensidad y variación de pigmentación, estratificación continua y consistente.

7.2.1.2 Resultados Sector Peine, Laguna Saladita, invierno 2017

7.2.1.2.1 Punto de Monitoreo SA-25

El sector presenta una superficie plana que esta próxima al borde de la laguna. A su vez, el borde expuesto de la laguna presenta zonas de pigmentación oscura y contiene formaciones esferoidales, el borde sumergido, en tanto, presenta vegetación (**Fotografía N° 7-10**). Las muestras obtenidas provienen del borde superficial expuesto de la laguna y del sedimento (Profundidad promedio de 22,1 cm), éste último presentó una fina monocapa subsuperficial de coloración verde según se observa en la Los tapetes de superficies expuestas presentaron solo una macrozona subsuperficial con capas principalmente de color naranja y verde. El espesor total fluctuó de 4 a 12 mm, además presentaron una textura medianamente granular, aspecto deshidratado, con escaso brillo y de consistencia quebradiza (**Fotografía N° 7-12**).

También 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 presentar un espesor de 8 mm, 3 macro-zonas de estratificación, y estructurarse particularmente sobre una base vegetal. La macro-zona sub-superficial presenta principalmente capas de color naranja y verde, la intermedia exhibe capas de color rosado y púrpura. La zona profunda presentó capas de color café. Estos tapetes mostraron una textura granular, brillante e hidratada.

Fotografía N° 7-10. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita, agosto 2017.



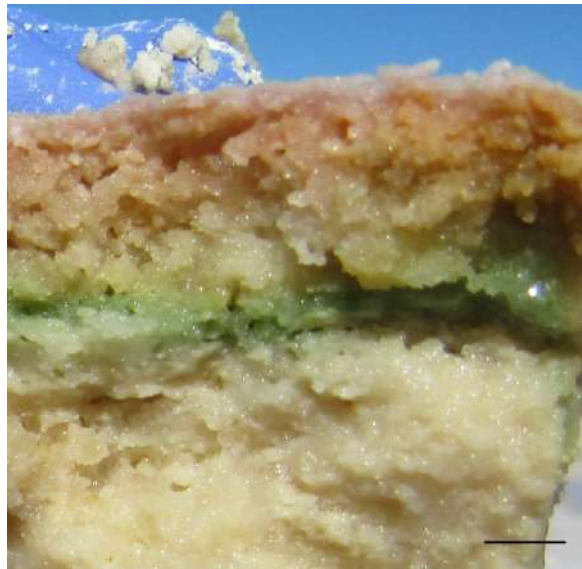
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-11. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita (marca de escala= 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-12. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25. Se observa la estratificación de 2 capas pigmentadas (marca de escala = 3 mm).



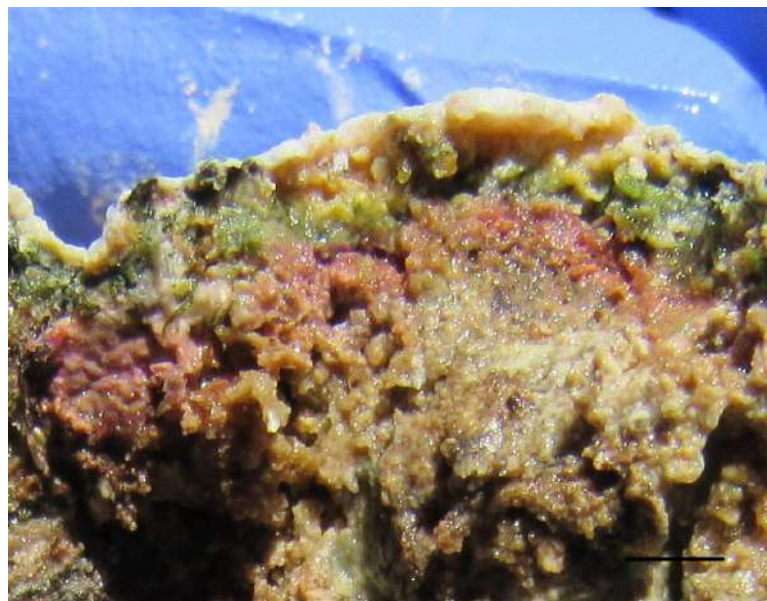
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-13. Formaciones esferoidales de base vegetal (círculo rojo) que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-14. Tapete microbiano de base vegetal presente en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-5. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo SA-25 (SC: sin capas pigmentadas).

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapete superficial		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Rosado claro	Rosado	Naranja
	Blanco	Naranja	
	Naranja claro	Amarillo	
	Verde	Verde claro	Verde
Intermedia	SC		
Profunda	SC		
Total capas	4	4	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-6. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal y tapete sumergido, en el Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapete base vegetal		Tapete sumergido
	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Verde
	Amarillo claro		
	Verde	Verde oscuro	
Intermedia	Púrpura	Rosado claro	SC
Profunda	Café	Café	SC
Total capas	5	4	1

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.2 Punto de Monitoreo S-10

El área presenta una costra salina salina rugosa que bordea la laguna, la costra salina presenta menor altura respecto a lo observado en campañas previas. Se observa además vegetación acuática en el borde lagunar (**Fotografía N° 7-15**). Luego de inspeccionar el lugar, se tomaron muestras de sedimento (27 cm de profundidad), en las que no se observó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-16**).

Fotografía N° 7-15. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-16. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.2.3 Punto de Monitoreo S-11

El área presenta planicies parcialmente sumergidas, localizadas dentro de la laguna, próximas al borde lagunar (tipo isla) que exhiben una coloración blanca (**Fotografía N° 7-17**). Se observó reducción del área de la planicie muestreada en la campaña anterior (verano 2017), las muestras se tomaron desde la superficie de esta planicie (remanentes). Los tapetes analizados presentaron tres macro-zonas de pigmentación (**Fotografía N° 7-18**).

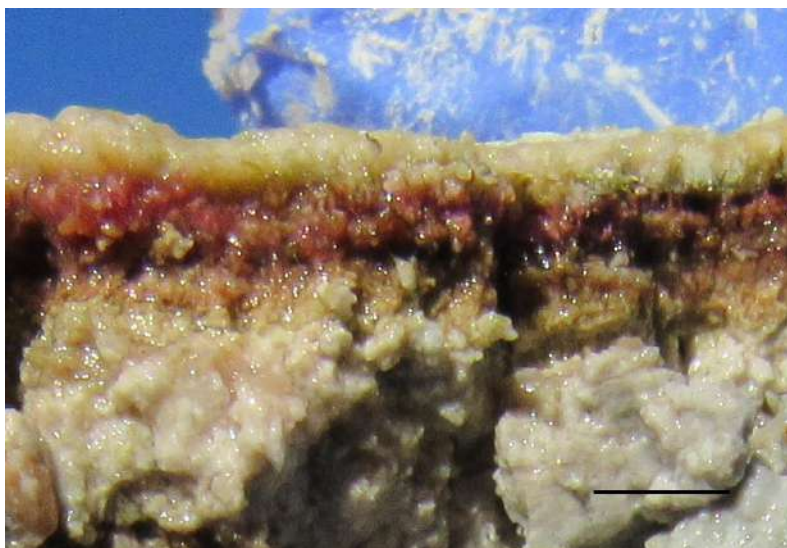
La macrozona sub-superficial presentó capas de color naranja y verde, la macrozona intermedia capas de color púrpura principalmente. En la zona profunda se observaron preferentemente capas de color café. El espesor de los tapetes fluctuó entre 4 a 7 mm. Referente a la textura, los tapetes presentaron una textura superficial gruesa y dura (coriácea), desde la superficie hacia abajo conforma una estructura granular compacta.

Fotografía N° 7-17. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-18. Tapete microbiano del sector S-11, en borde superficial interno de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

En general los tapetes detectados en Laguna Saladita, se caracterizan por presentar capas con intensa pigmentación y regular estratificación

Tabla N° 7-7. Descripción general de la distribución vertical, estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.

Macro-zonas	Pigmentación			
	Tapetes microbianos			
	Tapete superficial	Tapete sumergido		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Sub-superficial	Naranja	Verde	Verde claro	Naranja
	Verde oscuro	Amarillo claro		Verde
Intermedia	Rosado	Rosado	Rosado	Blanco
	Púrpura		Púrpura	Rosado
Profunda	Café naranja	SC	Café naranja	Café
			Verde opaco	
Total capas	5	3	5	5

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3 Resultados Sector Peine, Laguna Interna, invierno 2017

7.2.1.3.1 Punto de Monitoreo I-11

El área comprende una superficie plana cercana al borde de la laguna, la cual no presenta vegetación (**Fotografía N° 7-19**). A partir del borde sumergido de la laguna se tomaron muestras de tapetes microbianos a una profundidad promedio de 34 mm. El examen visual indica la presencia de algunas evaporitas. A su vez, el sedimento de la laguna no presentó tapetes microbianos según se observa en la **Fotografía N° 7-20**. Los tapetes presentaron tres macrozonas de pigmentación, la macro-zona sub-superficial exhibió capas de color verde y naranja, la intermedia presentó capas de color rosado, blanco y púrpura. En la macro-zona profunda dominaron capas de color café (**Fotografía N° 7-21**) El espesor total fue de 10 mm. Además los tapetes presentaron una textura interna granular.

Fotografía N° 7-19. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.



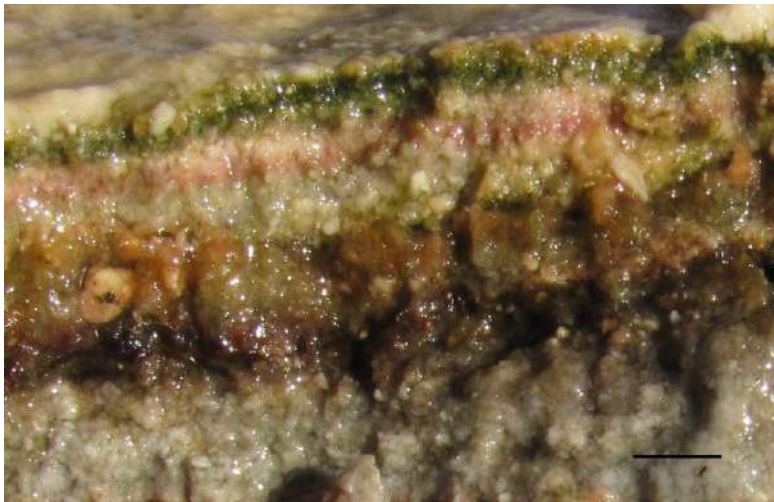
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-20. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-21. Muestra del borde sumergido de Laguna Interna, sector I-11. Se observa la estratificación de capas pigmentadas (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-8. Descripción de la configuración laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.

Macro-zonas	Pigmentación	
	Tapetes sumergidos	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Sub-superficial	Verde	Naranja
		Verde
Intermedia	Blanco	Blanco
	Rosado	Púrpura
Profunda	Gris claro	Café
	Café	Café
	Café oscuro	Café oscuro
	Gris	
	Gris claro	Café
Total capas	8	7

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3.2 Punto de Monitoreo I-17

El sector presenta una superficie plana cercana al borde de la laguna, con áreas parcialmente sumergidas, sin vegetación y con sistemas de canales próximos. (**Fotografía N° 7-22**). Las muestras se tomaron del borde sumergido de la laguna (10 mm), que se caracterizó por presentar una superficie rugosa, irregular. Los tapetes observados presentaron dos macro-zonas: Subsuperficial e Intermedia. En la primera predominaron capas de color naranja y verde, y en la segunda capas de color rosado. (**Fotografía N° 7-23**). El espesor total fluctuó entre 15 a 28 mm y la textura se observó principalmente granular.

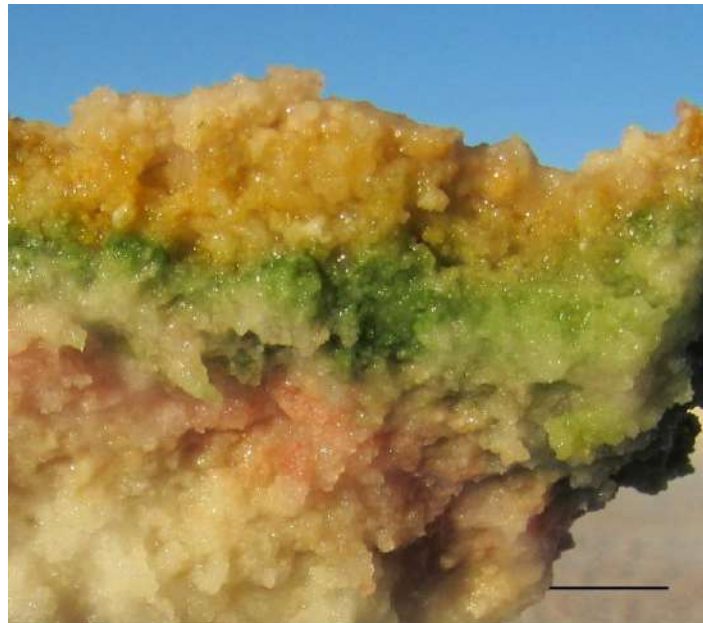
Los tapetes del sistema Laguna Interna, se caracterizaron por presentar uniforme estratificación de capas pigmentadas y apariencia hidratada.

Fotografía N° 7-22. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-23. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna (marca de escala = 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-9. Descripción de la estructura laminar de tapetes en Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.

Mcro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes sumergidos		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja claro	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Rosado	Rosado	Rosado
Profunda	SC	Café claro	SC
Total capas	3	4	3

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4 Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Punta), invierno 2017**7.2.1.4.1 Punto de Monitoreo LP 23**

Esta área corresponde a una superficie plana cerca del borde de la laguna La Punta, que exhibe vegetación terrestre y acuática, y flujos de agua superficiales próximos. El examen visual del área indica presencia de microbialitos (**Fotografía N° 7-24**). La presencia de tapetes microbianos se observó solamente en una planicie del borde lagunar y no en el sedimento de la laguna (**Fotografía N° 7-25**). Los tapetes presentaron un espesor laminar que fluctuó entre 7 a 14 mm (**Fotografía N° 7-26**). Se distinguen tres zonaciones macroscópicas comunes, sub-superficial, intermedia y macro-zona profunda. Los tapetes exhibieron, principalmente, una textura granular y compacta, con brillo uniforme.

Fotografía N° 7-24. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-25. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-26. Tapete microbiano del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-10. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Verde opaco claro	Naranja	Verde
		Verde	Amarillo claro
Intermedia	Rosado claro	Púrpura	Rosado
	Verde opaco claro		Blanco
	Púrpura		Púrpura
	Café claro		
	Blanco		
	Púrpura		
	Café claro		
Púrpura			
Profunda	Café claro	Café	Café
	Café morado	Café claro	
	Café verde	Café oscuro	
	Verde oscuro opaco	Café	
		Café púrpura	
Total capas	13	8	6

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4.2 Punto de Monitoreo LP- 24

El sector presenta escasa vegetación terrestre y acuática, el examen visual indicó la presencia de evaporitas (**Fotografía N° 7-27**). Los tapetes microbianos en este sector se observaron en el borde expuesto de la laguna y borde sumergido. En el sedimento no se detectó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-28**). Respecto a la estructura de pigmentación, se identificaron tres macro-zonas. Al respecto, en la macro-zona Subsuperficial se observó predominio de capas naranja y verde, en la zona Intermedia en tanto, capas de color rosado y púrpura. La zona Profunda presentó capas de color café y verde (**Fotografía N° 7-29**). Referente al espesor total, los valores fluctuaron entre 6 y 17 mm, los tapetes presentaron además una textura granulosa y aspecto brillante.

Fotografía N° 7-27. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-28. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-29. Tapete microbiano del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-11. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes		
	Superficiales		Sumergidos
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde oscuro
		Naranja claro	Amarillo claro
Intermedia	Púrpura	SC	Rosado
Profunda	Café		Verde claro
Total capas	4	3	5

Fuente: Elaboración propia

En laguna La Punta los tapetes microbianos presentan características diferentes respecto al número de capas, en Lp-23 los tapetes exhiben mayor número de capas respecto a los tapetes en LP-24. A su vez, la extensión de tapetes en LP-23 es mayor respecto a LP-24. Los tapetes en ambos puntos de monitoreo presentan principalmente una textura granular.

7.2.1.5 Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Brava), invierno 2017

7.2.1.5.1 Punto de Monitoreo LB-1

Este sector se localiza en el borde de la laguna La Brava, presenta una superficie plana, carente de vegetación y con flujos de agua superficiales. A su vez, el examen visual del área indicó presencia de microbialitos. Las muestras de tapetes microbianos fueron tomadas desde el borde sumergido de la laguna, a una profundidad promedio de 30 mm (**Fotografía N° 7-30**).

Referente al espesor, los valores fluctuaron de 10 a 17 mm. Respecto a la pigmentación de capas, se distinguen tres macro-zonas: Sub-superficial, con capas naranja y verde principalmente, Intermedia con capas de color rosado y Profunda con capas de diferentes colores, verde, café y naranja preferentemente (**Tabla N° 7-12**). La morfología de los tapetes (**Fotografía N° 7-31**) es principalmente convexa, sólida, de escaso espesor y con textura superficial semejante al cuero (coriácea), la textura interna es principalmente granular.

En general, la distribución de tapetes se extienden espacialmente constante en el punto de monitoreo.

Fotografía N° 7-30. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-1, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-31. Vista lateral tapete microbiano en Punto LB-1, Laguna La Brava (marca de escala= 2 mm)



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-12. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes sumergidos		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Verde	Naranja	Naranja
		Verde	Verde
		Amarillo claro	
Intermedia	Rosado	Rosado	Rosado
Profunda	Café	Naranja	Verde opaco
		Café	
		Naranja claro	
		Café Verde	
Total capas	3	8	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.5.2 Punto de Monitoreo LB-2

El área se ubica en el borde de la laguna, presenta escasa vegetación y ausencia de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-32**), se observó la presencia de tapetes planos especialmente en el borde sumergido de la laguna algunos con textura superficial gelatinosa y regular consistencia. Se colectaron tapetes desde la superficie expuesta y también desde el borde sumergido, éstos últimos a una profundidad intersticial promedio de 6 mm. Los tapetes presentaron tres macro-zonas de pigmentación. cuyas características se describen en la **Tabla N° 7-13**.

Los tapetes superficiales exhibieron una morfología plana, con textura granular, apariencia hidratada, y pigmentación uniforme (**Fotografía N° 7-33**). Respecto al espesor total de tapetes superficiales y sumergidos, los valores fluctuaron entre 6 a 15 mm.

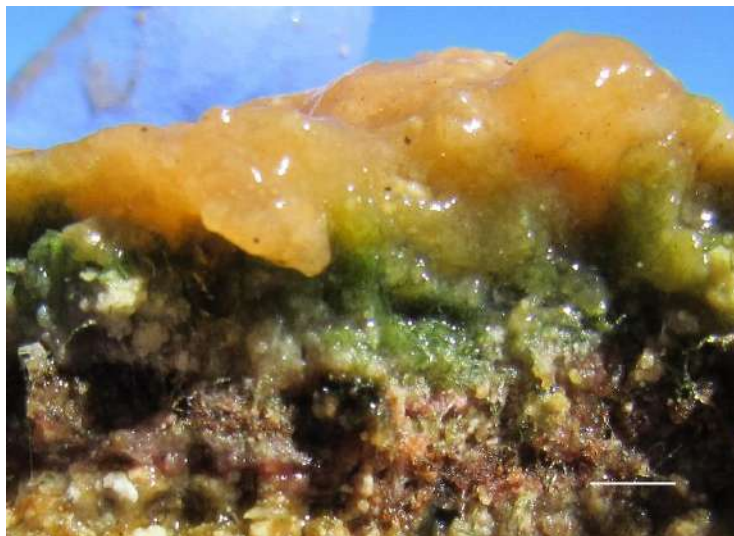
Se distingue, en general, una extensión discontinua de tapetes descritos en LB-1, de textura coriácea (cuero).

Fotografía N° 7-32. Área de muestreo de tapetes en Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-33. Tapete microbiano sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-13. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes		
	Superficiales	Sumergidos	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde
Intermedia	Rosado	Rosado claro	Rosado
			Púrpura
			Blanco
			Púrpura
Profunda	Café	SC	Café claro
			Verde opaco
			Blanco
			Verde
Total	4	3	10

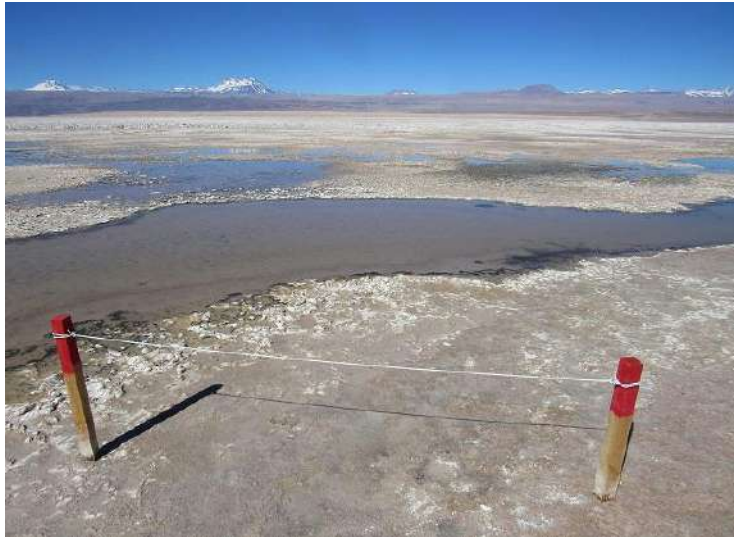
Fuente: Elaboración propia

7.2.1.5.3 Punto de Monitoreo LB-3

Este sector se localiza cerca de un sistema de canal de la laguna, que exhibe vegetación acuática y aves (**Fotografía N° 7-34**). Se observó presencia de tapetes en las superficies expuestas del borde del canal y también en el borde sumergido. Los tapetes expuestos y sumergidos presentaron tres macrozonas de pigmentación. En la macro-zona Sub-superficial se observaron capas de color naranja, verde y café, y en la Intermedia capas rosado y púrpura. Respecto a la macro-zona profunda, capas de color café y verde preferentemente (**Tabla N° 7-14; Tabla N° 7-15**).

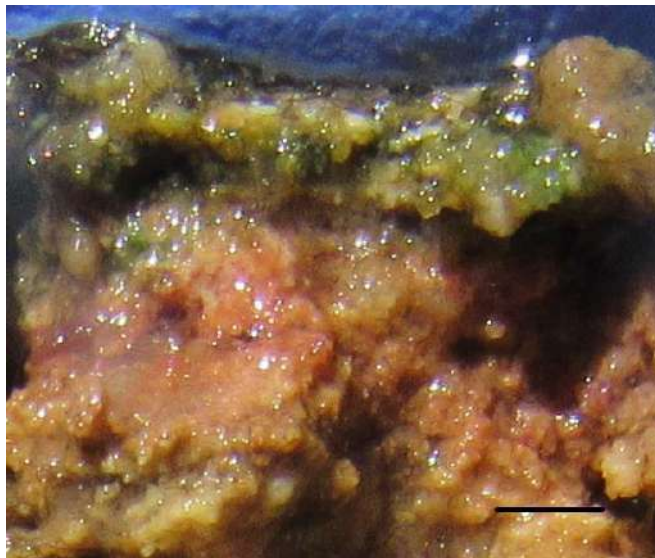
En general, los tapetes exhibieron un espesor de 6 a 14 mm y textura granular. Los tapetes sumergidos se encontraron a una profundidad promedio de 25 mm y presentaron una estructura compacta y apariencia hidratada (**Fotografía N° 7-35**).

Fotografía N° 7-34. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-35. Tapete microbiano sumergido Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-14. Descripción de tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Rosado	Naranja
	Verde		Verde
	Amarillo claro	Verde opaco	Naranja
Intermedia	Rosado	Púrpura	Rosado
Profunda	Negro	Verde	Verde opaco oscuro
			Rosado gris
			Verde opaco claro
			Café claro
Café			
Total capas	5	7	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-15. Descripción de tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación	
	Tapetes sumergidos	
	MUESTRA 5	MUESTRA 6
Sub-superficial	Verde oscuro	Verde oscuro
	Café	Café claro
	Verde oscuro	Verde claro
Intermedia	Púrpura	Rosado
Profunda	Café naranja	Amarillo claro
	Verde oscuro opaco	
	Café	Café
Total capas	7	5

Fuente: Elaboración propia

En general, Laguna La Brava presenta tapetes con morfología convexa y textura superficial coriácea, también presenta tapetes planos algunos de los cuales de textura

superficial gelatinosa. La textura interna de los tapetes microbianos es principalmente granular.

7.2.1.6 Sector Tilopozo

El sector presenta vegetación terrestre y acuática, pozas de agua profundas y sistemas acuáticos someros, asociados a una variada biota. En este sector no se detectó la presencia de tapetes microbianos.

7.2.1.6.1 Punto de Monitoreo TB-1

Este sistema se caracteriza por presentar una poza transparente, con vegetación acuática, fauna íctica y amplio desarrollo de vegetación terrestre, además de macromamíferos (zorro) (**Fotografía N° 7-36**). Luego de realizar una inspección visual del sector para evaluar la presencia de tapetes microbianos asociados a este sistema se tomaron muestras de sedimento, que indicaron la ausencia de tapetes microbianos en este sector (**Fotografía N° 7-37**).

Fotografía N° 7-36. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-37. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Vegas de Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.6.2 Punto de Monitoreo TB-2

Esta zona presentó un sistema de agua somero transparente, dentro del cual se observó vegetación, cuya altura sobrepasaba la superficie del agua. Además el área se caracterizó por exhibir una extensa vegetación, residuos orgánicos próximos y madrigueras (**Fotografía N° 7-38**). Se tomaron muestras de sedimento en diferentes partes del sistema (12,1 cm de profundidad promedio), sin embargo no fue posible detectar tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-39**), considerando que una campaña previa (Invierno 2016) se detectó presencia de estas comunidades.

Fotografía N° 7-38. Punto de Monitoreo TB-2, Vegas de Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-39. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.6.3 Punto de Monitoreo TB-3

El sector presenta una poza profunda con aguas transparentes, vegetación flotante y profunda. También se observó presencia de fauna íctica y extensa vegetación en el área circundante, algunas madrigueras y residuos exógenos (**Fotografía N° 7-40**). 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° 7-41**).

Fotografía N° 7-40. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-41. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.1.7 Registro de microbialitos y evaporitas, invierno 2017.

La identificación visual realizada en terreno, se sugiere la presencia de microbialitos en 2 puntos de monitoreo (LP-23 y LB-1) (**Fotografía N° 7-42; Fotografía N° 7-43**) y presencia de evaporitas en 2 estaciones de monitoreo (I-11 y LP-24). En **Tabla N° 7-16** se presenta el resumen de estos registros.

Tabla N° 7-16. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, agosto 2017.

Punto de Monitoreo	Registro visual	
	Microbialito	Evaporita
S-5	-	-
S-6A	-	-
S-9	-	-
SA-25	-	-
S-10	-	-
S-11	-	-
I-11	-	+
I-17	-	-
LP-23	+	-
LP-24	-	+
LB-1	+	-
LB-2	-	-
LB-3	-	-
TB-1	-	-
TB-2	-	-
TB-3	-	-

+ = Presencia ; - = Ausencia

Fotografía N° 7-42. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1).



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 7-43. Estructuras semejantes a microbialitos, observadas en laguna La Punta (LP-23).



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 7-44. Estructuras semejantes a evaporitas, observadas en laguna La Punta (LP-24) (Izquierda) y Laguna Interna (I-11) (Derecha).

Fuente: Elaboración Propia

7.2.1.8 Resultados Parámetros fisicoquímicos

Los datos de parámetros fisicoquímicos obtenidos en campaña invierno 2017, se resumen en la **Tabla N° 7-17**.

Respecto a la salinidad el valor máximo se observó en La Laguna La Brava (49 gr/Kg) y el mínimo en el Sector Tilopozo (2 gr/Kg). Este parámetro es fundamental en la dinámica de ecosistemas de tapetes microbianos, el cual se relaciona con la actividad microbiana fotosintética y procesos de consumo de oxígeno, influye en los cambios de composición y estructura comunitaria.

Respecto al oxígeno disuelto, el valor máximo se detectó en el Sector de Peine, Laguna Salada (9,1 mg/L) y el mínimo en el Sector Tilopozo (0,5²³ mg/L). La temperatura fluctuó entre 8,4 °C a 25,4°C. Respecto al pH el mayor valor (8,4) y menor valor (7,0) se presentó en el sector Peine y Tilopozo, respectivamente. En relación al parámetro de turbiedad el valor máximo se registró en el Sector Peine Laguna Salada (75 UNT) y el valor mínimo en Tilopozo (0,3 UNT). Respecto a la radiación esta presentó un valor máximo de 2,54 MJ/m².

Los valores promedios de salinidad y oxígeno de los sistemas lagunares se observan en la **Figura N° 7-6**. En el sistema Peine la mayor salinidad y menor concentración de oxígeno se observa en Laguna Interna. En el Sistema La Punta-La Brava la salinidad es mayor en Laguna La Brava respecto a Laguna La Punta. A su vez, la concentración de oxígeno en Laguna La Brava es menor respecto a Laguna La Punta.

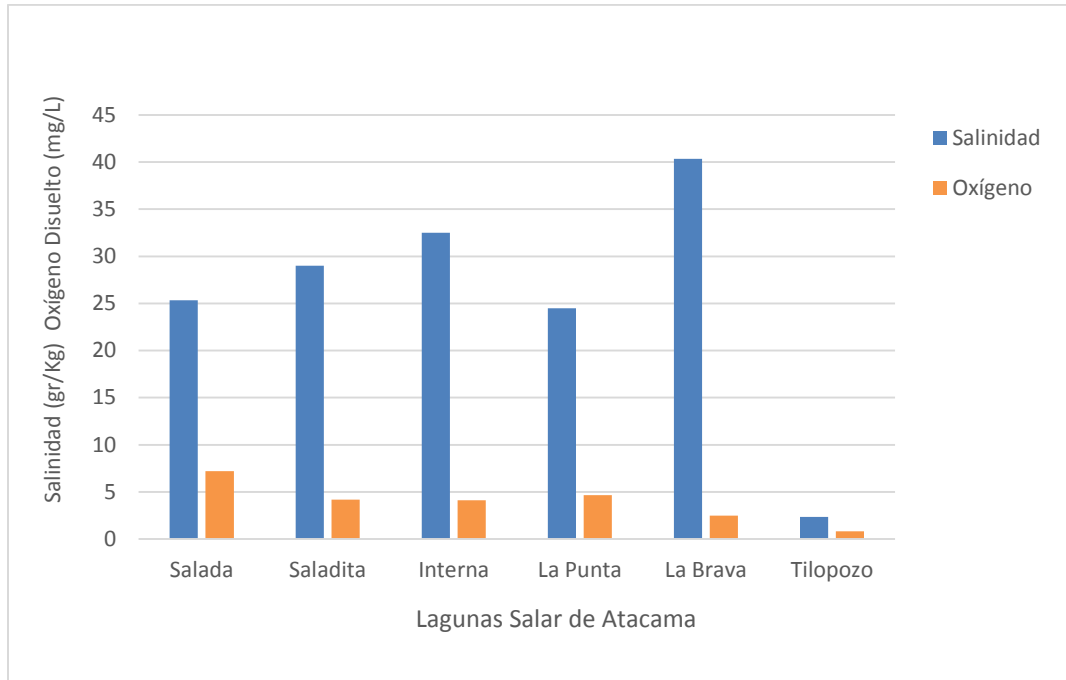
²³ Valor registrado en invierno 2017, se considera outlier o fuera de rango, ya que otras mediciones del PSAH en el mismo punto no registraron valores tan bajos.

Tabla N° 7-17. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Invierno 2017.

Salar de Atacama Sector	Estación Monitoreo	Hora	Oxígeno Disuelto mg/L	pH	Temperatura °C	Conductividad µS/cm	Salinidad gr/Kg	Turbiedad UNT	Radiación Solar Total Salar de Atacama E.M.	
									Hora	MJ/m ²
Sector Peine	S-5	11:00	6,2	8,4	9,3	48.200	28,0	15,0	11:00	1,96
	S-6a	11:20	6,3	8,3	13,7	45.400	26,0	40,0	11:00	1,96
	S-9	12:10	9,1	8,1	18,4	38.350	22,0	75,0	12:00	2,36
	SA-25	13:26	3,2	8,3	11,5	49.300	29,0	9,0	13:00	2,51
	S-10	14:50	4,8	8,3	17,8	49.900	29,0	20,0	15:00	2,15
	S-11	15:10	4,5	8,1	17,6	49.800	29,0	21,0	15:00	2,15
	I-11	16:20	3,8	8,3	18,4	52.000	30,0	16,0	16:00	1,67
I-17	17:26	4,4	8,2	15,7	60.300	35,0	6,0	17:00	1,06	
Sector La Punta y La Brava	LP-23	10:15	4,5	8,3	10,0	40.500	23,0	0,8	10:00	1,49
	LP-24	11:25	4,8	8,3	8,4	45.200	26,0	1,5	11:00	1,98
	LB-1	12:40	1,1	8,1	15,0	83.700	49,0	2,0	12:00	2,38
	LB-2	13:48	2,1	8,2	21,3	84.700	49,0	8,8	13:00	2,54
	LB-3	14:35	4,2	8,2	22,4	39.800	23,0	3,0	14:00	2,47
Sector Tilopozo	TB1	17:05	0,8*	7,1	25,4	4.230	2,0	0,3	17:00	1,06
	TB2	17:30	1,2*	8,3	14,8	4.610	3,0	12,0	17:00	1,06
	TB3	15:30	0,5*	7,0	25,3	4.180	2,0	2,8	15:00	2,13

(*) valores de O.D en Tilopozo, que se consideran fuera de rango para este sector.

Figura N° 7-6. Salinidad y Oxígeno Disuelto promedio, en Lagunas del Salar de Atacama, campaña invierno 2017.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Resultados Campaña Verano 2018

Al igual que para la campaña de invierno, se analizaron *in situ* muestras de 16 puntos de monitoreo distribuidos en el sistema Peine, La Punta, La Brava y Tilopozo. Al igual que en la campaña de invierno, se detectaron la presencia de tapetes microbianos en 11 puntos de monitoreo (68,8%). En la **Tabla N° 7-18** se presenta el resumen con la caracterización de todos los Tapetes monitoreados en campaña verano 2018.

Tabla N° 7-18. Caracterización de tapetes microbianos, verano 2018

Punto de Monitoreo	Tapetes microbianos	Tipología según zonación macroscópica			Morfología principal	Número de capas	
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		Máximo	Mínimo
S-6A	+	+	-	-	Plano	15	5
S-9	+	+	-	-	Plano	10	8
SA-25	+	+	-	+	Plano	4	1
S-11	+	-	+	-	Plano	8	2
I-11	+	+	-	-	Plano	10	6
LP-23	+	+	-	-	Plano	6	4
LP-24	+	+	+	-	Plano	4	2
LB-1	+	+	-	-	Convexo sólido; Plano	6	5
LB-2	+	+	-	-	Plano; Convexo sólido	6	5
LB-3	+	+	-	-	Plano	9	3
I-17	+	-	+	-	Plano	6	4
S-5	-	-	-	-	-	-	-
S-10	-	-	-	-	-	-	-
TB-1	-	-	-	-	-	-	-
TB-2	-	-	-	-	-	-	-
TB-3	-	-	-	-	-	-	-

(Ausencia = - ; Presencia = +)

Fuente: elaboración propia

Respecto a la zonación macroscópica, se puede indicar que se registraron 3 tipos de tapetes en el área de estudio: el primer tipo presentó las tres macro-zonas pigmentarias (Tipología 1) y corresponde también al tapete de mayor frecuencia (82%), en relación a los 11 puntos de muestreo señalados anteriormente. Cabe destacar que la frecuencia de la tipología 1 referida para este período es menor respecto a reportes anteriores (91%). En general, este tipo de tapete se observó en el Sistema Peine y Sistema La Punta y La Brava, sin incluir el Sector Tilopozo.

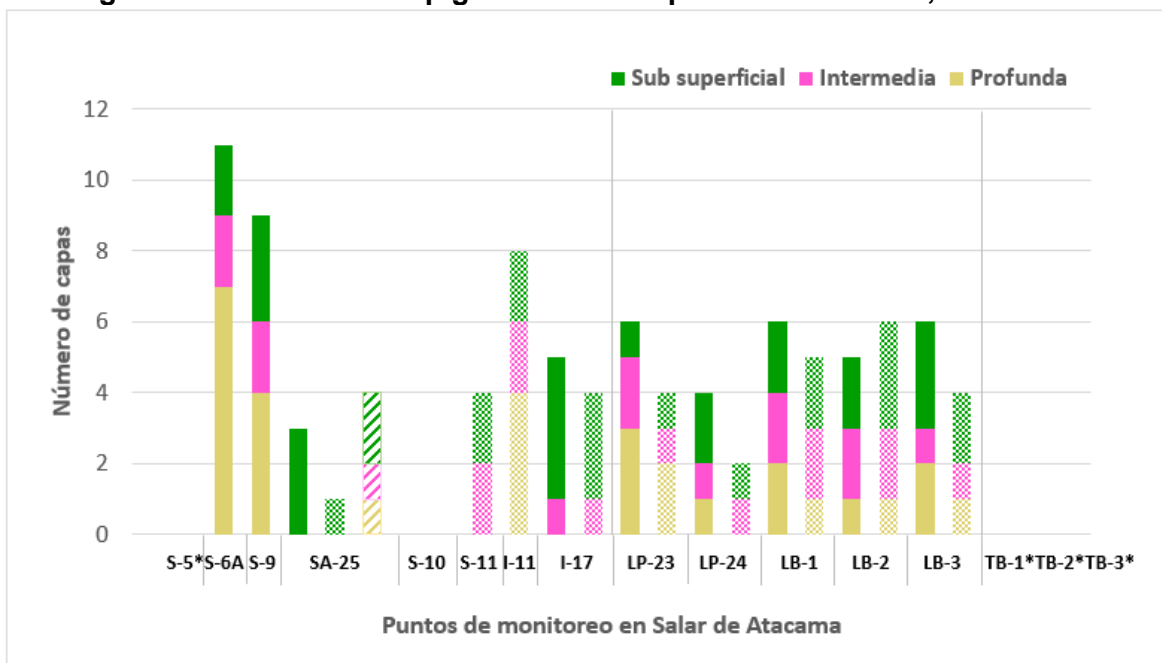
El segundo tipo (Tipología 2) exhibió la presencia de dos macro-zonas y fue detectado en el Sector Peine, Laguna Saladita (S-11) y Laguna Interna (I-17), como también en el Sector La Punta-La Brava, Laguna La Punta (LP-24). Los tapetes exhibieron una zona sub-superficial y zona intermedia.

El tercer tipo de tapete (Tipología 3), en tanto, presentó simplemente una macro-zona sub-superficial, registrado en el Sector Peine, Laguna Saladita (SA-25).

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

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

Figura N° 7-7. Estructura pigmentaria de tapetes microbianos, verano 2018

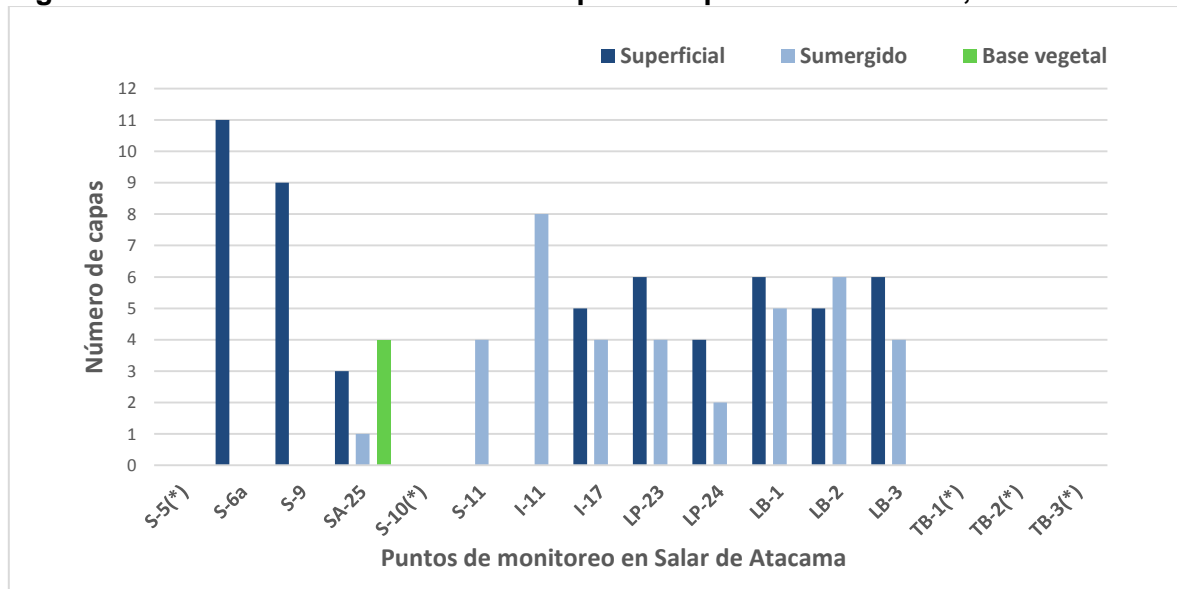


(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

Estructura pigmentaria según identificación de macro-zonas pigmentadas, los datos graficados corresponden a valores promedio.

En relación a la cantidad de capas estratificadas, en la **Figura N° 7-8** se presenta de manera gráfica la distribución de capas estratificadas para todos los puntos monitoreados. Las estaciones que indican asterisco no registraron presencia de tapetes. En el área de estudio se detectaron tapetes en planicies expuestas del margen de la laguna (Barra color azul), al mismo tiempo se identificaron tapetes sumergidos parcial o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde).

Figura N° 7-8. Distribución número de capas en tapetes microbianos, verano 2018.



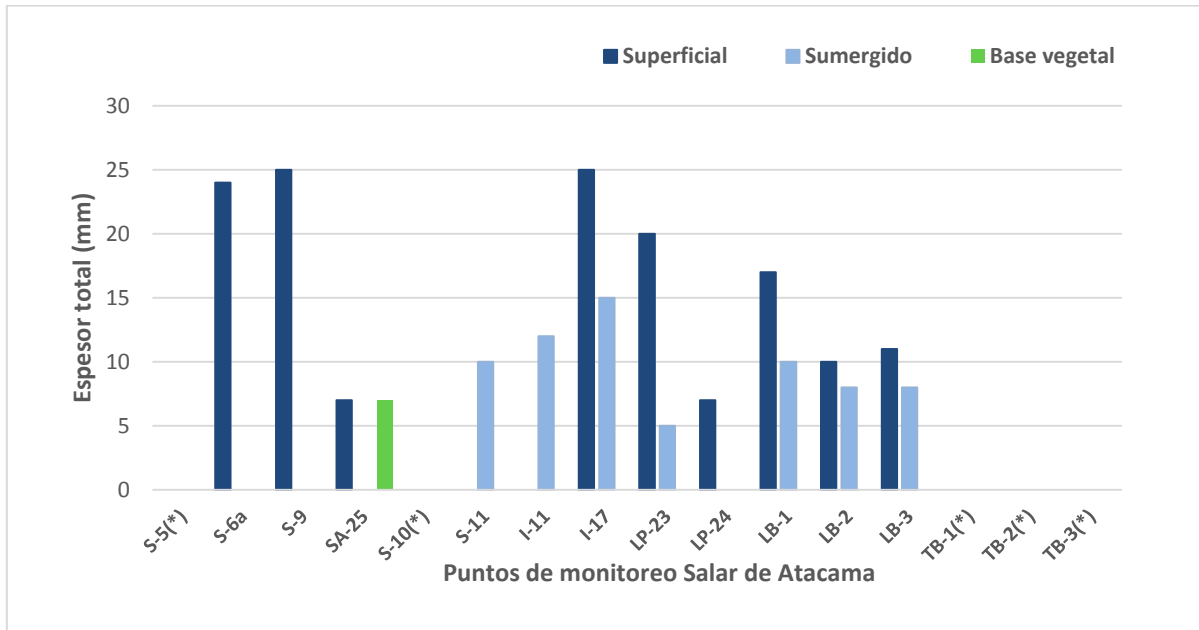
(*) Indica ausencia de tapetes microbianos en el punto de muestreo

Los datos corresponden a valores promedio. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste), y tapetes de base vegetal (verde).

El sistema que presentó, en promedio, mayor número de capas correspondió a Laguna Salada (S-6A) Por el contrario, Laguna Saladita fue el sistema que exhibió una estratificación menor (SA-25). Los tapetes mejor estructurados en cuanto a la presencia de las tres macro-zonas y consistencia se detectaron en Laguna La Brava (LB-1) y Laguna Salada (S-6A, S-9). En Laguna Saladita, en tanto, se detectaron tapetes con apariencia deshidratada (tapete superficial SA-25, tapete sumergido S-11).

Referente a la dimensión del espesor de tapete, los de mayor espesor (25 mm) se encontraron en el Sector Peine (S-9, I-17), y los de menor espesor en el sector La Punta-La Brava (5 mm), en Laguna La Punta (LP-23). La **Figura N° 7-9** muestra los valores de espesor de tapetes en planicies expuestas del borde lagunar (Barra color azul), tapetes sumergidos parcial o totalmente bajo el agua (Barra color celeste) o bien tapetes de base vegetal (Barra color verde).

Figura N° 7-9. Espesor de tapetes microbianos, verano 2018



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

Los valores corresponden al valor máximo de espesor obtenido por punto de monitoreo. El color de las barras indica ubicación de tapetes, en planicie expuesta (azul), sumergidos (celeste) y de base vegetal (verde).

A continuación, se presenta el detalle para cada punto de monitoreo en los tres sistemas evaluados, Peine (Salada, Saladita e Interna), La Punta - La Brava y Tilopozo (vegas), para la campaña de verano 2018.

7.2.2.1 Resultados Sector Peine, Laguna Salada, verano 2018

7.2.2.1.1 Punto de Monitoreo S-5

Este sector presentó una superficie irregular, borde lagunar muy quebradizo, al respecto, se observó que este punto de monitoreo no presentó las estacas en la superficie expuesta, sino que sumergidas en el borde de la laguna (**Fotografía N° 7-45**). También se observa vegetación acuática. Las muestras de sedimento indicaron ausencia de tapetes microbianos (profundidad promedio 16 mm), en el borde superficial externo no se observó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-46**).

Fotografía N° 7-45. Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-46. Muestras de sedimento del Punto de Monitoreo S-5, Laguna Salada. Se observa ausencia de tapetes microbianos



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.1.2 Punto de Monitoreo S-6A

El sector presenta una planicie expuesta del borde de la Laguna, con zonas superficiales de pigmentación rosada y con marcas de huellas humanas (**Fotografía N° 7-47**). En el borde sumergido de la laguna se observó sedimento no consolidado de color verde (**Fotografía N° 7-49**). A su vez, los tapetes observados en el borde lagunar expuesto presentaron macro-zonas de pigmentación, continuidad de las capas y consistencia estructural (**Fotografía N° 7-48**). La **Tabla N° 7-19**, indica la descripción de las capas observadas, distribución vertical y pigmentación, para cada muestra. Respecto al espesor de los tapetes, los valores fluctuaron entre 12 y 24 mm.

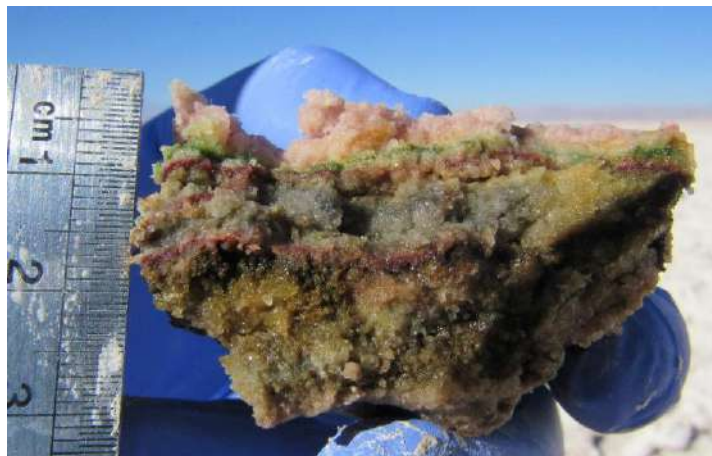
En las macro-zonas se observan variaciones de pigmentación. En la macro-zona sub-superficial predominio de capas verde. En la macro-zona intermedia se observó principalmente capas de coloración púrpura, En la macro-zona profunda, la pigmentación es muy variable (hasta 12 capas), se observó predominancia de pigmentación verde y gris. En general, los tapetes observados se caracterizan por presentar una textura granulosa, hidratada, compacta, de aspecto brillante.

Fotografía N° 7-47. Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-48. Tapete microbiano en borde planicie expuesta de Laguna Salada, sector S-6A.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-49. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-6A, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-19. Caracterización de la distribución vertical y coloración de capas de tapetes microbianos, Punto S-6A, Laguna Salada.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Verde	
	Verde claro		
	Verde		
	Verde claro		
	Amarillo		
Intermedia	Púrpura	Púrpura	Rosado
			Púrpura
			Púrpura oscuro
Profunda	Amarillo	Amarillo claro	Verde opaco
	Gris		Verde oscuro
			Púrpura oscuro
	Verde opaco		
	Gris claro		Gris Verde oscuro
	Púrpura	Café	
	Negro	Gris	Gris
			Verde oscuro
			Amarillo café
	Café naranja	Gris	Púrpura
Naranja			
			Café gris
Total capas	12	5	15

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.1.3 Punto de Monitoreo S-9

Esta área corresponde a una planicie expuesta del borde de la laguna, que exhibe una superficie regular no alterada por huellas humanas en el margen más próximo a la laguna (**Fotografía N° 7-50**). Destaca la coloración rosada superficial del área. A su vez, no se observó la presencia de tapetes en muestras de sedimento del borde lagunar sumergido (**Fotografía N° 7-51**). Los tapetes analizados (**Fotografía N° 7-52**) presentaron un espesor variable de 14 a 25 mm. En general, los tapetes presentan tres macro-zonas, continuidad de las capas y consistencia estructural.

La **Tabla N° 7-20** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación de los tapetes reconocidos. En las macro-zonas se observan variaciones de pigmentación. En el estrato sub-superficial, destacan las capas verde y naranja, en el estrato intermedio, por otro lado, capas de color púrpura y rosadas. La zona profunda presenta, a su vez, una pigmentación muy variable donde sobresalen las capas café y verde.

Los tapetes observados presentan una textura similar a los tapetes del punto S-6A, medianamente fina, uniforme, hidratada, de aspecto brillante y cristalino.

En general, los tapetes detectados en Laguna Salada destacan por características de intensidad y variación de pigmentación, estratificación continua y consistente.

Fotografía N° 7-50. Área de muestreo de tapetes microbianos en Punto S-9, Laguna Salada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-51. Muestra de sedimento, Punto de Monitoreo S-9, Laguna Salada. Se observa la ausencia de comunidades microbianas estratificadas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-52. Tapete microbiano en borde superficial de Laguna Salada, punto S-9 (marca de escala = mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-20. Caracterización de la distribución vertical y principales coloraciones laminares de tapetes microbianos, Punto de Monitoreo S-9.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde
	Verde claro	Amarillo	Verde opaco claro
Intermedia	Rosado	Rosado	Rosado
	Púrpura	Púrpura	Púrpura
Profunda	Café naranja	Verde opaco oscuro	Café
	Café amarillo		Café claro
	Púrpura oscuro	Amarillo café	Café verde
	Verde opaco oscuro		Rosado Púrpura
	Café	Blanco	Gris
Total capas	10	8	10

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2 Resultados Sector Peine, Laguna Saladita, verano 2018**7.2.2.2.1 Punto de Monitoreo SA-25**

Zona próxima al borde de la laguna con superficie homogénea y lisa (**Fotografía N° 7-53**), y presencia de formaciones esferoidales, además de vegetación acuática. Las muestras obtenidas son del borde superficial costero de la laguna, sedimento sumergido y formaciones esferoidales. En el sedimento se detectó una ligera mono-capa verde sub-superficial (**Fotografía N° 7-54**), el espesor aproximado fue 0,5 mm y la profundidad promedio fue 21,2 cm.

Las muestras superficiales analizadas presentaron de solo capas subsuperficiales principalmente naranjada y verde, de aspecto deshidratado, textura granulosa, con escaso brillo y de consistencia quebradiza (**Fotografía N° 7-55**). El espesor de los tapetes superficiales fluctuó entre 5 a 7 mm. La **Tabla N° 7-21** indica la descripción general de las capas, distribución vertical y pigmentación.

En las formaciones esferoidales se reconocieron tapetes microbianos que presentaron 3 macro-zonas de estratificación, cuyo espesor máximo fue de 9 mm (**Fotografía N° 7-56**).

La caracterización de estos tapetes de base vegetal se describe en la **Tabla N° 7-22**. El estrato sub-superficial presenta capas verdes principalmente, en la zona intermedia capa de pigmentación rosada y en la zona profunda capa de coloración café. Estos tapetes exhiben una textura granular, con apariencia hidratada y pigmentación intensa.

Fotografía N° 7-53. Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita.



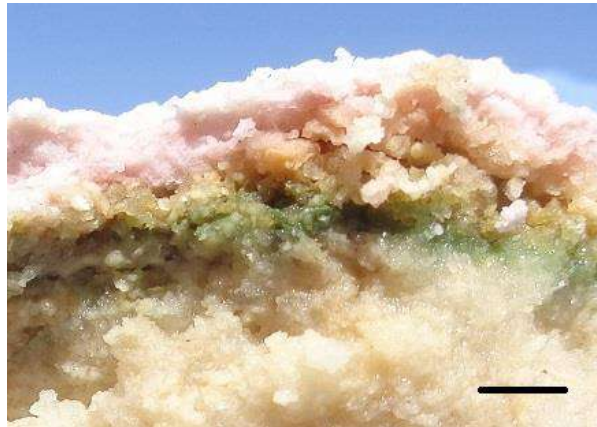
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-54. Muestras de sedimentos del Punto de Monitoreo SA-25, Laguna Saladita. Se observa la presencia de una ligera mono-capa verde sub-superficial (marca de escala = mm).



Fuente: Elaboración propia

**Fotografía N° 7-55. Muestra del borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25.
(marca de escala = 3 mm).**



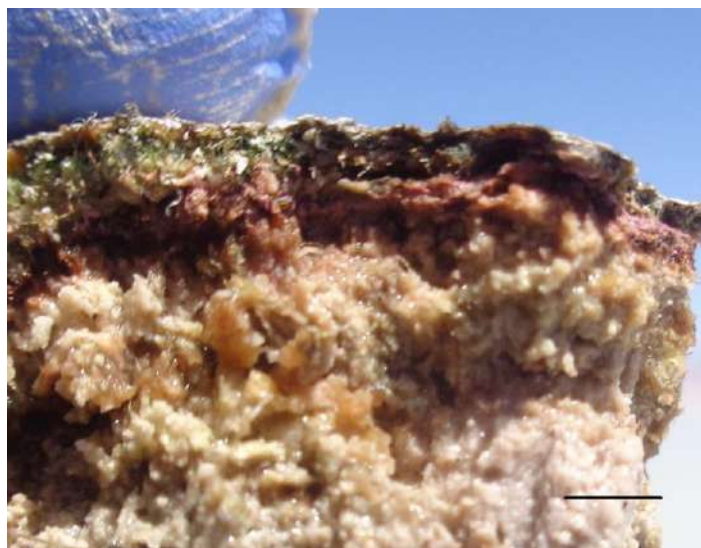
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-56. Formaciones esferoidales de base vegetal que albergan tapetes microbianos, borde superficial de Laguna Saladita, sector SA-25 (marca de escala = 5 cm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-57. Tapete microbiano asociado a formaciones vegetacionales en el sector SA-25, en el borde superficial de Laguna Saladita (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-21. Caracterización de la distribución vertical estructura laminar de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde claro	Verde	Amarillo
	Verde oscuro		Verde
Intermedia	sc	sc	sc
Profunda			
Total capas	3	2	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-22. Descripción general de la estructura laminar de tapete microbiano de base vegetal y sumergido, Punto de Monitoreo SA-25.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes base vegetal		Tapete sumergido
	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
Sub-superficial	Verde oscuro	Verde Verde opaco claro	Verde
Intermedia	Rosado	Rosado	sc
Profunda	Café	Café	
Total capas	3	4	1

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2.2 Punto de Monitoreo S-10

El área exhibe una costra salina plana y vegetación acuática en el borde lagunar. Se observa también que las estacas del punto de monitoreo se encontraron removidas quedando dispuestas en el borde lagunar. En este punto (**Fotografía N° 7-58**) no se detectó presencia de tapetes microbianos tanto en el sedimento como borde externo de la laguna (**Fotografía N° 7-59**).

Fotografía N° 7-58. Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-59. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo S-10, Laguna Saladita. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2.3 Punto de Monitoreo S-11

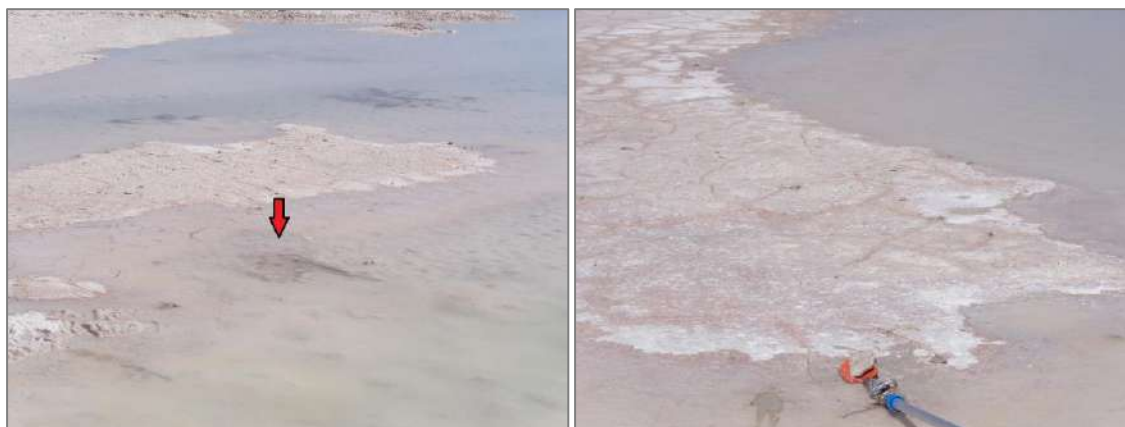
El sector se caracteriza por la presencia de planicies parcialmente sumergidas, ubicadas dentro de la laguna, a pocos metros del borde lagunar (tipo isla), las que exhiben una coloración superficial blanca y levemente rosada (**Fotografía N° 7-60**). La planicie muestreada en la campaña previa (invierno 2017) no estaba presente en la campaña de verano 2018, sin embargo, se tomaron muestras del sedimento donde anteriormente se situaba esta planicie (**Fotografía N° 7-61**), el cual indicó presencia de tapetes débilmente pigmentados y estratificados. Complementariamente se tomaron muestras de tapetes presentes en una planicie próxima (**Fotografía N° 7-62**), los cuales presentaron una conformación dispersa (límites de las capas difusos) en la estructura pigmentaria (**Fotografía N° 7-63**). En relación a la estructura de pigmentación, se observaron solo dos macro-zonas la primera con capas sub-superficiales naranja y verde principalmente; y la segunda, zona intermedia, con predominio de capas de color rosado y blanco (**Tabla N° 7-23**). El espesor de los tapetes observados fluctuó entre 3 a 9 mm. Respecto a la textura, se observa principalmente granular.

Los tapetes detectados en Laguna Saladita se caracterizan por presentar débil pigmentación y estratificación de capas.

Fotografía N° 7-60. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.

Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-61. Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita. Zona sumergida muestreada donde anteriormente se situaba planicie monitoreada en campañas anteriores (izquierda, Flecha roja). Planicie próxima donde se observaron tapetes microbianos (derecha).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-62. Tapete microbiano del sector S-11, en planicie interna de Laguna Saladita (isla) (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-63. Tapete microbiano en sedimento del sector S-11, Laguna Saladita (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-23. Descripción general de la estructura laminar de tapetes microbianos y principales coloraciones en el Punto de Monitoreo S-11, Laguna Saladita.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes sumergidos		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Verde opaco
	Verde oscuro		
	Verde claro	Verde	
	Amarillo claro		
Intermedia	Rosado claro	Blanco	Rosado
	Verde claro		
	Blanco	Rosado	
	Rosado		
Total capas	8	4	2

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3 Resultados Sector Peine, Laguna Interna, verano 2018

7.2.2.3.1 Punto de Monitoreo I-11

El sector presenta una planicie expuesta, próxima al borde lagunar (**Fotografía N° 7-64**), carente de vegetación. El examen visual indica presencia de evaporitas. El borde sumergido de la laguna presentó tapetes microbianos. Se observaron tres macrozonas de pigmentación: subsuperficial con capas de pigmentación principalmente verde y naranja, en la zona intermedia capas de color púrpura y blanco mayormente, y en la zona profunda esencialmente capas de color café, blanco y gris (**Fotografía N° 7-65**). El espesor de los tapetes fue entre 9 y 12 mm. A su vez, estos tapetes exhiben una textura interna granular. La **Tabla N° 7-24** indica la descripción general de las capas. En algunos tapetes se reconocieron sub capas profundas, las cuales pueden corresponder a tapetes antiguos no activos metabólicamente.

Fotografía N° 7-64. Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-65. Tapete microbiano en borde sumergido del Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-24. Descripción de la configuración laminar de tapetes microbianos en el Punto de Monitoreo I-11, Laguna Interna.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes sumergidos		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde oscuro	Verde	Verde
Intermedia	Blanco	Rosado	Blanco
	Púrpura		Púrpura
Profunda	Gris	Café	Café claro
	Café		Blanco
	Café oscuro	Verde opaco claro	Café verde
			Blanco
	Gris	Blanco	Café
		Verde oscuro	
Total capas	8	6	10

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3.2 Punto de Monitoreo I-17

El sector presenta planicies expuestas y sumergidas, con sistemas de canales próximos, y ausencia de vegetación (**Fotografía N° 7-66**). Las muestras obtenidas provienen tanto de un área expuesta como sumergida (9 cm). Se distingue la presencia de 2 macro-zonas, Sub-superficial e Intermedia. En la primera se observaron capas color rosado, naranja y verde, en la zona intermedia capas color rosado. En general, los tapetes microbianos presentaron una débil pigmentación, textura interna granular y espesor total que fluctuó entre 20 a 25 mm (**Fotografía N° 7-67**). La **Tabla N° 7-25** indica la distribución vertical y pigmentación de las capas presentes.

Los tapetes detectados en Laguna Interna se caracterizaron por presentar una estratificación regular de capas pigmentadas.

Fotografía N° 7-66. Punto de Monitoreo I-17, Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-67. Estratificación de capas pigmentadas en planicie superficial expuesta del sector I-17, de Laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-25. Tabla Descripción de la estructura laminar en muestras del borde superficial y sedimento de Laguna Interna, Punto de Monitoreo I-17.

Macro-zonas	Pigmentación			
	Tapetes superficiales			Tapetes sumergidos
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Sub-superficial	Rosado claro	Rosado claro	Rosado claro	Rosado claro
	Naranja	Naranja	Naranja claro	Naranja claro
	Amarillo	Amarillo	Blanco	Verde
	Verde	Verde	Verde opaco claro	
Intermedia	Rosado	Rosado claro	Púrpura	Rosado
Profunda	SC	SC	Café	SC
Total capas	5	5	6	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.4 Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Punta), verano 2018

7.2.2.4.1 Punto de Monitoreo LP-23

Esta zona presenta una superficie principalmente plana localizada cerca del borde de la laguna, con presencia de vegetación terrestre y acuática, presencia de aves, insectos y cursos de agua superficiales próximos (**Fotografía N° 7-68**). La presencia de tapetes microbianos se detectó en una planicie del borde lagunar expuesto. A su vez, en el sedimento de la laguna (profundidad de 11 mm) se observó una estratificación de consistencia blanda con capas pigmentadas, especialmente de color púrpura (**Fotografía N° 7-69**; **Fotografía N° 7-70**). Los tapetes presentaron principalmente tres macro-zonas, en la zona sub-superficial predominaron capas de coloración verde, en la intermedia capas de color púrpura y en la zona profunda capas de pigmentación café preferentemente (**Tabla N° 7-26**). Respecto al espesor total, los valores fluctuaron entre 5 a 20 mm, también se observó una textura esencialmente granular y compacta.

Fotografía N° 7-68. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-69. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 4 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-70. Tapetes microbianos del sector LP-23, Laguna La Punta (marca de escala= 4 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-26. Descripción de la estructura laminar de tapetes microbianos superficiales. Punto de Monitoreo LP-23, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Pigmentación			
	Tapetes superficiales			Tapetes sumergidos
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Sub-superficial	Verde	Naranja		Verde
		Verde		
Intermedia	Púrpura	Blanco	Rosado	Púrpura
		Púrpura	Púrpura	
Profunda	Café	Verde oscuro	Verde opaco claro	Verde opaco
	Café verde		Café	
	Púrpura	Café	Púrpura	Café
	Verde opaco claro			
Total capas	6	6	5	4

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.4.2 Punto de Monitoreo LP-24

Esta área posee una superficie con escasa vegetación terrestre y acuática, presencia de aves y el examen visual indica presencia de evaporitas (**Fotografía N° 7-71**). Los tapetes microbianos fueron escasos y solo se pudo tomar una muestra en el borde superficial de la laguna (**Fotografía N° 7-73**). A su vez, el sedimento presentó capas pigmentadas (**Fotografía N° 7-72**). La estructura pigmentaria del tapete superficial presentó tres macro-zonas. Al respecto, la macro-zona Sub-superficial presentó capas de color naranja y verde, la Intermedia en tanto una capa rosada y la macro-zona Profunda una capa de color café (**Tabla N° 7-27**). El espesor total fue de 7 mm y la textura principalmente granular. En el sedimento, en tanto, se observó una ligera capa verde opaco claro subsuperficial y más abajo una capa rosada, ambas capas no se encontraban unidas entre sí.

Fotografía N° 7-71. Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-72. Muestra de sedimento del punto de monitoreo LP-24, Laguna La Punta (marca de escala= 5 mm).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-73. Tapetes microbianos del sector LP-24, Laguna La Punta (marca de escala = 4 mm)



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-27. Descripción de la estratificación laminar de los tapetes microbianos superficiales presentes en el Punto de Monitoreo LP-24, Laguna La Punta.

Macro-zonas	Pigmentación	
	SUPERFICIAL	SEDIMENTO
	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Sub-superficial	Naranja	Verde opaco claro
	Verde	
Intermedia	Rosado	Rosado
Profunda	Café	SC
Total capas	4	2

Fuente: Elaboración propia

En Laguna La Punta los tapetes microbianos presentan características diferentes en relación a la extensión espacial para el área particular de monitoreo. En LP-24 es menor la presencia de tapetes respecto a LP-24. Los tapetes en ambos puntos de monitoreo presentan principalmente una textura granular.

7.2.2.5 Resultados Sector La Punta-La Brava (Laguna La Brava), verano 2018

7.2.2.5.1 Punto de Monitoreo LB-1

Esta zona se localiza en el borde de la laguna, presenta una superficie plana, carente de vegetación y con flujos de agua superficiales (**Fotografía N° 7-74**). De acuerdo al examen visual del área, se indica presencia de microbialitos. En relación a los tapetes microbianos, se observaron en el borde expuesto y sumergido de la laguna (**Fotografía N° 7-75**). A su vez, en el borde externo se reconocieron áreas secas con tapetes de aspecto deshidratados. La profundidad del agua donde se colectaron los tapetes sumergidos fue en promedio 14 mm. Cabe destacar que en campañas previas de monitoreo, el sector presentó áreas sumergidas más próximas al punto de monitoreo, de este modo en el momento del muestreo de esta campaña verano 2018, parte de los tapetes ya no se encontraron sumergidos. A su vez, se observa extensión constante de tapetes microbianos respecto al punto de monitoreo. Para el muestreo también se consideraron tapetes superficiales expuestos. Referente al espesor laminar total, los valores fluctuaron de 10 a 17 mm. De la estratificación laminar, se observó la presencia de tres macro-zonas. La macro-zona Sub-superficial presentó capas principalmente verdes y naranja. La macro-zona Intermedia exhibió capas de color blanco y rosado

preferentemente y la zona profunda presentó esencialmente capas de color café (**Tabla N° 7-28**). La estructura de los tapetes observados fue de tipo convexa, esferoidal, escaso espesor, sutilmente adherida al sedimento y también se observan tapetes con textura superficial de cuero (coriáceos) y textura interna granular

Fotografía N° 7-74. Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.



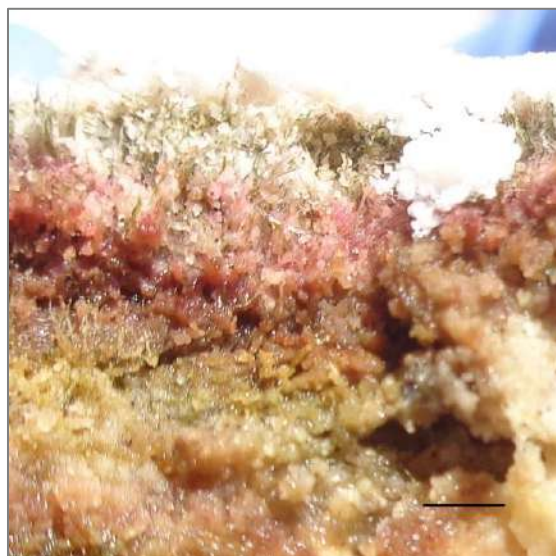
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-75. Tapete microbiano del sector LB-1 (sumergido), Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-76. Tapete microbiano del sector LB-1 (superficial), Laguna La Brava (marca de escala = 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-28. Descripción de la morfología laminar de tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-1, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación			
	Tapetes superficiales		Tapetes sumergidos	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Sub-superficial	Verde	Naranja	Naranja	Naranja
		Verde	Verde	Verde
		Amarillo claro		
Intermedia	Blanco	Rosado	Blanco	Blanco
	Púrpura		Rosado	Rosado
Profunda	Café	Negro	Café oscuro	Café
	Amarillo	Café		
Total capas	5	6	5	5

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.5.2 Punto de Monitoreo LB-2

El área se ubica en el borde de la laguna, presenta una superficie plana con escasa vegetación y ausencia de vegetación acuática (**Fotografía N° 7-77**). En las zonas expuestas y parcialmente sumergidas se distinguen tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-78**). A partir de ambas condiciones se tomaron muestras de tapetes. Se observaron tres macro-zonas de pigmentación: Sub-superficial, Intermedia y Profunda, cuyas características se describen en la **Tabla N° 7-29**. Los tapetes sumergidos observados se encontraron a una profundidad intersticial de 10 mm.

En general, los tapetes exhibieron una morfología plana y textura granular. Los valores de espesor total fluctuaron entre 8 y 10 mm.

Fotografía N° 7-77. Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-78. Tapetes microbianos sector LB-2, Laguna La Brava (marca de escala = 3 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-29. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos presentes en el Punto de Monitoreo LB-2, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación		
	Tapetes superficiales		Tapetes sumergidos
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Sub-superficial	Naranja	Naranja	Naranja
	Verde	Verde	Verde oscuro
			Verde claro
Intermedia	Blanco	Blanco	Púrpura
	Rosado	Rosado	Rosado
Profunda	Café oscuro	Café naranja	Café
Total capas	5	5	6

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.5.3 Punto de Monitoreo LB-3

Este sector se ubica próximo a un sistema de canal de la laguna, presenta vegetación acuática y aves (**Fotografía N° 7-79**). Se detectaron tapetes en el borde interno del canal y en la superficie expuesta (**Fotografía N° 7-80**; **Fotografía N° 7-81**). Presentaron tres macro-zonas de pigmentación: Sub-superficial con capas verde, amarillo y naranja; zona Intermedia con capas rosado y púrpura; y zona Profunda con láminas de color café principalmente (**Tabla N° 7-30**). En general, los tapetes exhibieron un espesor de 3 a 11 mm y una textura granular. Los tapetes sumergidos observados se encontraron a una profundidad intersticial de 12 mm.

Fotografía N° 7-79. Área de muestreo de tapetes en Punto LB-3, Laguna La Brava.



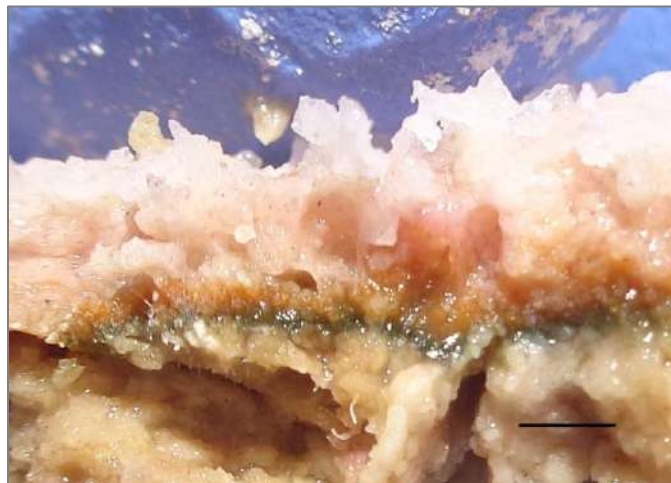
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-80. Tapete microbiano sumergido en Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala = 4 mm)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-81. Tapetes microbianos en superficie expuesta, Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava (marca de escala= 2 mm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7-30. Descripción general de capas observadas en los tapetes microbianos sumergidos presentes en el Punto de Monitoreo LB-3, Laguna La Brava.

Macro-zonas	Pigmentación			
	Tapetes superficiales		Tapetes sumergidos	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Sub-superficial	Rosado	Rosado	Verde oscuro	Verde
	Naranja	Naranja		Amarillo claro
	Verde opaco claro	Verde		
Intermedia	Púrpura	SC	Rosado	Rosado
Profunda	Negro		Café	Negro
	Café claro			
	Café oscuro			
	Café			
Café oscuro				
Total capas	9	3	3	4

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 granular.

7.2.2.6 Sector Tilopozo

El sector presentó cuerpos de agua profundos, variada biota y abundante vegetación. La presencia del componente tapete microbiano en esta área no se registró en ninguno de los tres puntos de monitoreo definidos.

7.2.2.6.1 Punto de Monitoreo TB-1

Este sistema se caracteriza por presentar una laguna con columna de agua transparente, presencia de mamíferos (burros) insectos, fauna íctica y gran desarrollo de vegetación terrestre (**Fotografía N° 7-82**). Luego de realizar una inspección visual del sector para evaluar la presencia de tapetes microbianos asociados a este sistema, se tomaron muestras de sedimento, que indicaron la ausencia de tapetes microbianos en este sector (**Fotografía N° 7-83**).

Fotografía N° 7-82. Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-83. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-1, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos.



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.6.2 Punto de Monitoreo TB-2

Esta zona presentó principalmente una formación de pajonal hídrico con pajas de porte alto. Se destaca que en la campaña Invierno 2017 esta zona presentó un cuerpo de agua somero, con presencia de vegetación (**Fotografía N° 7-84**), sin embargo, no exhibía

vegetación de pajonal con las características referidas. En el sector también se observó biota asociada, tales como insectos, arácnidos y algunas aves, además de residuos orgánicos y madrigueras. Se tomaron muestras de sedimento en áreas donde se visualizaba aguas superficiales. Estas muestras no mostraron presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-85**).

Fotografía N° 7-84. Punto de Monitoreo TB-2, Vegas de Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-85. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-2, Tilopozo. Se observa la ausencia de tapetes microbianos (izquierda). Columna de agua del sistema (Derecha).



Fuente: Elaboración propia

7.2.2.6.3 Punto de Monitoreo TB-3

Este sitio presentó una poza profunda con aguas transparentes, fauna íctica, vegetación flotante y profunda, el área circundante exhibe algunas madrigueras y fauna asociada (aves, insectos) (**Fotografía N° 7-86**). Se observó además un sistema de bombeo emplazado a un costado de la poza.

Luego de la inspección visual de la zona, se tomaron muestras de sedimento en las cuales no se observó presencia de tapetes microbianos (**Fotografía N° 7-87**).

Fotografía N° 7-86. Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 7-87. Muestra de sedimento del Punto de Monitoreo TB-3, Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.7 Registro de microbialitos y evaporitas, verano 2018

A través de la identificación visual realizada en terreno, se sugiere la presencia de microbialitos en 2 puntos de monitoreo (LB-1, LP-23) (**Fotografía N° 7-88; Fotografía N° 7-89**) y evaporitas en 2 puntos de monitoreo (I-11, LP-24). La **Tabla N° 7-31** presenta el resumen de los registros considerando todos los puntos de monitoreo.

Tabla N° 7-31. Cuadro resumen del registro de Microbialitos y Evaporitas en los Puntos de Monitoreo, verano 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	-	-

Punto de Monitoreo	Registro visual	
	Microbialito	Evaporita
TB-3	-	-

+ = Presencia ; - = Ausencia

Fotografía N° 7-88. Estructura semejante a microbialito observado en laguna La Brava (LB-1)



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 7-89. Estructuras semejantes a microbialitos, observados en laguna La Punta (LP-23).



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 7-90. Estructuras semejantes a evaporitas, observados en laguna La Punta (LP-24) (Izquierda) y Laguna Interna (I-11) (Derecha).**7.2.2.8 Resultados Parámetros físico-químicos, verano 2018**

Los resultados de parámetros fisicoquímicos obtenidos en este estudio se resumen en la **Tabla N° 7-32**. Respecto a la salinidad el valor máximo se observó en Laguna La Brava (81,4 gr/Kg) y el mínimo en el Sector Tilopozo (2,2 gr/Kg).

Respecto al oxígeno disuelto analizado, los valores máximo y mínimo se detectaron en el Sector La Punta-La Brava, 34 mg/L y 0,7 mg/L. En relación a la temperatura, ésta fluctuó entre 14,2°C a 33,0°C. Respecto al pH el mayor valor (8,4) y menor valor (7,0) se presentó en el sector de La Punta-La Brava y Tilopozo, respectivamente. Referente al parámetro de turbiedad el valor máximo se registró en el Sector Peine, Laguna Salada (40 UNT) y el valor mínimo en Tilopozo (0,35 UNT). Respecto a la radiación esta presentó un valor máximo de 2,98 MJ/m².

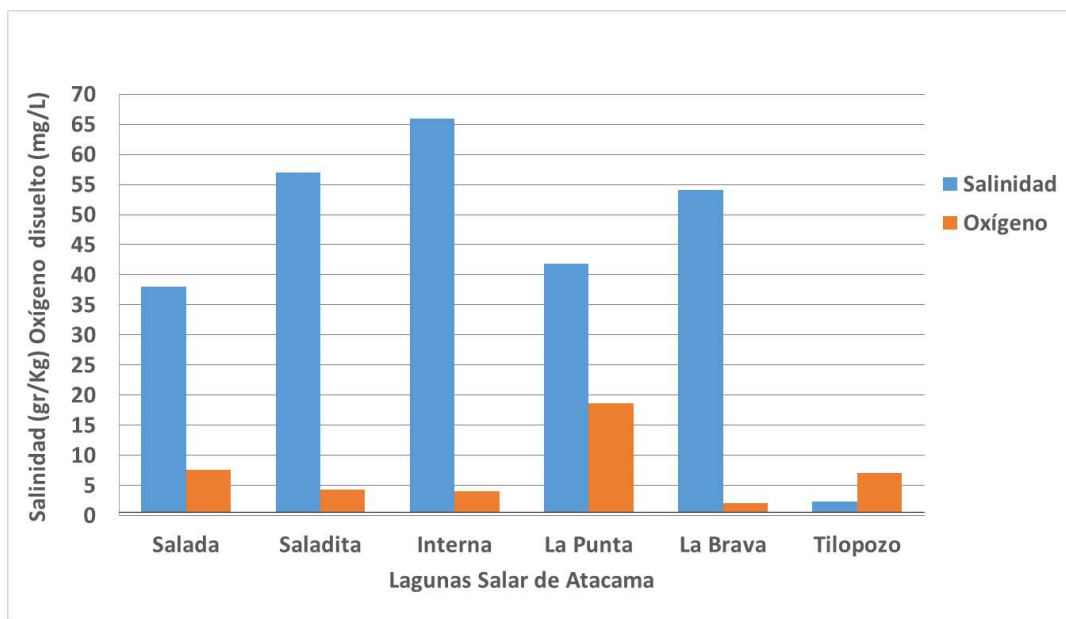
Los valores promedios de salinidad y oxígeno de los sistemas lagunares se observan en la **Figura N° 7-10**. En el sistema Peine la mayor salinidad y menor concentración de oxígeno se observa en Laguna Interna. En el Sistema La Punta-La Brava la salinidad es mayor en Laguna La Brava en relación a Laguna La Punta. A su vez, la concentración de oxígeno en Laguna La Brava es menor respecto a Laguna La Punta.

Tabla N° 7-32. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de los Puntos de Monitoreo, Salar de Atacama (E.M. = Estación Meteorológica, registro de radiación solar total). Verano 2018.

Salar de Atacama Sector	Estación Monitoreo	Hora	Oxígeno mg/L	pH	Temperatura °C	Conductividad µs/cm	Salinidad gr/Kg	Turbiedad UNT	Radiación Solar Total Salar de Atacama E.M.	
									Hora	MJ/m ²
Sector Peine	S-5	9:50	2,1	8,3	7,4	42.580	21	5,4	10:00	1,135902
	S-6a	10:45	2,3	10,0	14,2	39.800	20	9,0	11:00	1,786257
	S-9	11:40	2,6	8,3	18,7	30.600	15	8,6	12:00	2,304226
	SA-25	13:18	3,3	9,4	17,2	53.700	26	13	13:00	2,684657
	S-10	14:35	3,2	9,0	24,5	52.980	25	50	14:00	2,861157
	S-11	15:15	2,9	10,0	25,2	53.930	27	19	15:00	2,780668
	I-11	16:30	2,6	9,3	25,1	55.000	27	45	16:00	2,466794
I-17	17:05	2,1	8,6	23,8	72.920	36	7,0	17:00	1,940089	
Sector La Punta y La Brava	LP-23	10:25	2,0	8,3	15,4	60.750	30	1,5	10:00	1,139404
	LP-24	11:15	2,4	8,6	13,3	66.090	32	1,4	11:00	1,791931
	LB-1	12:55	1,7	8,1	18,1	128.600	63	1,6	13:00	2,717772
	LB-2	13:28	1,6	8,2	23,0	129.500	63	1,6	14:00	2,867101
	LB-3	14:45	3,9	8,6	29,3	29.830	15	1,6	15:00	2,765571
Sector Tilopozo	TB-1	11:16	3,7	6,9	25,4	4.305	2	0,2	11:00	1,794272
	TB-2	12:30	4,9	7,9	13,8	4.455	2	2,0	12:00	2,337147
	TB-3	13:50	3,5	8,1	25,6	4.210	2	0,9	14:00	2,888447

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 7-10. Gráfico de parámetros de salinidad y oxígeno disuelto promedio en Lagunas del Salar de Atacama. Verano 2018.



Fuente: Elaboración propia

8 SUELO O SUSTRATO

En el presente informe de seguimiento ambiental, se indican las actividades y resultados obtenidos en el monitoreo semestral de invierno 2017 y verano 2018, para la subcomponente ambiental suelo – sustrato.

Las variables ambientales asociadas que caracterizan esta subcomponente y que son objeto de seguimiento, corresponden a características físicas y químicas del suelo, según los parámetros a monitorear establecidos en la RCA del Proyecto.

El periodo reportado en el presente informe anual se enmarca entre los días 08 y 12 de agosto de 2017, fechas entre las que se llevó a cabo el monitoreo semestral de invierno, llamado en adelante Monitoreo 3 (M3), como también la campaña semestral de verano, realizada entre los días 28 y 31 de Marzo del 2018, denominada en adelante Monitoreo 4 (M4).

Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada**, por encargo del Titular del Proyecto. Apoyado para análisis físico-químico de las muestras de

suelo, por dos laboratorios que cuentan con acreditación ETFA, un terceros acreditado ante la Comisión Nacional de Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y del Servicio agrícola y Ganaderos, y el último (y cuarto) que corresponde al laboratorio de física de suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Chile. El detalle de cada una de estas entidades se indican en la **Tabla N° 2-2. Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis** 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 redepósito 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 **Figura N° 8-1** se presenta la ubicación de los puntos y en la **Tabla N° 8-1** las coordenadas UTM. Tanto en la tabla 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 **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 una calicata, y el área de extracción para los monitoreos anteriores, queda como zona alterada, en consecuencia, las muestras de los monitoreos posteriores deben ser tomadas en sectores sin intervención antrópica, por lo que, estos

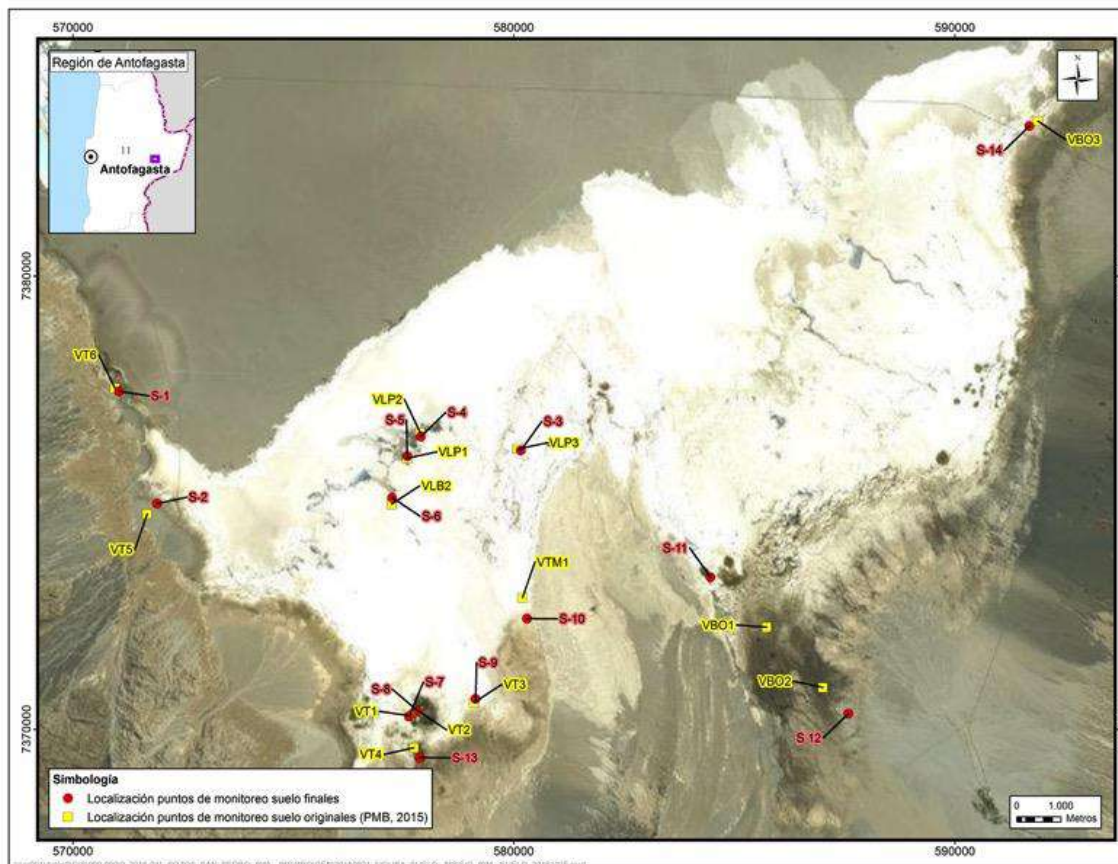
puntos, se desplazan respecto a los anteriores, siendo esta distancia en terreno inferior a 1 m., esto con el fin de que la variación del suelo sea la mínima posible. Aun cuando, las coordenadas determinadas mediante navegador GPS son mayores, esto es debido al margen de error normal propio del instrumento utilizado.

Tabla N° 8-1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84-Huso 19S), originales. Posición final Monitoreos 3 y 4, 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 a 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

Parámetro	Unidad medida
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 75 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)

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 Acreditación SMA empresas ETFAs y Anexo 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 esta subcomponente.

Tabla N° 8-3. Parámetros evaluados y método de análisis. Componente Suelo.

Parámetro	Laboratorio	Método de análisis
Conductividad eléctrica (µS/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

Parámetro	Laboratorio	Método de análisis
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 a 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, Céspedes y Osorio (2001)

Tabla N° 8-7. Niveles de Fosforo (mg/kg)

Categoría	Rango
Muy bajo	$\leq 5,0$
Bajo	5,1 a 10
Medio	10,1 a 20
Alto	20,1 -a 30
Muy alto	$\geq 30,1$

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)

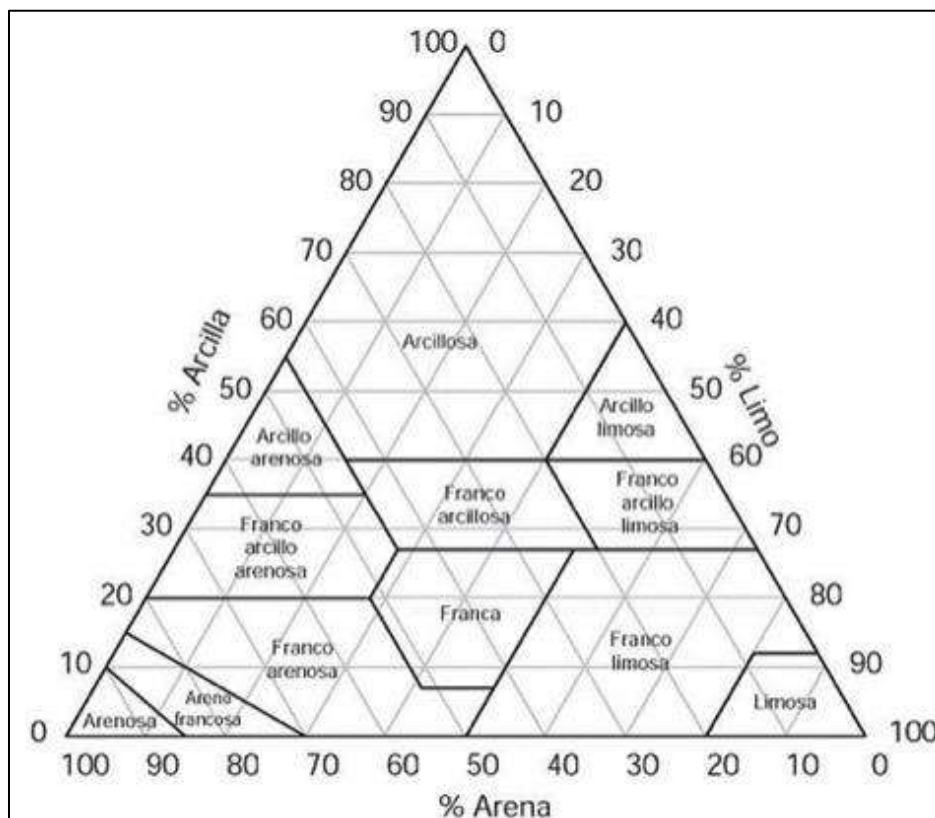
Velocidad	Rango
Muy baja	< 0,0036
Baja	0,0036 ≤ 0,036
Moderadamente baja	0,036 ≤ 0,360
Moderadamente alta	0,360 ≤ 3,6
Alta	3,6 ≤ 36
Muy alta	≥ 36

Fuente: USDA. 2012

Tabla N° 8-11. Tamaño de partículas que determina la textura del suelo

Clasificación	Rango del diámetro de partículas	
	mm	µm
Arena muy gruesa	2-1	2000-1000
Arena gruesa	1,0- 0,5	1000-500
Arena media	0,5 - 0,25	500-250
Arena fina	0,25 - 0,1	250-100
Arena muy fina	0,1 - 0,05	100-50
Limo grueso	0,05 - 0,02	50-20
Limo fino	0,02 – 0,002	20-2
Arcilla	<0,002	<2

Fuente: USDA 2012.

Figura N° 8-2. Clases texturales del suelo.

Fuente: Soil Survey Staff. 1993.

8.1.4.3 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.

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

La **campana de invierno de suelos (Monitoreo 3)**, se realizó entre los días **8 y 12 de agosto del 2017**. Las muestras para análisis de humedad, textura, nitrógeno, fósforo y potasio, se ingresaron al laboratorio de SGS-Calama, el día 14 de agosto del 2017. Para los análisis de conductividad eléctrica y pH, las muestras fueron ingresadas a los laboratorios de ALS el día 17 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 laboratorio se debe a los tiempos requeridos para el traslado de las muestras de Calama a Santiago.

La campaña de verano suelos (Monitoreo 4), se realizó entre los días 28 y 31 de marzo del 2018. Las muestras para análisis de humedad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, se ingresaron al laboratorio de SGS-Calama, el día 2 de abril del 2018. Para los análisis de conductividad eléctrica y pH, las muestras fueron ingresadas a los laboratorios de ALS el día 5 de abril de 2018.

Para los análisis de salinidad y textura, las muestras fueron ingresadas a AGROLAB el día 5 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 2017

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. Invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Este suelo S1 presenta en superficie un horizonte salino, duro de una potencia de 0 a 9 cm. Bajo éste se presenta otro (S1-1) de potencia de 25 cm (9 – 34 cm, que corresponde a S 1-1) de textura franco arenosa, con una humedad que asciende a 6,5%, y con valores de NPK de 9 mg/kg, 6 mg/kg y 1.621,5 mg/kg, es decir, muy bajo, bajo y alto, respectivamente de acuerdo a los rangos indicados previamente. Los datos y resultados se presentan en **Tabla N° 8-12**).

La materia orgánica para todos los estratos es muy baja (< 0,1%). En el caso de S1-1, se tiene una conductividad eléctrica de 8.880 $\mu\text{S}/\text{cm}$, correspondiendo a un suelo muy salino, donde la cantidad de sales es de 64.722 mg/kg, de pH ligeramente alcalino (8,9), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 20,9 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-12**).

En profundidad (34 - 64 cm), estrato S1-2, se presenta un horizonte de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-3**), con una humedad que asciende a 13,7%, donde el NPK se encuentra en valores de 2 mg/kg, 9,6 mg/kg y 2.605,2 mg/kg, es decir, muy bajo, bajo y alto respectivamente. Este horizonte presenta un concentración inferior a 0,1% de materia orgánica (muy bajo), el pH es ligeramente alcalino (8,6), suelos salinos (C.E. 5.750 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con una concentración de sales solubles de 33.258 mg/kg (**Tabla N° 8-12**). La conductividad hidráulica (permeabilidad) de este horizonte S1-2, asciende a 35,2 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración es también alta (**Tabla N° 8-12**).

Tabla N° 8-12. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Invierno 2017.

Punto muestreo	S-1	S 1-1	S 1-2
Profundidad (cm)	0 - 9	9-34	34 - 64
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	8.880	5.750
MO (%)	-	< 0,1	< 0,1
pH	-	8,9	8,6
Salinidad (mg/kg)	-	64.722	33.258
N (mg/kg)	-	9	2
P (mg/kg)	-	6	9,6
K (mg/kg)	-	1.621,50	2.605,20
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	20,9	35,2
Humedad (%)	-	6,5	13,7
Textura	-	Franco arenoso	Franco arenoso

Fotografía N° 8-3. Vista general perfil punto de muestreo S 1, invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-2) Punto de Muestreo S 2 (VT5)

Suelo que corresponde a terrenos planos, sin pedregosidad superficial y con vegetación que conforma manchones de *Distichlis spicata*, heterogéneamente distribuidos (**Fotografía N° 8-4**).

Fotografía N° 8-4. Vista general punto de muestreo S 2. Invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil de suelo que presenta en superficie (0 a 22 cm, S 2-1) abundantes afloramientos salinos (**Fotografía N° 8-5**), cuya textura corresponde a franco arenosa, con una humedad que asciende a 12,7%, y con valores de NPK de 15 mg/kg, 43,8 mg/kg y 4.105 mg/kg, es decir, concentraciones baja, muy alta y alta, respectivamente.

Para todo el estrato, la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), suelo muy salino en S2-1 (C.E. 11.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y la concentración de sales solubles es de 71.300 mg/kg, y de pH ligeramente alcalino (8,7), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 112,7 cm/h lo que determina que la velocidad de infiltración sea muy alta (**Tabla N° 8-13**).

Bajo el primer horizonte se presenta otro entre los 22 y 69 cm (S 2-2) (**Fotografía N° 8-5**), de textura franco limoso, con una humedad que asciende a 20,8%. Los valores de NPK se encuentran en valores de 6 mg/kg, 9,5 mg/kg y 3.084,8 mg/kg, equivalente a valores muy bajo, bajo y alto respectivamente. Este horizonte S2-2 presenta un porcentaje inferior a 1% de materia orgánica (muy bajo), un pH moderadamente básico (8,3), suelo salino (C.E. 4.010 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una concentración de sales solubles de 15.566 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 31 cm/h, equivalente a un suelo que presenta una velocidad de infiltración alta.

A partir de los 69 cm, se observa un estrato salino arenosos grueso, extremadamente duro (**Fotografía N° 8-5**).

Tabla N° 8-13. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 2-1	S 2-2	S-2
Profundidad (cm)	0 - 22	22 - 69	69 y más
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11.000	4.010	-
MO (%)	< 0,1	< 0,1	-
pH	8,7	8,3	-
Salinidad (mg/kg)	71.300	15.566	-
N (mg/kg)	15	6	-
P (mg/kg)	43,8	9,5	-
K (mg/kg)	4.105	3.084,80	-
Conductividad hidráulica (cm/h)	112,7	31	-
Humedad (%)	12,7	20,8	-
Textura	Franco arenoso	Franco limoso	-

Fotografía N° 8-5. Vista general perfil punto de muestreo S 2, invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-3) Punto de Muestreo S 7 (VT1)

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y la cobertura de la vegetación varía entre 25 y 50%, constituida mayoritariamente por *Distichlis spicata* (Fotografía N° 8-6).

Fotografía N° 8-6. Vista general punto de muestreo S 7. Invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

El perfil de este suelo S 7 está conformado en superficie por un estrato salino entre los 0 a 5 cm, bajo éste se presenta otro estrato, entre los 5 a 20 cm (S 7-1) (**Fotografía N° 8-7**), cuya textura es franca, con una humedad de 49,9%, y los nutrientes (NPK) se presentan en 4 mg/kg, 2,9 mg/kg y 7.445,3 mg/kg., es decir, muy bajo, muy bajo y alto. La materia orgánica es muy alta (6,3%) cuya explicación está dada porque esta corresponde al área de mayor acumulación de restos vegetales, como también de alta presencia de raíces. El pH es moderadamente básico (8,3), suelo extremadamente salinos (C.E. 19.240 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 61.741 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 73,0 cm/h, determinando que el suelo presente una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-14**).

Entre los 20 a 51 cm. y más (S 7-2), se presenta un horizonte franco limoso (**Fotografía N° 8-7**), duro; cuya humedad asciende a 51,6%. Los nutrientes (NPK) presentan valores que ascienden a 17, 2,1 y 1.275,5 mg/kg, equivalente a valores bajo, muy bajo y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es normal (2%), presenta suelos ligeramente alcalino (pH 8,5) y salino (C.E. 4.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con una concentración de sales que asciende a 16.737 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 127,9 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-14**).

Tabla N° 8-14. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 7	S 7-1	S 7-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 20	20 - 51
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	19.240	4.120
MO (%)	-	6,3	2
pH	-	8,3	8,5
Salinidad (mg/kg)	-	61.741	16.737
N (mg/kg)	-	4	17
P (mg/kg)	-	2,9	2,1
K (mg/kg)	-	7.445,30	1.275,50
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	73	127,9
Humedad (%)	-	49,9	51,6
Textura	-	Franco	Franco limoso

Fotografía N° 8-7. Vista general perfil punto de muestreo S 7, invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-4) Punto de Muestreo S 8 (VT2)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial, con un nivel freático a los 26 cm. y con una cobertura vegetal muy densa, destacando la presencia de *Juncus balticus*, *Schoenoplectus californicus* y en menor proporción *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-8**).

Fotografía N° 8-8. Vista general punto de muestreo S 8. Invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia

En S 8, entre los 0 a 5 cm. se presenta un colchón de raíces, y entre los 5 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 franco limosa, con una humedad de 69,4%, y NPK en valores que ascienden a 16, 8,9 y 1.902,7 mg/kg., es decir, bajo, bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (21,3%), determinada por la abundante presencia de restos vegetales como también raíces funcionales, el pH es moderadamente básico (8,4), suelos salino (5.240 $\mu\text{S}/\text{cm}$) determinado por una concentración de sales que asciende a 15.910 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 23,0 cm/h., es decir, con velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-15**).

En profundidad, horizonte S 8-2, se presenta un segundo horizonte (19 - 45 y más), correspondiendo a una sucesión de estratos franco, con abundante presencia de restos vegetales descompuestos y semi descompuestos (**Fotografía N° 8-9**) y humedad de un 48,1%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 14, 157,1 y 1.083,7 mg/kg., es decir, bajo, muy alto y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (5,9%), con pH ligeramente alcalino (8,5), suelos no salino (1.632 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con una concentración de sales solubles que asciende a 11.390 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 146,7 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-15**).

Tabla N° 8-15. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Invierno 2017.

Punto muestreo	S-8	S 8-1	S 8-2
Profundidad (cm)	0 -5	5 - 19	19 - 45
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	5.240	1.632
MO (%)	---	21,3	5,9
pH	---	8,4	8,5
Salinidad (mg/kg)	---	15.910	11.390
N (mg/kg)	---	16	14
P (mg/kg)	---	8,9	157,1
K (mg/kg)	---	1.902,70	1.083,70
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	23	146,7
Humedad (%)	---	69,4	48,1
Textura	---	Franco limoso	Franca

Fotografía N° 8-9. Vista general perfil punto de muestreo S 8, invierno 2017.

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**).

Fotografía N° 8-10. Vista general punto de muestreo S 9. Invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 10 cm. se presenta un estrato salino y suelto, desde los 10 a los 30 cm (S 9-1), se presenta un horizonte de textura franca (**Fotografía N° 8-11**), con una humedad que asciende a 58,2%, con un NPK se presenta en valores de 14, 3,1 y 1.751,5 mg/kg, respectivamente, siendo considerados bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), pH es moderadamente básico (8,2), suelo ligeramente salino (2.740 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dada la concentración de sales que asciende a 14.815 mg/kg (**Tabla N° 8-16**). Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 27,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta.

En profundidad se presenta un segundo horizonte S 9-2, de 30 a 45 cm, correspondiendo a un horizonte de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-11**), la humedad es de 47,5%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 13, 4,2 y 2.444 mg/kg, considerados bajo, muy bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), pH es moderadamente básico (8,2), ligeramente salino (2.710 $\mu\text{S}/\text{cm}$) determinado por una concentración de sales que asciende a 11.158 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 228 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-16**).

Tabla N° 8-16. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Invierno 2017.

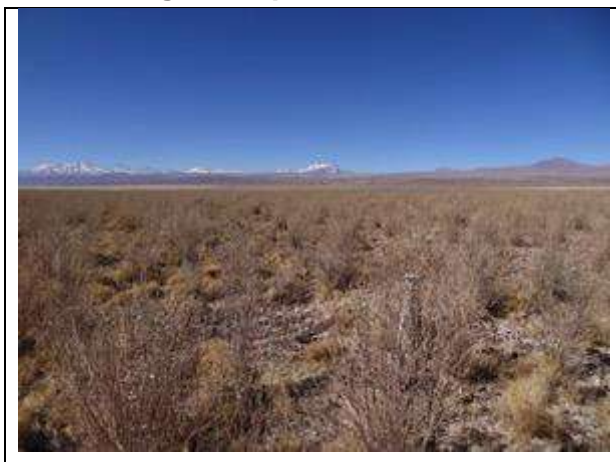
Punto muestreo	S – 9	S 9-1	S 9-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10 - 30	30 - 45
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	2.740	2.710
MO (%)	---	< 0,1	< 0,1
pH	---	8,2	8,2
Salinidad (mg/kg)	---	14.815	11.158
N (mg/kg)	---	14	13
P (mg/kg)	---	3,1	4,2
K (mg/kg)	---	1751,5	2.444,00
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	27,3	228
Humedad (%)	---	58,2	47,5
Textura	---	Franca	Franco arenoso

Fotografía N° 8-11. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

a-6) Punto de Muestreo S 13 (VT4)

Suelo de topografía suavemente inclinada, sin pedregosidad superficial y cobertura de la vegetación entre 50 a 75%, donde dominan *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata* y el nivel freático se presenta a los 46 cm.

Fotografía N° 8-12. Vista general punto de muestreo S 13. Invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un estrato salino duro entre los 0 a 12 cm. A partir de los 12 hasta los 35 cm (S13-1), existe un horizonte de textura franco limosa (**Fotografía N° 8-13**), cuya humedad es de 31,9%, y los valores de NPK, corresponden a 15, 12,4 y 2.297,0 mg/kg., siendo bajo, medio y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,2), el suelo es salino (C.E. 7.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) debido a la cantidad de sales, la cual asciende a 49.322 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 266,3 cm/h. es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-17**).

Bajo los 35 cm. y hasta los 65 (S 13-2), existe un horizonte de textura franco arcillo limosa (**Fotografía N° 8-13**) en el cual la humedad es de 36,4%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 27, 8,7 y 2.240,3 mg/kg., considerados medio, bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,4), suelo ligeramente salino (C.E. 2.080 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dada la concentración de sales que asciende a 8.545 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 0,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración moderadamente alta (**Tabla N° 8-17**).

Tabla N° 8-17. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 13	S 13-1	S 13-2
Profundidad (cm)	0 - 12	12 - 35	35 - 65
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	7.700	2.080
MO (%)	-	< 0,1	< 0,1
pH	-	8,2	8,4
Salinidad (mg/kg)	-	49.322	8.454
N (mg/kg)	-	15	27
P (mg/kg)	-	12,4	8,7
K (mg/kg)	-	2.297,00	2.240,30
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	266,3	0,8
Humedad (%)	-	31,9	36,4
Textura	-	Franco limoso	Franco arcillo limosa

Fotografía N° 8-13. Vista general perfil punto de muestreo S 13, invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

b) Sector La Punta-La Brava

b-1) Punto de Muestreo S 3 (VLP3)

Suelo de topografía plana, en superficie se presenta un estrato salino y con vegetación asociada principalmente a cursos de agua permanentes, donde destacan *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa* (**Fotografía N° 8-14**). El nivel freático se encuentra a los 38 cm (**Fotografía N° 8-15**).

Fotografía N° 8-14. Vista general punto de muestreo S 3. Invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil que en superficie presenta un horizonte salino suelto de una potencia de 17 cm, entre los 17 y 33 cm se presenta un segundo horizonte (S 3-1), de textura franca (**Fotografía N° 8-15**), con una humedad que alcanza a 57,1% y los valores de NPK son 4, 7,9 y 2.311 mg/kg, es decir, valores muy bajo, bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-18**). La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), suelo salino (C.E. 5.100 μ S/cm), la concentración de sales asciende a 24.841 mg/kg, y el pH es moderadamente básico (8,0), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 33,5 cm/h, lo que determina que la permeabilidad del suelo sea alta (**Tabla N° 8-18**).

Bajo el horizonte anterior se presenta S 3-2, entre los 33 a 60 cm. y más (**Fotografía N° 8-15**), cuya textura es franca y la humedad asciende a 61,2%; en este estrato el NPK se encuentra en valores de 7; 5,5 y 1.650 mg/kg, considerado muy bajo, bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-18**). Este horizonte presenta un 1,7 % de materia orgánica (bajo), un pH moderadamente básico (8,0), siendo un suelo salino (C.E. 4.010 μ S/cm), con una concentración de sales de 23.231 mg/kg. y una conductividad hidráulica

(permeabilidad) de 11,8 cm/h, por lo que la permeabilidad del suelo es alta (**Tabla N° 8-18**).

Tabla N° 8-18. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 3	S 3-1	S 3-2
Profundidad (cm)	0 - 17	17 - 33	33 - 60
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	-	5.100	4.010
MO (%)	-	< 0,1	1,7
pH	-	8	8
Salinidad (mg/kg)	-	24.841	23.231
N (mg/kg)	-	4	7
P (mg/kg)	-	7,9	5,5
K (mg/kg)	-	2.311	1.650
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	33,5	11,8
Humedad (%)	-	57,1	61,2
Textura		Franca	Franca

Fotografía N° 8-15. Vista general perfil punto de muestreo S 3, invierno 2017.



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 12 cm. (**Fotografía N° 8-16**).

Fotografía N° 8-16. Vista general punto de muestreo S 4, invierno 2017.



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 44,6%, y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 100,8 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta. El NPK se presenta en valores de 2, 15,7 y 2.539,5 mg/kg, es decir muy bajo, medio y alto, respectivamente. En éste la materia orgánica es muy alta (3,6%), el pH es ligeramente alcalino (8,6), es ligeramente salino (C.E. 2.170 μ S/cm) y con una concentración de sales de 15.705 mg/kg. (**Tabla N° 8-19**).

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 46,5% y con un NPK disponible se presenta en valores de 4, 13,8 y 1.707,9 mg/kg, es decir, muy bajo, medio y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es alta (3,5%) y el pH es moderadamente básico (8,4), suelo ligeramente salino (C.E. 2.350 μ S/cm) y con una concentración de sales solubles de 18.417 mg/kg, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 64,9 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-19**).

Tabla N° 8-19. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 4	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 – 14	14 - 65
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	2.170	2.350
MO (%)	-	3,6	3,5
pH	-	8,6	8,4
Salinidad (mg/kg)	-	15.705	18.417
N (mg/kg)	-	2	4
P (mg/kg)	-	15,7	13,8
K (mg/kg)	-	2.539,50	1.707,90
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	100,8	64,9
Humedad (%)	-	44,6	46,5
Textura	Arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso

Fotografía N° 8-17. Vista general perfil punto de muestreo S 4, invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

b-3) *Punto de Muestreo S 5 (VLP1)*

Suelo de topografía plana con presencia de abundante agua en superficie, la vegetación es muy escasa, la que conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, y que se presentan dispersas heterogéneamente en el área (**Fotografía N° 8-18**).

Fotografía N° 8-18. Vista general punto de muestreo S 5. Invierno 2017.



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 38,9%. Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 6; 27,1 y 2.499,9 mg/kg, es decir, muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,9%), el pH es ligeramente alcalino (8,8), no salino (C.E. 1.741 μ S/cm), con una concentración de sales solubles que asciende a 9.711 mg/kg, y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.295,3 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-20**).

Entre los 5 y 43 cm (S 5-2) se presentan un horizonte franco arenoso, con una humedad de 43,5%, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 19,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta, y el NPK se presenta en valores de 13; 12,9 y 2.764,6 mg/kg, es decir, bajo, medio y alto. Mientras que, la materia orgánica se encuentra en el rango normal (2,0%), con un pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (C.E. 3.750 μ S/cm), y una concentración de sales solubles de 17.684 mg/kg (**Tabla N° 8-20**).

El nivel freático se presenta a 5 cm de profundidad (**Fotografía N° 8-20**).

Tabla N° 8-20. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 43
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.741	3.750
MO (%)	1,9	2
pH	8,8	8,3
Salinidad (mg/kg)	9.711	17.684
N (mg/kg)	6	13
P (mg/kg)	27,1	12,9
K (mg/kg)	2.499,90	2.764,60
Conductividad hidráulica (cm/h)	1.295,30	19,7
Humedad (%)	38,9	43,5
Textura	Areno francosa	Franco arenoso

Fotografía N° 8-19. Vista general perfil de suelo punto de muestreo S 5, invierno 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Fotografía N° 8-20. Vista general calicata punto de muestreo S 5, nivel freático subsuperficial a 5 cm. Invierno 2017.



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, suelta, sin pedregosidad superficial y vegetación, de topografía suavemente inclinada y nivel freático a los 56 cm, (**Fotografía N° 8-21**).

Fotografía N° 8-21. Vista general punto de muestreo S 6. Invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta un horizonte de 10 cm. conformado por sales sueltas (

Fotografía N° 8-22). A partir de los 10 y hasta los 44 cm (S 6-1), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 60%, y los valores de NPK, corresponden a 9, 29,7 y 8.465,1 mg/kg., es decir, valores muy bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es normal (2,4%), el pH es moderadamente básico (8,2), suelo extremadamente salino (C.E. 18.310 μ S/cm), con una concentración de sales solubles es de 79.129 mg/kg. y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 6,5 cm/h, es decir, la velocidad de infiltración es alta (**Tabla N° 8-21**).

Entre los 44 y 70 cm. (S 6-2) (

Fotografía N° 8-22), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 79,1%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 9, 11,5 y 6.939,8 mg/kg, es decir muy bajo, medio y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy alta (10,1%) 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° 8-21**). Suelo con un pH moderadamente básico (8,0), muy salino (C.E. 12.570 μ S/cm) y una concentración de sales que asciende a 80.943 mg/kg. y la conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 0,2 cm/h, lo que determina una velocidad de infiltración moderadamente baja (**Tabla N° 8-21**).

Tabla N° 8-21. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 6	S 6-1	S 6-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10 - 44	44 - 70
C. E. (μ S/cm)	-	18.310	12.570
MO (%)	-	2,4	10,1

pH	-	8,2	8
Salinidad (mg/kg)	-	79.129	80.943
N (mg/kg)	-	9	9
P (mg/kg)	-	29,7	11,5
K (mg/kg)	-	8.465,10	6.939,80
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	6,5	0,2
Humedad (%)	-	60	79,1
Textura	-	Franco	Franco

Fotografía N° 8-22. Vista general perfil punto de muestreo S 6, invierno 2017.



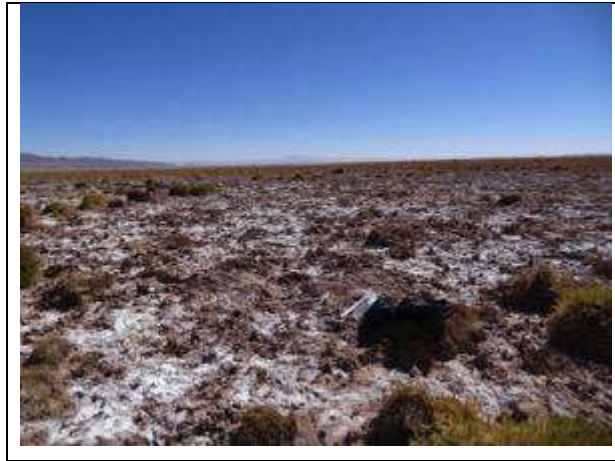
Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Peine

c-1) Punto de Muestreo S 10 (VTM1)

Suelo que presenta una topografía suavemente inclinada y sin vegetación, observándose algunos ejemplares aislados de *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. Invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina con abundante limo, entre los 0 a 9 cm (**Fotografía N° 8-24**), extremadamente duro. A partir de los 9 y hasta los 20 cm (S 10-1), existe un horizonte de textura franco arenosa, con una humedad de 22,2%, y los valores de NPK son 9, 24,6 y 935,2 mg/kg., es decir, muy bajo, alto y alto, respectivamente. Suelo con materia orgánica alta (3,3%), el pH es ligeramente alcalino (8,9), suelo extremadamente salino (C.E. 17.620 $\mu\text{S}/\text{cm}$) debido a la cantidad de sales solubles, la cual asciende a 67.935 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 156,5 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-22**).

Entre los 20 y 29 cm. (S 10-2) (**Fotografía N° 8-24**), existe un horizonte de textura arcillosa, en el cual la humedad es de 34,3%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 16, 16,3 y 4.809,1 mg/kg., es decir, concentraciones baja, media y alta, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,4), suelo muy salino (C.E. 8.260 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dado la concentración de sales solubles que asciende a 41.959 mg/kg., y con una conductividad hidráulica de 37,6 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-22**).

Tabla N° 8-22. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 10	S 10-1	S 10-2
----------------	------	--------	--------

Profundidad (cm)	0 - 9	9 - 20	20 - 29
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	17.620	8.260
MO (%)	-	3,3	< 0,1
pH	-	8,9	8,4
Salinidad (mg/kg)	-	67.935	41.959
N (mg/kg)	-	9	16
P (mg/kg)	-	24,6	16,3
K (mg/kg)	-	935,2	4.809,10
Conductividad hidráulica (cm/h)	-	156,5	37,6
Humedad (%)	-	22,2	34,3
Textura	-	Franco arenoso	Arcilloso

Fotografía N° 8-24. Vista general perfil punto de muestreo S 10, invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia

c-2) Punto de Muestreo S 11 (VB01)

Terreno suavemente inclinado, sin pedregosidad superficial, con nivel freático permanente a los 11 cm. y con una cobertura de la vegetación muy densa (100%), correspondiendo ésta a una pradera dominada exclusivamente por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-25**).

Fotografía N° 8-25. Vista general punto de muestreo S 11. Invierno 2017.

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 limosa, con una humedad que alcanza al 66,1%. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 214 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-23**). Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 10, 36,2 y 677,5 mg/kg., es decir, muy bajo, muy alto y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (7,1%), con un pH moderadamente básico (8,1), ligeramente salino (C.E. 2.680 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y una concentración de sales solubles que asciende a 8.302 mg/kg (**Tabla N° 8-23**).

Entre los 30 a 65 cm (S11-2) (**Fotografía N° 8-26**), se presentan un segundo estrato de textura franco arcillo limosa, en el cual la humedad es de 60,1%, con conductividad hidráulica (permeabilidad) de 378,5 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta y el NPK se presenta en valores de 6, 16,1 y 511,6 mg/kg., considerado niveles muy bajo, medio y adecuado de macroelementos, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (6,7%), con un pH moderadamente básico (8,1), ligeramente salino (C.E. 2.820 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinada por una concentración de sales solubles de 10.186 mg/kg (**Tabla N° 8-23**).

Tabla N° 8-23. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 -65
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2.680	2.820
MO (%)	7,1	6,7
pH	8,1	8,1
Salinidad (mg/kg)	8.302	10.186

N (mg/kg)	10	6
P (mg/kg)	36,2	16,1
K (mg/kg)	677,5	511,6
Conductividad hidráulica (cm/h)	214	378,5
Humedad (%)	66,1	60,1
Textura	Franco limoso	Franco arcillo limoso

Fotografía N° 8-26. Vista general perfil punto de muestreo S 11, nivel freático subsuperficial. Invierno 2017.



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. Invierno 2017.



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 33 cm. (S 12-1), se puede observar un horizonte conformado por sucesivas depositaciones de materiales medios y gruesos de texturas dominante areno francosa, con una humedad de 4%, el NPK disponible son 22, 3,3 y 340,6 mg/kg., considerados niveles medio, muy bajo y adecuado, respectivamente (**Tabla N° 8-24**). Suelos con materia orgánica muy baja (< 0,1%), pH ligeramente alcalino (8,5), salino (4.390 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dado por una concentración de sales solubles de 24.348 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 53,7 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta.

Entre los 33 y 61 cm (S 12-2), el horizonte es de textura dominante arenosa, con una humedad de 3,9%, el NPK disponible se presenta en valores de 21, 4,5 y 529 mg/kg., es decir, niveles medio, muy bajo y adecuado, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (< 0,1%), pH ligeramente alcalino (8,7), suelo muy salino (C.E. 9.040 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sales de 52.049 mg/kg., y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 99 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-24**).

Tabla N° 8-24. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Invierno 2017.

Punto muestreo	S 12-1	S 12-2
Profundidad (cm)	0 - 33	33 - 61
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4.390	9.040
MO (%)	< 0,1	< 0,1
pH	8,5	8,7
Salinidad (mg/kg)	24.348	52.049
N (mg/kg)	22	21
P (mg/kg)	3,3	4,5
K (mg/kg)	340,6	529
Conductividad hidráulica (cm/h)	53,7	99
Humedad (%)	4	3,9
Textura	Areno francoso	Arenoso

Fotografía N° 8-28. Vista general perfil punto de muestreo S 12, invierno 2017.

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, la cual forma agrupaciones de *Distichlis spicata* dispersas heterogéneamente (**Fotografía N° 8-29**).

Fotografía N° 8-29. Vista general punto de muestreo S 14. Invierno 2017.



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 36%, y el NPK se presentan en valores que ascienden a 6; 4,1; 284,1 mg/kg., considerado niveles muy bajo, muy bajo y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), pH moderadamente básico (8,3), ligeramente salino (3.620 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dado la concentración de sales solubles que ascienden a 13.050 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.153,3 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-25**).

Entre los 30 - 38 cm. (S 14-2), existe otro horizonte de textura franca (**Fotografía N° 8-30**), donde la humedad es de 55,9%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 10; 6,3; 2.079,7 mg/kg., considerado niveles muy bajo, bajo y alto (**Tabla N° 8-25**). En este horizonte S 14-2 donde la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), pH moderadamente básico (8,2), suelo salino (5.030 $\mu\text{S}/\text{cm}$) determinado por una concentración de sales que asciende a 19.147 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica de 6 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración moderadamente alta (**Tabla N° 8-25**).

El nivel freático se presenta a los 30 cm. (**Fotografía N° 8-30**).

Tabla N° 8-25. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Invierno

2017.

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 38
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3.620	5.030
MO (%)	< 0,1	< 0,1
pH	8,3	8,2
Salinidad (mg/kg)	13.050	19.147
N (mg/kg)	6	10
P (mg/kg)	4,1	6,3
K (mg/kg)	284,1	2.079,70
Conductividad hidráulica (cm/h)	1.153,30	6
Humedad (%)	36	55,9
Textura	Areno francoso	Franca

Fotografía N° 8-30. Vista general perfil punto de muestreo S 14, invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia

8.2.2 Resultados campaña de Verano 2018

8.2.2.1 Caracterización suelos

a) Sector de Tilopozo

a-1) *Punto de Muestreo S 1 (VT6)*

Suelo de topografía ligeramente plana, con escasa pedregosidad superficial (1 - 5%) 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 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Este suelo presenta en superficie un horizonte salino, duro, de una potencia de 9 cm. Bajo éste se presenta S 1-1, de potencia de 25 cm (9 – 34 cm) de textura franco arenosa (**Fotografía N° 8-32**), con una humedad que asciende a 12,1%, y con valores de NPK de 43, 10 y 3.140 mg/kg, es decir, niveles alto, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-26**). La materia orgánica es muy baja (<0,1%), con una conductividad eléctrica de 5.110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, correspondiendo a un suelo salino, donde la cantidad de sales solubles es de 28.098 mg/kg, el pH es ligeramente alcalino (8,9), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 8,9 cm/h, lo que determina que la velocidad promedio de infiltración sea alta (**Tabla N° 8-26**).

En profundidad (34 - 64 cm, S 1-2), se presenta un horizonte de textura franco arenosa con una humedad que asciende a 17,4%, en el cual NPK se encuentra en valores de 19, 6 y 2.585 mg/kg, es decir, bajo, bajo y alto, respectivamente. Horizonte que presenta un porcentaje inferior a 0,1% de materia orgánica (muy bajo), con un pH ligeramente alcalino (8,9), suelo salino (C.E. 4.760 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y con 18.541 mg/kg de sales solubles (**Tabla N° 8-26**).

La conductividad hidráulica (permeabilidad) de este horizonte asciende a 9,5 cm/h, lo que determina una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-26**).

Tabla N° 8-26. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 1. Verano 2018.

Punto muestreo	S-1	S 1-1	S 1-2
Profundidad (cm)	0 - 9	9 - 34	34 - 64
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	5.110	4.760
MO (%)	---	< 0,1	< 0,1
pH	---	8,9	8,9
Salinidad (mg/kg)	---	28.098	18.541
N (mg/kg)	---	43,0	19,0
P (mg/kg)	---	10,0	6,0
K (mg/kg)	---	3.140	2.585
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	8,9	9,5
Humedad (%)	---	12,1	17,4
Textura	---	Franco arenoso	Franco arenoso

Fotografía N° 8-32. Vista general perfil punto de muestreo S 1. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

a-2) Punto de Muestreo S 2 (VT5)

Suelo que corresponde a terrenos planos, sin pedregosidad superficial y con vegetación que conforma manchones de *Distichlis spicata*, los cuales se presentan distribuidos en forma heterogénea y con abundante salinidad en superficie (**Fotografía N° 8-33**).

Fotografía N° 8-33. Vista general punto de muestreo S 2. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil de suelo que presenta en superficie (0 a 22 cm, S 2-1) un estrato salino con inclusiones limo arenosas de hasta 2 cm de potencia (**Fotografía N° 8-34**), cuya textura es franco arenosa, con una humedad que asciende a 18,9%, y con valores de NPK de 35, 12 y 4.489 mg/kg, es decir, valores medio, medio y alto, respectivamente. Horizonte en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1 %), suelo muy salino (C.E. 10.280 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y con una concentración de sales solubles de 46.954 mg/kg, pH moderadamente básico (8,4), con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 11,6 cm/h., determinando una velocidad de infiltración promedio alta (**Tabla N° 8-27**).

Bajo este primer horizonte se presenta S 2-2, cuya potencia es de 47 cm (22 a 69 cm), de textura franco arenosa, con una humedad que asciende a 15,6%, donde el NPK se encuentra en valores de 40, 9 y 984 mg/kg, equivalente a valores medio, bajo y alto, respectivamente. Este horizonte presenta un porcentaje de materia orgánica inferior a 0,1 % (muy bajo), pH moderadamente básico (8,4), suelo ligeramente salino (C.E. 3.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una concentración de sales solubles de 7.717 mg/kg. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 820,5 cm/h, equivalente a un suelo que presenta una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-27**).

A partir de los 69 cm, se observa un estrato salino arenoso grueso, extremadamente duro.

Tabla N° 8-27. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 2. Verano 2018.

Punto muestreo	S 2-1	S 2-2	S 2-3
Profundidad (cm)	0 - 22	22 - 69	69 y más
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10.280	3.570	---
MO (%)	0,1	0,1	---
pH	8,4	8,4	---
Salinidad (mg/kg)	46.954	7.717	---

N (mg/kg)	35,0	40,0	---
P (mg/kg)	12,0	9,0	---
K (mg/kg)	4.489	984	---
Conductividad hidráulica (cm/h)	11,6	820,5	---
Humedad (%)	18,9	15,6	---
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso	---

Fotografía N° 8-34. Vista general perfil punto de muestreo S 2. Verano 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 fluctúa entre 25 a 50% (poco densa), la cual está constituida principalmente por *Distichlis spicata* (**Fotografía N° 8-35**).

Fotografía N° 8-35. Vista general punto de muestreo S 7. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

El perfil de este suelo está conformado en superficie por un estrato salino entre los 0 a 8 cm., bajo éste se presenta un segundo horizonte S 7-1, entre los 8 a 21 cm (**Fotografía N° 8-36**), de textura franca, con una humedad de 48,4%, y los nutrientes (NPK) se presentan en valores que ascienden a 58, 20, 4.701 mg/kg., es decir, concentraciones alta, media y alta. La materia orgánica es muy alta (4,3%), pH moderadamente básico (8,4), suelo muy salino (C.E. 15.000 μ S/cm), determinado por una concentración de sales que asciende a 40.224 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 714,9 cm/h, lo que implica una velocidad de infiltración del agua muy alta (**Tabla N° 8-28**).

Entre los 21 a 52 cm. (S 7-2) y más, se presenta un horizonte franco (**Fotografía N° 8-36**); cuya humedad asciende a 53,4% los nutrientes (NPK) presentan valores que ascienden a 13, 8 y 679 mg/kg., equivalente a valores bajo, bajo y adecuado, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (5,7%), pH ligeramente alcalino (8,8), suelo ligeramente salino (C.E. 2.450 μ S/cm), y una concentración de sales que alcanza los 8.274 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 96,6 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-28**).

Tabla N° 8-28. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 7. Verano 2018.

Punto muestreo	S 7	S 7-1	S 7-2
Profundidad (cm)	0 - 8	8 - 21	21 - 52
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	15.000	2.450
MO (%)	---	4,3	5,7
pH	---	8,4	8,8
Salinidad (mg/kg)	---	40.224	8.274
N (mg/kg)	---	58,0	13,0
P (mg/kg)	---	20,0	8,0
K (mg/kg)	---	4.701	679
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	714,9	96,6
Humedad (%)	---	48,4	53,4
Textura	---	Franca	Franca

Fotografía N° 8-36. Vista general perfil punto de muestreo S 7. Verano 2018.

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**).

Fotografía N° 8-37. Vista general punto de muestreo S 8. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 2 cm., se observa un colchón constituido por raíces y raicillas activas, bajo éste y hasta los 16 cm., se encuentra el horizonte S 8-1, se presenta un horizonte conformado por raíces y raicillas activas como también restos vegetales con distintos grados de descomposición (**Fotografía N° 8-38**), de textura franca, con una humedad de 62,2%, y el NPK se encuentran en valores que de 24, 72 y 4.213 mg/kg., es decir, valores medio, muy alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (9,8%), la cual está determinada por una abundante presencia de restos vegetales, el pH es ligeramente alcalino (8,5), suelo muy salino (9.030 $\mu\text{S}/\text{cm}$) el cual está determinado por una concentración de sales disueltas que asciende a 25.538 mg/kg, suelo que presenta una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 22,1 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Fotografía N° 8-38**).

En profundidad se presenta un tercer horizonte (16 a 40 y más, S 8-2), de textura franco arcillosa, con abundante presencia de restos vegetales descompuestos y semi descompuestos y humedad de 44,6%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 17, 41 y 1.201 mg/kg., es decir, bajo, muy alto y alto, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es muy alta (4,3%), pH ligeramente alcalino (8,6), no salino (1.261 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 5.457 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1,4 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración moderadamente alta (**Tabla N° 8-29**).

Tabla N° 8-29. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 8. Verano 2018.

Punto muestreo	S-8	S 8-1	S 8-2
Profundidad (cm)	0 - 2	2 - 16	16 - 40
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	9.030	1.261
MO (%)	---	9,8	4,3
pH	---	8,5	8,6
Salinidad (mg/kg)	---	25.538	5.457
N (mg/kg)	---	24,0	17,0
P (mg/kg)	---	72,0	41,0
K (mg/kg)	---	4.213	1.201
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	22,1	1,4
Humedad (%)	---	62,2	44,6
Textura	---	Franca	Franco arcilloso

Fotografía N° 8-38. Vista general perfil punto de muestreo S 8. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

a-5) *Punto de Muestreo S 9 (VT3)*

Suelo que presenta en superficie una costra salina, dura, sin pedregosidad superficial y vegetación, y de topografía plana (**Fotografía N° 8-39**).

Fotografía N° 8-39. Vista general punto de muestreo S 9. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Entre los 0 a 10 cm., se observa un horizonte constituido por sales, compactado en superficie y suelto en profundidad, desde los 10 a los 31 cm. (S 9-1), se presenta un horizonte franco limoso (**Fotografía N° 8-40**), cuya humedad asciende a 68,0%, y el NPK se presentan en valores de 22, 19 y 1.853 mg/kg, respectivamente, siendo considerado niveles medio, medio y alto, respectivamente. La materia orgánica es baja (1,7%), el pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (3.790 μ S/cm), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 12.457 mg/kg (**Tabla N° 8-30**). La permeabilidad corresponde a un valor muy alto, dada la velocidad de infiltración de 55,1 cm/h.

En profundidad se presenta un tercer horizonte (31 a 49 cm., S 9-2), siendo de textura franca (**Fotografía N° 8-40**), la humedad es de 46,2%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 9, 10 y 1.961 mg/kg, considerados muy bajo, bajo y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), pH moderadamente básico (8,4), suelo no salino (1.904 μ S/cm) determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 9.867 mg/kg, suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 190,2 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-30**).

A partir de los 49 cm (**Fotografía N° 8-40**), se presenta un estrato arenoso fuertemente compactado (duripan).

Tabla N° 8-30. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 9. Verano 2018.

Punto muestreo	S – 9	S 9-1	S 9-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10 - 31	31 - 49
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	3.790	1.904
MO (%)	---	1,7	0,1
pH	---	8,3	8,4
Salinidad (mg/kg)	---	12.457	9.867
N (mg/kg)	---	22,0	9,0
P (mg/kg)	---	19,0	10,0
K (mg/kg)	---	1.853	1.961
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	55,1	190,2
Humedad (%)	---	68,0	46,2
Textura	---	Franco limoso	Franco

Fotografía N° 8-40. Vista general perfil punto de muestreo S 9. Verano 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 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 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que entre los 0 y 6 cm., presenta un horizonte salino duro. A partir de los 6 hasta los 35 cm. (S 13-1), existe otro de textura franco limosa (

Fotografía N° 8-42), cuya humedad es de 30,7%, y los valores de NPK, son 30, 94 y 2.463 mg/kg., siendo medio, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es ligeramente alcalino (8,5), el suelo es salino (C.E. 6.210 μ S/cm) esto debido a la cantidad de sales solubles presentes, la cual asciende a 17.816 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 131,0 cm/h. es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-31**).

Entre los 35 y 60 cm. (S 13-2), existe un horizonte de textura franco limosa (**Fotografía N° 8-42**), en el cual la humedad es de 36,5%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 35, 7 y 1.658 mg/kg., considerados niveles medio, bajo y alto, respectivamente. Suelo en el cual, la materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,4), suelo ligeramente salino (C.E. 2.510 μ S/cm), esto dado la concentración de sales solubles que asciende a 6.944 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 24,6 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-31**).

Tabla N° 8-31. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 13. Verano 2018.

Punto muestreo	S 13	S 13-1	S 13-2
Profundidad (cm)	0 - 6	6 - 35	35 - 60
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	6.210	2.510
MO (%)	---	0,1	0,1
pH	---	8,5	8,4
Salinidad (mg/kg)	---	17.816	6.944
N (mg/kg)	---	30,0	35,0
P (mg/kg)	---	94,0	7,0
K (mg/kg)	---	2.463	1.658
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	131,0	24,6
Humedad (%)	---	30,7	36,5
Textura	---	Franco limoso	Franco limoso

Fotografía N° 8-42. Vista general perfil punto de muestreo S 13. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

b) Sector La Punta-La Brava

b-1) Punto de Muestreo S 3 (VLP3)

Suelo de topografía plana, en superficie se presenta un estrato salino y con vegetación asociada principalmente a cursos de agua permanentes, donde destacan *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa* (**Fotografía N° 8-43**). El nivel freático se encuentra a los 38 cm (**Fotografía N° 8-44**).

Fotografía N° 8-43. Vista general punto de muestreo 3 (S 3). Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que entre los 0 a 9 cm., presenta un horizonte compactado constituido mayoritariamente por sales, bajo éste y hasta los 28 cm. se observa otro de igual constitución, pero suelto.

Entre los 28 y 48 cm., existe un tercer horizonte (S 3-1), de textura franca (**Fotografía N° 8-44**), con una humedad que alcanza a 58,4% y los valores de NPK son 19, 7 y 2.721 mg/kg, es decir, valores bajo, bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-32**). La materia orgánica es muy baja (<0,1 %), suelo salino (C.E. 5.360 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la concentración de sales solubles asciende a 20.386 mg/kg, y el pH es moderadamente básico (8,1), presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 27,5 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración sea alta (**Tabla N° 8-32**).

Bajo el horizonte anterior se presenta otro, entre los 48 a 75 cm. (S 3-2) y más (**Fotografía N° 8-44**), cuya textura es franca y la humedad asciende a 65,6%; en este estrato el NPK se encuentra en valores de 14, 5 y 2.464 mg/kg, considerado bajo, muy bajo y alto, respectivamente (**Tabla N° 8-32**).

Este horizonte presenta un 2% de materia orgánica (normal), un pH moderadamente básico (8,2), siendo un suelo salino (C.E. 4.550 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dado por una concentración de sales solubles de 20.880 mg/kg, presentando una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 1.461,9 cm/h, lo que hace que la velocidad de infiltración sea muy alta (**Tabla N° 8-32**).

Tabla N° 8-32. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 3. Verano 2018.

Punto muestreo	S 3	S 3	S 3-1	S 3-2
Profundidad (cm)	0 - 9	9 - 28	28 - 48	48 - 75
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	---	5.360	4.550
MO (%)	---	---	0,1	2,0
pH	---	---	8,1	8,2
Salinidad (mg/kg)	---	---	20.386	20.880
N (mg/kg)	---	---	19,0	14,0
P (mg/kg)	---	---	7,0	5,0
K (mg/kg)	---	---	2.721	2.464
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	---	27,5	1.461,9
Humedad (%)	---	---	58,4	65,6
Textura	---	---	Franco	Franco

Fotografía N° 8-44. Vista general perfil punto de muestreo S 3. Verano 2018.

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 en sectores deprimidos, vegetación muy escasa, la cual conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, y estas se presentan dispersas heterogéneamente en el área, y con nivel freático a los 12 cm (**Fotografía N° 8-45**).

Fotografía N° 8-45. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado en superficie por un horizonte entre los 0 a 4 cm. de textura arenosa gruesa (**Fotografía N° 8-46**). Entre los 4 a 14 cm. (S 4-1) se presenta otro franco arenoso, con una humedad de 39,3%, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 672,2 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta. El NPK se presenta en valores de 10, 8 y 2.209 mg/kg, es decir valores muy bajo, bajo y alto, respectivamente. En éste, la materia orgánica es baja (1,1 %), el pH es ligeramente alcalino (8,8), suelo ligeramente salino (C.E. 2.610 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y una concentración de sales solubles de 22.153 mg/kg. (**Tabla N° 8-33**).

Entre los 14 cm a 65 cm (S 4-2) y más (**Fotografía N° 8-46**), se observa un horizonte de textura areno francosa, cuya humedad asciende a 45,5% y el NPK se presenta en valores de 24, 10 y 2.174 mg/kg, es decir, concentraciones media, baja y alta, respectivamente. Mientras que, la materia orgánica es normal (2,1%) y el pH moderadamente básico (8,4), suelo salino (C.E. 4.780 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por un concentración de sales solubles de 14.416 mg/kg, y con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 180,8 cm/h, es decir, que la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-33**).

Tabla N° 8-33. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 4. Verano 2018.

Punto muestreo	S 4	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 - 14	14 - 65
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	2.610	4.780
MO (%)	---	1,1	2,1
pH	---	8,8	8,4
Salinidad (mg/kg)	---	22.153	14.416
N (mg/kg)	---	10,0	24,0
P (mg/kg)	---	8,0	10,0

Punto muestreo	S 4	S 4-1	S 4-2
Profundidad (cm)	0 - 4	4 - 14	14 - 65
K (mg/kg)	---	2.209	2.174
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	672,2	180,8
Humedad (%)	---	39,3	45,5
Textura	---	Franco arenoso	Areno francosa

Fotografía N° 8-46. Vista general perfil punto de muestreo S 4. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

b-3) Punto de Muestreo S 5 (VLP1)

Suelo de topografía plana, con presencia de agua superficial y vegetación muy escasa que conforma poblaciones de *Distichlis spicata*, las cuales se presentan dispersas heterogéneamente en el área (**Fotografía N° 8-47**).

Fotografía N° 8-47. Vista general punto de muestreo S 5. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo constituido por un horizonte superficial de 5 cm (S 5-1) (**Fotografía N° 8-48**), de textura areno francosa y con una humedad que alcanza al 27,5%. Los nutrientes (NPK) se presentan en valores de 33, 16, 2.506 mg/kg, es decir, medio, medio y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (0,9%), con un pH ligeramente alcalino (9,0), suelo ligeramente salino (C.E. 2.140 $\mu\text{S/cm}$), una concentración de sales que asciende a 11.734 mg/kg y una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 169,7 cm/h.; la que es considerada muy alta (**Tabla N° 8-34**).

Entre los 5 y 43 cm. (S 5-2) se presentan una sucesión de estratos areno francoso, extremadamente duro, intercalados con arena gruesa cuya potencia varía entre 1 a 3 cm., donde la humedad es de 25,7%. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 276,2 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta. El NPK se presenta valores de 37, 7 y 1.972 mg/kg, es decir, medio, bajo y alto. Mientras que, la materia orgánica se encuentra en el rango normal (2,4%), con un pH ligeramente alcalino (8,8), suelo no salino (C.E. 1.979 $\mu\text{S/cm}$), determinado por una concentración de sales solubles que asciende a 7.472 mg/kg (**Tabla N° 8-34**).

El nivel freático se presenta a 4 cm de profundidad.

Tabla N° 8-34. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 5. Verano 2018.

Punto muestreo	S 5-1	S 5-2
Profundidad (cm)	0 - 5	5 - 43
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	2.140	1.979
MO (%)	0,9	2,4
pH	9,0	8,8
Salinidad (mg/kg)	11.734	7.472
N (mg/kg)	33,0	37,0
P (mg/kg)	16,0	7,0
K (mg/kg)	2.506	1.972
Conductividad hidráulica (cm/h)	169,7	276,2
Humedad (%)	27,5	25,7
Textura	Areno francoso	Areno francoso

Fotografía N° 8-48. Vista general perfil punto de muestreo S 5. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

c-1) 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 48 cm. (**Fotografía N° 8-49**).

Fotografía N° 8-49. Vista general punto de muestreo S 6. Verano 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Suelo que en superficie presenta una costra salina entre los 0 a 10 cm, dura en superficie y suelta en profundidad (

Fotografía N° 8-50). A partir de los 10 y hasta los 44 cm. (S 6-1), se presenta un horizonte de textura franca, en el cual la humedad es de 51,3%, y los valores de NPK, corresponden a 14, 25 y 10.091 mg/kg., es decir, niveles bajo, alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es moderadamente básico (8,3), suelo salino (C.E. 7.710 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la cantidad de sales solubles es de 34.080 mg/kg, con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 38,7 cm/h, es decir, la velocidad de infiltración es muy alta (**Tabla N° 8-35**).

Bajo los 44 y hasta los 70 cm. (S 6-2) (

Fotografía N° 8-50), se presenta un tercer horizonte de textura franco limosa, en el cual la humedad es de 29,0%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 14, 69 y 14.521 mg/kg, es decir niveles bajo, muy alto y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es muy baja (< 0,1%). El pH es moderadamente básico (8,1), suelo extremadamente salino (C.E. 18.890 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una concentración de sales solubles que asciende a 111.154 mg/kg., con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 48,1 cm/h, lo que determina que la velocidad de infiltración sea muy alta (**Tabla N° 8-35**).

Tabla N° 8-35. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 6. Verano 2018.

Punto muestreo	S 6	S 6-1	S 6-2
Profundidad (cm)	0 - 10	10 - 44	44 - 70
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	7.710	18.890

MO (%)	---	0,1	0,1
pH	---	8,3	8,1
Salinidad (mg/kg)	---	34.080	111.154
N (mg/kg)	---	14,0	14,0
P (mg/kg)	---	25,0	69,0
K (mg/kg)	---	10.091	14.521
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	38,7	48,1
Humedad (%)	---	51,3	29,0
Textura	---	Franco	Franco limoso

Fotografía N° 8-50. Vista general perfil punto de muestreo S 6. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Peine

d-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 limo, duro (**Fotografía N° 8-51**).

Fotografía N° 8-51. Vista general punto de muestreo S 10. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Suelo que presenta como primer horizonte una costra salina entre los 0 a 8 cm (

Fotografía N° 8-52), extremadamente dura y entre los 8 a 15 cm. un segundo horizonte el cual está constituido por sales sueltas.

A partir de los 15 y hasta los 34 cm (S 10-1), existe un horizonte de textura franco arenosa, con una humedad de 17,2%, y en el cual los valores de NPK son 20, 46 y 2.506 mg/kg., es decir, niveles bajo, muy alto y alto, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (< 0,1%), el pH es ligeramente alcalino (9,0), suelo extremadamente salino (C.E. 25.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$), esto determinado por la concentración de sales solubles, las cuales ascienden a 112.772 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 141,8 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-36**).

Bajo los 34 y hasta los 47 cm. (S 10-2) (

Fotografía N° 8-52), se observa un horizonte de textura arcillosa, en el cual la humedad es de 33,2%, y los valores de los nutrientes, específicamente NPK son 37, 18 y 4.902 mg/kg., es decir, niveles medio, medio y alto, respectivamente. Suelo en el cual la materia orgánica es alta (2,9%), pH ligeramente alcalino (8,5), suelo salino (C.E. 5.440 μ S/cm), esto dada la concentración de sales solubles que asciende a 25.131 mg/kg. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 54,1 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-36**).

Tabla N° 8-36. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 10. Verano 2018.

Punto muestreo	S 10	S 10	S 10-1	S 10-2
Profundidad (cm)	0 - 8	8 -15	15 - 34	34 - 47
C. E. (μ S/cm)	---	---	25.100	5.440
MO (%)	---	---	0,1	2,9
pH	---	---	9,0	8,5
Salinidad (mg/kg)	---	---	112.772	25.131
N (mg/kg)	---	---	20,0	37,0
P (mg/kg)	---	---	46,0	18,0
K (mg/kg)	---	---	2.506	4.902
Conductividad hidráulica (cm/h)	---	---	141,8	54,1
Humedad (%)	---	---	17,2	33,2
Textura	---	---	Franco arenoso	Arcilloso

Fotografía N° 8-52. Vista general perfil punto de muestreo S 10. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

d-2) *Punto de Muestreo S 11 (VB01)*

Terreno suavemente inclinado, sin pedregosidad superficial, con nivel freático permanente a los 20 cm. y con una cobertura de la vegetación que asciende a un 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 2018.



Fuente: Elaboración Propia

Perfil conformado por un horizonte superficial entre los 0 a 30 cm. (S 11-1) (

Fotografía N° 8-54), de textura franco arcillosa, con una humedad que alcanza al 59,8%. Suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 330,2 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-37**).

Los macronutrientes (NPK) se presentan en valores de 9, 10 y 788 mg/kg., es decir, rangos muy bajo, bajo y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy alta (4,3%), con un pH ligeramente alcalino (8,5), suelo salino (C.E. 4.310 $\mu\text{S/cm}$), y una concentración de sales que asciende a 7.961 mg/kg (**Tabla N° 8-37**).

Entre los 30 a 65 cm (S 11-2) (

Fotografía N° 8-54), se presentan un segundo estrato de textura franco arcillo arenoso, en el cual la humedad es de 56,8%, con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 463,8 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta. Los nutrientes, principalmente, el NPK se presenta en valores de 15, 8 y 658 mg/kg., considerando niveles bajo, bajo y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es normal (2,5%), con un pH ligeramente alcalino (8,5), suelo ligeramente salino (C.E. 2.290 $\mu\text{S/cm}$), determinada por una concentración de sales solubles que alcanza a los 8.349 mg/kg (**Tabla N° 8-37**).

Tabla N° 8-37. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 11. Verano 2018.

Punto muestreo	S 11-1	S 11-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 65
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	4.310	2.290
MO (%)	4,3	2,5
pH	8,5	8,5
Salinidad (mg/kg)	7.961	8.349
N (mg/kg)	9,0	15,0
P (mg/kg)	10,0	8,0
K (mg/kg)	788	658

Conductividad hidráulica (cm/h)	330,2	463,8
Humedad (%)	59,8	56,8
Textura	Franco arcilloso	Franco arcillo arenoso

Fotografía N° 8-54. Vista general perfil punto de muestreo S 11. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

d-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% de cobertura), destacando como especie principal *Tessaria absinthioides* (**Fotografía N° 8-55**).

Fotografía N° 8-55. Vista general punto de muestreo S 12. Verano 2018.



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 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 arenosa, con una humedad de 2,8%, el NPK disponible son 52, 5 y 503 mg/kg., considerados niveles alto, muy bajo y adecuado, respectivamente (**Tabla N° 8-38**). Suelos con materia orgánica muy baja (<0,1%), pH ligeramente alcalino (8,8), suelo salino (4.970 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dado por una concentración de 28.412 mg/kg. de sales solubles. La conductividad hidráulica (permeabilidad) es de 92,4 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta.

Entre los 30 y 60 cm. (S 12-2), el horizonte es de textura franca, con una humedad de 12,7%, el NPK disponible se presenta en valores de 37, 86 y 1.792 mg/kg., es decir, concentraciones media, muy alta y alta, respectivamente. Suelo con materia orgánica muy baja (< 0,1%), pH ligeramente alcalino (8,5), suelo muy salino (C.E. 13.420 $\mu\text{S}/\text{cm}$), determinado por una concentración de sal de 77.425 mg/kg., y una conductividad

hidráulica (permeabilidad) de 67,2 cm/h., es decir, una velocidad de infiltración muy alta (Tabla N° 8-38).

Tabla N° 8-38. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 12. Verano 2018.

Punto muestreo	S 12-1	S 12-2
Profundidad (cm)	0 - 30	30 - 60
C. E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4.970	13.420
MO (%)	0,1	0,1
pH	8,8	8,5
Salinidad (mg/kg)	28.412	77.425
N (mg/kg)	52,0	37,0
P (mg/kg)	5,0	86,0
K (mg/kg)	503	1.792
Conductividad hidráulica (cm/h)	92,4	67,2
Humedad (%)	2,8	12,7
Textura	Arenoso	Franco

Fotografía N° 8-56. Vista general perfil punto de muestreo S 12. Verano 2018.



Fuente: Elaboración Propia

d-4) Punto de Muestreo S 14 (VB03)

Terreno que corresponde a un suelo de topografía plana, que presenta en superficie un estrato salino, sin pedregosidad superficial y con vegetación del tipo herbácea, la cual forma agrupaciones de *Distichlis spicata* dispersas heterogéneamente (**Fotografía N° 8-57**).

Fotografía N° 8-57. Vista general punto de muestreo S 14. Verano 2017.



Fuente: Elaboración Propia

En superficie entre los 0 a 25 cm. (S 14-1), se presenta un horizonte conformado principalmente por sales (

Fotografía N° 8-58), suelto, de textura areno francosa, cuya humedad asciende a 30,7%, con un NPK que se presenta en valores que ascienden a 15, 7 y 407 mg/kg., considerados bajo, bajo y adecuado, respectivamente. La materia orgánica es muy baja (<0,1%), pH ligeramente alcalino (8,5), suelo salino (4.170 μ S/cm), esto dado la concentración de sales solubles, la cual asciende a 8.781 mg/kg, suelo con una

conductividad hidráulica (permeabilidad) de 195,6 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración muy alta (**Tabla N° 8-39**).

Entre los 25 a 62 cm. (S 14-2), existe otro horizonte de textura franco limosa (

Fotografía N° 8-58), donde la humedad es de 65,3%, los nutrientes (NPK) presentan valores de 24, 10 y 2.986 mg/kg., considerados como concentraciones media, baja y alto (**Tabla N° 8-39**). La materia orgánica es normal (2,4%), pH moderadamente básico (8,3), suelo ligeramente salino (3.780 $\mu\text{S/cm}$), determinado por una concentración de sales que asciende a 16.289 mg/kg., suelo con una conductividad hidráulica (permeabilidad) de 15,1 cm/h, es decir, una velocidad de infiltración alta (**Tabla N° 8-39**), y con nivel freático a los 52 cm. (

Fotografía N° 8-58).

Tabla N° 8-39. Resultados análisis laboratorio. Punto de muestreo S 14. Verano 2018.

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2
Profundidad (cm)	0 - 25	25 - 62
C. E. ($\mu\text{S/cm}$)	4.170	3.780
MO (%)	0,1	2,4
pH	8,5	8,3

Punto muestreo	S 14-1	S 14-2
Profundidad (cm)	0 - 25	25 - 62
Salinidad (mg/kg)	8.781	16.289
N (mg/kg)	15,0	24,0
P (mg/kg)	7,0	10,0
K (mg/kg)	407	2.986
Conductividad hidráulica (cm/h)	195,6	15,1
Humedad (%)	30,7	65,3
Textura	Areno francoso	Franco limoso

Fotografía N° 8-58. Vista general perfil punto de muestreo S 14. Verano, 2018.



Fuente: Elaboración Propia

9 LIMNOLOGIA (BIOTA ACUATICA, CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS)

Este acápite corresponde a las actividades y resultados obtenidos en los monitoreos de invierno 2017 y verano de 2018, para el subcomponente ambiental **flora y fauna acuática, calidad de aguas y sedimentos**, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Manejo Biótico comprometido en la RCA N°21/2016 del Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama de la empresa Albemarle, ubicado en la Región de Antofagasta.

Las variables ambientales que caracterizan esta componente de Limnología y que son objeto de seguimiento, corresponden a: variables físicas y químicas de agua y sedimentos, además de las variables comunitarias asociadas a fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton y plantas vasculares acuáticas (macrófitas) según lo establecido en la RCA del Proyecto.

Los periodos reportados en el presente informe, corresponden tanto al monitoreo semestral de invierno 2017, el que se desarrolló en terreno entre los días 01 y 03 de agosto de 2017, como a los resultados del monitoreo semestral de verano, realizado entre el 03 y 05 de abril de 2018. Esta actividad de seguimiento fue llevada a cabo por **Cedrem Consultores Limitada** por encargo del Titular del Proyecto.

Los objetivos específicos para esta componente de monitoreo son:

- Evaluar la calidad de agua superficial de los puntos de muestreo.
- Evaluar la calidad de sedimentos en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de fitobentos en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de fitoplancton en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de zoobentos en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de zooplancton en los puntos de muestreo.
- Evaluar el estado de la comunidad de plantas vasculares acuáticas (macrófitas) en los puntos de muestreo.

9.1 MATERIALES Y MÉTODOS

9.1.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en el Salar de Atacama, el cual se encuentra ubicado en el altiplano de la región de Antofagasta. Corresponde a una cuenca endorreica, cuya superficie alcanza los 15.620 km², flanqueada en todo su extensión por cordones cordilleranos, lo que determina que el agua que precipita en ella escurre superficial o subterráneamente hasta la parte baja de la hoya, donde se localiza el Salar propiamente tal. En términos climáticos, la cuenca del Salar de Atacama está bajo la influencia del tipo climático Desértico Marginal de Altura (CADE-IDEPE 2004), mientras que de acuerdo al régimen hídrico, se encuentra dentro de la zona denominada Árida Estepárica Fría de Altura, caracterizada por una estación de lluvias estivales que va de diciembre a marzo, un régimen térmico extremadamente frío y registro de heladas durante todo el año (Santibáñez et al. 2008).

Los salares son considerados altamente homogéneos, con grandes extensiones de superficie carentes de expresiones evidentes de vida. Sin embargo, en algunos sectores, el afloramiento de agua desde el acuífero o un nivel freático cercano a la superficie, da lugar a la formación de ecosistemas lagunares y posibilita el desarrollo de ecosistemas de vegas y ecosistemas salinos, otorgándole al sistema, al menos localmente, un alto grado de heterogeneidad. Estos ecosistemas son también altamente heterogéneos espacial y temporalmente en respuesta a gradientes ambientales, de salinidad en el caso de las lagunas, y de humedad y salinidad en el caso de las vegas y ecosistemas salinos (Plan de Manejo Biótico del Proyecto, Adenda 5, Anexo 2).

El área de estudio incluye tres sectores bien definidos, Sector Peine que incluye al complejo lagunar formado por Salada, Saladita e Interna, Sector La Punta-La Brava formado por las lagunas La Punta y La Brava, y finalmente el Sector Tilopozo donde se ubica un par de lagunas profundas y un afloramiento de agua (**Figura N° 9-1**).

9.1.2 Ubicación de puntos muestreo

Se analizan *in situ* 14 puntos de monitoreo, distribuidos en los sistemas lagunares Sector Peine conformado por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna y Sector Laguna La Brava, Laguna La Punta y Sector Tilopozo. Los puntos de monitoreo y sus coordenadas se presentan en la **Tabla N° 9-1** y su ubicación en **Figura N° 9-1**.

Cabe destacar que el PMB, señala 12 estaciones, no obstante, con el fin de cumplir a cabalidad los objetivos y en función de recomendación de los especialistas, se sumaron voluntariamente desde el primer año de monitoreo dos nuevas estaciones, una estación de muestreo en el sector La Brava y una en sector Tilopozo. Lo anterior, ya fue previamente informado en el Informe N°1 del PMB.

Tabla N° 9-1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por Sector, campaña invierno 2017 y verano 2018.

Sector	Sub Sector	Estación	Coordenadas INICIAL PMB 2016 UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)		Coordenadas VIGENTES UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)	
			Este	Norte	Este	Norte
Sector Peine	Salada	S-5	587.551	7.380.785	587.551	7.380.785
	Salada	S-9*	588.084	7.380.520	588.086	7.380.518
	Saladita	SA-25	587.114	7.381.447	587.114	7.381.447
	Saladita	S-10	586.827	7.381.805	586.827	7.381.805
	Interna	I-11	586.515	7.382.055	586.515	7.382.055
	Interna	I-17	585.996	7.383.052	585.996	7.383.052
Sector La Punta y La Brava	La Punta	LP-24	578.356	7.376.704	578.356	7.376.704
	La Punta	LP-23	578.164	7.376.581	578.164	7.376.581
	La Brava	LB-1	576.677	7.375.474	576.677	7.375.474
	La Brava	LB-2	576.978	7.375.378	576.978	7.375.378
	La Brava	LB-3***	577.272	7.375.176	577.272	7.375.176
Sector	Tilopozo	TB-1**	577.828	7.370.429	577.837	7.370.331

Sector	Sub Sector	Estación	Coordenadas INICIAL PMB 2016 UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)		Coordenadas VIGENTES UTM WGS 84 (Huso:19 Zona:K)	
			Este	Norte	Este	Norte
Tilopozo	Tilopozo	TB-2**	577.973	7.370.194	577.956	7.370.310
	Tilopozo	TB-3***	577.705	7.369.524	577.705	7.369.524

* En el Sector Peine, puntualmente la estación S-9 fue desplazada a la orilla opuesta del curso de agua, con el fin de facilitar la ejecución de toma de muestras y levantamiento de datos en terreno.

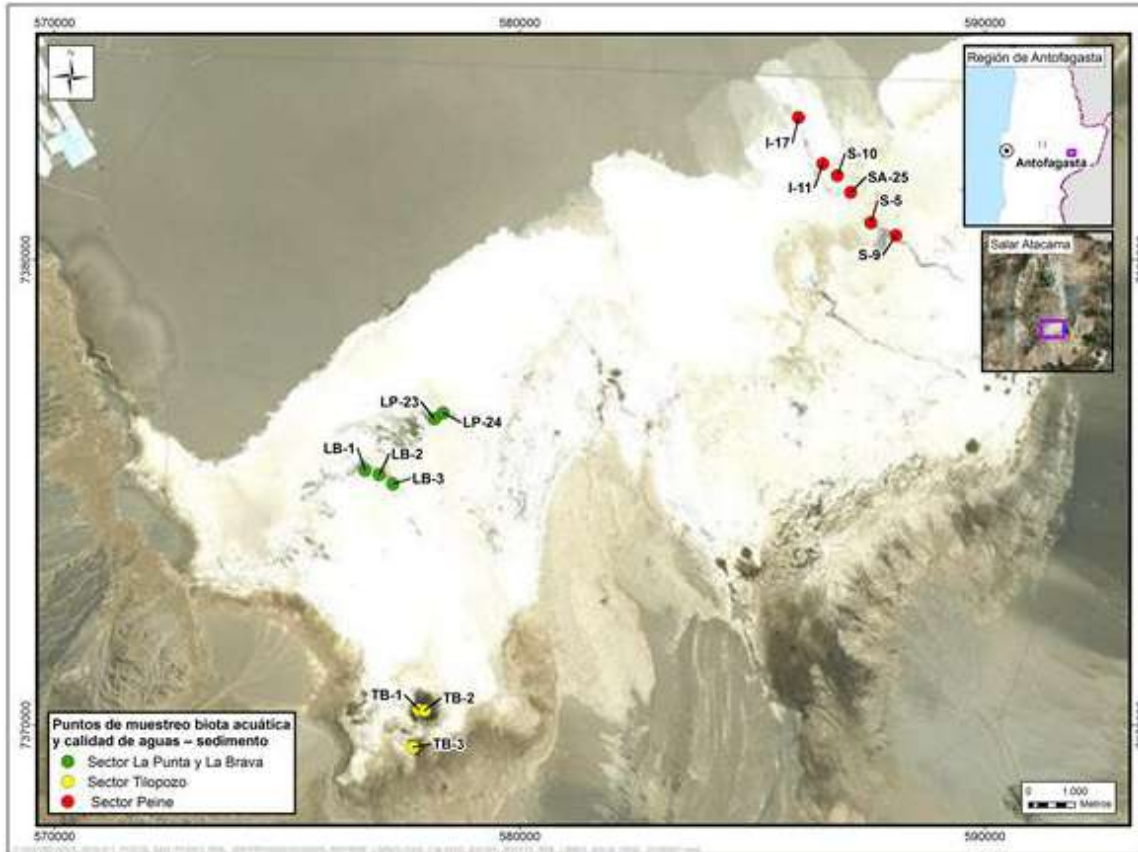
** En el sector Tilopozo, se debió modificar la ubicación de las estaciones TB-1 y TB-2 debido a que las coordenadas de la ubicación inicial no estaban asociadas a cuerpos de agua (Ver **Fotografía N° 9-1**).

***Estación Voluntaria

Fuente: Elaboración propia.

Se destacan en negrita en la **Tabla N° 9-1**, las dos estaciones **LB-3** en La Brava y **TB-3** en Tilopozo, realizadas voluntariamente desde el inicio del plan de seguimiento ambiental biótico, por parte del Titular del Proyecto, con el objetivo de tener una mejor representatividad de los sistemas evaluados, así como procurar un permanente acceso a los puntos de monitoreo.

Figura N° 9-1. Ubicación de estaciones de monitoreo de Limnología; Biota acuática, Calidad de Agua y Sedimentos, Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 9-1. Ubicación de las estaciones TB-1 (izquierda) y TB-2 (derecha) de acuerdo al Plan de Manejo Biótico (PMB, 2015), sin presencia de cuerpos de agua.

Ubicación original TB-1



Ubicación original TB-2



Fuente: Elaboración propia.

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

Para evaluar el estado y evolución de la calidad de agua y sedimentos se establecieron diferentes parámetros. En agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad, turbiedad, oxígeno disuelto, clorofila “a” (fitoplancton y perifiton), alcalinidad parcial, alcalinidad total, bicarbonato, carbonatos, cloruro, nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total Kjeldhal, fósforo total, ortofosfato, sulfato, aceites y grasas. En sedimentos: carbono orgánico total, fósforo total, materia orgánica, nitrógeno total Kjeldhal, potencial redox y granulometría.

Algunos parámetros si bien no están comprometidos en el PMB, se analizaron y se informan sus registros, como los parámetros de alcalinidad parcial y total, por ser requisito básico para medir otros como carbonatos y bicarbonatos, que sí son parte del monitoreo. El parámetro turbiedad se incorpora, ya que fue evaluado como requerimiento para descripción de tapetes microbianos.

Los parámetros utilizados para caracterizar el estado de las comunidades biológicas corresponden a composición, riqueza (número de *taxa*), abundancia, abundancia relativa, diversidad (Shannon-Wiener) y equidad de Pielou (J').

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

9.1.4.1 Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos

En cada una de las estaciones visitadas se evaluaron parámetros *in situ* correspondientes a temperatura, pH, turbiedad y oxígeno disuelto en el agua. También, se colectan muestras de agua y sedimentos para su posterior análisis en laboratorio acreditado como ETFA, a cargo de la empresa ANAM S.A. (Análisis Ambientales S.A.). Cabe mencionar, que los certificados de análisis emitidos por la ETFA señalada, correspondientes a invierno 2017 y verano 2018, se presentan en el formato ETFA requerido por la SMA (RES. 1194/2015). (Ver **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua y Anexo Limnología - Sedimentos**).

Para la evaluación de las variables *in situ*, se calibran diariamente los sensores a utilizar con las soluciones del fabricante y siguiendo las instrucciones del mismo. Además, los sensores son ubicados en la columna de agua, de manera de evitar la alteración del registro en el agua, debido a la actividad propia del muestreo biológico o de sedimentos (agitación de agua, resuspensión de sedimentos, etc.). Por la misma razón, las muestras de agua colectadas para analizar en laboratorio son tomadas aguas arriba o antes de la toma de muestras biológicas o de sedimento.

Las muestras de agua son colectadas en frascos apropiados para su transporte (según serie de normas NCh 411 para el muestreo de aguas crudas y residuales), los cuales son proporcionados por el laboratorio de análisis junto a los fijadores respectivos para las muestras que lo requirieren. Los frascos con las muestras de agua son transportados en cajas de material aislante de temperatura, rellenos con hielo en escarcha, y enviados directamente al laboratorio de manera de que las muestras sean analizadas dentro de los plazos o *holding time* requeridos. Todas las cajas incluyen un frasco testigo para corroborar la temperatura.

El muestreo de sedimentos consiste en colectar una porción de sustrato sumergido en contenedores específicos para ello en cada una de las estaciones evaluadas, cuidando de no contaminar la muestra con agentes externos. Estas muestras son debidamente etiquetadas, almacenadas y transportadas hasta su posterior análisis en el laboratorio, procurando no realizar contaminación cruzada entre las distintas muestras (según serie de normas NCh 411 para el muestreo de aguas crudas y residuales).

Las metodologías y unidades de medida utilizadas para el análisis de las variables físicas y químicas de agua son las señaladas en la **Tabla N° 9-2**.

Tabla N° 9-2. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de agua.

Parámetro	Unidad	Método (laboratorio ANAM)
Temperatura	°C	SM 2550 B
pH	pH	ME-029-2007
Conductividad específica	μS/cm	SM 2510B (2005)
Salinidad	gr/Kg	SM 2510B (2012)
Turbiedad	UNT	ME-03-2007
Oxígeno disuelto	mg/L	Potenciométrico
Clorofila "a" (Fitoplancton)	ug/L	SM 10200-H2c (2012)
Clorofila "a" (Perifiton)	mg chl-a/m ²	SM 10300-C7 (2012)
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	SM 2320B (2012)
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	SM 2320B (2012)
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	SM 2320B (2005)
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	SM 2320B (2005)
Cloruro (Cl)	mg/L	ME-28-2007
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	ME-16-2007
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	ME-17-2007
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	SM 4500-NH3 F (2005)
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	SM 4500-Norg B-C
Fósforo Total	mg/L	SM 4500-P E (2005)
Ortofosfato	mgP/L	SM 4500-P E (2005)
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	EPA 375.4 (1978)
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	SM 5220B (2005)

Fuente: Elaboración propia.

Las metodologías y unidades de medida utilizadas para el análisis de las variables físicas y químicas de sedimentos son las señaladas en **Tabla N° 9-3**.

Tabla N° 9-3. Metodologías y unidades asociadas a los análisis de Calidad de Sedimentos.

Parámetro	Unidad	Método (laboratorio ANAM)
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	TMECC 05,07
Fosforo Total (P)	mg/Kg	SM3120B

Parámetro	Unidad	Método (laboratorio ANAM)
Materia Orgánica	%	TMECC 05,07
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	INIA 2000
Potencial Redox	mV	SM 2580B

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico se indica realizar un análisis de granulometría para cada estación, sin embargo éste no se pudo realizar durante las campañas ejecutadas anteriormente (invierno 2016 y verano 2017), debido a factores técnicos explicados por la ETFA encargada de realizar los análisis (ANAM S.A.). En las campañas de invierno 2017 y verano 2018, si se realizaron los análisis granulométricos respectivos (con la misma ETFA ANAM S.A.) los cuales se incluyen en el presente informe. Ver carta de laboratorio ANAM en **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**.

Los resultados granulométricos se clasifican según la escala de Wentworth (1922), la cual cataloga los sedimentos según el tamaño de grano. En la **Tabla N° 9-4** se muestran las categorías de la escala que son utilizadas para caracterizar los sedimentos en el presente estudio, que van desde limo a grava muy fina. Las estadísticas para la obtención del diámetro medio de grano y el grado de selección por estación, se realizan con el método de Folk y Ward (1957) en escala de Wentworth con el paquete estadístico GRADISTAT v8.0 (Blott & Pye, 2001).

Tabla N° 9-4. Escala de tamaño de grano utilizada en base a Wentworth (1922).

Tamaño de grano (mm)	Clasificación
4	Grava Muy Fina
2	Arena Muy Gruesa
1	Arena Gruesa
0,5	Arena Media
0,25	Arena Fina
0,125	Arena Muy Fina
0,063	Limo

Fuente: Blott & Pye (2001)

9.1.4.2 Metodología de muestreo flora y fauna acuática

El muestreo de flora y fauna acuática se realiza utilizando como referencia dos documentos internacionales de metodologías, debido a que en Chile aún no se cuenta con metodologías estandarizadas dictadas por la autoridad. Los documentos referidos corresponden a “Metodologías para el establecimiento del estado ecológico según la DMA (Directiva Marco del Agua) de la Confederación Hidrológica del Ebro” perteneciente al ministerio de Medio Ambiente de España y las metodologías de examinación biológica definidas por la Asociación de Salud Pública Americana de Estados Unidos (APHA) mediante su publicación de “Métodos estándar para el Análisis de Aguas Potables y Residuales”. Las referencias se resumen en la **Tabla N° 9-5**.

Tabla N° 9-5. Resumen de metodologías de muestreo de componentes biológicos.

Componente	Metodología	
	APHA ¹	DMA ²
Fitoplancton	SM10200C / SM10200F	Protocolo de muestreo y análisis para Fitoplancton
Fitobentos	SM10300B / SM10200F	Protocolo de muestreo y análisis para Microalgas Bentónicas
Zooplancton	SM10200B / SM10200G	Protocolo de muestreo y análisis para Zooplancton
Zoobentos	SM10500B / SM10500C	Protocolo de muestreo y análisis para macroinvertebrados bentónicos
Macrófitas	SM10400B / SM10400C	Protocolo de muestreo y análisis para plantas vasculares acuáticas

¹ APHA: Standard Methods (2012). ² DMA: Directiva Marco del Agua (2005).

Para llevar a cabo el muestreo de flora y fauna acuática, se contó con la autorización de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura a través RES. EXT. N°159/2018. El documento se presenta en Anexo “**Permiso de Pesca de Investigación en Anexo Limnología y Tapetes Microbianos_Calidad de Agua**” de este Informe Anual N°2.

El muestreo fue realizado por especialistas de **Limnológica Estudios Ambientales EIRL.**, autorizada para llevar a cabo actividades de pesca de investigación de recursos hidrobiológicos en el área de estudio. A continuación se describen las metodologías particulares usadas para cada una de las comunidades.

- **Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas):** En cada punto de seguimiento (n=3), se identificó visualmente las plantas vasculares y se estimó la abundancia relativa o cobertura (%) de cada especie o grupo de especies utilizando un cuadrante de 50X50 cm. Las plantas que no fue posible identificar *in situ* fueron herborizadas y transportadas a laboratorio, y enviadas a especialistas botánicos para su posterior

identificación. Se clasificaron las plantas acuáticas en base a la bibliografía disponible: Pereira & Parra (1984), Ramírez et al (1982), Vila et al. 2006 y Rodríguez & Dellarossa 1998.

- **Fitobentos:** La estimación de la riqueza y abundancia de la flora bentónica (fitobentos), se realizó mediante el recuento bajo microscopio óptico. Se obtuvo 2 muestras representativas, desde los primeros centímetros del sedimento, tomando 1 mm³ por muestra con una jeringa-core de 5 mL. El método de análisis consistió en obtener alícuotas de dichas muestras para preparaciones microscópicas, las cuales fueron analizadas en relación con la riqueza taxonómica y recuento de microalgas presentes (Wetzel&Likens, 1991). La identificación de las diatomeas y de los otros grupos del fitobentos se realizaron utilizando las claves de Prescott (1970), Rivera (1983), Krammer&LangeBertalot (1986, 1991), Simonsen (1987), Parra et al. (1982a, 1982b, 1982c y 1983), Pereira & Parra, 1984, Round et al. (1996), Rumrich et al. (2000) y Lange-Bertalot (2001).
- **Fitoplancton:** La obtención de muestras fitoplanctónicas se hizo semestralmente en duplicado, colectando directamente 500 mL de agua de los sistemas en botellas plásticas. El agua colectada fue fijada con solución Lugol, para evitar descomposición previa a su análisis en laboratorio. Las muestras fueron preparadas y analizadas al microscopio, determinando la riqueza y abundancia de las microalgas presentes (Wetzel&Likens 1991). La identificación de las diatomeas y de los otros grupos del fitoplancton se realizó utilizando las claves de Prescott (1970), Rivera (1983), Krammer&LangeBertalot (1986, 1991), Simonsen (1987), Parra et al. (1982a, 1982b, 1982c y 1983), Pereira & Parra, 1984, Round et al. (1996), Rumrich et al. (2000) y Lange-Bertalot (2001).
- **Zoobentos:** La estimación de la composición y abundancia de la fauna bentónica se realizó mediante el recuento directo por grupo de organismos. Esto se midió en muestras en duplicado por punto de monitoreo obtenidas con un core de 0,004 m² las que fueron preservadas en alcohol al 70%. El método de análisis consistió en examinar las muestras bajo la lupa, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos y contándolos. La clasificación de los organismos se realizó en base a los trabajos de Bertrand (1995), Lopretto & Tell (1995), Merrit & Cummins (1996), Lugo-Ortiz & MacCafferty (1995-1999), Fernández & Domínguez (2001), Domínguez et al. (2006).
- **Zooplancton:** La estimación de la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica se realizó obteniendo muestras representativas del plancton, utilizando una red o tamiz dotado con una malla N°10 (110 µm). Las muestras se tomaron en

duplicado y se realizó extrayendo un volumen conocido de agua superficial con un contenedor graduado, para posteriormente ser filtrado en el tamiz o red. Cada muestra fue preservada en alcohol al 70% de concentración final. El método de análisis consistió en examinar las muestras bajo la lupa en una cámara BOGOROW, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos y contándolos. La clasificación de los organismos zooplanctónicos se realizó en base a los trabajos de Araya & Zuñiga (1985) y Pennak (1989).

Para cada componente o ensamble biológico de la biota acuática (fitobentos, fitoplancton fauna bentónica y zooplancton) se realizó un análisis comunitario, estimándose la abundancia, riqueza de *taxa*, diversidad de *taxa* y equidad para cada punto de muestreo: La diversidad biológica de Shannon-Wiener (H') y su cálculo se realizó en base a todos los organismos presentes en las muestras según la expresión:

$$H'(nits) = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i$$

Donde, S = número de especies y p_i = proporción de la especie i en la muestra

El valor de este índice se encuentra acotado entre 0 y el logaritmo natural (S), tendiendo a cero en comunidades poco diversas.

También se determinó la homogeneidad de las abundancias de especies en la muestra a través del índice de equidad (J'), de acuerdo a la expresión:

$$J' = \frac{H'}{H \max} = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde, H' = índice de Shannon-Wiener, $H' \max$ = valor máximo teórico de H' y S = número de especies.

El valor de este índice se encuentra acotado entre 0 y 1, tendiendo a uno en comunidades donde los *taxa* están representados de forma equitativa.

9.1.5 Materiales y equipos utilizados

Los materiales, equipos e instrumentos utilizados se indican en la **Tabla N° 9-6** y **Tabla N° 9-7**.

Tabla N° 9-6. Instrumentos de medición *in situ* de parámetros del agua

Análisis	Referencias del Método
Temperatura (°C)	Medidor pH/ORP/t° HANNA 9126
pH	Medidor pH/ORP/t° HANNA 9126
Oxígeno disuelto (mg/l)	Medidor de Oxígeno Disuelto HANNA 914604
Turbiedad*	Turbidímetro HACH

*Turbiedad fue medida *in situ* solo durante la campaña de invierno 2017. En verano 2018 se realizó en laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 9-7. Materiales e instrumentos utilizados en la obtención de muestras de biota acuática.

Componente	Instrumento/fijador
Fitobentos	Cepillo para superficies duras (25 cm ²) y Jeringa-core de 5 mL para superficies blandas. Fijador Lugol
Fitoplancton	Frascos de 500 mL. Fijador Lugol
Zoobentos	Core de 0,004 m ² para sistemas lénticos. Fijador alcohol*.
Zooplancton	Tamiz de 110 micrones. Fijador alcohol*.

*Se utilizó como fijador alcohol, debido a los efectos cancerígenos que se pueden generar con el uso de la formalina. Fuente: Elaboración propia.

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

La campaña de monitoreo correspondiente a invierno de 2017 se realizó entre las fechas 01 y 03 de Agosto de 2017, días en los cuales se visitaron las estaciones y se tomaron tanto las muestras de agua y sedimentos, como aquellas correspondientes a biota. Mientras que, la de verano tuvo lugar entre los días 03 y 05 de Abril de 2018. En la **Tabla N° 9-8** se presenta el detalle de las fechas de visita por sector y obtención de muestras para cada variable evaluada en los monitoreos respectivos.

Tabla N° 9-8. Fechas de muestreo de cada una de las variables.

Componente	Variable	Fecha toma muestra					
		Sector Peine		Sector La Punta y La Brava		Sector Tilopozo	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Agua	Temperatura	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	pH	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Conductividad	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Salinidad	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Turbiedad	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Oxígeno disuelto	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Clorofila "a"	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Clorofila en Perifiton	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Alcalinidad Total (CaCO ₃)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Bicarbonato (CaCO ₃)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Carbonatos (CaCO ₃)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Cloruro (Cl)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Nitrato (N-NO ₃ -)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Nitrito (N-NO ₂ -)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Fosforo Total	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Ortofosfato	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Sulfato (SO ₄ -2)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
Aceites y Grasas (A y G)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018	
Sedimento	Carbono Orgánico Total (COT)	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Fosforo Total (P) M.S.	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Materia Orgánica	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Nitrógeno Total Kjeldahl	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Potencial Redox	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
Biota	Fitobentos	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Fitoplancton	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Zoobentos	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Zooplancton	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018
	Macrófitas	02-08-2017	04-04-2018	03-08-2017	05-04-2018	01-08-2017	03-04-2018

Fuente: Elaboración propia.

9.2 RESULTADOS

9.2.1 Caracterización del hábitat durante campañas de invierno 2017 y verano 2018

A continuación se describen las estaciones de muestreo emplazadas en los sectores Peine, La Punta y La Brava y las vegas de Tilopozo, en el contexto del seguimiento ambiental y en las campañas de invierno 2017 y verano 2018.

9.2.1.1 Sector Peine

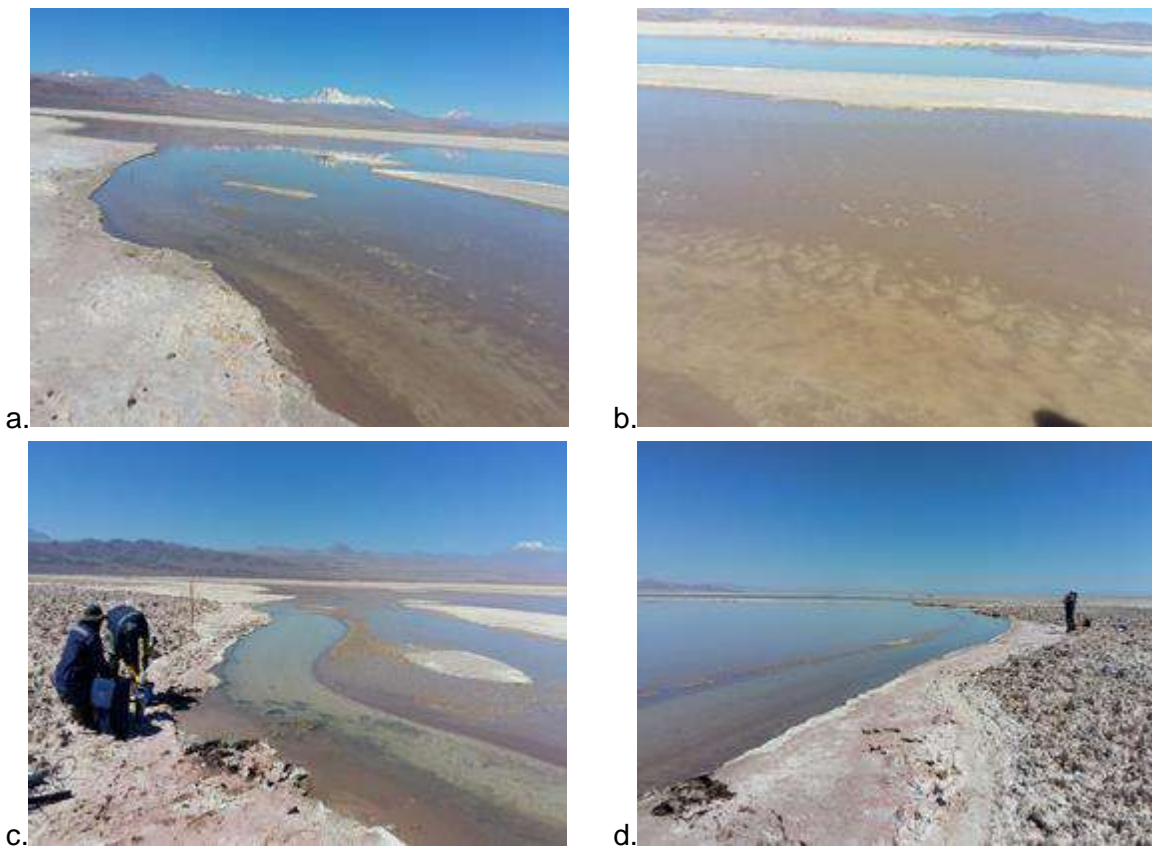
El Sector Peine fue monitoreado en seis estaciones de muestreo, de las cuales dos se encuentran emplazadas en la laguna Salada (S-9 y S-5), dos en la laguna Saladita (S-10 y SA-25) y dos estaciones ubicadas en laguna Interna (I-11 e I-17) (ver **Tabla N° 9-1** y **Figura N° 9-1**).

- Estación S-9

La estación S-9 se ubica en un afluente dentro de la laguna Salada, a una altura geográfica de 2306 msnm, con un ancho de sección estimado de 69 m en invierno y verano, de profundidad baja observada en ambas campañas la que osciló entre 4,7 y 13,9 cm.

El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con un flujo bajo y con aguas ligeramente turbias a transparentes según el periodo de muestreo. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas ni vegetación ribereña, tal como se observa en la siguiente (**Fotografía N° 9-2**).

Fotografía N° 9-2. Estación S-9. Campaña de Invierno 2017 y Campaña de verano 2018.



Campaña de Invierno 2017
 a. Panorámica de la estación y
 b. Sustrato fino, bajo flujo.

Campaña de verano 2018.
 c. Panorámica de la estación y
 d. Sustrato fino, bajo flujo

Fuente: Elaboración propia.

- Estación S-5

La estación S-5 corresponde a un sector somero de laguna Salada, ubicada a una altura geográfica de 2308 msnm, con un ancho de sección estimado de 93 m en invierno y verano, de profundidad baja observada en ambas campañas la que osciló entre 11,3 y 7,6 cm. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con presencia de materia orgánica particulada fina, con un flujo bajo y con aguas ligeramente turbias a transparentes según el periodo de muestreo. La estación de muestreo presentó parches de una hidrófita sumergida, sin vegetación ribereña (**Fotografía N° 9-3**).

Fotografía N° 9-3. Estación S-5. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Hidrófita sumergida. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación. d. Parche de hidrófita *Ruppia* y sustrato fino.



a.



b.



c.



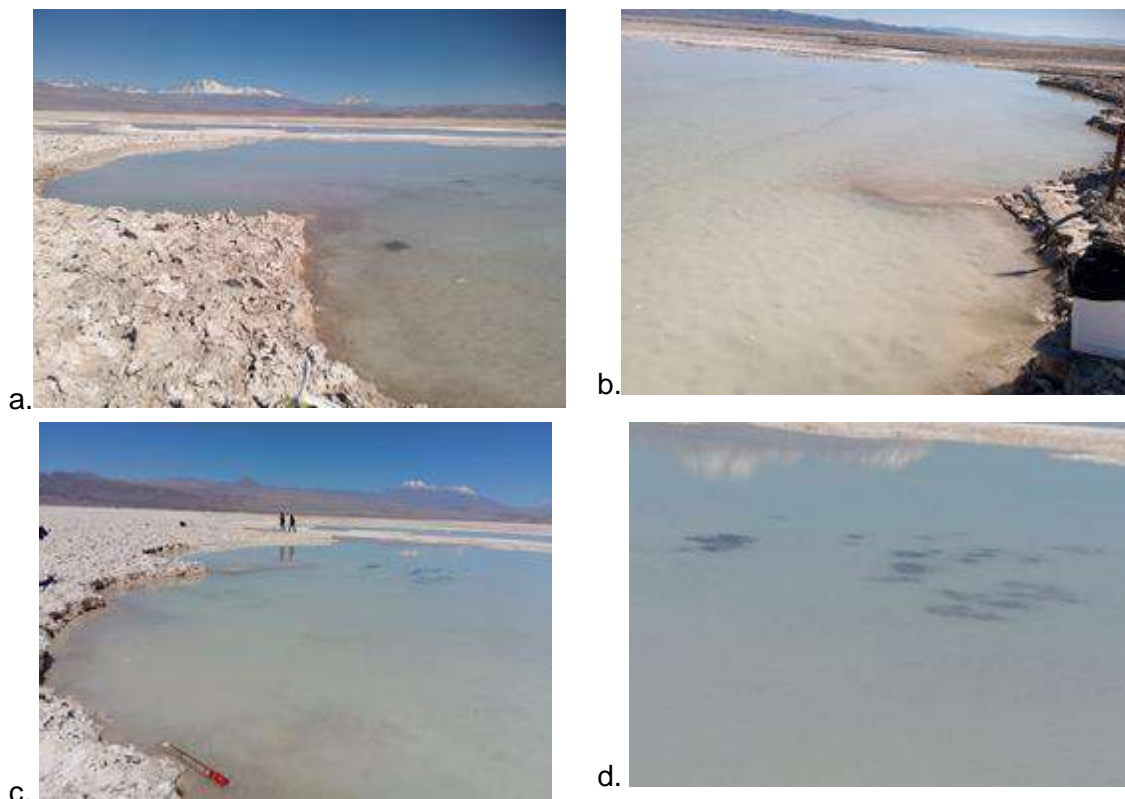
d.

Fuente: Elaboración propia.

- Estación S-10

La estación S-10 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica de 2309 msnm, con un ancho de sección estimado de 39 m en invierno y verano, de profundidad baja observada en ambas campañas la que osciló entre 10,2 y 13,3 cm. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con un flujo nulo a bajo según periodo de muestreo y con aguas ligeramente turbias. La estación de muestreo presentó parches de una hidrófita sumergida, sin vegetación ribereña (**Fotografía N° 9-4**).

Fotografía N° 9-4. Estación S-10. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación. d. Parche de hidrófita *Ruppia* y sustrato fino.



Fuente: Elaboración propia.

En foto c) estaca caída dentro del agua.

- Estación SA-25

La estación SA-25 corresponde a un sector somero de laguna Saladita, ubicada a una altura geográfica de 2309 msnm, con un ancho de sección estimado de 315 m en invierno y verano, de profundidad baja observada en ambas campañas la que osciló entre 16,8 y 14,6 cm. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, sin flujo y con aguas ligeramente turbias en ambos periodos de muestreo. La estación de muestreo presentó parches de una hidrófita sumergida, sin vegetación ribereña (**Fotografía N° 9-5**).

Fotografía N° 9-5. Estación SA-25. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Parche de la hidrófita *Ruppia* en línea de costa y sustrato fino. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación. d. Parche de la hidrófita de *Ruppia* en línea de costa y sustrato fino.



Fuente: Elaboración propia.

- Estación I-11

La estación I-11 se encuentra ubicada en la laguna Interna, a una altura geográfica de 2311 msnm, con un ancho de sección estimado de 288 m en invierno y verano, y de profundidad baja observada en ambas campañas la que osciló entre 8,5 y 10,6 cm. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, con un flujo de nulo a bajo entre periodos de muestreo y con aguas ligeramente turbias. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas ni vegetación ribereña (**Fotografía N° 9-6**).

Fotografía N° 9-6. Estación I-11. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2018. c y d. Vista panorámica de la estación.



Fuente: Elaboración propia.

- Estación I-17

La estación I-17 se encuentra ubicada en la laguna Interna, a una altura geográfica de 2308 msnm, con un ancho de sección estimado de 430 m en invierno y verano, y de profundidad baja la que osciló entre 4,7 y 17,7 cm entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, sin flujo entre periodos de muestreo y con aguas transparentes. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas ni vegetación ribereña (**Fotografía N° 9-7**).

Fotografía N° 9-7. Estación I-17. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino. Campaña Verano 2018. c y d. Vista panorámica de la estación.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.1.2 Sector La Punta y La Brava

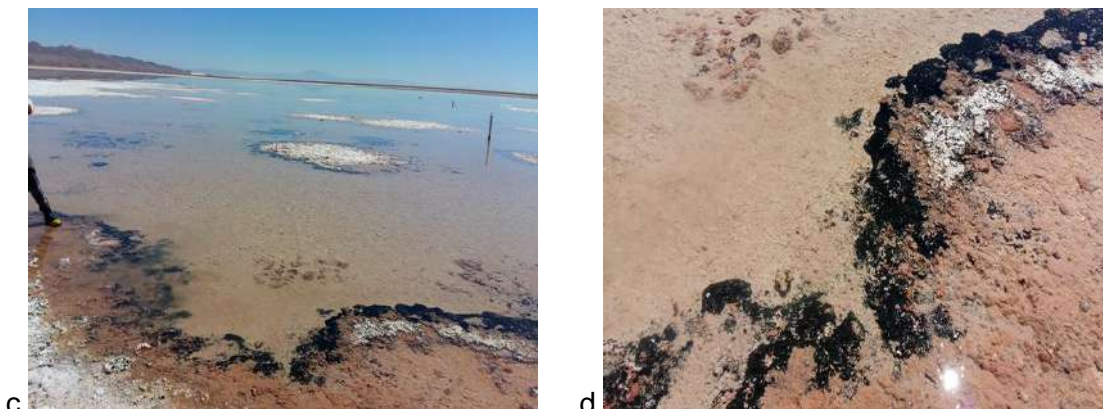
Este sector comprende las lagunas La Punta y La Brava en las que fueron emplazadas cinco estaciones de muestreo, tres ubicadas en laguna La Brava (LB-1; LB-2 y LB.3) y dos de ellas en Laguna La Punta (LP-23 y LP-24) (ver **Tabla N° 9-1** y **Figura N° 9-1**).

- Estación LB-1

La estación LB-1 se encuentra ubicada en la laguna La Brava, a una altura geográfica de 2303 msnm, con un ancho de sección estimado de 268 m en invierno y verano, y de profundidad baja la que osciló entre 17,3 y 20,0 cm entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino con la presencia de costras salinas insertas en el sustrato de fondo de modo aleatorio, sin flujo y con aguas ligeramente turbias a transparentes entre periodos de muestreo. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas ni vegetación ribereña (**Fotografía N° 9-8**).

Fotografía N° 9-8. Estación LB-1. Campaña Invierno 2017 .a., b. Vista panorámica de la estación sin hidrófitas.y Campaña Verano 2018 c. y d. Vista panorámica de la estación sin hidrófitas.



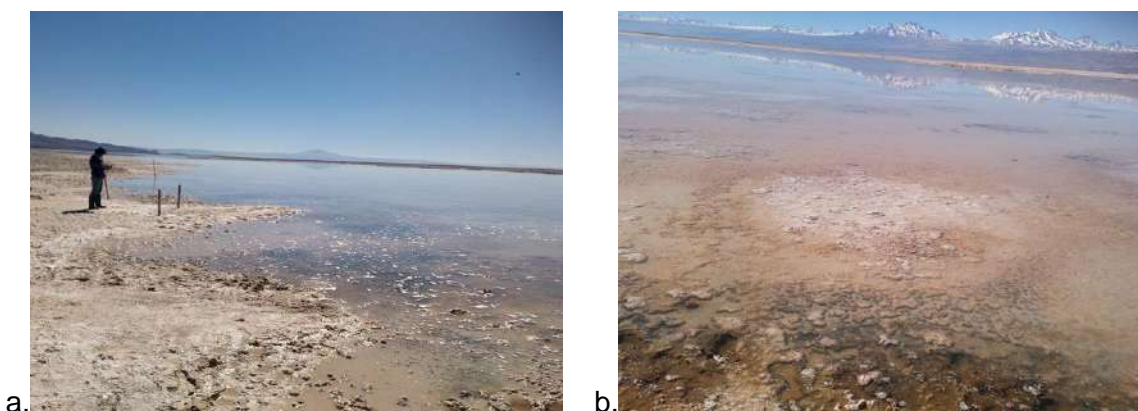


Fuente: Elaboración propia.

- Estación LB-2

La estación LB-2 se encuentra ubicada en la laguna La Brava, a una altura geográfica de 2305 msnm, con un ancho de sección estimado de 252 m en invierno y verano, y de profundidad baja la que osciló entre 18,3 y 8,7 cm entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino con la presencia de costras salinas insertas en el sustrato de fondo de modo aleatorio, sin flujo y con aguas ligeramente turbias a transparentes entre periodos de muestreo. La estación de muestreo presentó una especie emergente correspondiente a una helófito (**Fotografía N° 9-9**).

Fotografía N° 9-9. Estación LB-2. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y costra salina. Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Especie emergente (Helófito: *Triglochin concinna*).





c.



d.

Fuente: Elaboración propia.

- Estación LB-3

La estación LB-3 se encuentra ubicada en la desembocadura de un afluente a la laguna La Brava correspondiendo a una estación de muestreo voluntaria, adicional a las comprometidas en el PMB.

La estación se ubica a una altura geográfica de 2308 msnm, con un ancho de sección estimado de 13 m en invierno y verano, y de profundidad muy baja la que osciló entre 4,3 y 3,3 cm entre periodos de muestreo. El tipo de sustrato corresponde a sedimento fino, con un flujo bajo y con aguas transparentes. La estación de muestreo no presentó plantas acuáticas hidrófitas y helófitas (**Fotografía N° 9-10**).

Fotografía N° 9-10. Estación LB-3. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y junta afluente con laguna. Campaña Verano 2018. c. y d. Vista panorámica de la estación y afluente.



a.



b.



c.



d.

Fuente: Elaboración propia.

- Estación LP-23

La estación LP-23 se encuentra ubicada en la laguna La Punta, a una altura geográfica de 2303 msnm, con un ancho de sección estimado de 140 m en invierno y verano, y de profundidad baja la que osciló entre 22,7 y 14,7 cm entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, aunque se observaron afloramientos pequeños en la línea de costa se observó un nulo flujo en la laguna, y con aguas transparentes en ambos periodos de muestreo. La estación de muestreo presentó parches de hidrófitas (*Ruppia*) y tres especies de helófitas en ribera. Presencia de microbialitos y evaporitas al interior de la laguna (**Fotografía N° 9-11**).

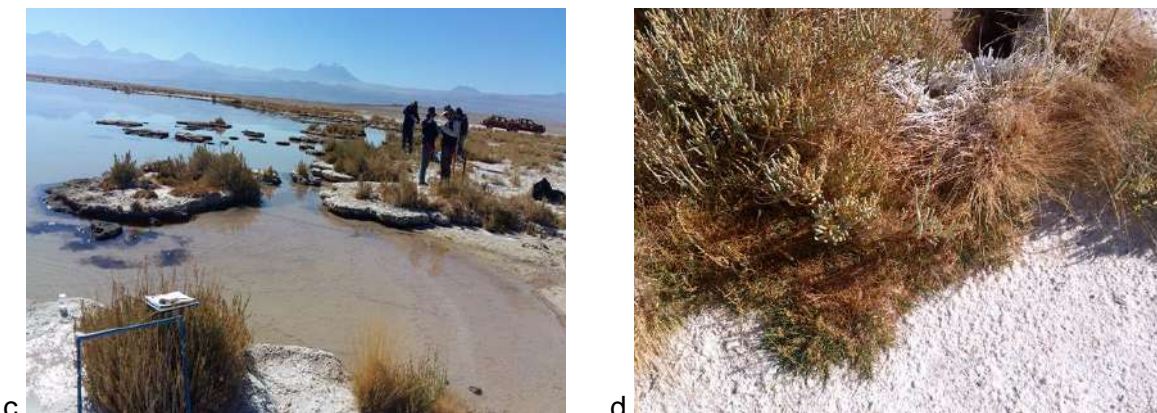
Fotografía N° 9-11. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y parche *Sarcocornia fruticosa* (helófitas). Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Parche helófitas *S. fruticosa*, *Puccinellia frigida* y *T. concinna*.



a.



b.

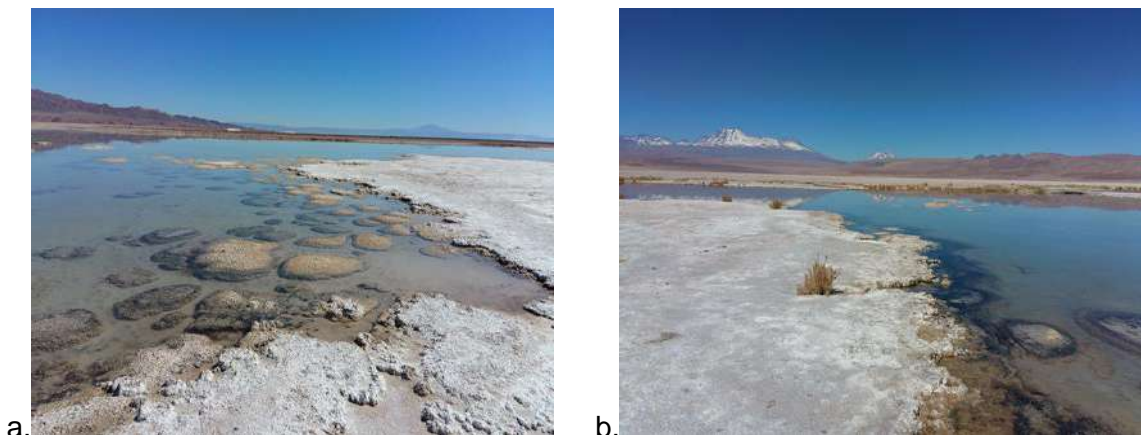


Fuente: Elaboración propia.

- Estación LP-24

La estación LP-24 se encuentra ubicada en la laguna La Punta, a una altura geográfica de 2302 msnm, con un ancho de sección estimado de 473 m en invierno y verano, y de profundidad baja, la que osciló entre 30,0 y 20,3 cm entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, sin flujo y con aguas transparentes en ambos periodos de muestreo. La estación de muestreo presentó parches de hidrófitas (*Ruppia*) y helófitas en ribera. Presencia de microbialitos y evaporitas al interior de la laguna (**Fotografía N° 9-12**).

Fotografía N° 9-12. Estación LP-24. Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación. b. Sustrato fino y parche *Sarcocornia fruticosa* (helófitas) y *Ruppia* (hidrófitas). Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Parche helófitas *S. fruticosa* en línea de costa y *Ruppia* dentro del agua.





c.



d.

Fuente: Elaboración propia.

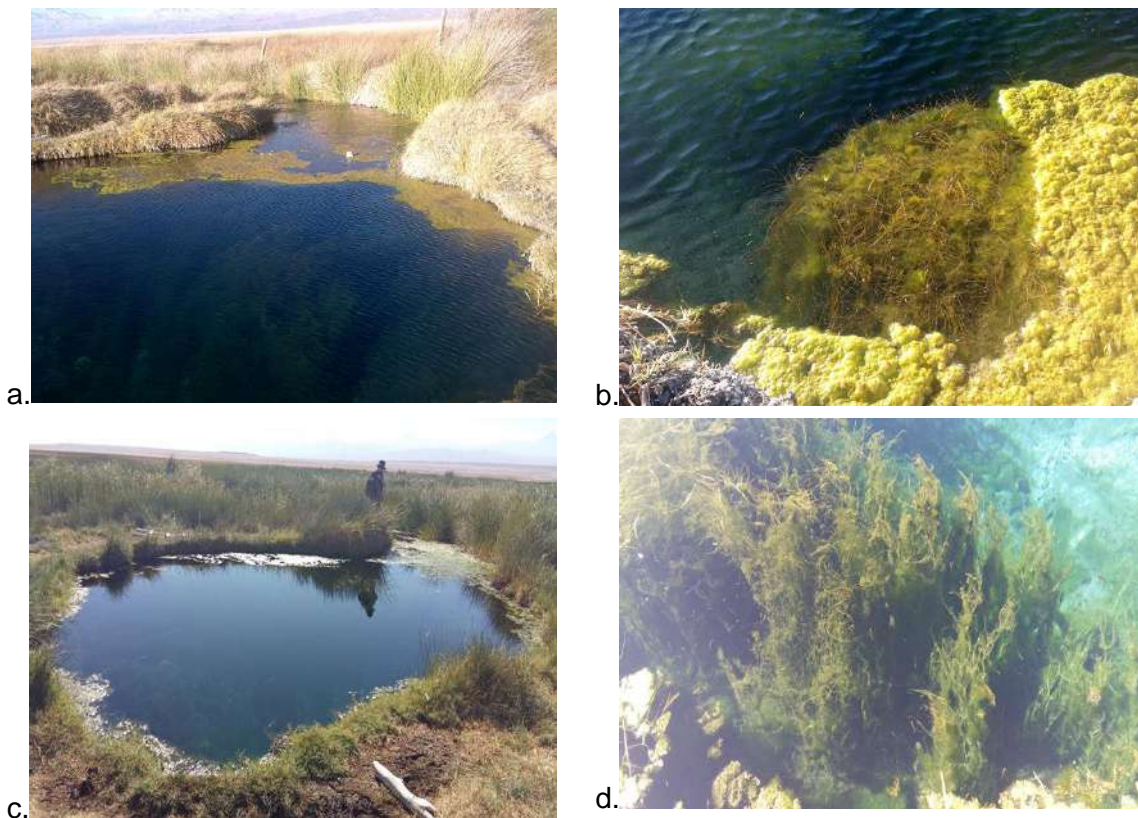
9.2.1.3 Sector Tilopozo

Este Sector corresponde al área denominada vegas de Tilopozo y en ella se ubican tres estaciones de muestreo, las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden a afloramientos con pozas profundas, mientras que TB-2 corresponde a un sistema somero tipo pajonal hídrico (ver **Tabla N° 9-1** y **Figura N° 9-1**).

- Estación TB-1

La estación TB-1 corresponde a un afloramiento (poza) y pajonal hídrico ubicado a una altura geográfica de 2318 msnm, con un ancho de sección aproximado de 9,15 m en invierno y verano, y de profundidad de 150 cm en ambos periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a roca madre y sedimento fino, sin flujo, y con aguas transparentes en ambos periodos de muestreo.

Además, en esta estación se observó un canal aledaño de 97 cm de ancho; con especies emergentes (helófitas) principalmente de los géneros *Schoenoplectus* y *Distichlis* y lamas de microalgas flotantes en el canal, se observó también la presencia de peces del género *Gambusia*, taxón introducido y sin categoría de conservación según RCE (2012). Cabe destacar que, la poza presenta más de un 50% de hidrófitas sumergidas (*Zannichellia palustris*) y lamas de microalgas que crecen sobre y entre dichas plantas, condición observada en ambas campañas de muestreo (**Fotografía N° 9-13**). Por último, se detectó ganado (burros) pastoreando el lugar.

Fotografía N° 9-13. Estación TB-1. Campaña Invierno 2017 y Campaña Verano 2018

Fuente: Elaboración propia.

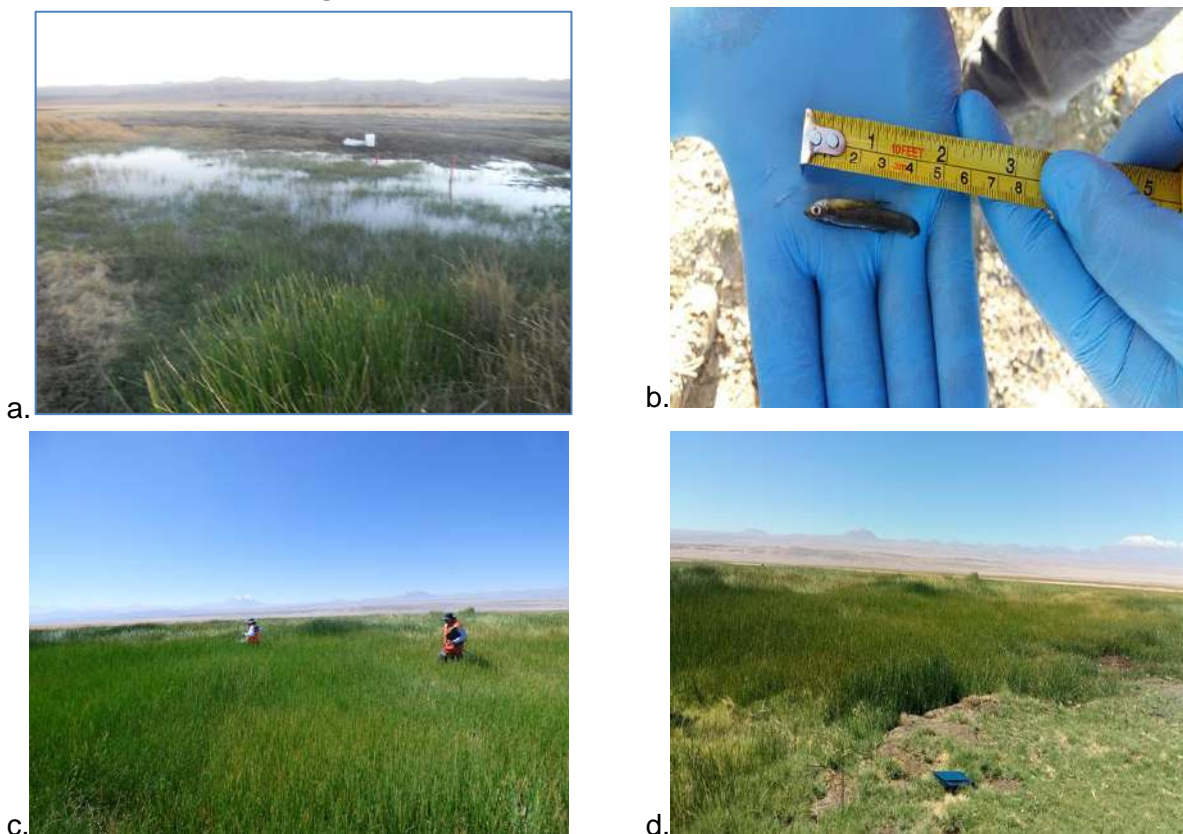
Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación, al centro poza, al fondo canal y presencia de la helófito *Schoenoplectus californicus*. b. Parche *Zannichellia palustris* (hidrófito), con lamas de microalgas en superficie.

Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación y d. Parche *Zannichellia palustris* (hidrófito) con lamas de microalgas bajo el agua.

- Estación TB-2

La estación TB-2 corresponde a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico, ubicado a una altura geográfica de 2311 msnm, con un ancho de sección aproximado de 16,3 x 22,0 m en invierno y en verano, y de profundidad de 12,1 y 15,7 cm entre periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a sedimento fino, detritos y materia orgánica particulada fina, sin flujo, y con aguas transparente y ligeramente turbia dependiendo de la campaña de muestreo.

En la estación se observaron especies emergentes (helófitas) principalmente del género *Juncus* y lamas de microalgas flotantes, también se detectó la presencia de peces del género *Gambusia*, taxón introducido y sin categoría de conservación según RCE (2012) Cabe señalar que, la campaña de verano la estación se encontró cubierta en un 100% de especies emergentes (helófitas) (**Fotografía N° 9-14**).

Fotografía N° 9-14. Estación TB-2. Estación TB-1.

Fuente: Elaboración propia.

Campaña Invierno 2017. a. Vista panorámica de la estación, al pajonal hídrico y presencia de la helófito *Juncus balticus*. b. Presencia de peces del género *Gambusia*. Campaña Verano 2018. c. y d. Vista panorámica de la estación 100% cubierta de Juncos.

- Estación TB-3

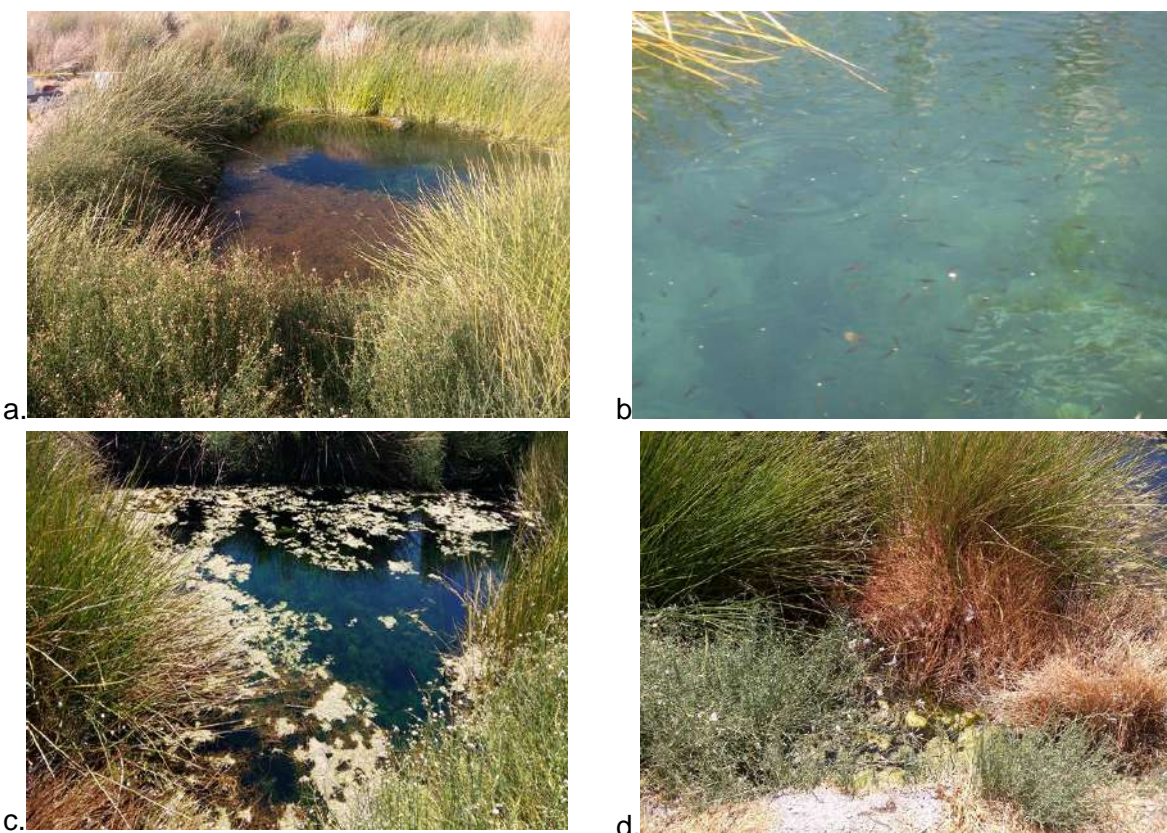
La estación TB-3 corresponde a un afloramiento (poza) y pajonal hídrico ubicado a una altura geográfica de 2315 msnm, con un ancho de sección aproximado de 8,50 m en invierno y verano, y de profundidad de 200 cm en ambos periodos de muestreo. El sustrato de la estación corresponde a roca madre y sedimento fino, detrito y materia orgánica particulada fina, sin flujo, y con aguas transparentes en ambos periodos de muestreo.

En la estación se detectaron especies emergentes (helófitas) principalmente del género *Schoenoplectus* y la hidrófito *Zannichellia palustris*, se observó también la presencia de peces del género *Gambusia*, taxón introducido y sin categoría de conservación según RCE (2012) (Fotografía N° 9-15). En la campaña de verano se observó algún grado de

eutrofización de la poza, con mayor presencia de lamas de microalgas en superficie probablemente dado por el deslizamiento de la orilla de la poza sobre esta.

Cabe destacar que la estación TB-3, es una estación de carácter voluntario, adicional a las comprometidas en el PMB, debido a que permite complementar la información entregada por las otras estaciones de muestreo. En el área aledaña a esta estación se ubica una bomba de agua de Minera Albemarle.

Fotografía N° 9-15. Estación TB-3. Campaña Invierno 2017 y Campaña Verano 2018



Fuente: Elaboración propia.

Campaña Invierno 2017. 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*.

Campaña Verano 2018. c. Vista panorámica de la estación en verano 2018 y d. Deslizamiento de parte de la orilla sobre la poza

9.2.2 Resultados del muestreo campaña de invierno 2017 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)

9.2.2.1 Resultados Calidad de agua

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la campaña de invierno 2017 de los parámetros de calidad de agua evaluados en las diferentes estaciones por cada sector de estudio. Los certificados de laboratorio se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**.

9.2.2.1.1 Resultados Sector Peine

Tabla N° 9-9. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine (invierno 2017).

Parámetro	Unidad	Min LB	Max LB	Salada		Saladita		Interna	
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Temperatura	C	4,8	33,6	18,4	9,3	11,5	17,8	18,4	15,7
pH	u pH	6,13	8,6	8,1	8,4	8,3	8,3	8,3	8,2
Conductividad específica	uS/cm	25350	235000	38350	48200	49300	49900	52000	60300
Salinidad	g/Kg	8,7	66,5	22	28	29	29	30	35
Oxígeno disuelto	mg/L	2,34	11,2	9,1	6,2	3,2	4,8	3,8	4,4
Turbiedad	UNT	3	152	75	15	9	20	16	6
Clorofila "a"	ug/L	0	18200	7,6	1,7	<1,0	2,8	7,4	2,4
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m ²	-	-	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	51	1564,7	212	223	200	203	195	183
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	91,26	1908,07	211,7	222,6	199,6	203,1	194,9	183,3
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<5	139,54	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Cloruro (Cl)	mg/L	8494	194099	13943	18259	18674	18692	19664	23153
Nitrato (N-NO ₃ -)	mg/L	<0,15	21,2	3,2	1,3	1,3	1,2	1,5	2
Nitrito (N-NO ₂ -)	mg/L	0,00036	<0,5	0,052	0,012	0,007	0,009	0,009	0,013
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,044	1,31	0,018	<0,009	<0,009	0,011	0,011	0,06
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	8,66	0,018	<0,010	<0,010	0,011	0,011	0,06
Fósforo Total (PT)	mg/L	<0,05	7,125	0,096	0,098	0,069	0,098	0,009	0,49
Ortofosfato (PO ₄)	mgP/L	0,1	6,7	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	3,03

Parámetro	Unidad	Min LB	Max LB	Salada		Saladita		Interna	
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Sulfato (SO4-2)	mg/L	845	14970	1628,5	1999,1	1999,8	2000	2000	3240,9
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	619	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

En el sector Peine se observan resultados con valores dentro de los rangos establecidos del Plan de Monitoreo Biótico (PMB) (**Tabla N° 9-9**). Algunos valores que se encontraron fuera del rango de la línea base, como lo son el Carbonato, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno Total Kjeldhal y Fósforo Total, estuvieron por debajo del mínimo registrado durante línea base, debido a que su límite de detección de análisis fue menor.

Los resultados en general se encuentran en los rangos propios de sistemas acuáticos salinos, es decir, alta conductividad específica (entre 38.350 μ S/cm y 60.300 μ S/cm) y altas salinidades, incrementándose de laguna Salada a laguna Interna, asociadas principalmente al contenido de sales como cloruros (entre 13.943 mg/L y 23.153 mg/L). Las temperaturas se presentan acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua, oscilando entre 9,3 y 18,4 °C. El pH fue alcalino sin mayor variación entre estaciones de muestreo, obteniéndose valores entre 8,1 y 8,4, los cuales se corresponden con los obtenidos para los parámetros de alcalinidad total y de bicarbonato. El sulfato por su parte, registró valores de concentración entre 1.628,5 y 3.240,9 mg/L, incrementándose desde laguna Salada a laguna Interna.

Respecto al oxígeno disuelto, este mostró un rango variable entre 3,2 y 9,1 mg/L, al igual que la turbiedad con valores entre 6 y 75 UNT y la clorofila "a" en fitoplancton valores entre <1 y 7,6 ug/L.

9.2.2.1.2 Resultados Sector La Punta y La Brava

Tabla N° 9-10. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Temperatura	°C	6,8	26,3	10	8,4	15	21,3	22,4
pH	U	7,77	8,38	8,3	8,3	8,1	8,2	8,2
Conductividad específica	uS/cm	22300	149500	40500	45200	83700	84700	39800
Salinidad	gr/kg	22,7	36,3	23	26	49	49	23

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx. LB	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Oxígeno disuelto	mg/L	2,69	9,72	4,5	4,8	1,1	2,1	4,2
Turbiedad	UNT	1,3	31,4	0,8	1,5	2	8,8	3
Clorofila "a"	ug/L	0	31900	<1,0	<1,0	<1,0	10,8	6,8
Clorofila en Periphiton	mg cl-a/m ²	-	-	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	<3	<3	<3	<3	<3
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	268	806	345	356	396	390	275
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	240	311,1	345,4	355,8	396,3	390	275,5
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	53,86	307,5	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	12071	58199	14813	16572	33805	34087	13738
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	<0,046	0,245	1,5	1,8	3,2	3,6	1,2
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	<0,0002	<0,5	0,007	0,007	0,011	0,01	0,01
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,01	0,268	<0,009	<0,009	0,011	<0,009	<0,009
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	3,19	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010
Fósforo (P)	mg/L	<0,05	3,77	0,18	0,18	0,485	0,49	0,265
Ortofosfato (PO ₄)	mg/L	0,255	3,29	1,65	0,57	3,91	3,19	2,18
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	1385	7261	2252,8	2586,7	5522,4	5738	3338,2
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	749	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos durante el monitoreo de invierno 2017 para el sector La Punta y la Brava, en general se encuentran dentro de los límites registrados en línea base.

Estaciones LB-1 y LB-2 presentan mayor contenido en sales que el resto de las estaciones, indicados por la conductividad específica, salinidad, cloruro y sulfato.

Los valores obtenidos son propios de lagunas salinas, como alta conductividad específica (entre 39.800 y 84.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y altas salinidades (entre 23 y 49 gr/Kg), principalmente en Laguna La Brava. La variación de estos parámetros son asociados principalmente al contenido de sales como cloruros (entre 13.738 y 34.087 mg/L). La estación LB-3, ubicada en la desembocadura de un afluente de la Laguna La Brava, se comporta diferente a LB-1 y LB-2 ya que se registraron los menores valores de los parámetros relacionados a la conductividad y las sales.

Las altas temperaturas, en general, estuvieron acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua (10,0 a 22,4 °C) y un pH alcalino que no presentó mayor variación entre

las estaciones de muestreo, valores que son correspondientes con los parámetros de alcalinidad total y de bicarbonato.

El oxígeno disuelto presentó valores bajos entre 1,1 y 4,8 mg/L, observándose los mayores en Laguna La Punta. La turbiedad mostró un rango variable entre 0,8 y 8,8 UNT y la clorofila "a" en fitoplancton un rango amplio con valores que oscilaron entre <1,0 y 10,8 µg/L (mayor en LB-2 y LB-3). Los compuestos nitrogenados (nitrito, amoniacal y NKT), se observaron iguales o menores a 0,011 mg/L, incluso algunos se encontraron bajo el límite de detección. Sin embargo, el nitrato presentó valores sobre 3 mg/L en LB-1 y LB-2. En el caso del fósforo su concentración máxima fue de 0,49 mg/L, para el ortofosfato de 3,91 mg/L y en el caso del sulfato, los valores fluctuaron entre 2.252,8 y 5.738 mg/L, observándose las mayores concentraciones para estos parámetros en LB-1 y LB-2.

9.2.2.1.3 Resultados Sector Tilopozo

Tabla N° 9-11. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo (invierno 2017).

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Temperatura	°C	25,4	14,8	25,3
pH	U	7,1	8,3	7
Conductividad específica	uS/cm	4230	4610	4180
Salinidad	gr/kg	2	3	2
Oxígeno disuelto	mg/L	0,8	1,2	0,5
Turbiedad	UNT	0,3	12	2,8
Clorofila "a"	ug/L	<1,0	6,9	2,4
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m ²	<1,0	<1,0	<1,0
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	<3	<3	<3
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	355	379	352
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	357,9	379,3	352,1
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<3,0	<3,0	<3,0
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	1011	1097	984
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	5,6	<0,6	5,4
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,007	0,007	0,009
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,009	<0,009	0,012
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,010	<0,010	0,012
Fósforo (P)	mg/L	0,097	0,099	0,099

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Ortofosfato (PO ₄)	mg/L	<0,50	<0,50	<0,50
Sulfato (SO ₄ -2)	mg/L	401,56	452,99	413,63
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4,0	<4,0	<4,0

Fuente: Elaboración propia.

El sector de Tilopozo no posee registros de línea de base, en el Plan de Monitoreo Biológico, por lo que los resultados no los incluyen. En general los valores obtenidos en el sector de Tilopozo (**Tabla N° 9-11**), muestran un sistema de vegas mucho menos salino que los otros sectores, con valores más bajos en conductividad (entre 4.180 y 4.610 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (2 a 3 gr/Kg) y cloruro (984 a 1.097 mg/L). El pH fue neutro a alcalino (7,0 a 8,3), correspondientes con los parámetros de alcalinidad total y de bicarbonato. Las altas temperaturas en general estuvieron acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua (14,8 a 25,4 °C).

Cabe destacar que el oxígeno disuelto presentó valores bajos en concentración, entre 0,5 y 1,2 mg/L en este sector, datos que resultan “outliers” o fuera de rango, considerando los datos históricos que posee el Plan de Seguimiento Hidrico (PSAH) del mismo Titular en el mismo punto (para el punto LM-16). Se deja constancia de esta observación, de manera de seguir mirando las concentraciones de estos puntos a través del tiempo. Se debe tener presente que, dependiendo de las altas temperaturas permiten una menor o mayor solubilidad de gases. Por otro lado, la turbiedad mostró un rango de valores entre 0,3 y 12,0 UNT y la clorofila “a” en fitoplancton presentó un rango amplio de valores entre <1,0 a 6,9 $\mu\text{g}/\text{L}$.

Por su parte el nitrato fluctuó entre <0,6 y 5,6 mg/L (mayor en TB-1 y TB-3), mientras que el resto de los compuestos nitrogenados (nitrito, amoníaco y NKT), tuvieron valores iguales o menores a 0,012 mg/L, incluso algunos bajo el límite de detección. En el caso del fósforo, las concentraciones fueron menores a 0,099 mg/L, los valores de ortofosfato fueron todos menores a 0,5 mg/L, mientras que el sulfato varió entre 401,6 y 452,9 mg/L.

9.2.2.2 Resultados Calidad de sedimentos

A continuación se detallan los resultados obtenidos para los parámetros de calidad de sedimentos evaluados durante la campaña de invierno 2017. Los informes de ensayo de laboratorio respectivos, se presentan en el **Anexo Limnología - Sedimentos**.

9.2.2.2.1 Resultados Sector Peine

En la **Tabla N° 9-12**, se presentan los resultados de calidad en sedimentos para campaña invierno 2017 del Sector de Peine.

Tabla N° 9-12. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine (invierno 2017).

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx LB	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	3	43	63	108,5	69,7	46,6	80,9	28,7
Fosforo Total (P)	mg/Kg	34	78	209,85	404,31	113,98	124,9	160,87	2,07
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,14	5,3	4	7,6	3,4	2,6	4,3	1,8
Materia Orgánica	%	0,5	7,4	10,85	18,71	12,02	8,03	13,94	4,96
Potencial Redox	mV	-160	46,4	-386,4	-396,6	-369,4	-375,7	-338,4	-350,6

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

Los valores más altos de carbono orgánico total, fósforo total, nitrógeno total Kjeldahl y materia orgánica, y a su vez el menor valor de potencial redox, ocurrieron en la estación S-5 (laguna Salada). Por el contrario, los valores más bajos de los parámetros orgánicos y de nutrientes se observaron en la estación I-17 (laguna Interna). Cabe señalar que el potencial Redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores entre -338,4 y -396,6 mV. Tales valores de potencial redox, fueron menores a los registrados en invierno 2016 (entre -182,6 y -343,7 mV), conservando la condición de ambientes de características reductoras.

Respecto de los resultados de análisis granulométrico del sector de Peine (**Tabla N° 9-13**), los sedimentos mostraron que el diámetro medio de grano obtenido en Laguna Salada y Laguna Saladita, correspondió principalmente a *arena fina* (entre 0,220 y 0,243 mm), con un grado de selección de *Pobrementemente seleccionado a Muy pobrementemente seleccionado*. En el caso de las estaciones de Laguna Interna, los sedimentos en invierno 2017 correspondieron principalmente a *arena media* (entre 0,283 y 0,286 mm), con grados de selección de *Pobrementemente seleccionado a Muy pobrementemente seleccionado*. Tales

grados de selección implican que la composición granulométrica de los sedimentos presentó varios tipos de tamaño de arena y limo, pero principalmente *arena fina* en Laguna Salada y *arena media* en Laguna Interna.

Tabla N° 9-13: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine (invierno 2017).

Estación	Diámetro medio		Grado de selección	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
S-5	0,243	Arena Fina	0,005	Muy pobremente seleccionado
S-9	0,238	Arena Fina	0,003	Pobremente seleccionado
SA-25	0,220	Arena Fina	0,005	Muy pobremente seleccionado
S-10	0,275	Arena Media	0,003	Pobremente seleccionado
I-11	0,286	Arena Media	0,004	Muy pobremente seleccionado
I-17	0,283	Arena Media	0,002	Pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.2 Resultados Sector La Punta y La Brava

En la **Tabla N° 9-14** se presentan los resultados de calidad en sedimentos para campaña invierno 2017 del Sector de LP-LB. El nitrógeno total Kjeldahl presentó su valor máximo y mínimo en la laguna La Brava (10 gr/Kg en LB-3 y 3,6 gr/Kg en LB-2) y también que el potencial Redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores entre -364,1 y -399,4 mV. Tales valores de potencial redox, fueron menores a los registrados en invierno 2016 (entre -235,7 y -350,5 mV), conservando la condición de ambiente de características reductoras.

Tabla N° 9-14. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).

Parámetro	Unidad	LB Min	LB Max	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	22	48	89,1	103,8	74,3	78	109,1
Fosforo Total (P)	mg/Kg	8	55	2,87	8,52	3,19	3,8	3,18
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	1,596	6,351	8,1	8,1	4,8	3,6	10
Materia Orgánica	%	3,9	8,2	15,36	17,89	12,8	13,45	18,8
Potencial Redox	mV	-161,6	-61	-364,1	-391,3	-393,6	-398,8	-399,4

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la granulometría, en Laguna La Punta los diámetros medios de grano obtenidos correspondieron a *arena fina* (0,177 mm) y *arena media* (0,285 mm), en ambos casos con un grado de selección *Muy pobremente seleccionado*. Para el caso de Laguna La Brava, el diámetro medio de grano correspondió a *arena gruesa* (0,583 mm) y *arena media* (entre 0,289 y 0,369 mm), con grados de selección de *Pobremente seleccionado* a *Muy pobremente seleccionado* (Tabla N° 9-15).

Tabla N° 9-15: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).

Estación	Diámetro medio		Grado de selección	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
LP-23	0,177	Arena Fina	0,004	Muy pobremente seleccionado
LP-24	0,285	Arena Media	0,004	Muy pobremente seleccionado
LB-1	0,583	Arena Gruesa	0,002	Pobremente seleccionado
LB-2	0,369	Arena Media	0,004	Pobremente seleccionado
LB-3	0,289	Arena Media	0,004	Muy pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.2.3 Resultados Sector Tilopozo

Tabla N° 9-16. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Tilopozo (invierno 2017).

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	115,6	<1,6	53,3
Fosforo Total (P)	mg/Kg	532,43	392,52	500,49
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	9,3	11,6	4,3
Materia Orgánica	%	19,94	<0,28	9,19
Potencial Redox	mV	-343,7	-387,3	-2913

Fuente: Elaboración propia.

Si bien las estaciones del sector Tilopozo se encuentran cercanas entre sí, éstas presentan diferencias, observándose en general valores menores en la estación TB-2 para la mayoría de los parámetros evaluados, en comparación con las estaciones TB-1 y TB-3 del sector. Esto relacionado con que la estación TB-2 correspondió a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad y las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden principalmente a pozas de 1,5 y 2 m de profundidad,

respectivamente. Los resultados mostraron valores de carbono orgánico total (COT) de <1,6 a 115,5 gr/Kg y de materia orgánica de <0,28 a 19,94%, siendo los más altos los registrados en TB-1. El fósforo total presentó altos registros con valores entre 392,52 mg/Kg (TB-2) y 532,43 mg/Kg (TB-1). El nitrógeno total Kjeldahl, por su parte, varió entre 4,3 (TB-3) y 11,6 gr/Kg (TB-2). El potencial Redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores entre -343,7 y -2.913 mV (**Tabla N° 9-16**). Tales valores de potencial redox, fueron menores a los registrados en invierno 2016 (entre -144,3 y -376,3 mV), observándose la mayor diferencia en TB-3, conservando la condición de ambientes de características reductoras.

Los resultados granulométricos para el sector de **Tilopozo**, muestran que el diámetro medio de grano obtenido en las estaciones correspondieron a *arena fina* (entre 0,133 y 0,172 mm) y *arena muy fina* (0,104 mm), con un grado de selección de *Muy pobremente seleccionado* (**Tabla N° 9-17**).

Tabla N° 9-17: Resultados granulométricos de los Sedimentos. Sector Tilopozo

Estación	Diámetro medio		Grado de selección	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
TB-1	0,172	Arena Fina	0,005	Muy pobremente seleccionado
TB-2	0,133	Arena Fina	0,005	Muy pobremente seleccionado
TB-3	0,104	Arena Muy Fina	0,005	Muy pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3 Resultados Biota acuática

9.2.2.3.1 Fitobentos

El fitobentos corresponde al complejo de comunidades microalgales que viven asociadas a un sustrato del fondo de los cuerpos de agua (Parra & Bicudo, 1996), las cuales son representadas por microalgas bentónicas. Su importancia radica en ser productores primarios en el ecosistema (estando o no asociadas a los tapetes microbianos) sosteniendo en parte la diversidad de invertebrados y la avifauna que se alimentan de ellas.

9.2.2.3.1.1 Sector Peine

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine, en la campaña de invierno 2017 estuvo compuesta por 12 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 3 y 9

en las estaciones I-17 e I-11 respectivamente. Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 5.965 cel/cm² en S-9 (laguna Salada) y 179.421 cel/cm² en I-17 (laguna Interna) (Tabla N° 9-18).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones S-5 y S-9, ambas ubicadas en la laguna Salada, mientras que en las estaciones de Saladita (SA-25), e Interna (I-17), se registraron los menores valores de dichos parámetros (**Tabla N° 9-18**).

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-2**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de invierno 2017, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Denticula*; *Nitzschia* y *Navicula*.

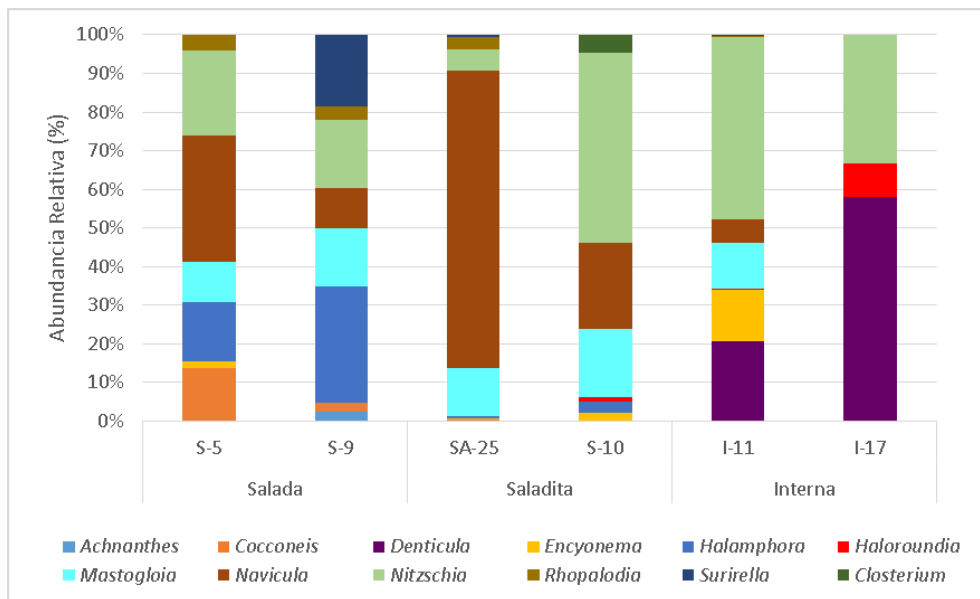
El análisis por clase de la comunidad de fitobentos, mostró que la clase Bacillariophyceae correspondientes a las diatomeas, presentan la mayor representatividad en las lagunas que conforman el Sector Peine para la campaña invierno 2017, lo que es similar al patrón observado en las campañas de línea de base y para el monitoreo campaña invierno 2016.

**Tabla N° 9-18. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine.
 Campaña Invierno 2017.**

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones					
				Sector Peine					
				S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i>		139				
	Achnanthales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	2.467	139	87		119	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>					13.141	104.034
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i>	297		87	129	8.454	
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>	2.774	1.803	178	198		
	Mastogloiales	Achnanthaceae	<i>Haloroundia</i>				69	119	15.754
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>	1.873	902	3.196	1.139	7.641	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	5.935	624	20.045	1.427	3.805	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	3.963	1.040	1.463	3.141	30.306	59.634
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	713	208	795		188	
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>		1.110	173		119		
Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>				297		
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Inv-2017					
Abundancia total (cel/cm²)		13	6.787	18.023	5.965	26.024	6.401	63.891	179.421
Riqueza de Géneros (S)		2	14	7	8	8	7	9	3
Diversidad H' (nits/ind)		-	-	2,35	2,42	0,99	1,57	1,71	0,37
Equidad (J')		-	-	0,87	0,86	0,4	0,63	0,64	0,37

LB: Línea base. Rango Variación LB Invierno (Sep 2008, 2013 y Julio 2014)

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 9-2. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine. Campaña Invierno 2017.

Fuente: Elaboración propia

9.2.2.3.1.2 Sector La Punta y La Brava

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine, en la campaña de invierno 2017 estuvo compuesta por 10 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 3 y 7 en las estaciones LB-1 (laguna La Brava) y en LP-24 (laguna La Punta) respectivamente. Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 3.646 cel/cm² en LB-3 (laguna La Brava) y 74.201 cel/cm² en LB-1 (laguna La Brava), la laguna La Punta presentó valores intermedios de abundancia (**Tabla N° 9-19**).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones LP-24 y LB-3, ubicadas en la laguna La Punta y La Brava respectivamente, mientras que en las estaciones de La Brava (LB-1 y LB-2), se registraron los menores valores de dichos parámetros (**Tabla N° 9-19**).

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-3**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de invierno 2017, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Nitzschia* y *Mastogloia*.

Al observar la abundancia relativa por clase, se observa que la clase ampliamente dominante en el fitobentos en la campaña de invierno 2017 corresponde a Bacillariophyceae.

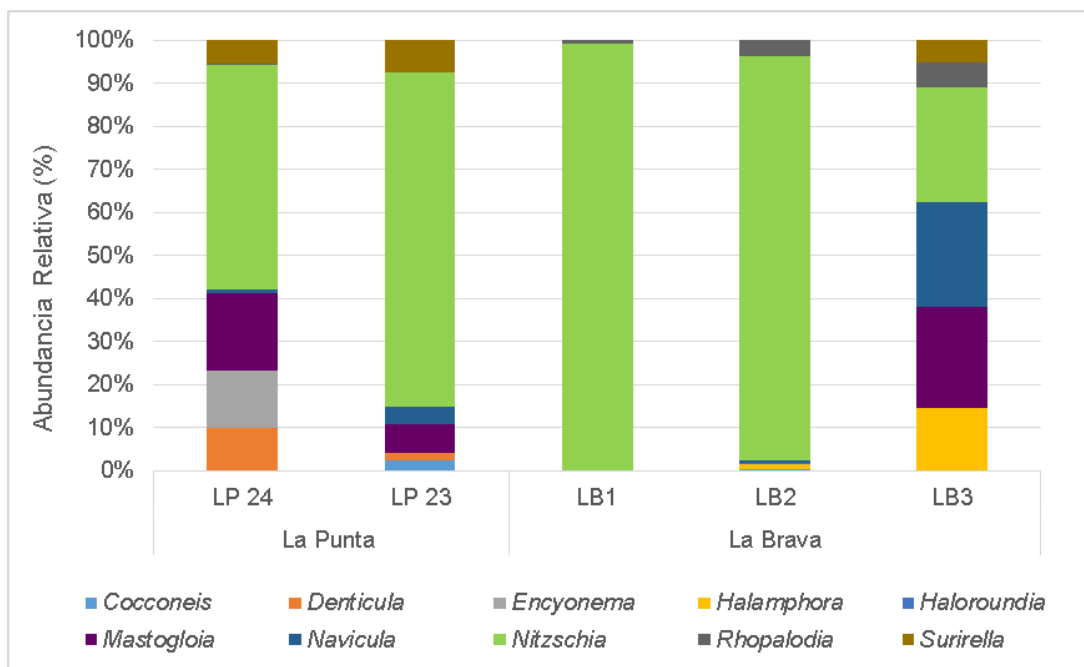
Tabla N° 9-19. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña invierno 2017.

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones				
				Sector La Punta - La Brava				
				LP 24	LP 23	LB1	LB2	LB3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>		149		46	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	2.866	99			
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i>	3.815				
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>				99	535
	Mastogloiales	Achnanthaceae	<i>Haloroundia</i>				46	
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>	5.138	396			852
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	248	248	69	50	892
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	14.933	4.657	73.527	10.007	971
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	50		604	383	208
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	1.585	446			188
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Inv-2017				
Abundancia total (cel/cm²)		16	2.673	28.634	5.994	74.201	10.631	3.646
Riqueza de géneros (S)		5	17	7	6	3	6	6
Diversidad H' (nits/ind)		-	-	1,65	1,23	0,09	0,49	1,54
Equidad (J')		-	-	0,68	0,51	0,07	0,25	0,83

LB: Línea base. Rango Variación LB Invierno (Sep 2008, 2013 y Julio 2014)

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-3. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.1.3 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Tilopozo, las estaciones evaluadas registraron un total de 8 géneros. La riqueza por estación fluctuó entre 3 géneros en TB-2 y TB-3, y 6 géneros en TB-1. Respecto a las abundancias registradas las estaciones TB-1 y TB-3 presentaron una abundancia similar, entre los 16.279 y 11.064 cel/cm², mientras que en TB-2 fue mucho mayor con una abundancia de 117.068 cel/cm² (**Tabla N° 9-20**). Los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo fueron mayores en la estación TB-2.

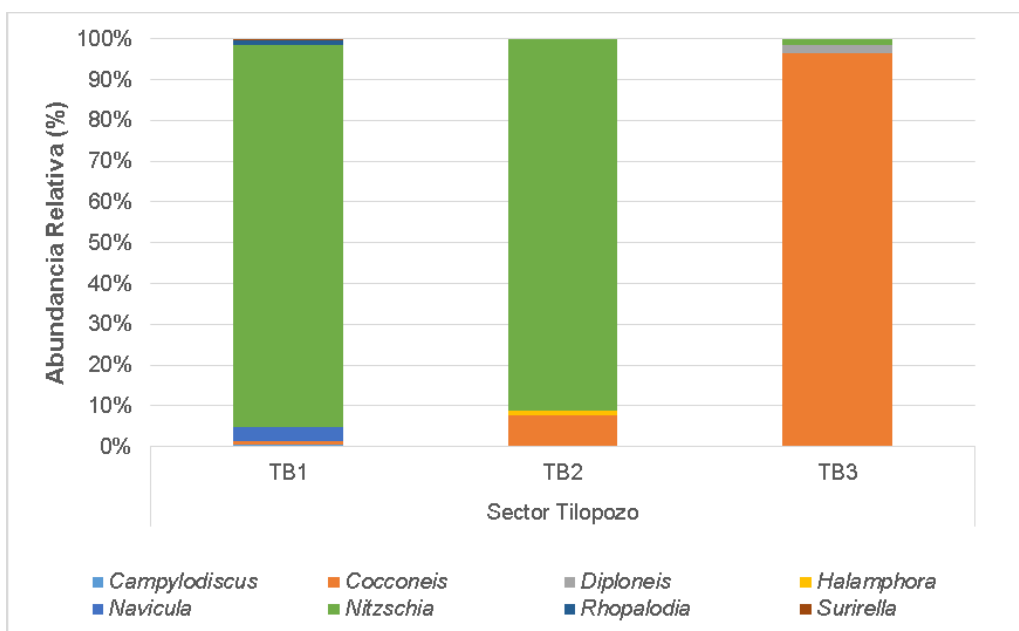
En la **Figura N° 9-4**, se puede observar que la diatomea *Nitzschia* presentó la mayor abundancia relativa en TB-1 y TB-2, en cambio, en TB-3 predominó la diatomea *Cocconeis*.

Tabla N° 9-20. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2017.

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones		
				Sector Tilopozo		
				TB1	TB2	TB3
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i>	102		
	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	102	9.110	10.672
	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>			227
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>		1.308	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	565		
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	15.268	106.650	165
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	208		
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	33		
Abundancia total (cel/cm²)				16.279	117.068	11.064
Riqueza de géneros (S)				6	3	3
Diversidad H' (nits/ind)				0,46	0,58	0,24
Equidad (J')				0,2	0,37	0,19

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-4. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.2 Fitoplancton

Corresponde a la comunidad de microalgas fotosintetizadoras que se hallan en suspensión en las aguas y que puede ser delimitada ecológicamente y fisionómicamente (Parra & Bicudo, 1996). Su importancia ecológica, al igual que el fitobentos, radica en ser productores primarios en el ecosistema, sosteniendo en parte la diversidad de invertebrados y la avifauna que se alimentan de los microorganismos que componen el fitoplancton.

9.2.2.3.2.1 Sector Peine

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine, en la campaña de invierno 2017 estuvo compuesta por 15 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 5 y 12 en las estaciones SA-25 (laguna Saladita) y S-9 (laguna Salada). Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 49 cel/mL en S-5 (laguna Salada) y 756 cel/mL en I-11 (laguna Interna) (**Tabla N° 9-21**).

La comunidad presentó una diversidad mayor en las estaciones S-9 y S-10, ubicadas en la laguna Salada y Saladita respectivamente. En cambio, para la equidad se observaron los mayores registros en las estaciones de la laguna Salada (S-10 y S-5). Por otro lado, los menores valores de diversidad y equidad fueron observados en las estaciones de Saladita (SA-25), e Interna (I-17) (**Tabla N° 9-21**).

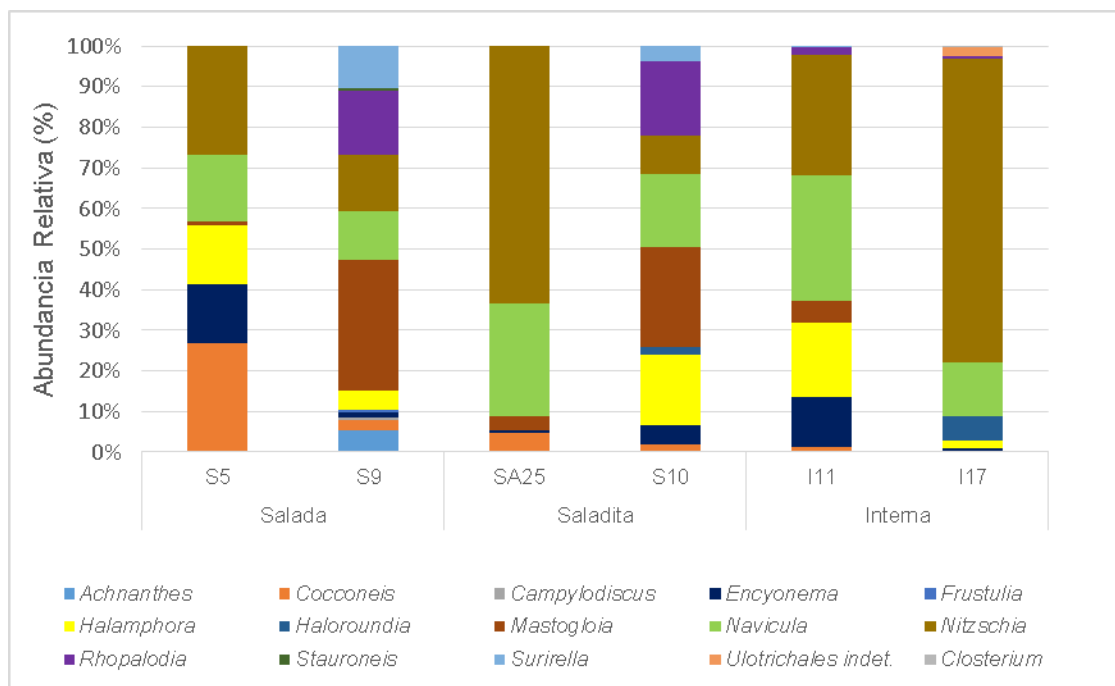
El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-5**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de invierno 2017, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Mastogloia*; *Nitzschia* y *Navicula*.

En este sector la clase Bacillariophyceae es ampliamente dominante, respecto de las clases Chlorophyceae y Conjugatophyceae en la campaña de invierno 2017 para el fitoplancton.

**Tabla N° 9-21. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.
Campaña Invierno 2017.**

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones					
				S5	S9	SA25	S10	I11	I17
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i>		6,3				
	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	13,1	3,3	4,2	6,9	9,4	0,4
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i>		0,6				
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i>	7,3	1,4	0,5	16,0	92,3	0,5
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>		0,7				
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>	7,1	5,8		59,7	138,2	2,1
	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Haloroundia</i>				6,3	1,2	6,5
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>	0,5	38,5	3,2	85,4	39,3	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	8,0	14,4	24,5	61,8	235,7	14,3
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	13,2	16,8	56,0	32,6	224,4	80,8
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>		19,2		63,2	13,1	0,4
	Naviculales	Stauroneidaceae	<i>Stauroneis</i>		0,7				
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>		12,3		12,5	2,5	
Chlorophyceae	Ulotrichales		Ulotrichales indet.						2,4
Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>						0,4
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Inv-2017					
Abundancia total (cel/mL)		90	5.280	49	120	88	344	756	108
Riqueza de géneros (S)		4	14	6	12	5	9	9	9
Diversidad H' (nits/ind)		-	-	1,61	1,96	0,94	1,91	1,60	0,90
Equidad (J')		-	-	0,90	0,79	0,58	0,87	0,73	0,41

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-5. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine. Campaña Invierno 2017.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.2.2 Sector La Punta y La Brava

La comunidad de fitobentos en el Sector La Punta y La Brava, en la campaña de invierno 2017 estuvo compuesta por 10 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 6 y 8 en las estaciones LB-3 (laguna La Brava), y en LP-23 y LP-24 (laguna La Punta) respectivamente. Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 35 cel/mL en LB-2 (laguna La Brava) y 610 cel/mL en LP-23 (laguna Punta) (**Tabla N° 9-22**).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones LB-2, LB.3 y LP-24, ubicadas en la laguna La Brava y La Punta respectivamente, mientras que en las estaciones LB-1 y LP-23, se registraron los menores valores de dichos parámetros (**Tabla N° 9-22**).

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-6**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de invierno 2017, en el

cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Nitzschia*, *Navicula* y *Denticula*.

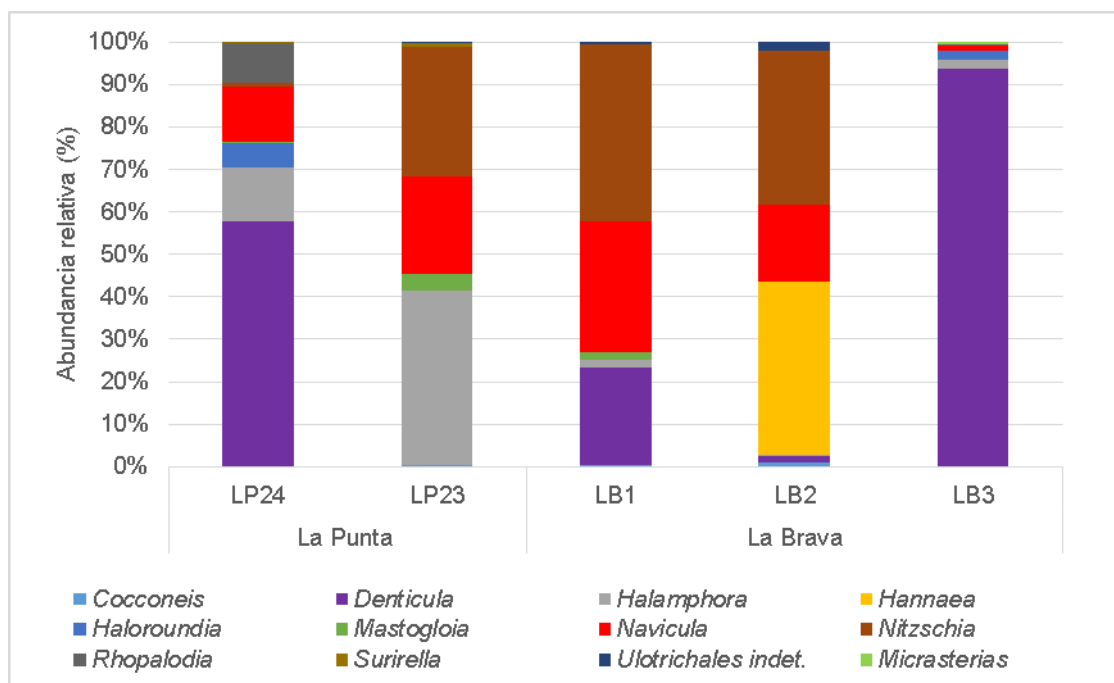
En este sector la clase Bacillariophyceae es ampliamente dominante, respecto de las clases Chlorophyceae y Conjugatophyceae en la campaña de invierno 2017 para el fitoplancton.

Tabla N° 9-22. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2017.

Clase	Orden	Familia	Género	LB-1	LB-2	LB-3	LP-23	LP-24
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnanthes	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	Achnantheidium	9,56	7,85	6,14	4,43	3,50
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis	0,00	0,90	7,01	0,87	1,74
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Denticula	77,39	97,39	26,09	7,01	7,91
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	1,83	0,00	4,37	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	0,29	0,00	18,32	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Enotiales	Enotiaceae	Eunotia	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	Mastogloia	0,58	0,00	45,21	0,00	0,87
Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	Brachysira	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula	0,93	0,00	1,79	0,00	1,76
Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Craticula	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	0,00	0,00	14,78	3,47	6,95
Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	0,00	0,00	2,72	0,00	0,00
Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora	3,50	5,21	51,30	1,74	3,59
Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	0,96	0,00	0,87	0,00	0,00
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	0,00	0,00	13,91	0,00	0,00
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	2,63	2,60	3,47	14,78	11,30
Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra	0,87	0,00	0,87	0,00	0,00
Zygnematophyceae	Zygnematales	Closteriaceae	Closterium	0,00	0,00	14,78	0,00	0,00
Límites		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (cel/ml)		23,85	4905000	101,39	114,225	212,56	32,29	37,61
Riqueza		5	17	12	6	16	6	8
Diversidad (H')		-	-	0,403	0,335	0,800	0,812	0,875
Equidad (J')		-	-	1,001	0,600	2,217	1,456	1,818

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-6. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava. Campaña Invierno 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.2.3 Sector Tilopozo

Dentro del Sector Tilopozo, las estaciones evaluadas registraron un total de 7 géneros. La riqueza por estación fluctuó entre 3 géneros en TB-1 y TB-2, y 5 géneros en TB-3. Respecto a las abundancias registradas las estaciones TB-1 y TB-2 presentaron una abundancia similar, entre los 308 y 325 cel/mL, mientras que en TB-3 fue mucho menor con una abundancia de 1 cel/mL (**Tabla N° 9-23**). Los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo fueron mayores en la estación TB-1.

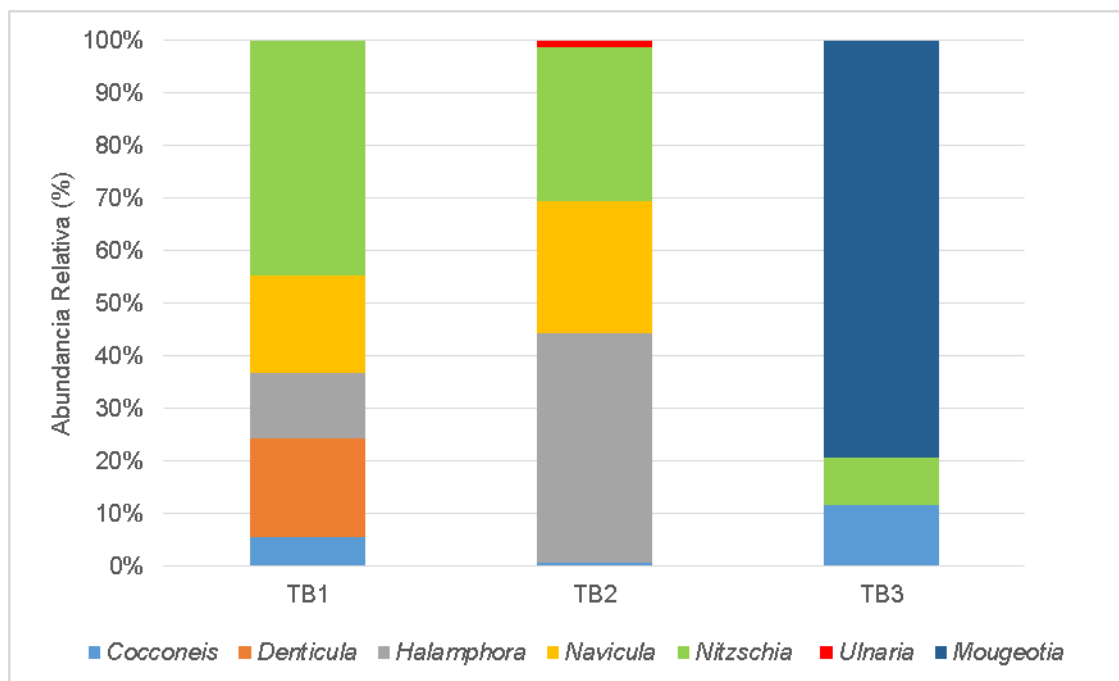
En la **Figura N° 9-7**, se observa que *Mougeotia* presentó la mayor abundancia relativa en TB-3 y en cambio, en TB-1 y TB-2 predominaron las diatomeas *Nitzschia* y *Navicula*. En relación a la abundancia por clase de la comunidad de fitoplancton de vegas de Tilopozo, donde la Clase Bacillariophyceae fue la dominante.

Tabla N° 9-23. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo. Campaña Invierno 2017.

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones		
				TB1	TB2	TB3
Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	17,4	2,1	0,1
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	57,6		
	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>	38,2	141,7	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	56,9	81,9	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	137,5	95,1	0,1
	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i>		3,7	
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>			0,8
Abundancia total (cel/mL)				308	325	1,0
Riqueza de géneros (S)				5	5	3
Diversidad H' (nits/ind)				1,41	1,15	0,65
Equidad (J')				0,87	0,72	0,59

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-7. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.3 Zoobentos

Se refiere a la fauna de invertebrados que habita los sustratos sumergidos de los medios acuáticos. En las lagunas salinas el zoobentos está constituido por crustáceos como anfípodos (*Hyalella*) y copépodos (*Canthocamptidae*), gran cantidad de larvas de insectos (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Ephydriidae*, *Odonata*, entre otros), moluscos gastrópodos como *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación “En Peligro Crítico” según el DS 52 MMA del 2014) y gusanos anélidos, entre otros. Los organismos zoobentónicos corresponden a consumidores secundarios de los ecosistemas acuáticos, siendo activos carnívoros, herbívoros y detritívoros, siendo el eslabón entre los productores primarios, consumidores secundarios y los niveles tróficos superiores. A continuación se presentan los resultados de la campaña de monitoreo de invierno 2017.

9.2.2.3.3.1 Sector Peine

En el sector Peine el zoobentos presentó una riqueza mínima en las estaciones S-25 e I-7 con 1 taxón, y máxima en las estaciones S-5 y S-10 con 4 *taxa*. La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta por insectos dípteros y gusanos oligoquetos con un marcado dominio de copépodos harpacticoídeos.

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango entre 263 ind/m² en I-17 (Laguna Interna) y 261.974 ind/m² en S-9 (Laguna Salada). Los organismos más abundantes y frecuentes fueron los copépodos harpacticoídeos y los dípteros *Ceratopogonidae*.

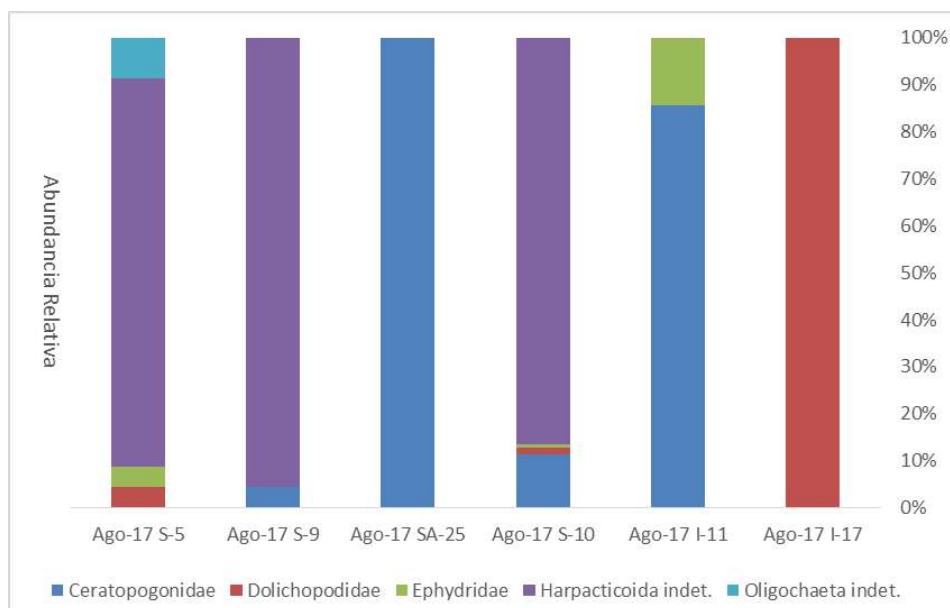
Tabla N° 9-24. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Peine (invierno 2017).

Clase	Orden	Familia	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Insecta	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>		11.316	526	2.237	789	
		<i>Dolichopodidae</i>	132			263		263
		<i>Ephydriidae</i>	132			132	132	
Maxillopoda	Harpacticoida	<i>Harpacticoida</i> indet.	2.500	250.658		16.974		
Oligochaeta		<i>Oligochaeta</i> indet.	263					
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (Ind/m²)			3.026	261.974	526	19.605	921	263
Riqueza (S)	2	4	4	2	1	4	2	1

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-8**, muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los *taxa* dominante en cada estación, con dominancia de Ceratopogonidae y Dolichopodidae en las estaciones S-9 e I-7 respectivamente.

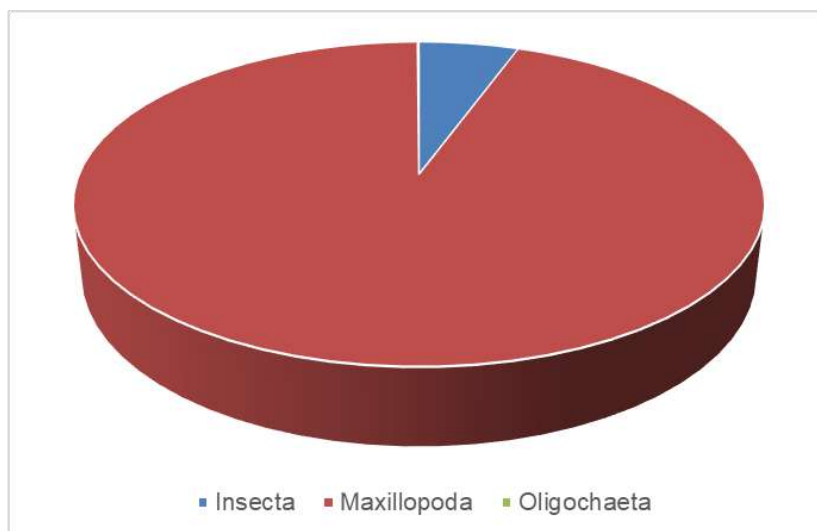
Figura N° 9-8. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-9** presenta la abundancia relativa por clase, distinguiéndose 2 de las 3 clases registradas, Insecta, Maxillopoda y Oligochaeta.

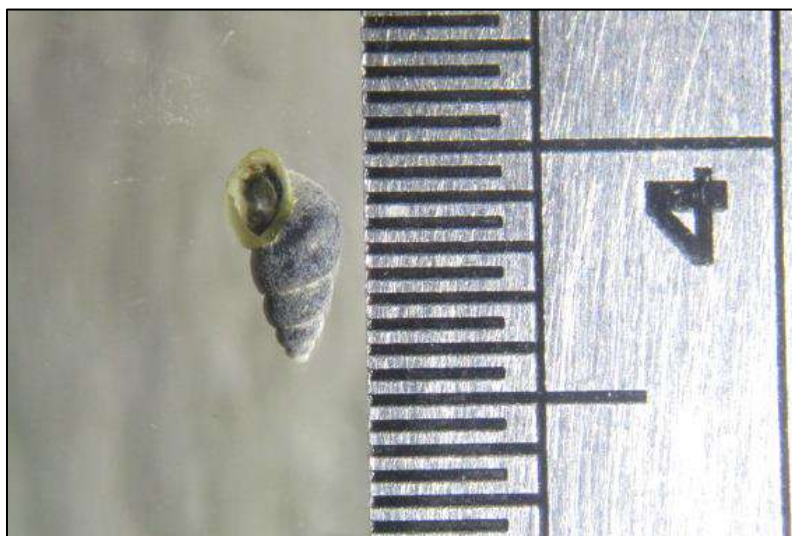
Figura N° 9-9. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector Peine (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.3.2 Sector La Punta y La Brava

En el sector La Punta y La Brava el zoobentos presentó una riqueza mínima en las estaciones LP-24, LB-2 Y LB-3 con 1 taxón, y máxima en la estación LP-23 con 5 taxa. La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta por insectos dípteros, anfípodos hyalélidos, copéodos harpacticóideos, gusanos oligoquetos y gasterópodos Cochliopidae representados por la especie *Heleobia atacamensis* (**Fotografía N° 9-16**).

Fotografía N° 9-16. *Heleobia atacamensis* encontrada en Laguna La Punta (Agosto 2017)

Fuente: Elaboración propia

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango entre 2.105 ind/m² en LB-3 y 19.079 ind/m² en LB-2. Los organismos más abundantes y frecuentes fueron los copépodos harpacticóideos, gastrópodos Cochliopidae y los dípteros Ceratopogonidae. Los valores de riqueza son más altos a los obtenidos en la línea base (**Tabla N° 9-25**).

Tabla N° 9-25. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en en Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).

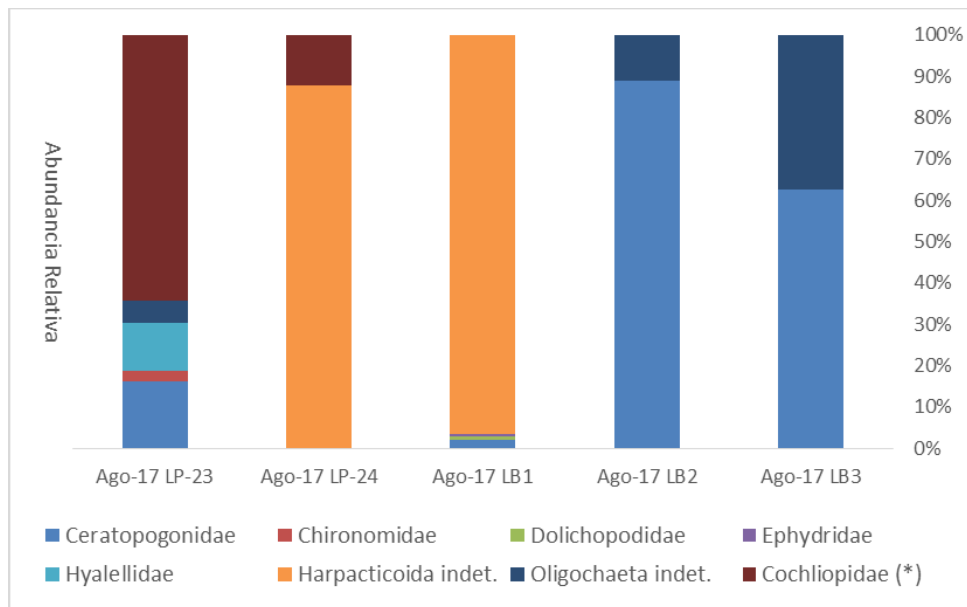
Clase	Orden	Familia	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	2.368		395	2.105	1.316
		Chironomidae	395				
		Dolichopodidae			132		
		Ephydriidae			132		
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	1.711				
Maxillopoda	Harpacticoida	Harpacticoida indet.		13.421	18.421		
Oligochaeta		Oligochaeta indet.	789			263	789
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae (*)	9.474	1.842			
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (Ind/m²)			14.737	15.263	19.079	2.368	2.105
Riqueza (S)	1	3	5	2	4	2	2

(*) La familia Cochliopidae fue representada solo por la especie *Heleobia atacamensis*.

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-10** muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los *taxa* dominante en cada estación, con dominancia de Harpacticoida y Ceratopogonidae en las estaciones LP-24 y LB-1, y LB-2 y LB-3 respectivamente

Figura N° 9-10. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2017).

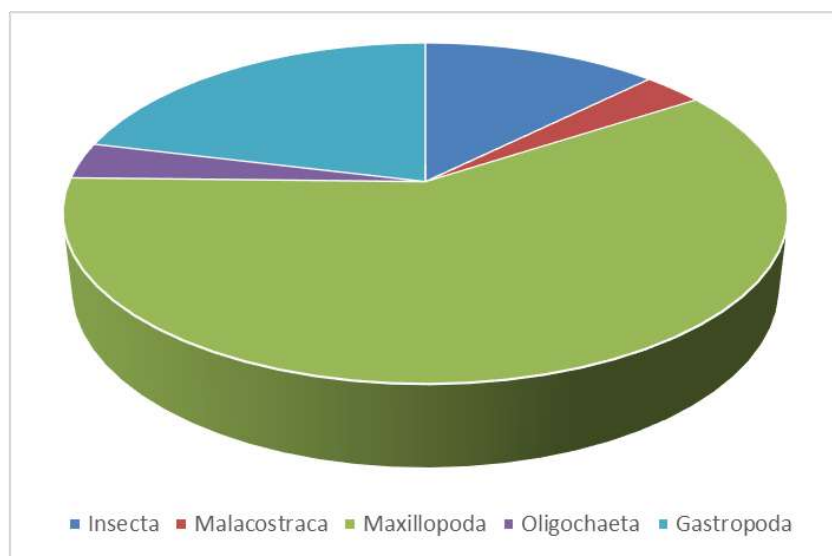


(*) La familia Cochliopidae fue representada solo por la especie *Heleobia atacamensis*.

Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-11** presenta la abundancia relativa por clase, distinguiéndose 3 de las clases registradas a Maxillopoda, Gastropoda e Insecta.

Figura N° 9-11. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector La Punta y la Brava (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.3.3 Sector Tilopozo

En el sector Tilopozo el zoobentos presentó una riqueza mínima en las estaciones TB-2 y TB-3 con 0 taxón, y máxima en la estación TB-1 con 2 *taxa*. La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta exclusivamente por insectos dípteros Ceratopogonidae y Chironomidae.

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango entre 1.053 ind/m² en TB-1 y 0 ind/m² en TB-2 y TB-3 (**Tabla N° 9-26**).

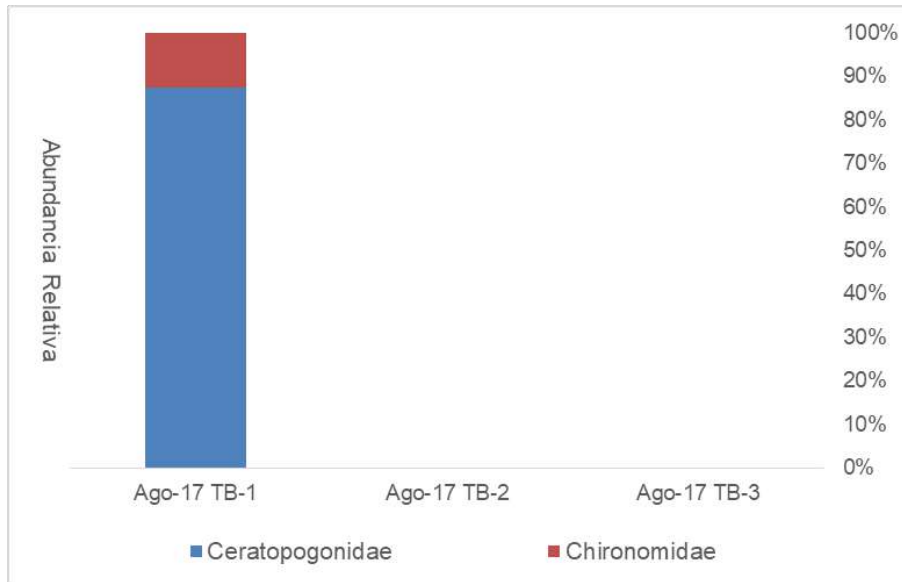
Tabla N° 9-26. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Tilopozo (invierno 2017).

Clase	Orden	Familia	TB-1	TB-2	TB-3
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	921	0	0
		Chironomidae	132	0	0
Abundancia (Ind/m²)			1.053	0	0
Riqueza (S)			2	0	0

Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-12** muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los *taxa* dominante en cada estación, con dominancia de Ceratopogonidae y Chironomidae en la estación TB-1.

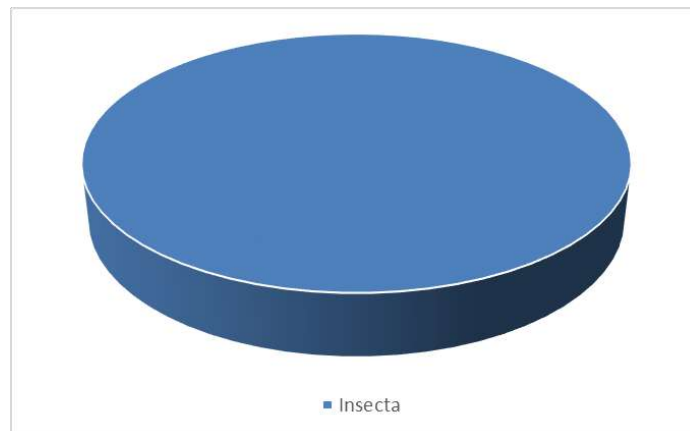
Figura N° 9-12. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-13** presenta la abundancia relativa por clase, mostrando la única clase registrada, Insecta.

Figura N° 9-13. Abundancia relativa por Clase del zoobentos enSector Tilopozo (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.4 Zooplancton

Los organismos zooplanctónicos son animales invertebrados cuyas características distintivas son su tamaño principalmente microscópico, su movilidad limitada, ser dependientes de los movimientos verticales y horizontales del agua (Samanez et al., 2014) y ser organismos heterótrofos (componente animal del plancton) (Wetzel, 2001). Estos organismos son los consumidores secundarios de los ecosistemas acuáticos, siendo activos filtradores del fitoplancton o bien, de dieta omnívora consumiendo tanto microalgas como zooplancteres en estado larvario (De los Ríos-Escalante, 2010). A continuación se presentan los resultados del zooplancton obtenidos en la campaña de invierno 2017.

9.2.2.3.4.1 Sector Peine

En la comunidad de zooplancton del sector de Peine en invierno 2017, se observaron riquezas entre 1 y 3 *taxa* en las estaciones de muestreo. El mínimo se registró en S-9 (laguna Salada) con un taxón y el máximo de 3 *taxa* se encontró, respectivamente, en las estaciones S-5 (laguna Salada), S-25 y S-10 (laguna Saladita) e I-11 (laguna Interna). Los valores de abundancia total por estación para el zooplancton variaron entre los 3,6 ind/L (SA-25) y 1.845 ind/L (I-17) (**Tabla N° 9-27**).

Referente a la diversidad y equidad, estas fueron bajas en todas las estaciones siendo respectivamente las más altas las estimadas en la estación SA-25 (laguna Saladita) (**Tabla N° 9-27**).

Tabla N° 9-27. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (invierno 2017).

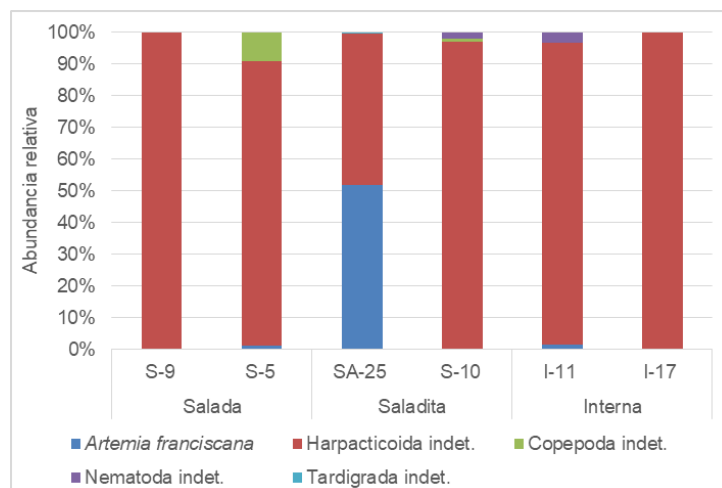
Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia franciscana</i>		0,6	1,9		0,5	5,2
Hexanauplia (SC Copepoda)	Harpacticoida	-	Harpacticoida indet.	987,4	52,4	1,7	36,4	30,0	1839,8
	-	-	Copepoda indet.		5,2		0,4		
Nematoda	-	-	Nematoda indet.				0,8	1,0	
Tardigrada	-	-	Tardigrada indet.			0,01			
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia total (Ind/L)		0,02	272,0	987,4	58,3	3,6	37,5	31,5	1845,0
Riqueza de taxa (S)		1	9	1	3	3	3	3	2

Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Diversidad (H)		0,03	1,57	-	0,36	0,71	0,15	0,22	0,02
Equidad (J')		0,04	1,00	-	0,33	0,65	0,14	0,20	0,03

Máximo LB: valor máximo registrado en línea base. Mínimo LB: valor mínimo registrado en línea base.). Fuente: Elaboración propia.

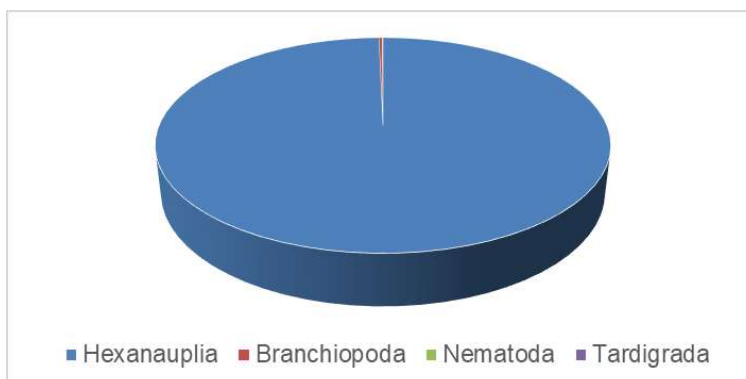
La **Figura N° 9-14** muestra los *taxa* dominantes en cada estación, donde se observa que los zooplancteres correspondieron mayoritariamente a copépodos harpacticóideos (en todas las estaciones) y al branquiópodo *Artemia franciscana* (característico de sistemas acuáticos salinos) siendo registrado en la mayoría de las estaciones de muestreo, pero en menor proporción. Cabe mencionar que también se encontraron estados larvarios (Nauplius) de esta especie. Otros organismos encontrados en el zooplancton fueron nemátodos (S-10 e I-11) y tardígrados (SA-25), pero en bajas abundancias.

Figura N° 9-14. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Peine (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

Las abundancias relativas por clase, muestran que la clase dominante correspondió al grupo de los Copépodos (Hexanauplia), seguido por Branchiopoda (dado por *A. franciscana*) (**Figura N° 9-15**).

Figura N° 9-15. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector Peine (invierno 2017).

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.4.2 Sector La Punta y La Brava

En el sector de las lagunas La Punta (LP) y La Brava (LB), se registró un total de 6 *taxa* de organismos zooplanctónicos en invierno de 2017, con riquezas entre 1 y 4 *taxa* por estación, siendo la mínima la obtenida en LB-3 y la máxima en ambas estaciones de laguna La Punta. Las abundancias totales de zooplancton tuvieron valores en un rango entre 3 y 762,5 ind/L por estación, con un mínimo obtenido en LB-3 y el máximo en LP-23 (**Tabla N° 9-28**).

Referente a la diversidad y equidad, estas fueron bajas para las estaciones de la laguna La Brava y más altas para las estimadas en la laguna La Punta, con un máximo de 1,06 nits/ind en diversidad y 0,76 en equidad en la estación LP-24 (**Tabla N° 9-28**).

Tabla N° 9-28. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).

Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia franciscana</i>			27,55	4,13	
	Diplostraca	Daphniidae	<i>Daphnia pulex</i>			1,50		
Hexanauplia (SC Copepoda)	Calanoida	Centropagidae	<i>Boeckella</i> sp.	62,63	1,21			
	Cyclopoida	-	Cyclopoida indet.	201,92	9,64			
	Harpacticoida	-	Harpacticoida indet.	1,37	14,64	265,45	172,00	3,03
	-	-	Copepoda indet. (*)	496,58	31,82			
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia total (Ind/L)		0,2	239,1	762,5	57,3	294,5	176,1	3,0
Riqueza de taxa (S)		1	4	4	4	3	2	1
Diversidad (H)		0,03	1,34	0,85	1,06	0,34	0,11	-

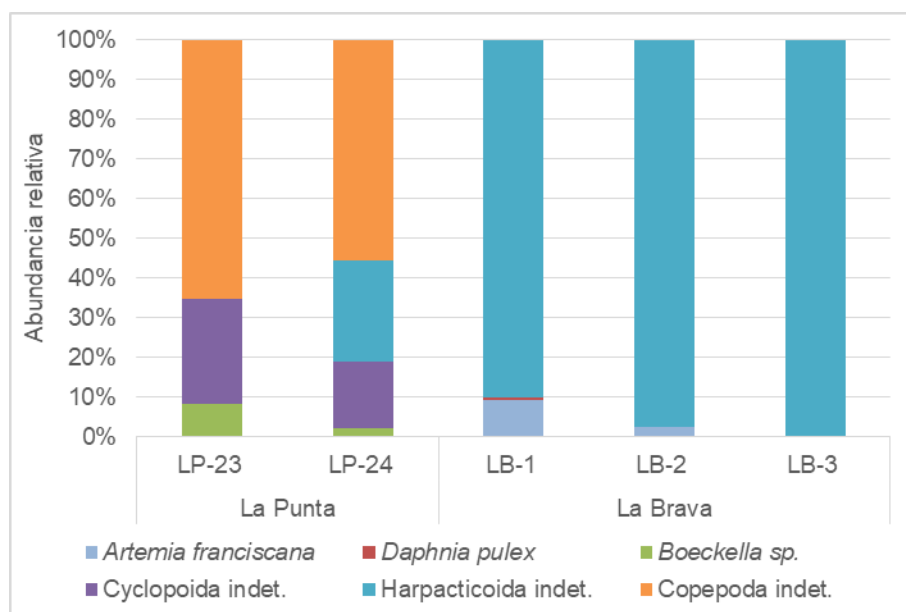
Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Equidad (J')		0,05	0,97	0,61	0,76	0,31	0,16	-

(*) Copepoda indet. corresponde principalmente a larvas nauplio.

Máximo LB: valor máximo registrado en línea base. Mínimo LB: valor mínimo registrado en línea base. Fuente: Elaboración propia.

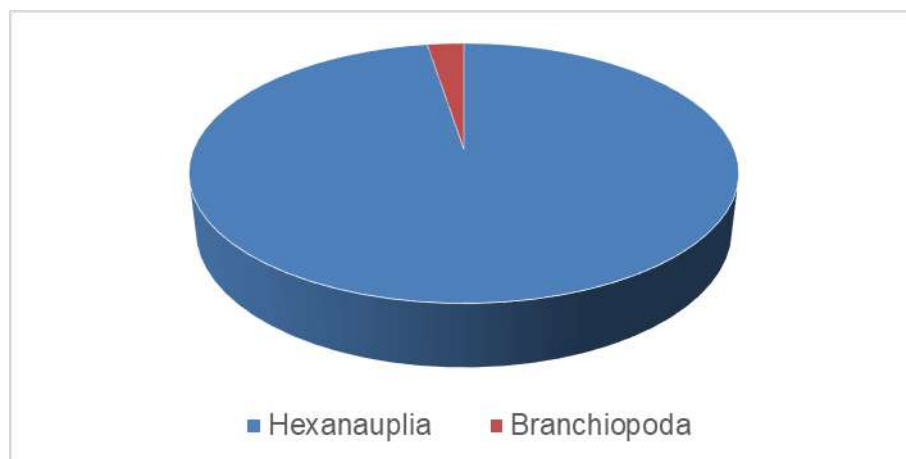
La **Figura N° 9-16** presenta la estructura comunitaria del zooplancton en el sector y permite visualizar los grupos dominantes en cada estación. Laguna La Punta (LP-23 y LP-24) fue representada en su totalidad por copépodos, principalmente por copépodos indeterminados, los cuales en su mayoría correspondían a larvas nauplio. Cabe mencionar que el laboratorio de análisis reportó hembras ovígeras de *Boeckella* sp. (con huevos), por lo que tales larvas podrían corresponder primordialmente a ese taxón. Las estaciones de laguna La Brava, fueron mayormente representadas por copépodos Harpacticoida y secundariamente por *Artemia franciscana*, observándose un descenso en las abundancias de LB-1 a LB-3 (**Tabla N° 9-28**).

Figura N° 9-16. Abundancia relativa del zooplancton en Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

Las abundancias relativas por clase en este sector, muestran que la clase dominante correspondió al grupo de los Copépodos (Hexanauplia), seguido por Branchiopoda (**Figura N° 9-17**).

Figura N° 9-17. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector La Punta y La Brava (invierno 2017).

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.4.3 Sector Tilopozo

En el sector de Tilopozo, las estaciones muestreadas en invierno de 2017 presentaron riquezas de *taxa* zooplantónica de 2 (TB-3) y 3 (TB-1 y TB-2), respectivamente. Los valores de abundancia total por estación fueron bajos y similares para TB-2 y TB-3, con valores de 0,04 y 0,06 ind/L, respectivamente. Mientras que en TB-1 la abundancia total, fue mayor alcanzando un registro de 85 ind/L (**Tabla N° 9-29**).

Dentro del zooplancton del sector Tilopozo, la mayor diversidad se encontró en TB-2, obteniéndose altas equidades en todas las estaciones (**Tabla N° 9-29**).

Tabla N° 9-29. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (invierno 2017).

Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	TB-1	TB-2	TB-3
Hexanauplia (SC Copepoda)	Cyclopoida	-	Cyclopoida indet.	22,88		
	Harpacticoida	-	Harpacticoida indet.		0,01	0,03
	-	-	Copepoda indet.	53,12		
Ostracoda	-	-	Ostracoda indet.	8,96		
Clitellata (SC Oligochaeta)	-	-	Oligochaeta indet.		0,01	0,03
Nematoda	-	-	Nematoda indet.		0,01	
Abundancia total (Ind/L)				85,0	0,04	0,06
Riqueza de taxa (S)				3	3	2

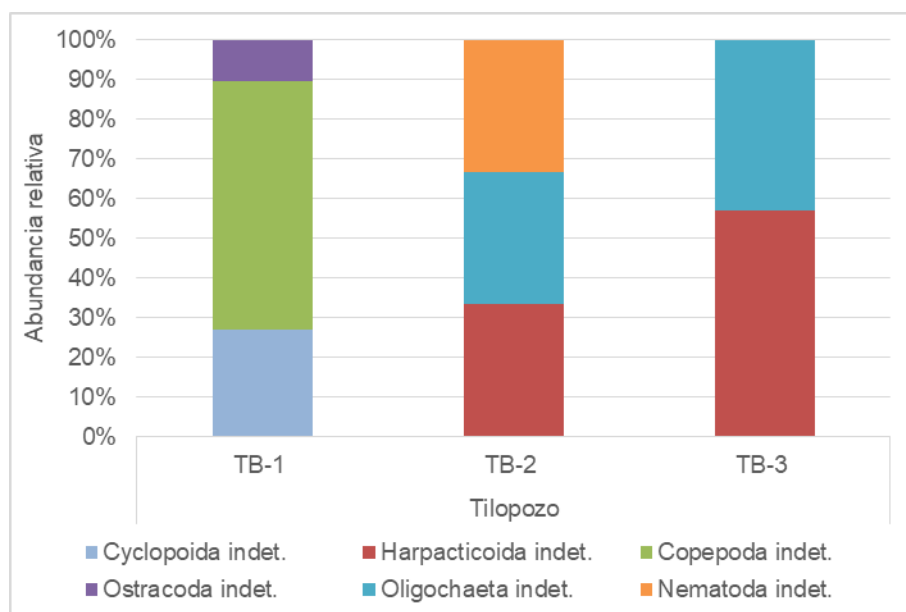
Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	TB-1	TB-2	TB-3
Diversidad (H)				0,88	1,10	0,68
Equidad (J')				0,80	1,00	0,99

Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-18** presenta la estructura comunitaria del zooplancton en el sector y permite visualizar los grupos dominantes en cada estación. Así, los zooplancteres encontrados en TB-1 correspondieron a copépodos indeterminados (principalmente larvas Nauplius), copépodos ciclopoídeos y también ostrácodos. En las estaciones con menores abundancias, principalmente se observaron copépodos harpacticóideos y gusanos oligoquetos, registrándose también gusanos nemátodos en TB-2.

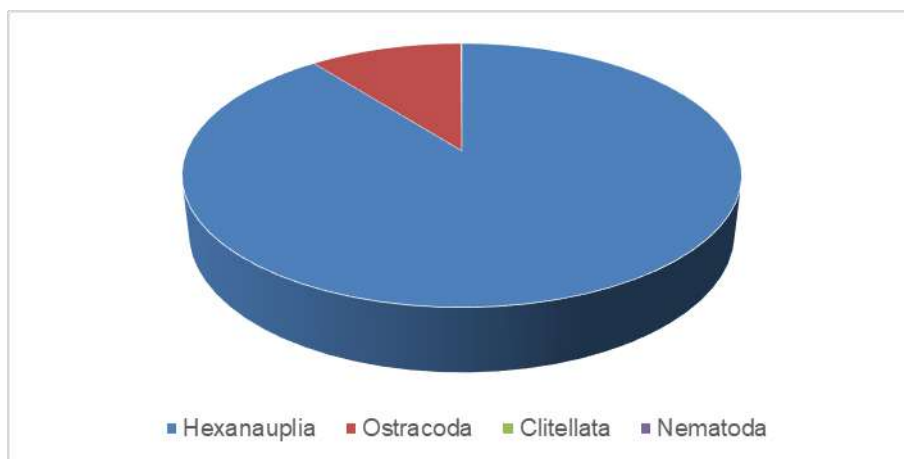
Las abundancias relativas por clase en este sector, muestran que la clase dominante correspondió al grupo de los Copépodos (Hexanauplia), seguido por crustáceos Ostrácodos (**Figura N° 9-19**).

Figura N° 9-18. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector Tilopozo (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-19. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector Tilopozo (invierno 2017).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.2.3.5 Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)

La comunidad de plantas vasculares acuáticas (macrófitas), corresponde a la comunidad que conforma la vegetación acuática, ya sea especies de vegetación emergente o sumergida, ya sea enraizada o flotante, en los sistemas acuáticos (Ramírez & San Martín 2006). Por otra parte, se debe distinguir entre hidrófita que corresponde a las plantas que viven todo su ciclo de vida dentro del agua en zonas litorales de lagos, lagunas, ríos entre otros y helófita que corresponde a las plantas que son dependientes de la presencia de agua, generalmente están presentes en ambientes más de ribera y terrestres (ambientes palustres), y son capaces de tolerar alta desecación (Lacoul y Freedman 2006).

En la campaña de invierno 2017, fueron detectadas 5 especies, las que correspondieron a las hidrófitas *Ruppia filifolia* y *Zannichellia palustris* y a las helófitas *Schoenoplectus (Scirpus) californicus*, *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa*. En relación al origen, corresponden todas a especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación.

Los sectores de Peine, La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo presentaron baja riqueza de plantas vasculares acuáticas (**Tabla N° 9-30**), las que oscilaron entre una a dos especies. Respecto a la presencia-ausencia, se observó en los sectores de Peine y La Punta - La Brava la presencia de parches de *Ruppia filifolia* en porcentajes no mayores a un 40% de cobertura, sumergidas y distribuidas en el centro o en las orillas de las

lagunas. Por otra parte, solo en las orillas de la laguna La Punta en las estaciones LP-24 y LP-23 se reportó la presencia de la helófito emergente *Sarcocornia fruticosa*.

En tanto, en el Sector de vegas de Tilopozo, se detectó la presencia de la hidrófito libre flotante *Zannichellia palustris* en altos porcentajes de cobertura dentro de los ojos de agua de las estaciones TB-1 y TB-3. Además de la presencia de la helófito emergente *Schoenoplectus californicus* observada en TB-1 y TB-3 y *Juncus balticus* en las vegas presentes en TB-1 y TB-2 (**Tabla N° 9-30**).

Tabla N° 9-30. Comunidad de Plantas vasculares acuáticas (% cobertura) en el área de estudio. Campaña invierno 2017.

Especie	Estaciones													
	Sector Peine						Sector La Punta - La Brava					Sector Tilopozo		
	S5	S9	SA 25	S10	I11	I17	LP 24	LP 23	LB1	LB2	LB3	TB1	TB2	TB3
<i>Ruppia filifolia</i>	X		X (30%)	X (25%)			X (>10%)	X (40%)			X (>5%)			
<i>Zannichellia palustris</i>												X (100%)		X (100%)
<i>Schoenoplectus (Scirpus) californicus</i>												X		X
<i>Juncus balticus</i>												X	X	
<i>Sarcocornia fruticosa</i>							X	X						
Riqueza Total	1	0	1	1	0	0	2	2	0	0	1	3	1	2

N=3. Cuadrante 50x50 cm. Fuente: Elaboración propia.

9.2.3 Resultados del muestreo campaña de verano 2018 (Calidad de agua, sedimento y Biota Acuática)

9.2.3.1 Resultados Calidad de agua

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la campaña de verano 2018 de los parámetros de calidad de agua evaluados en las diferentes estaciones por cada sector de estudio. Los informes de ensayo de laboratorio respectivos, se presentan en el **Anexo Limnología y Tapetes Microbianos - Calidad de Agua**.

9.2.3.1.1 Resultados Sector Peine

Tabla N° 9-31. Resultados de calidad de agua en el Sector Peine (verano 2018).

Parámetro	Unidad	Min LB	Max LB	Sector Peine					
				Salada		Saladita		Interna	
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Temperatura	°C	4,8	33,6	18,7	7,4	17,2	24,5	25,1	23,8
pH	U	6,13	8,6	8,3	8,3	9,4	9	9,3	8,6
Conductividad específica	uS/cm	25350	235000	30600	42580	53700	52980	55000	72920
Salinidad	gr/kg	8,7	66,5	15	21	26	25	27	36
Oxígeno disuelto	mg/L	2,34	11,2	2,6	2,1	3,3	3,2	2,6	2,1
Turbiedad	UNT	3	152	8,6	5,4	13	50	45	7
Clorofila "a"	ug/L	0	18200	<0,02	0,97	<0,02	6,84	4,03	0,42
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m ²	-	-	<0,02	0,03	<0,02	0,14	0,12	<0,02
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	51	1564,7	280	248	216	234	211	244
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	91,26	1908,07	280,4	248,4	216	234	211,2	244,3
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<5	139,54	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	8494	194099	10562	15430	19889	19674	21133	28601
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	<0,15	21,2	5,3	1,4	1,4	1,3	1,5	2,9
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,00036	<0,5	0,043	0,009	0,01	0,008	0,003	0,005
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,044	1,31	0,106	0,104	0,033	0,068	0,156	<0,009
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	8,66	0,082	0,08	0,025	0,052	0,12	<0,010
Fósforo (P)	mg/L	<0,05	7,125	0,103	0,208	0,228	0,28	0,064	0,37
Ortofosfato (PO ₄)	mg/L	0,1	6,7	<0,50	<0,50	0,54	0,62	<0,50	0,8

Parámetro	Unidad	Min LB	Max LB	Sector Peine					
				Salada		Saladita		Interna	
				S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Sulfato (SO ₄ -2)	mg/L	845	14970	1430,8	1943,5	2655	2692,4	2922,85	4959,4
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	619	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos durante el monitoreo de verano 2018 para el Sector Peine (**Tabla N° 9-31**), cabe destacar los valores de pH básicos sobre 9 unidades en las lagunas Saladita e Interna y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, principalmente en S-5 (laguna Salada) e I-17.

En general, los registros en las estaciones del Sector Peine durante el verano de 2018, estuvieron en los rangos propios de sistemas acuáticos salinos, es decir, alta conductividad específica (entre 30.600 y 72.920 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de moderadas a altas salinidades (mayores en Laguna Interna), asociadas principalmente al alto contenido de sales como cloruros (entre 10.562 y 28.601 mg/L).

Las temperaturas estuvieron en general acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua (entre 7,4 y 25,1 °C) y los valores de pH alcalinos detectados (entre 8,3 y 9,4) se relacionan con los altos valores obtenidos para los parámetros de alcalinidad total y de bicarbonato. Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron bajas en todas las estaciones (entre 2,1 y 3,3 mg/L) y la turbiedad tuvo con un rango variable con valores entre 5,4 y 50 UNT, al igual que la clorofila "a" en fitoplancton con valores entre <0,02 y 6,84 $\mu\text{g}/\text{L}$.

En relación con los registros de compuestos nitrogenados, el nitrato varió entre 1,3 y 5,3 mg/L en concentración. En tanto el nitrito, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total Kjeldhal registraron en general bajos valores en concentración (<0,16 mg/L). En el caso del fósforo y el ortofosfato, se registraron valores no superiores a 0,8 mg/L y el sulfato por su parte, registró altos valores de concentración entre 1.430,8 y 4.959,4 mg/L.

9.2.3.1.2 Resultados Sector La Punta y la Brava

Tabla N° 9-32. Resultados de calidad de agua en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).

Parámetro	Unidad	Min LB	Máx LB	Sector La Punta y La Brava				
				La Punta		La Brava		
				LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Temperatura	°C	6,8	26,3	15,4	13,3	18,1	23	29,3
pH	U	7,77	8,38	8,3	8,6	8,1	8,2	8,6
Conductividad específica	uS/cm	22300	149500	60750	66090	128600	129500	29830
Salinidad	gr/kg	22,7	36,3	30	32	63	63	15
Oxígeno disuelto	mg/L	2,69	9,72	2	2,4	1,7	1,6	3,9
Turbiedad	UNT	1,3	31,4	1,5	1,4	1,6	1,6	1,6
Clorofila "a"	ug/L	0	31900	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,54
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m ²	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	-	-	<3	<3	<3	<3	10
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	268	806	474	494	607	572	297
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	240	311,1	473,9	493,8	607	571,5	277
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	53,86	307,5	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	20,2
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	12071	58199	25192	27192	59232	58557	9774
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	<0,046	0,245	4	4,7	5,2	6,4	1,2
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	<0,0002	<0,5	0,011	0,011	0,01	0,008	0,007
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,01	0,268	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	<0,1	3,19	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fósforo (P)	mg/L	<0,05	3,77	0,535	0,875	1,03	1,18	0,21
Ortofosfato (PO ₄)	mg/L	0,255	3,29	1	1,4	2,22	2,66	0,52
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	1385	7261	3356,8	3504,7	7491,2	9755,5	2342,1
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4	749	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

En general, los parámetros físicos y químicos obtenidos para las estaciones del Sector La Punta y La Brava en verano de 2018 (**Tabla N° 9-32**), corresponden a valores propios de lagunas salinas e hipersalinas, con alta conductividad específica (entre 29.830 y 129.500 $\mu\text{S/cm}$) y altas salinidades (entre 15 y 63 gr/Kg), principalmente en Laguna La Brava. Tales parámetros son asociados principalmente al alto contenido de sales como cloruros. Cabe mencionar que en la estación LB-3, ubicada en la desembocadura de un afluente de la Laguna La Brava, se registraron los menores valores de los parámetros relacionados a la conductividad y las sales.

Las altas temperaturas estuvieron acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua (13,3 a 29,3°C). Se observó un pH básico variando de 8,1 a 8,6 entre las estaciones

de muestreo, valores que se relacionan con los altos valores de alcalinidad total y de bicarbonato obtenidos. Por su parte, el oxígeno disuelto presentó valores sumamente bajos entre 1,6 y 3,9 mg/L, observándose el mayor en la estación LB-3 de laguna La Brava.

El nitrato fluctuó entre 1,2 y 6,4 mg/L (máximo en LB-2), mientras que, el resto de los compuestos nitrogenados (nitrito, amoníaco y NKT), se observaron valores iguales o menores a 0,011 mg/L, incluso encontrándose los de amoníaco y NKT bajo el límite de detección. En el caso del fósforo, su concentración osciló entre 0,21 y 1,18 mg/L y para el ortofosfato, varió entre 0,52 y 2,66 mg/L. En relación al sulfato, los valores fluctuaron entre 2.342,1 y 9.755,5 mg/L, observándose los mayores en LB-1 y LB-2.

9.2.3.1.3 Resultados Sector Tilopozo

Tabla N° 9-33. Resultados de calidad de agua en el Sector Tilopozo (verano 2018).

Parámetro	Unidad	Sector Tilopozo		
		Tilopozo		
		TB-1	TB-2	TB-3
Temperatura	°C	25,4	13,8	25,6
pH	U	6,9	7,9	8,1
Conductividad específica	uS/cm	4305	4455	4210
Salinidad	gr/kg	2	2	2
Oxígeno disuelto	mg/L	3,7	4,9	3,5
Turbiedad	UNT	0,2	200	0,9
Clorofila "a"	ug/L	0,29	182,84	2,53
Clorofila en Perifiton	mg cl-a/m ²	<0,02	6,15	0,15
Alcalinidad Parcial (CaCO ₃)	mg/L	<3	<3	<3
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	368	379	367
Bicarbonato (CaCO ₃)	mg/L	370	378,9	367,3
Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	<3,0	<3,0	<3,0
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	937	961	913
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	4,7	<0,6	4,5
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,019	0,016	0,01
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,032	0,116	0,055
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	mg/L	0,024	0,089	0,042
Fósforo (P)	mg/L	0,025	0,047	0,028
Ortofosfato (PO ₄)	mg/L	<0,50	<0,50	<0,50
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	421,3	529,18	427,06
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	<4,0	<4,0	<4,0

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos en el sector de Tilopozo, muestran un sistema de vegas mucho menos salino que los otros sectores de estudio, con menores valores en conductividad (entre 4.210 y 4.455 $\mu\text{S/cm}$), salinidad (2 gr/Kg) y cloruro (913 a 961 mg/L). Se registró un pH entre neutro y alcalino (6,9 a 8,1), con valores de alcalinidad total y de bicarbonato entre 367 y 379 mg/L. Las altas temperaturas en general estuvieron acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua (13,8 a 25,6 °C) (**Tabla N° 9-33**).

Por su parte, el oxígeno disuelto presentó valores bajos entre 3,5 y 4,9 mg/L. La turbiedad mostró un amplio rango de valores entre 0,2 y 200 UNT, al igual que la clorofila “a” en fitoplancton (rango entre 0,29 y 182,84 $\mu\text{g/L}$) y la clorofila “a” en perifiton (valores entre <0,02 y 6,15 mg chl-a/m²), observándose los máximos en TB-2.

En relación a la concentración de nitrato, esta varió entre <0,6 y 4,7 mg/L (mayor en TB-1 y TB-3), mientras que en el resto de los compuestos nitrogenados (nitrito, amoniaco y NKT), se observaron valores menores a 0,09 mg/L, excepto el nitrógeno amoniacal en TB-2 donde tuvo una concentración de 0,116 mg/L. Respecto al fósforo, sus concentraciones fueron menores o iguales a 0,047 mg/L, en el caso del ortofosfato todos los valores fueron menores a 0,5 mg/L, mientras que para el sulfato todos los valores fueron menores a 530 mg/L.

9.2.3.2 Resultados Calidad de sedimentos

A continuación se detallan los resultados obtenidos para los parámetros de calidad de sedimentos evaluados durante la campaña de verano 2018. Los informes de ensayo de laboratorio respectivos, se presentan en el **Anexo Limnología_Sedimentos**.

9.2.3.2.1 Resultados Sector Peine

Tabla N° 9-34. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector Peine (verano 2018).

Parámetro	Unidad	Min LB	Max LB	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	3	43	54,4	82,8	56,5	77,5	57,8	96,3
Fosforo Total (P)	mg/Kg	34	78	207,41	468,49	92,06	240,36	83,6	<0,50
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	0,149	5,355	4,2	6	4	4,3	2,8	1,4
Materia Orgánica	%	0,5	7,4	9,37	14,28	9,75	13,35	9,96	16,60
Potencial Redox	mV	-160	46,4	-415,5	-421,6	-394,8	-403,7	-374,2	-383,6

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para las estaciones del Sector Peine durante el verano de 2018, muestran valores de carbono orgánico total (COT) sobre 54 gr/Kg y de materia orgánica entre 9,37 y 16,6 %, siendo los más altos para estos parámetros los registrados en I-17 (Laguna Interna) y S-5 (Laguna Salada). El fósforo total tuvo una amplia variación, entre <0,5 mg/Kg (I-17) y 468,49 mg/Kg (S-5), no así el nitrógeno total Kjeldahl que varió entre 1,4 y 6 gr/Kg. Cabe señalar que el potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores entre -421,6 y -374,2 mV. Tales valores de potencial redox, fueron menores a los registrados en verano 2017 (entre -328,2 y -372,3 mV), conservando la condición de ambientes de características reductoras.

Respecto al análisis granulométrico del sector de Peine en verano de 2018, los sedimentos mostraron que el diámetro medio de grano obtenido en Laguna Salada y Laguna Saladita, correspondió a *arena fina* (entre 0,176 y 0,231 mm), con grado de selección de *Pobrementemente seleccionado* a *Muy pobrementemente seleccionado*.

En el caso de las estaciones de Laguna Interna, los sedimentos correspondieron a *arena fina* (0,241 mm de diámetro medio) y a *arena media* (0,330 mm de diámetro medio), con grados de selección de *Pobrementemente seleccionado* (**Tabla N° 9-35**). Tales grados de selección implican que la composición granulométrica de los sedimentos presentó varios tipos de tamaño de arena y limo, pero principalmente *arena fina* en Laguna Salada y *arena fina* y *media* en Laguna Interna.

Tabla N° 9-35: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Peine (verano 2018)

Estación	Diámetro medio		Grado de selección	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
S-5	0,194	Arena Fina	0,006	Muy pobrementemente seleccionado
S-9	0,176	Arena Fina	0,006	Muy pobrementemente seleccionado
SA-25	0,231	Arena Fina	0,004	Pobrementemente seleccionado
S-10	0,195	Arena Fina	0,006	Muy pobrementemente seleccionado
I-11	0,241	Arena Fina	0,003	Pobrementemente seleccionado
I-17	0,330	Arena Media	0,003	Pobrementemente seleccionado

Fuente: Elaboración Propia

9.2.3.2.2 Resultados Sector La Punta y La Brava

Tabla N° 9-36. Resultados de calidad de sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).

Parámetro	Unidad	Min LB	Max LB	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	22	48	66,5	85,6	60,0	60,6	49,3
Fosforo Total (P)	mg/Kg	8	55	91,59	177,76	146,97	<0,50	117,93
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	1,596	6,351	4,5	6,2	4	2,3	3
Materia Orgánica	%	3,9	8,2	11,46	14,75	10,34	10,45	8,5
Potencial Redox	mV	-161,6	-61	-405,2	-401,4	-398,4	-393,7	-346,3

Min LB: mínimo registrado durante línea base. Max LB: máximo registrado durante línea base. Fuente: Elaboración propia.

En los resultados para el Sector La Punta y La Brava de verano 2018, se observa que las estaciones de La Punta presentan un rango de carbono orgánico total entre 66,5 y 85,6 gr/Kg, mientras que en La Brava un rango entre 49,3 y 60,6 gr/Kg. El contenido de materia orgánica en los sedimentos del sistema, varió entre 8,5% (LB-3) y 14,75% (LP-24), observándose la misma tendencia en variación en el carbono orgánico total. Respecto a los nutrientes, para el fósforo total se obtuvo el valor máximo en LP-24 (177,76 mg/Kg) y un mínimo en LB-2 (<0,5 mg/Kg), en tanto el nitrógeno total Kjeldahl mostró concentraciones menores a 6,2 gr/Kg. El potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores entre -405,2 y -346,3 mV. Tales valores de potencial redox, fueron menores a los registrados en verano 2017 (entre -341,3 y -367,4 mV), conservando la condición de ambientes de características reductoras.

Respecto a la granulometría, en Laguna La Punta los diámetros medios de grano obtenidos correspondieron a *arena fina* (0,205 mm) y *arena muy fina* (0,119 mm), en ambos casos con un grado de selección *Muy pobremente seleccionado*. Para el caso de Laguna La Brava, el diámetro medio de grano correspondió a *arena media* (0,328 mm) y *arena fina* (entre 0,169 y 0,182 mm), con grados de selección de *Pobremente seleccionado* a *Muy pobremente seleccionado* (Tabla N° 9-37).

Tabla N° 9-37: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).

Estación	Diámetro medio		Grado de selección	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
LP-23	0,205	Arena Fina	0,004	Muy pobremente seleccionado
LP-24	0,119	Arena Muy Fina	0,006	Muy pobremente seleccionado
LB-1	0,328	Arena Media	0,003	Pobremente seleccionado
LB-2	0,169	Arena Fina	0,006	Muy pobremente seleccionado
LB-3	0,182	Arena Fina	0,005	Muy pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración Propia

9.2.3.2.3 Resultados Sector Tilopozo

Tabla N° 9-38. Resultados de calidad de Sedimentos en el Sector Tilopozo (verano 2018).

Parámetro	Unidad	TB-1	TB-2	TB-3
Carbono Orgánico Total (COT)	g/Kg	72,8	58,2	74,4
Fosforo Total (P)	mg/Kg	572,28	669,90	348,36
Nitrógeno Total Kjeldahl	g/Kg	6,65	6,1	4,9
Materia Orgánica	%	12,56	10,04	12,82
Potencial Redox	mV	66,4	56,7	38,2

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las estaciones del Sector Tilopozo, los resultados mostraron valores de carbono orgánico total menores a 75 gr/Kg y de materia orgánica de 10,04 a 12,82%, observándose los registros más bajos en TB-2 y los más altos y similares en TB-1 y TB-3. Esto relacionado con que la estación TB-2 correspondió a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad y las estaciones TB-1 y TB-3 corresponden principalmente a pozas de 1,5 y 2 m de profundidad, respectivamente. El fósforo total presentó altos registros con valores entre 348,36 mg/Kg (TB-3) y 669,9 mg/Kg (TB-2). El nitrógeno total Kjeldahl, por su parte, varió entre 4,9 (TB-3) y 6,7 gr/Kg (TB-1). Los valores de potencial redox de los sedimentos en todas las estaciones del Sector Tilopozo, mostraron que se favorecen más las reacciones de oxidación con valores positivos entre 38,2 y 66,4 mV (**Tabla N° 9-38**). Tales valores de potencial redox, fueron mayores a los registrados en verano 2017 (entre -195,4 y -321,6 mV), cambiando la

condición de ambientes de características reductoras a ambientes que favorecen reacciones de oxidación.

Los resultados granulométricos para el Sector de Tilopozo, muestran que el diámetro medio de grano obtenido en las estaciones correspondieron a *arena fina* (0,234 mm) y *arena media* (entre 0,269 y 0,291 mm), con un grado de selección de *Pobremente seleccionado* a *Muy pobremente seleccionado* (Tabla N° 9-39).

Tabla N° 9-39: Resultados granulométricos de los sedimentos en el Sector Tilopozo (verano 2018).

Estación	Diámetro medio		Grado de selección	
	(mm)	Clasificación	(mm)	Clasificación
TB-1	0,291	Arena Media	0,003	Pobremente seleccionado
TB-2	0,234	Arena Fina	0,004	Pobremente seleccionado
TB-3	0,269	Arena Media	0,004	Muy pobremente seleccionado

Fuente: Elaboración Propia

9.2.3.3 Resultados Biota acuática

9.2.3.3.1 Fitobentos

9.2.3.3.1.1 Sector Peine

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine, en la campaña de verano 2018 estuvo compuesta por 13 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 4 y 10 en las estaciones I-11 e I-17 (laguna Interna) y S-9 (laguna Salada) respectivamente. Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 347 cel/cm² en S-10 (laguna Saladita) y 2.404 cel/cm² en SA-25 (laguna Saladita). Las restantes estaciones presentaron valores de abundancia intermedios (Tabla N° 9-40).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones S-9 y SA-25, ubicadas en la laguna Salada y Saladita, mientras que, en la estación de Interna (I-17) se registraron los menores valores de dichos parámetros (Tabla N° 9-40).

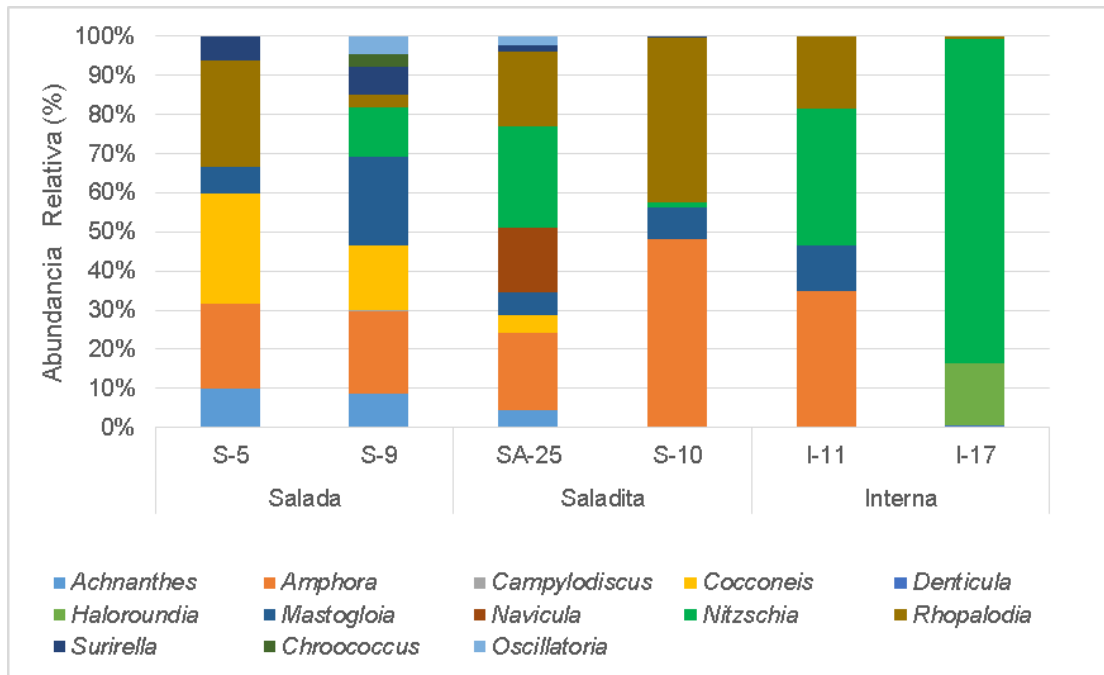
El gráfico de abundancia relativa (Figura N° 9-20), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de verano 2018, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Amphora*; *Nitzschia* y *Rhopalodia*.

El análisis por clase de la comunidad de fitobentos, mostró que Bacillariophyceae domina ampliamente en las lagunas que conforman el Sector Peine por sobre Cyanophyceae.

Tabla N° 9-40. Comunidad fitobentos abundancia y riqueza en Sector Peine. Campaña Verano 2018.

Clase	Orden	Familia	Géneros	Estaciones					
				Sector Peine					
				S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i>	62	92	104			
	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	138	228	476	167	257	
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i>		6				
	Achnanthesales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	178	178	109			
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>						7
	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Haloroundia</i>						245
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>	43	244	143	28	87	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>			396			
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>		136	620	4	258	1283
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	173	38	461	146	137	10
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	39	75	41	1			
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>		36				
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>		49	54			
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Ver-2018					
Abundancia total (cel/cm²)		13	6.787	633	1.083	2.404	347	739	1.546
Riqueza de géneros (S)		2	14	6	10	9	5	4	4
Diversidad Shannon (nits/ind)				1,63	2,02	1,88	1	1,3	0,5
Equidad (J')				0,91	0,88	0,86	0,62	0,94	0,36

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-20. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Peine. Campaña Verano 2018.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.1.2 Sector La Punta y La Brava

La comunidad de fitobentos en el Sector Peine, en la campaña de verano 2018 estuvo compuesta por 13 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 4 y 11 en las estaciones LB-1 y LB-2 (laguna La Brava) y en LP-23 (laguna La Punta) respectivamente. Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 759 cel/cm² en LP-23 (laguna La Punta) y 2.737 cel/cm² en LP-24 (laguna La Punta), la laguna La Brava presentó valores intermedios de abundancia (**Tabla N° 9-41**).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones LP-24 y LP-23, ubicadas en la laguna La Punta, mientras que, en la estación LB-1 (laguna La Brava), se registraron los menores valores de dichos parámetros.

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-21**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de verano 2018, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Nitzschia*, *Mastogloia* y *Denticula*.

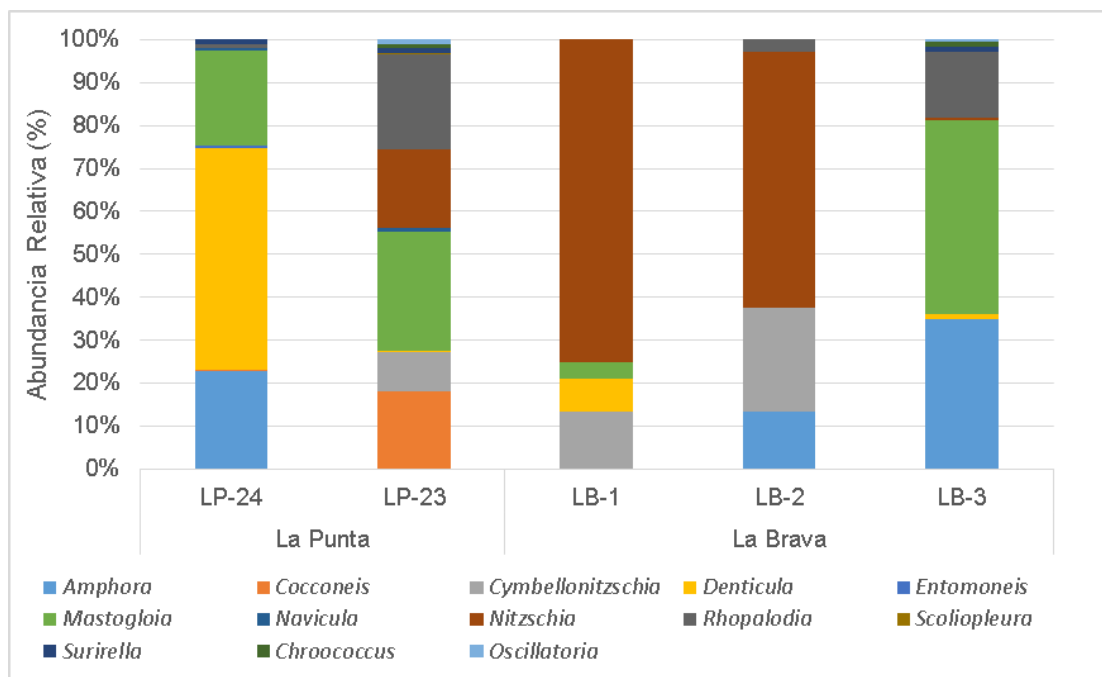
Al observar la abundancia relativa por clase, se observa que la clase ampliamente dominante corresponde a Bacillariophyceae, seguida de Cyanophyceae.

Tabla N° 9-41. Comunidad fitobentos, Abundancia y Riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña Verano 2018.

Clase	Orden	Familia	Géneros	Estaciones				
				Sector La Punta - La Brava				
				LP-24	LP-23	LB-1	LB-2	LB-3
Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	624			233	370
	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	9	138			
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cymbellonitzschia</i>		69	277	429	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	1411	3	159		12
	Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis</i>	15				
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>	606	210	79		480
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	24	7			
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>		139	1565	1049	6
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	17	167		50	162
	Naviculales	Neidiaceae	<i>Scoliopleura</i>		3			
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	32	10			12	
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>		5			12
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>		9			6
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Ver-2018				
Abundancia total (cel/cm²)		132	6.187	2.737	759	2.081	1.760	1.058
Riqueza de géneros (S)		9	13	8	11	4	4	8
Diversidad Shannon (nits/ind)				1,18	1,75	0,8	1,02	1,22
Equidad (J')				0,57	0,73	0,58	0,74	0,59

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-21. Abundancia Relativa fitobentos, Sector La Punta y La Brava. Campaña Verano 2018.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.1.3 Sector Tilopozo

En la campaña verano 2018 para el Sector Tilopozo, se registró un total de 10 géneros. La riqueza por estación fluctuó entre 2 géneros en TB-3, y 6 géneros en TB-1 y TB-2. Respecto a las abundancias registradas las estaciones TB-1 y TB-3 presentaron una abundancia similar, entre los 34 y 30 cel/cm², mientras que, en TB-2 se observó una abundancia mayor con 626 cel/cm² (**Tabla N° 9-42**). Los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos dentro del Sector Tilopozo fueron mayores en la estación TB-2.

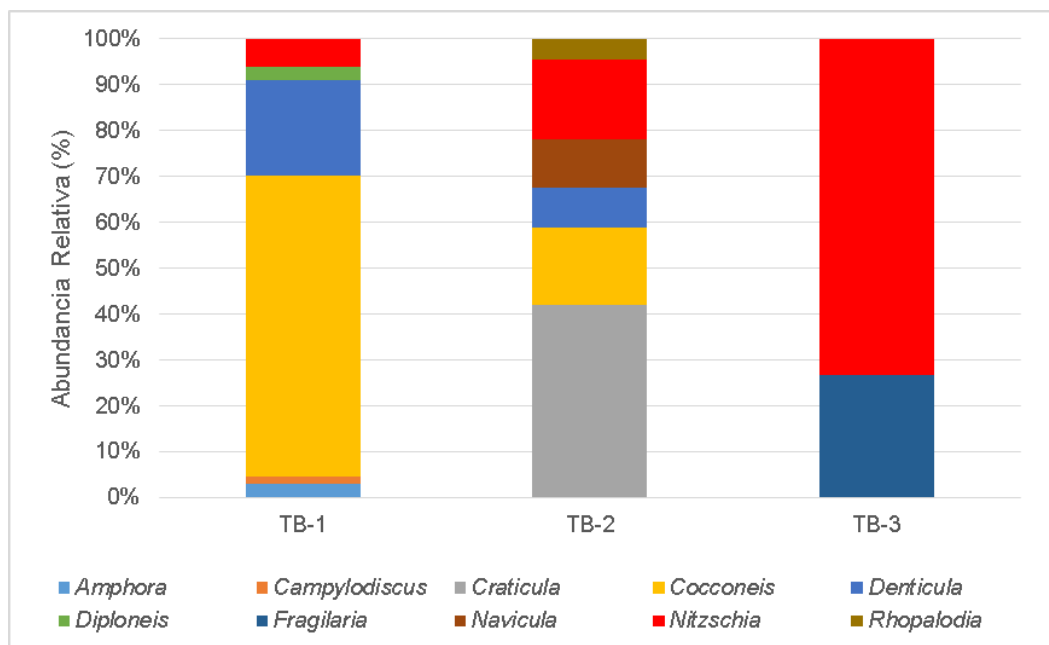
En la **Figura N° 9-22**, se puede observar que en verano 2018 la diatomea *Cocconeis* presentó la mayor abundancia relativa en TB-1, en TB-3 predominó la diatomea *Nitzschia* y en TB-2 se observó a *Craticula*, y ambos géneros mencionados con las mayores representatividades. Estas representatividades fueron distintas a las detectadas en la campaña verano 2017, en las que dominaron los géneros de cianoficea *Gomphosphaeria* y *Oscillatoria*, la zygematoficea *Mougeotia* y de la diatomea *Denticula*.

Al analizar la abundancia por clase del sector, se puede ver la dominancia del grupo Bacillariophyceae.

Tabla N° 9-42. Comunidad fitobentos, Sector Tilopozo. Campaña Verano 2018.

Clase	Orden	Familia	Géneros	Estaciones		
				Sector Tilopozo		
				TB-1	TB-2	TB-3
Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	1		
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i>	0,5		
	Naviculineae	Stauroneidaceae	<i>Craticula</i>		263	
	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	22	106	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	7	54	
	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>	1		
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>			8
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>		66	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	2	108	22
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>		29	
Abundancia total (cel/cm²)				34	626	30
Riqueza de géneros (S)				6	6	2
Diversidad Shannon (nits/ind)				1,07	1,56	0,58
Equidad (J')				0,6	0,87	0,84

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-22. Abundancia Relativa fitobentos, Sector Tilopozo.

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.2 Fitoplancton

9.2.3.3.2.1 Sector Peine

La comunidad de fitoplancton en el Sector Peine, en la campaña de verano 2018 estuvo compuesta por 16 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 3 y 11 en las estaciones I-17 (laguna Interna) y S-9 (laguna Salada). Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 5,3 cel/mL en I-17 (laguna Interna) y 711 cel/mL en S-10 (laguna Saladita) (**Tabla N° 9-43**).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones S-5 y S-9, ubicadas en la laguna Salada respectivamente. Por otro lado, el menor valor de diversidad y equidad fue observado en la estación de Saladita (SA-25) (**Tabla N° 9-43**).

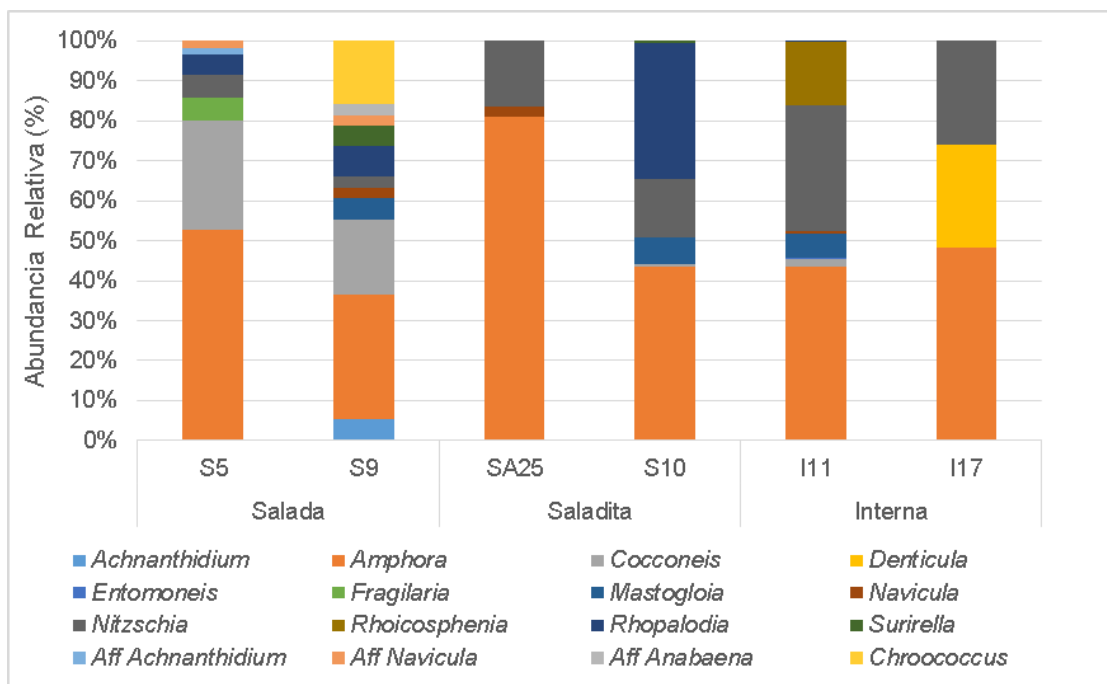
El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-23**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de verano 2018, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Amphora*; *Cocconeis* y *Nitzschia*.

Respecto de la abundancia relativa en este sector, la clase Bacillariophyceae es ampliamente dominante seguida de Cyanophyceae.

**Tabla N° 9-43. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Peine.
Campaña verano 2018.**

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones					
				Sector Peine					
				S5	S9	SA25	S10	I11	I17
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i>		2,4				
	Thalassiosiphales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	38	14,2	31,6	309	267,8	2,6
	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	19,8	8,5		4	11,9	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>						1,4
	Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis</i>				1,9	2	
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	4,1					
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>		2,4		46,4	36,3	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>		1,2	1		4,9	
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	4,3	1,2	6,4	104,4	192,7	1,4
	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i>					97,5	
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>	3,5	3,5		241,2	2	
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>		2,3		4		
	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Aff Achnanthidium</i>	1,1					
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Aff Navicula</i>	1,4	1,2				
Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Aff Anabaena</i>		1,2				
	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>		7,2				
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Ver-2018					
Abundancia total (cel/mL)		90	8121	72	45	39	711	615	5,3
Riqueza de géneros (S)		6	14	7	11	3	7	8	3
Diversidad Shannon (nits/ind)		-	-	1,31	2,02	0,56	1,26	1,34	1,05
Equidad (J')		-	-	0,67	0,84	0,51	0,65	0,64	0,96

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-23. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Peine. Campaña verano 2018

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.2 Sector La Punta y La Brava

La comunidad de fitoplancton en el Sector Peine, en la campaña de verano 2018 estuvo compuesta por 16 géneros microalgales, con valores de riqueza que oscilaron entre 2 y 12 en las estaciones LB-2 (laguna La Brava) y en LP-24 (laguna La Punta) respectivamente. Respecto a la abundancia de microalgas, fluctuó entre 8 cel/mL en LB-2 (laguna La Brava) y 189 cel/mL en LP-24 (laguna La Punta) (**Tabla N° 9-44**).

La comunidad presentó una diversidad y equidad mayor en las estaciones LP-24 y LP-23, ubicadas en la laguna La Punta, mientras que, en la estación LB-1 (laguna La Brava), se registraron los menores valores de dichos parámetros.

El gráfico de abundancia relativa (**Figura N° 9-24**), permite observar los *taxa* dominantes registrados en cada una de las estaciones durante la campaña de verano 2018, en el cual se observó las mayores representatividades de las diatomeas *Nitzschia*, *aff. Nitzschia* y *Cymbellonitzschia*.

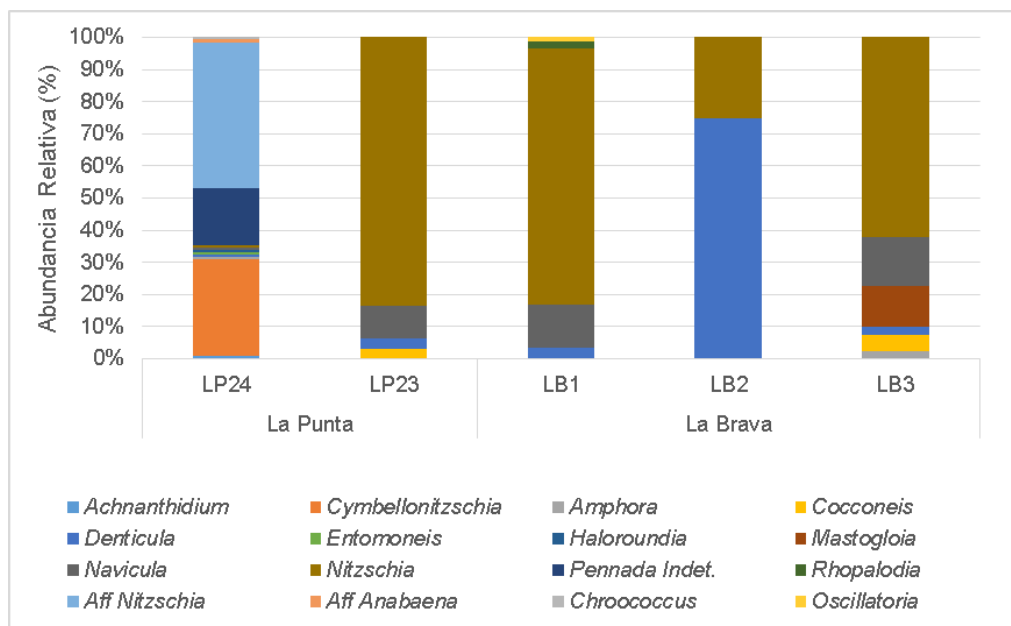
El análisis de la abundancia relativa por Clase, muestra que el sector está dominado ampliamente por la clase Bacillariophyceae, seguida de Cyanophyceae.

Tabla N° 9-44. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector La Punta y La Brava. Campaña verano 2018.

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones				
				Sector La Punta y La Brava				
				LP24	LP23	LB1	LB2	LB3
Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthesiaceae	<i>Achnantheidium</i>	1,4				
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cymbellonitzschia</i>	56,8				
	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	1,4				1
	Achnanthesales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>		1			2,1
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	1,4	1	2,5	5,9	1,2
	Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis</i>	1,4				
	Mastogloiales	Achnanthesaceae	<i>Haloroundia</i>	1,4				
	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>					5,3
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	1,4	3,4	9,9		6,5
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	1,4	27,1	58,8	2	26,4
			Pennales Indet.	33,3				
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>			1,5		
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Aff Nitzschia</i>	85,8				
Nostocales	Nostocaceae	<i>Aff Anabaena</i>	1,4					
Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	1,4				
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>			1		
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación Ver-2018				
Abundancia total (cel/mL)		24	10.110	188,6	32,4	73,7	7,9	42,5
Riqueza de géneros (S)		6	12	12	4	5	2	6
Diversidad Shannon (nits/ind)				1,36	0,59	0,7	0,57	1,18
Equidad (J')				0,55	0,43	0,43	0,82	0,66

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-24. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector La Punta y La Brava. Campaña verano 2018.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.2.3 Sector Tilopozo

En la campaña verano 2018 para el Sector Tilopozo, se registró un total de 14 géneros. La riqueza por estación fluctuó entre 4 géneros en TB-1 y 9 géneros en TB-2. Respecto a las abundancias registradas, se observó una mayor abundancia en la estación TB-2 con 37.700 cel/mL, mientras que, en TB-1 se observó la menor abundancia con 5 cel/mL (Tabla N° 9-45). Los valores de diversidad en la comunidad de fitoplancton dentro del Sector Tilopozo fueron mayores en la estación TB-2, en tanto, el de equidad fue mayor en TB-1.

En la

Figura N° 9-25 se puede observar que las diatomeas *Nitzschia*, *Denticula* y *Amphora* presentaron las mayores representatividades.

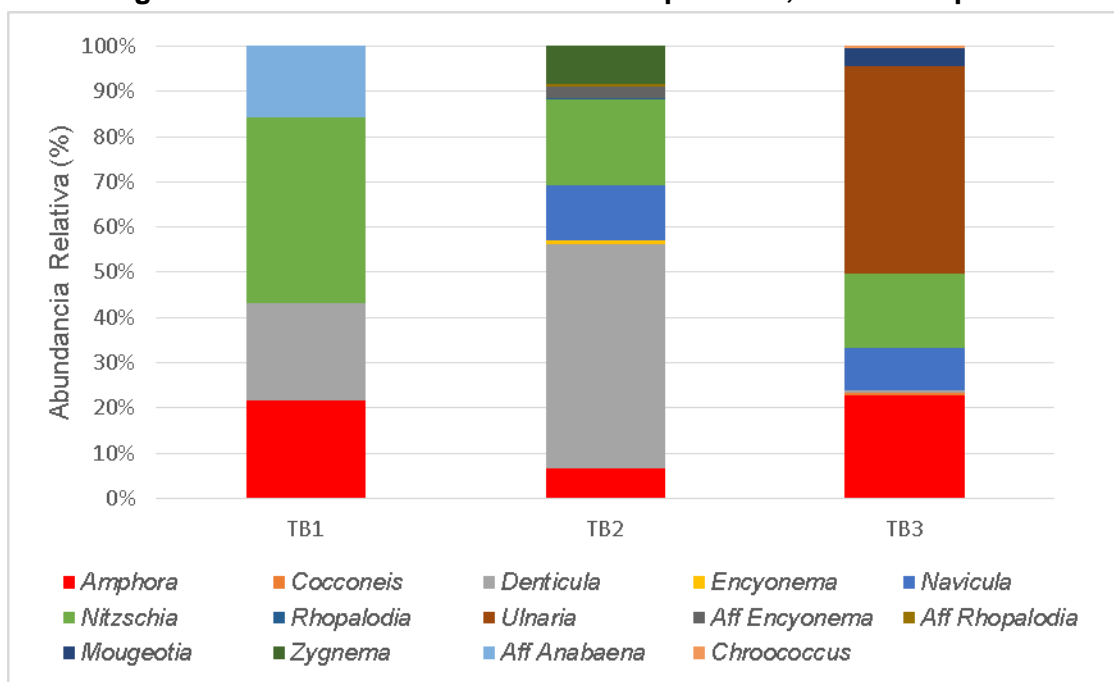
La abundancia por clase de la comunidad de fitoplancton de vegas de Tilopozo. La clase dominante correspondió a Bacillariophyceae por sobre Chlorophyceae y Conjugatophyceae.

Tabla N° 9-45. Comunidad fitoplancton, abundancia y riqueza en Sector Tilopozo. Campaña verano 2018.

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones		
				Sector Tilopozo		
				TB1	TB2	TB3
Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	1,1	2500	43,9
	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>			1
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	1,1	18650	1,2
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i>		375	
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>		4600	18,1
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	2,1	7125	31,3
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>		125	
	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i>			88,6
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Aff Encyonema</i>		950	
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Aff Rhopalodia</i>		250	
Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>			7,5
	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Zygnema</i>		3125	
Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Aff Anabaena</i>	0,8		
	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>			1
Abundancia total (cel/mL)				5,0	37.700	192,6
Riqueza de géneros (S)				4	9	8
Diversidad Shannon (nits/ind)				1,31	1,5	1,43
Equidad (J')				0,94	0,68	0,69

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-25. Abundancia Relativa fitoplancton, Sector Tilopozo.



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.3 Zoobentos

Se refiere a la fauna de invertebrados que habita los sustratos sumergidos de los medios acuáticos. En las lagunas salinas el zoobentos está constituido por crustáceos como

anfípodos (*Hyalella*) y copépodos (*Canthocamptidae*), gran cantidad de larvas de insectos (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Ephyridae*, *Odonata*, entre otros), moluscos gastrópodos como *Heleobia atacamensis* (especie en categoría de conservación “En Peligro Crítico” según el DS 52 MMA del 2014) y gusanos anélidos, entre otros. Los organismos zoobentónicos corresponden a consumidores secundarios de los ecosistemas acuáticos, siendo activos carnívoros, herbívoros y detritívoros, siendo el eslabón entre los productores primarios, consumidores secundarios y los niveles tróficos superiores. A continuación se presentan los resultados de la campaña de monitoreo de verano 2018.

9.2.3.3.1 Sector Peine

En el sector Peine el zoobentos presentó una riqueza mínima en la estación S-10 con 0 taxón, y máxima en las estaciones S-9, I-11 e I-17 con 2 *taxa*. La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta por insectos dípteros y copépodos harpacticóideos.

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango entre 0 ind/m² en S-10 (Laguna Saladita) y 85.750 ind/m² en I-11 (Laguna Interna). Los organismos más abundantes y frecuentes fueron los copépodos harpacticóideos, siendo frecuentes también entre las estaciones los dípteros *Ceratopogonidae*. En laguna Saladita (estaciones SA-25 y S-10) se observó solo un taxón, correspondiente a la familia *Ephyridae*, con una abundancia de 125 ind/m² (Tabla N° 9-46).

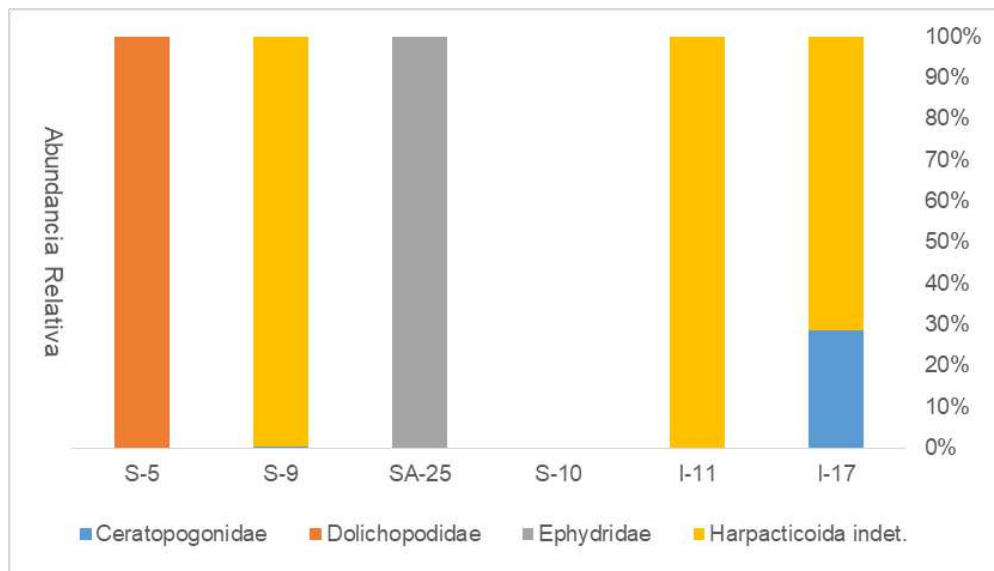
Tabla N° 9-46. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Peine (verano 2018).

Clase	Orden	Familia	S-5	S-9	SA-25	S-10	I-11	I-17
Insecta	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>		250			125	500
		<i>Dolichopodidae</i>	125					
		<i>Ephyridae</i>			125			
Maxillopoda	Harpacticoida	Harpacticoida indet.		71.250			85.625	1.250
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia (Ind/m²)			125	71.500	125	0	85.750	1.750
Riqueza (S)	1	2	1	2	1	0	2	2

LB: Línea Base. Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-26** muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los *taxa* dominante en cada estación, con dominancia de Dolichopodidae, Harpacticoida y Ephydriidae en las estaciones S-5, S-9 y SA-25 respectivamente.

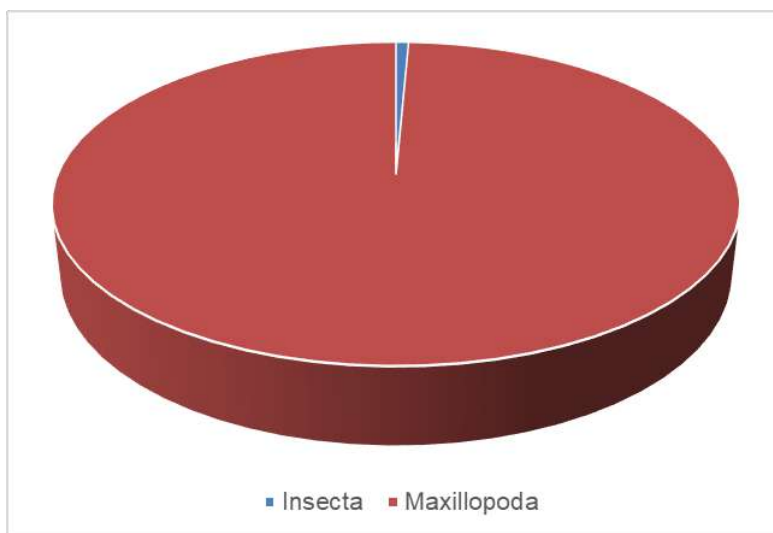
Figura N° 9-26. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Peine (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-27** presenta la abundancia relativa por clase, distinguiéndose las 2 clases registradas, Insecta y Maxillopoda.

Figura N° 9-27. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector Peine (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.2 Sector La Punta y La Brava

En el sector La Punta y La Brava el zoobentos presentó una riqueza mínima en las estaciones LP-24 y LB-2 con 1 taxón, y máxima en la estación LP-23 con 4 *taxa*. La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta por insectos dípteros, anfípodos hyalélidos, copépodos harpacticoídeos y gasterópodos Cochliopidae representados por la especie *Heleobia atacamensis* (**Fotografía N° 9-17**). Cabe mencionar que esta especie se encuentra clasificada En Peligro Crítico (CR) según el DS 52/2014 (MMA) y ha sido descrita en literatura para el sector de Tilopozo.

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango entre 125 ind/m² en LB-2 y 22.375 ind/m² en LP-24, correspondiente ese máximo a la única especie encontrada en esa estación, *Heleobia atacamensis*. Los organismos más abundantes y frecuentes fueron los copépodos harpacticoídeos y *Heleobia atacamensis* (**Tabla N° 9-47**).

Tabla N° 9-47. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en en Sector La Punta y La Brava (verano 2018).

Clase	Orden	Familia	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	125		250		
		Ephydriidae	125			125	

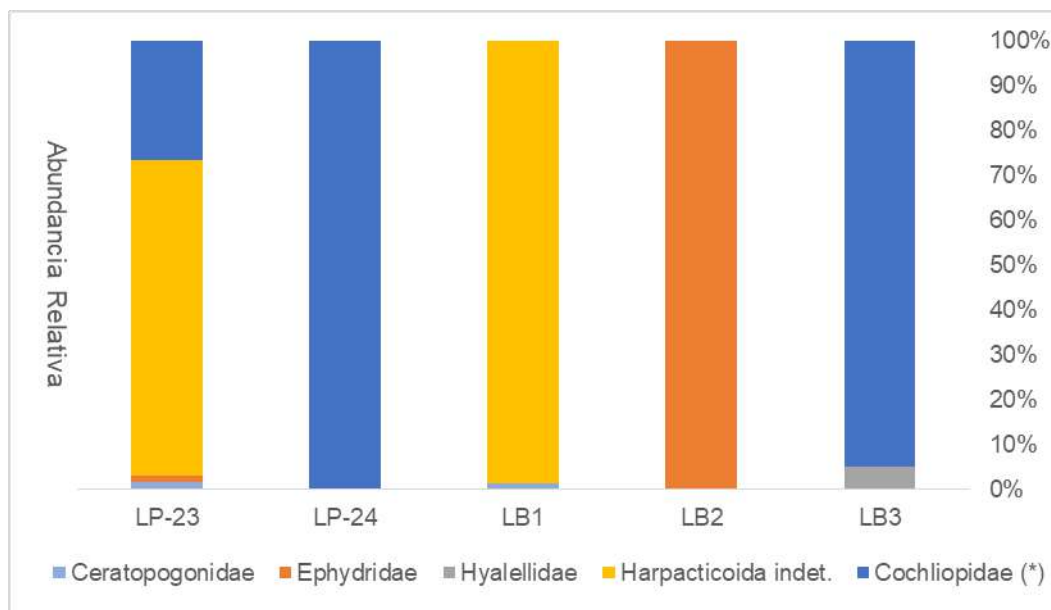
Clase	Orden	Familia	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae					375
Maxillopoda	Harpacticoida	Harpacticoida indet.	5.625		18.500		
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae (*)	2.125	22.375			7.125
Límites	Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia (Ind/m ²)			8.000	22.375	18.750	125	7.500
Riqueza (S)	1	3	4	1	2	1	2

(*) La familia Cochliopidae fue representada solo por la especie *Heleobia atacamensis*.

LB: Línea base. Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-28** muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los *taxa* dominante en cada estación, con dominancia de Cochliopidae, Ephydridae y Harpacticoida en las estaciones L-24, LB-2 y LB-1 respectivamente.

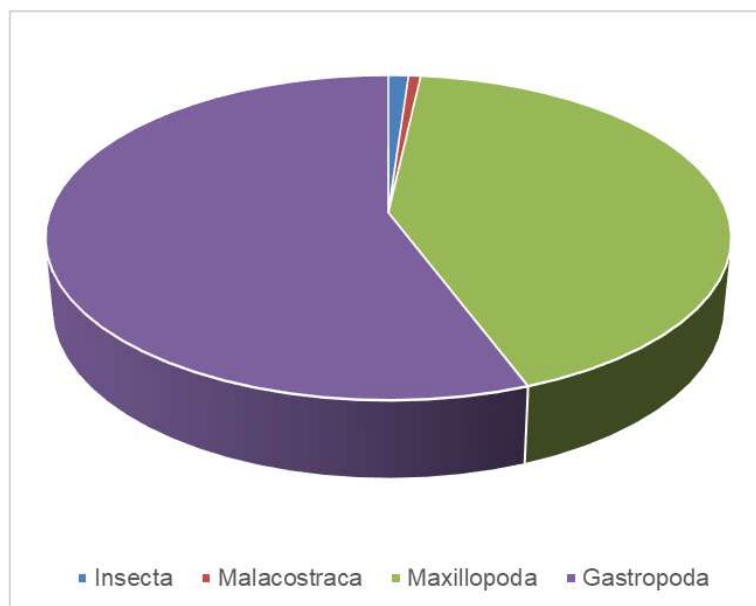
Figura N° 9-28. Abundancia relativa del zoobentos en Sector La Punta y la Brava (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-29** presenta la abundancia relativa por clase, distinguiéndose 2 de los 4 clases registradas, Gastropoda y Maxillopoda.

Figura N° 9-29. Abundancia relativa por Clase de zoobentos en Sector La Punta y la Brava (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 9-17. *Heleobia atacamensis* encontrada en Laguna La Punta (Abril 2018).



Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3.3 Sector Tilopozo

En el sector Tilopozo el zoobentos presentó una riqueza mínima en la estación TB-1 con 1 taxón, y máxima en la estación TB-2 con 3 *taxa*. La fauna zoobentónica en este sector estuvo compuesta por copépodos harpacticóideos gasterópodos Cochliopidae representados por la especie *Heleobia atacamensis*.

Los valores de abundancia total por estación estuvieron en el rango entre 875 ind/m² en TB-3 y 2.625 ind/m² en TB-2, correspondientes en esta última estación solo al gasterópodo *Heleobia atacamensis*. Los organismos más abundantes y frecuentes fueron gusanos oligoquetos e insectos dípteros (**Tabla N° 9-48**).

Tabla N° 9-48. Comunidad zoobentos, abundancia (ind/m²) y riqueza en Sector Tilopozo (verano 2018).

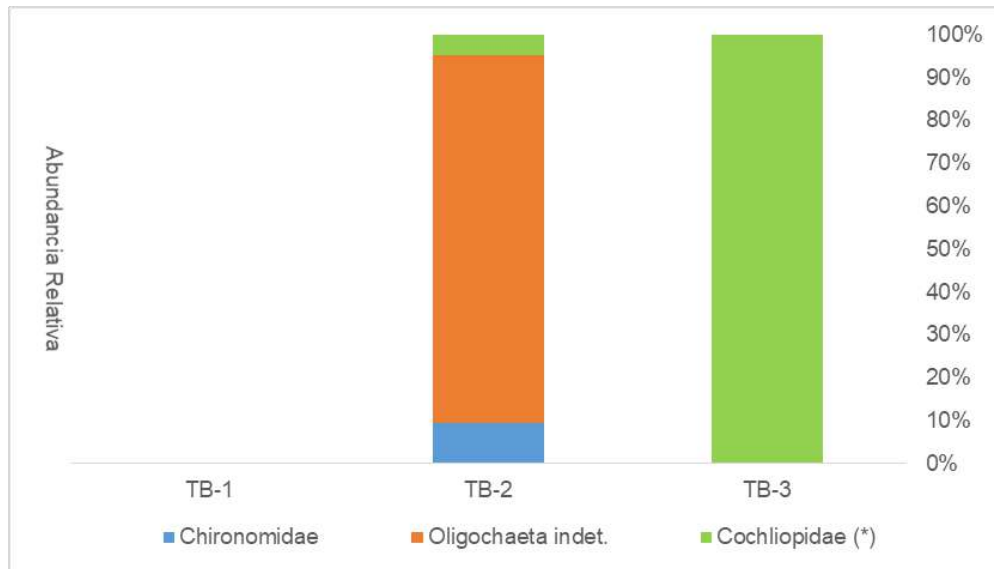
Clase	Orden	Familia	TB-1	TB-2	TB-3
Insecta	Diptera	Chironomidae		250	
Oligochaeta	-	Oligochaeta indet.		2.250	
Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae (*)		125	875
Abundancia (Ind/m²)			0	2.625	875
Riqueza (S)			0	3	1

(*) La familia Cochliopidae fue representada solo por la especie *Heleobia atacamensis*.

Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-30** muestra la estructura de la comunidad de zoobentos en el sector, permitiendo identificar los *taxa* dominante en cada estación, con dominancia de Oligochaeta y Cochliopidae en las estaciones TB-2 y TB-3, respectivamente.

Figura N° 9-30. Abundancia relativa del zoobentos en Sector Tilopozo (verano 2018).

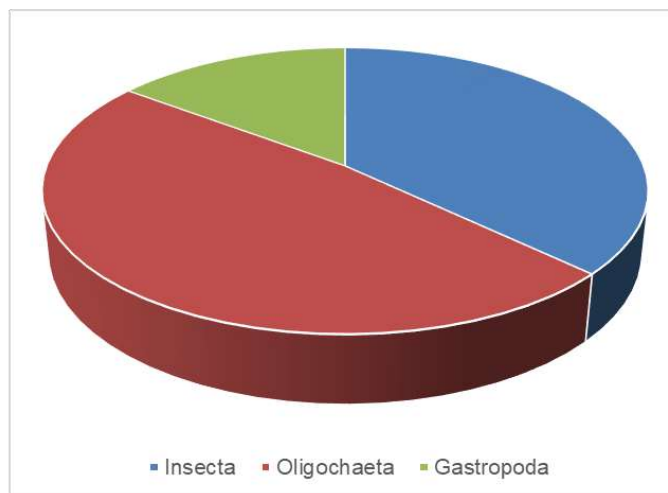


(*) La familia Cochliopidae fue representada solo por la especie *Heleobia atacamensis*.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 9-31 presenta la abundancia relativa por clase, distinguiéndose las 3 clases registradas, Insecta, Oligochaeta y Gastropoda.

Figura N° 9-31. Abundancia relativa por Clase del zoobentos enSector Tilopozo (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.4 Zooplancton

Los organismos zooplanctónicos corresponden a animales invertebrados cuyas características distintivas son su tamaño principalmente microscópico, su movilidad limitada, ser dependientes de los movimientos verticales y horizontales del agua (Samanez et al., 2014) y ser organismos heterótrofos (componente animal del plancton) (Wetzel, 2001). Estos organismos son los consumidores secundarios de los ecosistemas acuáticos, siendo activos filtradores del fitoplancton o bien, de dieta omnívora consumiendo tanto microalgas como otros zooplancteres en estado larvario. Son el eslabón entre los productores primarios y los niveles tróficos superiores, siendo predados también por la avifauna como flamencos, los cuales se alimentan de microorganismos que componen tanto el fitoplancton como el zooplancton. Los más conspicuos en ecosistemas salinos son los copépodos del género *Boeckella* y el branquiópodo *Artemia franciscana* (De los Ríos-Escalante, 2010).

A continuación se presentan los resultados del zooplancton obtenidos en la campaña de monitoreo de verano 2018.

9.2.3.3.4.1 Sector Peine

Para el zooplancton de sector de Peine en verano de 2108, se registró una riqueza de *taxa* entre 1 y 5 en las estaciones de muestreo. El mínimo se observó en S-9 (laguna Salada) con un *taxón* y el máximo de 5 *taxa* se encontró en la estación S-5 (laguna Salada). Los valores de abundancia total por estación, variaron entre un mínimo de 0,18 ind/L en S-5 (laguna Salada) y un máximo de 159,87 ind/L en I-17 (laguna Interna) (**Tabla N° 9-49**).

Por su parte las diversidades y equidades estimadas fueron bajas en la mayoría de las estaciones, excepto para la estación S-5 (laguna Salada) que presentó una diversidad de 1,55 nits/ind, además de una alta equidad, sin embargo la abundancias de sus componentes zooplanctónicos fueron bajas. (**Tabla N° 9-49**).

Tabla N° 9-49. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Peine (verano 2018).

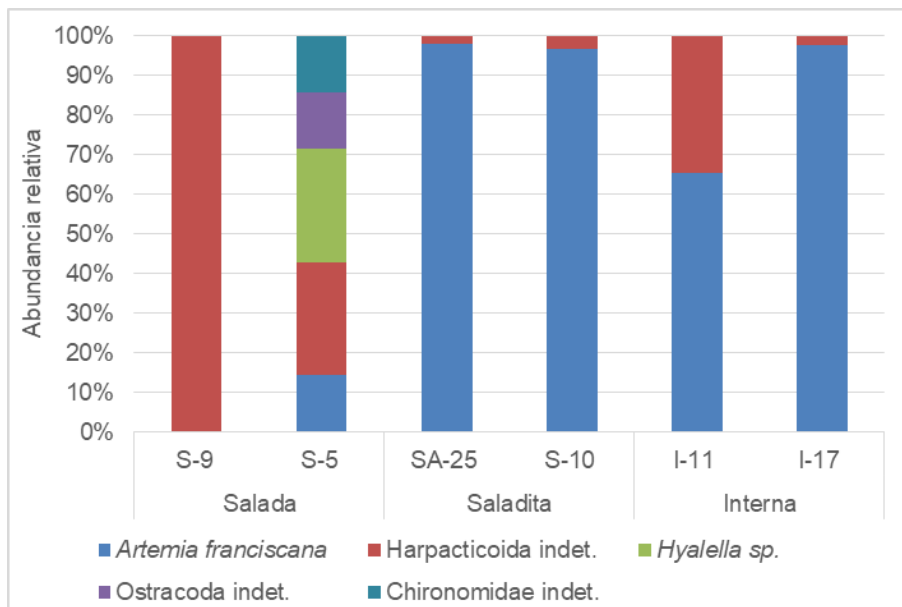
Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	S-9	S-5	SA-25	S-10	I-11	I-17
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia franciscana</i> (*)		0,03	20,03	10,00	31,82	156,18
Hexanauplia (SC Copepoda)	Harpacticoida	-	Harpacticoida indet.	60,15	0,05	0,39	0,33	16,83	3,69
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp.		0,05				
Ostracoda	-	-	Ostracoda indet.		0,03				
Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae indet.		0,03				
Límites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación					
Abundancia total (Ind/L)		0,02	272,0	60,15	0,18	20,41	10,33	48,66	159,87
Riqueza de taxa (S)		1	9	1	5	2	2	2	2
Diversidad (H)		0,03	1,57	-	1,55	0,09	0,14	0,64	0,11
Equidad (J')		0,04	1,00	-	0,96	0,14	0,21	0,93	0,16

(*) Incluye larvas Nauplio de *Artemia franciscana* en la estaciones SA-25, S-10, I-11 e I-17. Máximo LB: valor máximo registrado en línea base. Mínimo LB: valor mínimo registrado en línea base. Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-32** muestra los *taxa* dominantes en cada una de las estaciones, donde se observa que los zooplancteres capturados correspondieron en su mayoría al branquiópodo de la especie *Artemia franciscana*, la cual es característica de ambientes salinos acuáticos y fue encontrada en la mayoría de las estaciones de muestreo, incrementando su abundancia desde laguna Salada hacia laguna Interna, alcanzando una abundancia máxima de 156,18 ind/L en la estación I-17 (**Tabla N° 9-49**).

Cabe mencionar que se registraron estados larvarios (Nauplios) de esta especie en la estaciones SA-25, S-10, I-11 e I-17. Los copépodos harpacticóideos ocurrieron en todas las estaciones, registrándose en la estación S-9 (laguna Salada) solo ese taxón. Otros organismos encontrados en el zooplancton fueron dípteros de la familia Chironomidae, anfípodos hyalélidos y ostrácodos, pero en bajas abundancias y similar representatividad en la estación S-5 (laguna Salada).

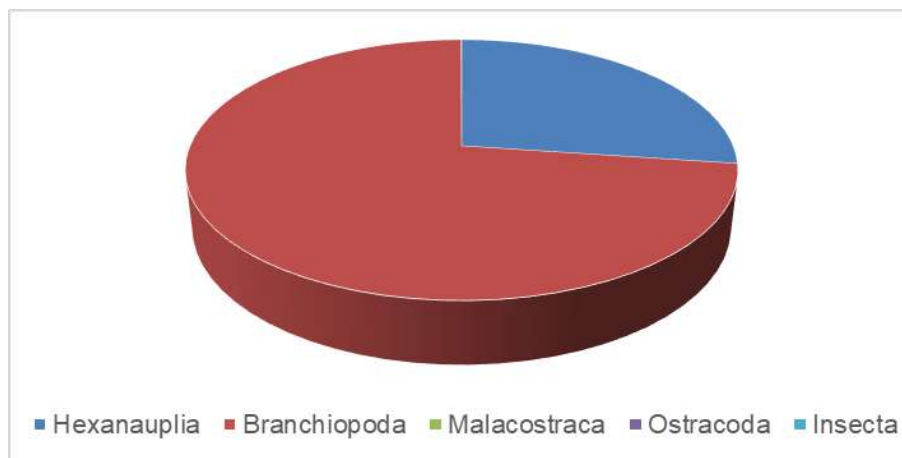
Figura N° 9-32. Abundancia relativa del zooplancton en Sector Peine (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

Las abundancias relativas por clase, muestran que el grupo de los Branchiopoda (*A. franciscana*) fue el dominante, seguido por el grupo de los Copépodos (Hexanauplia) y observándose casi sin representación las otras clases (Figura N° 9-33).

Figura N° 9-33. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector Peine (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.4.2 Sector La Punta y La Brava

En el sector de las lagunas La Punta (LP) y La Brava (LB), se registró un total de 6 *taxa* de organismos zooplanctónicos en verano de 2018, con riquezas entre 2 y 3 *taxa* por estación, siendo la mínima la obtenida en LB-1 y la máxima en el resto de las estaciones de este sistema. La abundancia total de zooplancton por estación tuvo valores entre 0,13 y 387,83 ind/L, con el valor mínimo en LB-3 y el máximo en LP-23 (**Tabla N° 9-50**).

Referente a las diversidades estas fueron en general bajas, registrándose un máximo de 1,04 nits/ind en LB-3 (laguna La Brava). En el caso de las equidades estas fueron altas en las estaciones de laguna La Brava y bajas en laguna La Punta, en esta última dado por la mayor abundancia de *Boeckella* sp. (**Tabla N° 9-50**).

Tabla N° 9-50. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).

Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	LP-23	LP-24	LB-1	LB-2	LB-3
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia franciscana</i> (*)	17,45	45,22	4,54	0,71	
Hexanauplia (SC Copepoda)	Calanoida	Centropagidae	<i>Boeckella</i> sp. (**)	364,53	120,39			
	Harpacticoida	-	Harpacticoida indet.	5,85	6,72	12,02	0,54	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp.					0,07
Ostracoda	-	-	Ostracoda indet.					0,03
Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae indet.				0,18	0,03
Limites LB		Mínimo LB	Máximo LB	Valores por estación				
Abundancia total (Ind/L)		0,2	239,1	387,83	172,33	16,56	1,42	0,13
Riqueza de taxa (S)		1	4	3	3	2	3	3
Diversidad (H)		0,03	1,34	0,26	0,73	0,59	0,97	1,04
Equidad (J')		0,05	0,97	0,24	0,66	0,85	0,89	0,95

(*) Incluye larvas Nauplio de *Artemia franciscana* en la estaciones LP-24, LB-1 y LB-2.

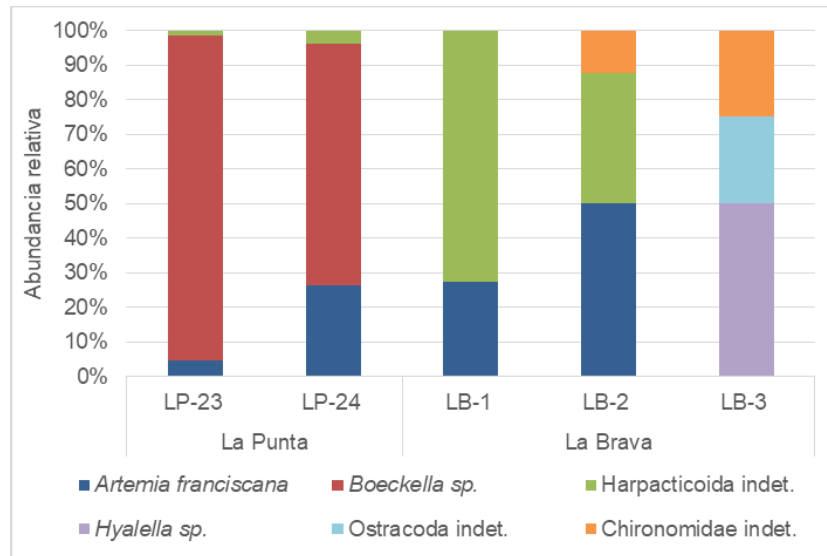
(**) Incluye larvas Nauplio de *Boeckella* sp. en la estaciones LP-23 y LP-24.

Máximo LB: valor máximo registrado en línea base. Mínimo LB: valor mínimo registrado en línea base. Fuente: Elaboración propia.

La **Figura N° 9-34** presenta la abundancia relativa del zooplancton y permite visualizar los grupos dominantes en cada estación. Los zooplancteres capturados en este sector en verano de 2018, estuvieron representados principalmente por copépodos, entre ellos *Boeckella* sp. (incluyendo una importante cantidad de individuos en estado larvario de Nauplio), taxón que fue registrado con las mayores abundancias y encontrado solo en laguna La Punta (LP-23 y LP-24). Otros copépodos encontrados fueron los harpacticóideos, que ocurrieron en la mayoría de las estaciones de este sistema pero en bajas abundancias (**Tabla N° 9-50**). También se registraron branquiópodos de la especie *Artemia franciscana*, cuyos individuos se encontraron de manera más abundante en las estaciones de Laguna La Punta, pero también en las estaciones LB-1 y LB-2 de Laguna

La Brava, donde tuvieron mayor representatividad (**Figura N° 9-34**). Los demás *taxa* identificados, fueron dípteros de la familia Chironomidae, anfípodos hyalélidos y ostrácodos encontrados en Laguna La Brava (principalmente en la estación LB-3) en bajas abundancias pero similares.

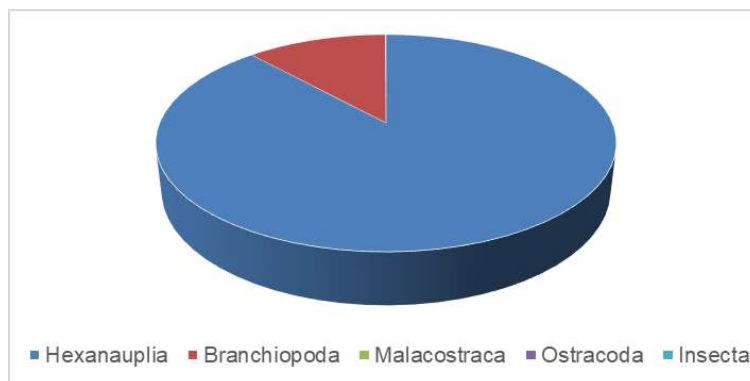
Figura N° 9-34. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

Las abundancias relativas por clase, muestran que la clase dominante correspondió al grupo de los Copépodos (Hexanauplia), seguido por Branchiopoda (dado por *A. franciscana*), observándose casi sin representación los otras clases (**Figura N° 9-35**).

Figura N° 9-35. Abundancia relativa del zooplancton por Clase en el Sector La Punta y La Brava (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.4.3 Sector Tilopozo

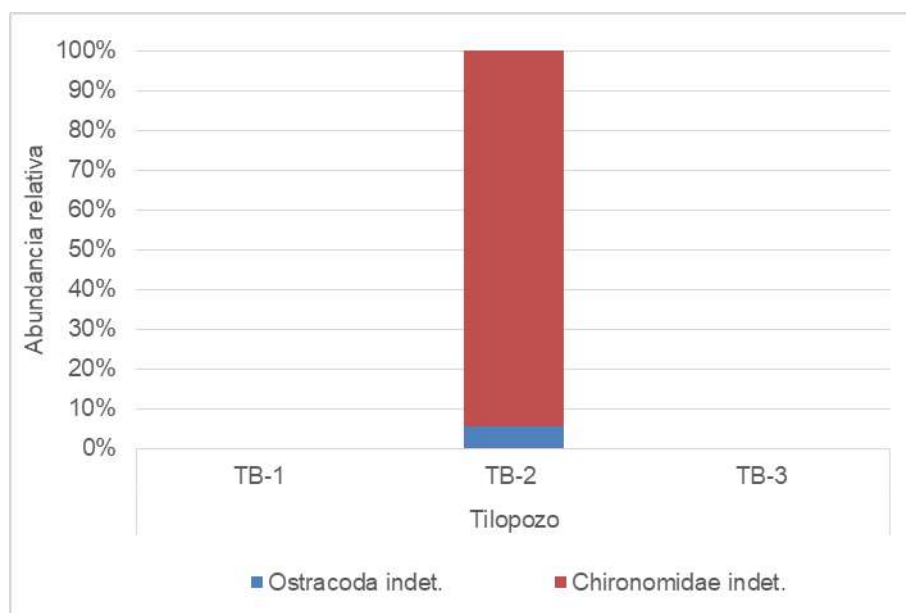
En el sector de Tilopozo, solo en la estación TB-2 se encontraron organismos zooplanctónicos, registrándose allí una riqueza de solo dos *taxa*. El valor de abundancia total de esa estación fue de 27,45 ind/L, correspondiendo mayoritariamente a insectos dípteros de la familia Chironomidae y en menor cantidad a ostrácodos. Tanto la diversidad como equidad estimadas para esa estación fueron bajas (**Tabla N° 9-51** y **Figura N° 9-36**).

Tabla N° 9-51. Comunidad de zooplancton, abundancia (ind/L) y riqueza en el Sector Tilopozo (verano 2018).

Phylum o Clase	Orden	Familia	Taxa	TB-1	TB-2	TB-3
Ostracoda	-	-	Ostracoda indet.		1,48	
Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae indet.		25,98	
Abundancia total (Ind/L)				0,00	27,45	0,00
Riqueza de taxa (S)				0	2	0
Diversidad (H)				-	0,21	-
Equidad (J')				-	0,30	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9-36. Abundancia relativa del zooplancton en el Sector Tilopozo (verano 2018).



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3.3.5 Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)

La comunidad de plantas vasculares acuáticas (macrófitas), corresponde a la comunidad que conforma la vegetación acuática, ya sea especies de vegetación emergente o sumergida, ya sea enraizada o flotante, en los sistemas acuáticos (Ramírez & San Martín 2006). Por otra parte, se debe distinguir entre hidrófita que corresponde a las plantas que viven todo su ciclo de vida dentro del agua en zonas litorales de lagos, lagunas, ríos entre otros y helófitas que corresponde a las plantas que son dependientes de la presencia de agua, generalmente están presentes en ambientes más de ribera y terrestres (ambientes palustres), y son capaces de tolerar alta desecación (Lacoul y Freedman 2006).

En la campaña de verano 2018, fueron detectadas ocho especies, las que correspondieron a las hidrófitas *Ruppia filifolia* y *Zannichellia palustris* y a las helófitas *Schoenoplectus (Scirpus) californicus*, *Juncus balticus*, *Sarcocornia fruticosa*, las gramíneas *Puccinellia frigida* y *Distichlis spicata*, y por último *Triglochin concinna*. En relación al origen, corresponden todas a especies nativas, la mayoría de la clase Liliopsida. Ninguna de las especies presenta categoría de conservación.

En general, los sectores evaluados presentaron baja riqueza de plantas vasculares acuáticas, **Tabla N° 9-52**, las que oscilaron entre una a cuatro especies. Respecto a la presencia-ausencia, se observó en los sectores de Peine y La Punta - La Brava la presencia de parches de *Ruppia filifolia* en porcentajes no mayores a un 77% de cobertura, sumergidas y distribuidas en el centro o en las orillas de las lagunas. Por otra parte, en las orillas de la laguna La Punta se reportó la presencia de las helófitas emergentes *Sarcocornia fruticosa* y *P. frigida*, mientras que, *T. concinna* en las lagunas La Punta y La Brava.

En tanto, en el Sector de vegas de Tilopozo, se detectó la presencia de la hidrófita libre flotante *Zannichellia palustris* con una cobertura del 33%, dentro del afloramiento en la TB-1, en tanto en TB-2 y TB-3 no se registró la presencia de esta hidrófita. En tanto, se observó la presencia de la helófitas emergente *Schoenoplectus californicus* observada en TB-1 y TB-3, *Juncus balticus* en las vegas presentes en TB-1 y TB-2 y *Distichlis spicata* en la estación TB-1 (**Tabla N° 9-52**).

La **Tabla N° 9-52** presenta el resumen de los registros de macrófitas para los tres sectores de estudio en sus distintas estaciones y su porcentaje de cobertura total.

Tabla N° 9-52. Comunidad Macrófitas (% cobertura) en el área de estudio.

Especie	Estaciones													
	Sector Peine						Sector La Punta - La Brava					Sector Tilopozo		
	S5	S9	SA 25	S10	I11	I17	LP 24	LP 23	LB1	LB2	LB3	TB1	TB2	TB3
<i>Ruppia filifolia</i>	X (77%)		X (37%)	X			X (20%)	X (26,7%)			X (24%)			
<i>Zannichellia palustris</i>												X (33%)		X
<i>Schoenoplectus (Scirpus) californicus</i>												X (33%)		X (100%)
<i>Juncus balticus</i>												X (27%)	X (100%)	
<i>Triglochin concinna</i>								X (7%)		X (20%)				
<i>Puccinellia frigida</i>								X (7%)						
<i>Distichlis spicata</i>												X (7%)		
<i>Sarcocornia fruticosa</i>								X (53%)						
Riqueza Total	1	0	1	1	0	0	1	4	0	1	1	4	1	2

N=3. Cuadrante 50x50 cm. Fuente: Elaboración propia.

10 AREA DE LAGUNAS

El Salar de Atacama, se encuentra ubicado en una cuenca endorreica tectónica, delimitada por la Cordillera de Los Andes (6.000 m s.n.m) al Este, y por la Cordillera de Domeyko (3.000 m s.n.m) al Oeste (Ortiz, C. *et al*, 2014). Además, presenta la característica que la dinámica natural de humedales está controlada fundamentalmente por el aporte de agua subterránea y condiciones climáticas regionales, esto los hace particularmente frágiles. Una disminución en el nivel del acuífero y/o aporte hídrico, originaría la compresión de los cuerpos de agua, así como la reducción de la cobertura de vegetación azonal (MMA, 2011).

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

El propósito es realizar el seguimiento para determinar la cobertura de los cuerpos de agua, a través de imágenes satelitales, en los dos sistemas lagunares comprometidos 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 satelitales multiespectrales con un pixel máximo de 4

metros, es decir de alta resolución, utilizando el sensor Pleiades 1A (2 m) y de mediana resolución de acceso público del sensor Landsat 8 (30 m), obtenidas en **agosto y diciembre de 2017**.

Este informe corresponde al monitoreo y seguimiento ambiental de las “Superficies cubierta por lagunas”, mediciones de invierno y verano de 2017, durante la Fase de Operación del Proyecto. Este Monitoreo queda establecido, en el numeral 4.2.5 Frecuencia de Medición, Tabla 4.2.6 del Anexo 2 Plan de Manejo Biótico de la Adenda 5 del proyecto RWL.

El parámetro ambiental asociado a este monitoreo, corresponde a la superficie cubierta por lagunas, proveniente de la medición de las áreas de los cuerpos de aguas de los sistemas lagunares mencionados, realizado a través del análisis de imágenes satelitales de alta resolución, según metodología “Índice Normalizado de diferencias de agua (NDWI)²⁴”, especificado en el Anexo 2, Adenda 5 EIA, *Apéndice B. Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua*; RWL, 2015 (en adelante, Adenda 5 RWL, 2015). En la Tabla N°10-1 se presenta un resumen del componente y la variable ambiental objeto de monitoreo, asociada al análisis de imágenes satelitales.

Tabla N°10-1. Resumen de Componentes y Variables

Componente Ambiental	Monitoreo	Variable o Parámetro	Metodología
Agua	Lagunas o Cuerpos de Agua	Superficie o Área (m ²)	Análisis de imágenes satelitales de alta resolución, multiespectrales con un pixel máx. de 4 metros, que incluirán los dos sistemas lagunares . Metodología Índice Normalizado de diferencias de agua (NDWI), Adenda 5 RWL, (2015).

Las superficies cubiertas por lagunas, se asocian también con los niveles medidos en las mismas²⁵, los cuales se reportan en el **Capítulo 11**, correspondiente a Niveles Freáticos de Lagunas de este Informe. Los niveles de las lagunas (Nivel freático), Vegetación Azonal y Superficie de las lagunas, componen las tres variables de estado indicativas, establecidas para el seguimiento y análisis del estado ecológico del Sistema (Ref. Cap-4.2.7 Criterios para detección de cambio de estado ecológico - Adenda 5 RWL, 2015).

Para el logro del objetivo propuesto inicialmente se implementó un muestreo para validación estacional, correspondientes a réplicas de puntos de campañas anteriores.

²⁴ El índice modificado MNDWI es más adecuado para realzar el agua en contraste con terrenos construidos y puede revelar mayores detalles en aguas abiertas (Xu, 2006). En este contexto, el NDWI es más eficiente en contraste con suelos desnudos con costra salina y aguas más someras.

²⁵ En el EIA se comprometen niveles en pozos someros (BA-XX), para los sistemas (1) La Punta – La Brava; y (2) Peine.

Posteriormente se desarrolló la etapa en gabinete relacionada con el procesamiento de las imágenes satelitales, seguido por la implementación de un modelo de clasificación supervisada de los cuerpos agua, en base a la metodología “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por sus siglas en inglés). Los responsables de las actividades de muestreo y medición en terreno, así como los análisis en gabinete se identifican en **Tabla N°10-2**.

Tabla N°10-2. Identificación de Instituciones y/o equipos de trabajo encargada de realizar el muestreo, medición, análisis y/o control.

Empresa / Equipo de Trabajo	Actividades realizadas	Encargado
Cedrem Consultores	<u>Medición</u> : Validación estacional de puntos en terreno y levantamiento de puntos de posicionamiento en tiempo real de alta precisión.	Especialistas en terreno: Tomás Lizama Jessica Labarca
	<u>Trabajo en gabinete</u> : Aplicación del modelo de clasificación supervisada y análisis de resultados.	Jefe de Proyecto: Jorge Ramos Encargada del componente: Victoria Perry Especialistas en gabinete: Tomás Lizama Jessica Labarca
Apogeos	<u>Trabajo en gabinete</u> : Correcciones y adquisición de imágenes satelitales.	Lorena Bustamante (Especialista)

Fuente: Elaboración Propia

El presente informe describe los alcances metodológicos, los resultados y discusión para el estudio, partiendo con el análisis y validación del modelo de clasificación de los cuerpos de agua, el cual fue implementado en base a imágenes de alta resolución, Pleiades-1A, y de media resolución, Landsat 8, obtenidas durante agosto y diciembre de 2017. Posteriormente, se detallan los resultados de la cobertura determinada para los cuerpos de agua por sistema lagunar, desde imágenes de alta resolución, comparándolos con los registros históricos de línea de base y con la superficie determinada a partir de Landsat 8, con el fin de realizar un análisis comparativo entre los monitoreos de invierno 2017 y verano 2017, y con los resultados obtenidos en el monitoreo del año 2016.

El objetivo general es monitorear la cobertura o superficie de las lagunas o de los cuerpos de agua, con el fin de lograr detectar cambios en el tamaño de éstas, lo cual determina modificaciones en su capacidad de carga, calidad de agua y también cambios estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos (Ref. 4.2.7 Criterios para detección de cambio de estado ecológico; Adenda 5 RWL, 2015).

Como ya se ha mencionado, la medición se realiza a través de imágenes satelitales de alta resolución y el seguimiento se realiza con los registros de línea de base, en dos

sistemas lagunares del Salar de Atacama, considerando como base los alcances y procedimientos comprometidos en el PMB.

En función de esto, se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Definir la cobertura de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales de alta resolución, en base a datos de validación de terreno y a la metodología “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por su sigla en inglés), en dos sistemas lagunares del Salar de Atacama (La Punta y La Brava y Peine).
- Comparar las coberturas de los sistemas lagunares, obtenidas a partir de los registros históricos determinados en la línea de base del componente, y establecidos por el PMB (Adenda 5 RWL, 2015), con las superficies obtenidas de imágenes satelitales de alta resolución durante el monitoreo de la fase de operación del proyecto.
- Generar las coberturas de cuerpos de agua desde una imagen satelital de mediana resolución disponible, Landsat 8, para la fase de operación, y comparar éstas con los registros de las coberturas obtenidas a partir de las imágenes de alta resolución en cada sistema lagunar.²⁶
- Contrastar las coberturas de los sistemas lagunares definidas para la fase de construcción con las coberturas de los sistemas lagunares definidas para la fase de operación, obtenidas desde imágenes satelitales de alta resolución y Landsat 8.

10.1 MATERIALES Y MÉTODOS

10.1.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se sitúa en el Salar de Atacama, en la comuna de San Pedro de Atacama, Provincia de El Loa, extremo oriente de la II Región de Antofagasta y se encuentra a una altura geográfica aproximada de 2.300 m s.n.m

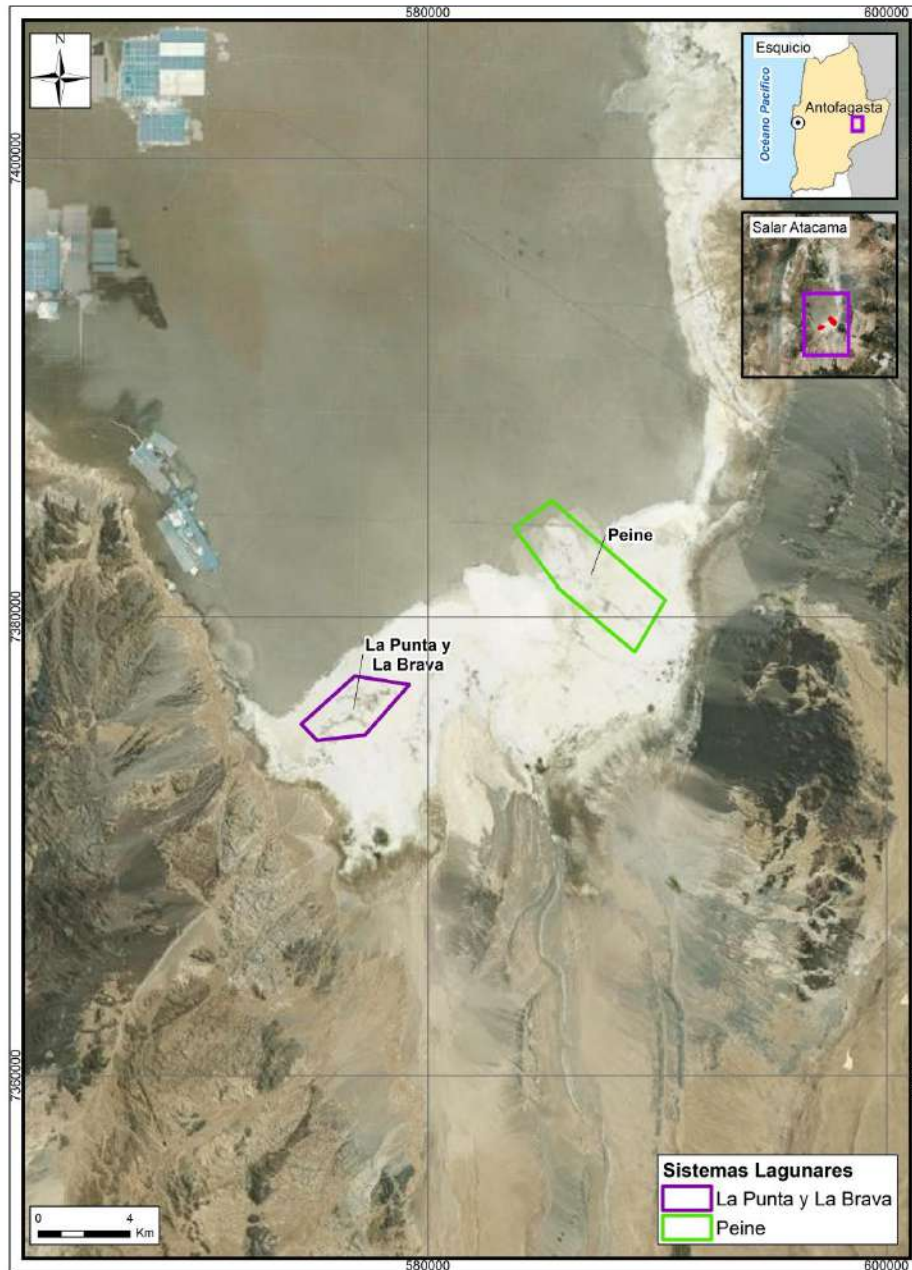
El área de estudio corresponde a los Sistemas Lagunares establecidos en el Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Alerta Temprana de los Recursos Hídricos (PSAH), que para efecto del PMB corresponden a dos sistemas lagunares del Salar de Atacama (**Figura N°10-1**), conformando un área de estudio total de 2.495,1 ha (fuente datos Anexo 3- Adenda 5), donde:

²⁶ De acuerdo con lo establecido por el PMB, este análisis se realiza con el fin de establecer correlaciones multitemporales 1:1 con los registros de alta resolución. Por lo mismo, una vez se cuente con los registros de monitoreos posteriores para ambos tipos de imágenes, se podrá determinar la correlación a través de un análisis estadístico de regresión.

- i) *La Punta y La Brava*; se ubica en el sector sur del salar y abarca una superficie de 726,0 ha (29,1%).
- ii) *Lagunas de Peine*, ubicado al sur del salar, comprende las lagunas Salada, Interna y Saladita. Este sistema cubre un total 1.769,1 ha (70,9%).

Los dos sistemas lagunares se ubican específicamente en la interfase salina al sur de la cuenca endorreica del Salar de Atacama. Esta zona, supone una separación hidráulica subterránea, de tal manera que el flujo procedente de los acuíferos y, por tanto, desde las subcuencas aportantes, se ve forzado a ascender, alcanzando la superficie donde se forman estos sistemas lagunares permanentes. Una vez en superficie, las aguas que alimentan estos sistemas lagunares, comienzan a sufrir procesos de evaporación, presentando la máxima tasa de evaporación en la franja que rodea al núcleo salino, coincidiendo con la presencia de una cuña salina (Cornellà, O. *et al*, 2009). A medida que estas aguas avanzan sub-superficialmente hacia el núcleo del Salar, se enriquecen progresivamente en sales disueltas. En el resto de la zona marginal, en torno al núcleo del salar, las aguas del acuífero se sitúan muy próximas a la superficie del terreno, sin llegar a aflorar, y sufren una evaporación muy intensa, con una oscilación estacional, la cual provoca que los niveles asciendan en los meses de invierno, y desciendan en verano, cuando se favorecen flujos de evaporación mayores (Adenda 5 RWL, 2015).

Figura N°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).



Fuente: Elaboración Propia en base al Plan de Manejo Biótico (RWL, 2015); y el estudio Determinación Espacio Temporal de la Vegetación Azonal y Cuerpos de Agua (Adenda 5 RWL, 2015).

10.1.2 Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua

El parámetro de seguimiento utilizado en el presente análisis corresponde a las de superficies de agua estimadas por sistema lagunar a través de imágenes satelitales. Esto en cumplimiento a lo dispuesto en la Adenda 5 y la RCA que aprueba al proyecto, donde se explica que *“se entenderá un cambio de tendencia si después de 3 años consecutivos, se observa una disminución de la superficie de las lagunas, fuera del rango de los valores registrados históricamente por sector”*, (Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015).

Según lo establecido por el la RCA N°21/2016 “durante la fase de operación y cierre del proyecto la superficie cubierta por lagunas debe mantener sus límites sobre el mínimo histórico”.

De forma complementaria, en los resultados por sector, y siendo consistente con lo analizado en el documento antes mencionado, en relación a que *“...se realizará una correlación con una imagen de baja resolución disponible del satélite LANDSAT 8 o similar, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición, de menor resolución”*; por lo que en el presente estudio se realiza una comparación entre las superficies determinadas en base a las imágenes de alta resolución Pleiades-1A y Landsat 8.

10.1.3 Ubicación de los puntos de muestreo para validación de cuerpos de agua

Esta etapa del estudio conllevó el trabajo en terreno, el cual se realizó con la finalidad de coleccionar los datos que validan el modelo de clasificación supervisada usado para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.

El muestreo ejecutado, consistió en la validación del tipo de recubrimiento de suelo existente, como *“cuerpo de agua”* u *“otro recubrimiento”*, para cada punto de monitoreo y por sistema lagunar en estudio.

El propósito del muestreo es validar el recubrimiento de suelo, mediante réplicas de los puntos de monitoreo medidos durante las campañas del año I (agosto y diciembre de 2016), y año II (agosto y diciembre de 2017), en zonas donde se determinaron las principales diferencias de recubrimiento de suelo, que se basan en la detección de zonas que presentan diferencias entre la medición de terreno y el modelo de clasificación supervisada, en períodos intra e interanuales, a lo que se suma el criterio de accesibilidad.

La colección de datos se realizó en dos campañas, las que se llevaron a cabo entre el **22 y el 25 de agosto de 2017** (invierno - 2017), y entre el **28 y el 30 de diciembre de 2017**

(verano – 2017). En forma paralela a cada campaña, se realizó la captura de las imágenes satelitales tanto de alta resolución (Pleiades-1A), como de Landsat 8. La metadata de las imágenes se presentan en el **Anexo Areas de Lagunas**.

El diseño de muestreo implementado corresponde al tipo *aleatorio –estratificado y estratificado- dirigido* mediante transectos, en los cuatro sistemas lagunares, criterio que se aplica en base a las condiciones de seguridad por el limitado acceso y al conocimiento adquirido en campañas anteriores sobre estos sistemas.

El tamaño de muestra se calculó a partir de la superficie mínima de cuerpos de agua registrada en la línea de base del Proyecto para el componente (Adenda 5 RWL, 2015) y los valores del índice NDWI de imágenes satelitales de alta resolución disponibles.

La **Tabla N°10-3** y **Tabla N°10-4** presenta el detalle del muestreo aplicado en cada sistema lagunar en estudio. Las diferencias en la ubicación y el número de puntos considerados para validación entre imágenes Pleiades-1A y Landsat 8, se debe a las diferencias de resolución espacial entre ellas (2 m y 30 m, respectivamente), lo que se grafica en el **Anexo Areas de Lagunas**.

Tabla N°10-3. Número de puntos de monitoreo catastrados en la campaña de invierno 2017, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares del Salar de Atacama.

SISTEMA LAGUNAR	CLASIFICACIÓN POR RECUBRIMIENTO DE SUELO	PUNTOS DE VALIDACIÓN	
		PLEIADES 1A	LANDSAT 8
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	167	61
	Cuerpos de agua	138	36
	Total sistema lagunar	305	97
Peine	Otros recubrimientos	47	47
	Cuerpos de agua	144	135
	Total sistema lagunar	191	182
TOTAL		496	279

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°10-4. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de verano 2017, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares del Salar de Atacama.

SISTEMA LAGUNAR	CLASIFICACIÓN POR RECUBRIMIENTO DE SUELO	PUNTOS DE VALIDACIÓN EN TERRENO	
		PLEIADES 1A	LANDSAT 8
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	195	71
	Cuerpos de agua	110	26
	Total sistema lagunar	305	97
Peine	Otros recubrimientos	67	60
	Cuerpos de agua	124	122
	Total sistema lagunar	191	182
TOTAL		496	279

Fuente: Elaboración Propia.

10.1.4 Materiales y equipos utilizados

El equipo utilizado en las campañas de agosto y diciembre de 2017 para el levantamiento de puntos de información de sistemas lagunares, corresponde a un receptor Full GNSS/GPS de doble frecuencia, tecnología geoestacionaria de posicionamiento en tiempo real al decímetro (10 cm), con señal de corrección *Starfire*, que entrega información en coordenadas UTM 19S WGS84.

10.1.5 Metodología de muestreo y/o medición

El muestreo en terreno se llevó a cabo mediante el **levantamiento de puntos de monitoreo con receptores Full GNSS/GPS**, que consistió en el marcaje del tipo de recubrimiento de suelo mediante tecnología Geo-Estacionaria de posicionamiento en tiempo real al decímetro (10 cm) con señal de corrección *Starfire*, que implica el marcaje del tipo de recubrimiento de suelo directamente en terreno para cada punto de medición, en coordenadas UTM 19S WGS84.

En las campañas de invierno y verano 2017, este muestreo se implementó en los puntos de réplicas estacionales de las campañas de invierno y verano de 2016, en zonas donde se determinaron las principales diferencias entre la medición de terreno y el modelo de clasificación supervisada, en períodos intra e interanuales, considerando además las

condiciones de accesibilidad, seguridad y permisos respectivos en zonas de acceso restringido.

Posteriormente, en el software GIS ArcMap 10.0 se validaron los puntos a los que no se pudo acceder en terreno, mediante la técnica de interpretación visual o fotointerpretación en base a las imágenes satelitales, proceso en el que se les asignó a estos puntos el tipo de recubrimiento de suelo (Cuerpo de agua / Otro recubrimiento). El **Anexo Areas de Lagunas** muestran la distribución de los puntos de validación en cada sistema lagunar de estudio y el detalle de sus coordenadas se encuentra en el **Anexo Areas de Lagunas**.

10.1.6 Metodología de análisis de las imágenes satelitales para delimitación de cuerpos de agua

10.1.6.1 Imágenes de alta resolución – Pleiades-1A

Las imágenes multispectrales de alta resolución usadas en el presente estudio, provienen del sensor Pleiades-1A y conforma un mosaico correspondiente a los sistemas de La Punta y La Brava y Peine (**Figura N°10-2 y Figura N°10-3**). La selección de este tipo de imágenes se debe a que sus características permiten contar con la resolución espacial adecuada para la cartografía detallada y de precisión (Pancromática, 50 cm; Multiespectral, 2 m), y permite mayor flexibilidad en cuanto a la periodicidad de captura, ya que su intervalo de revisita es de 24 h.

El satélite Pleiades está constituido de una banda pancromática con resolución de 0,5 m en visual nadir y 4 bandas espectrales (blue - azul, green - verde, red - rojo y near infrared - infrarrojo cercano). La precisión de corrección por ortorectificación puede encontrarse dentro 1m y 10m respectivamente. Las principales características del sensor se describen en la **Tabla N°10-5 y Anexo Areas de Lagunas** presenta el *metadata* de las imágenes analizadas.

Tabla N°10-5. Características técnicas del sensor Pleiades-1A.

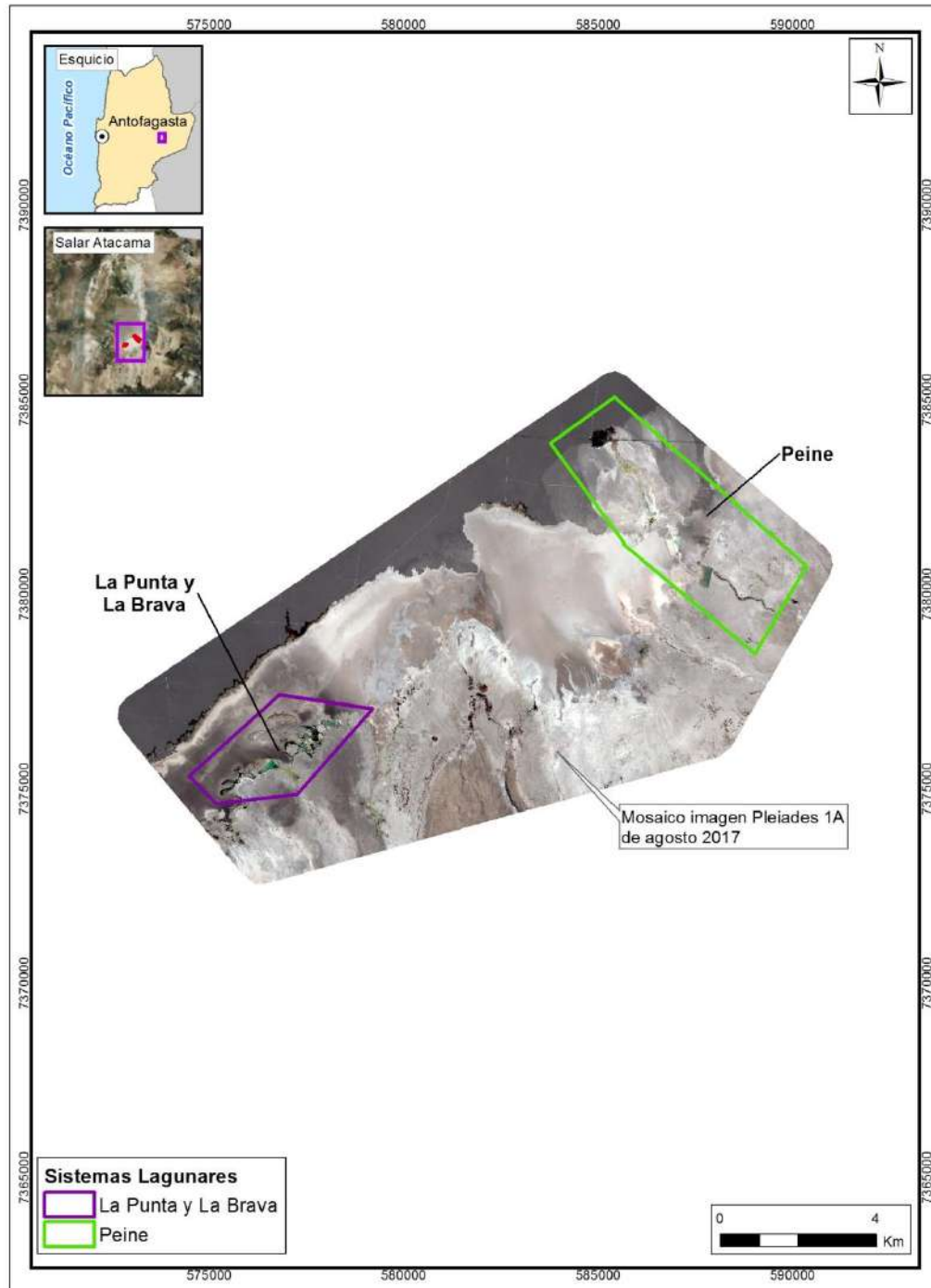
CARACTERÍSTICAS	DETALLE	
Órbita	Altitud: 695 km	
	Tipo: Tipo sincrónica con el sol	
Bandas Sensor	Pancromáticas: 480 - 830 nm	
	Multiespectrales	
	Azul: 430 - 550 nm	Rojo: 600 - 720 nm
	Verde: 490 - 610 nm	Infrarrojo: 750 - 950 nm

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Resolución del sensor	Pancromática: 50 cm
	Multiespectral: 2 m

Fuente: Airbus Defense and Space.

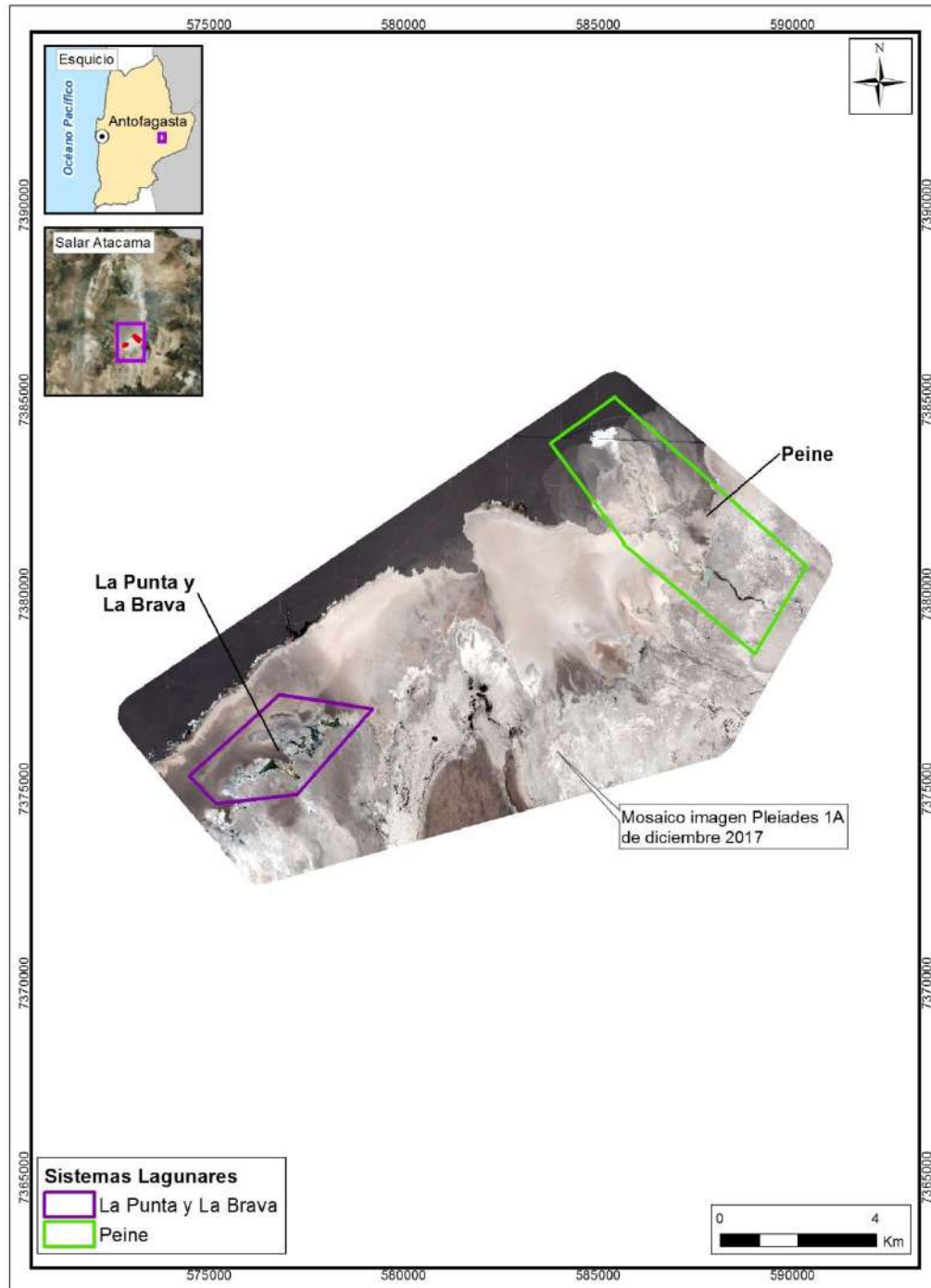
<http://www.cscrs.itu.edu.tr/assets/downloads/PleiadesUserGuide.pdf>. Visitada en agosto y diciembre 2017.

Figura N°10-2. Mosaicos norte y sur de imágenes de alta resolución Pleiades-1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama, invierno 2017.



Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes alta resolución Pleiades-1A (invierno 2017).

Figura N°10-3. Mosaicos norte y sur de imágenes de alta resolución Pleiades-1A usados para la determinación de la cobertura de cuerpos de agua en sistemas lagunares del Salar de Atacama verano 2017.

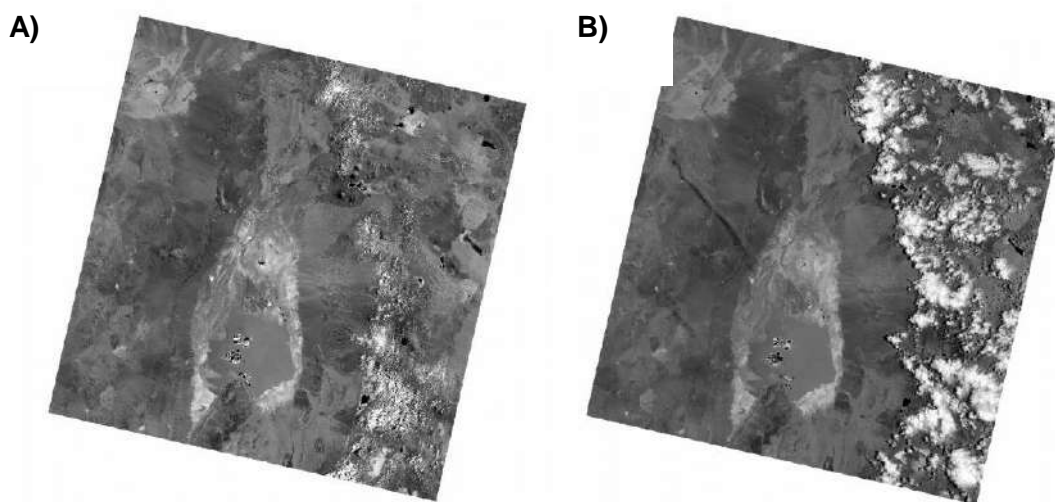


Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes alta resolución Pleiades-1A (verano 2017).

10.1.6.2 Imagen de resolución media – LANDSAT 8

Las imágenes usadas cubren por completo el área de estudio y las fechas de captura corresponden al 29 de agosto y 24 de diciembre de 2017. La descarga se realiza en forma gratuita desde <http://earthexplorer.usgs.gov/>, sitio web de *United States Geological Survey* (USGS; **Figura N°10-4**). El sensor Landsat 8 dispone de 11 bandas espectrales, con una resolución (tamaño del pixel) de 30 x 30 m. De éstas, se utilizaron cinco bandas en el proceso de delimitación de los cuerpos de agua del área de estudio. Las características de las bandas espectrales del sensor LANDSAT 8 se describen en **Tabla N°10-6** y el **Anexo Areas de Lagunas** presenta la *metadata* de la imagen descargada.

Figura N°10-4. Imagen Landsat 8 (Banda 5) correspondiente al cuadrante que incluye el área de estudio A) Invierno 2017 y B) Verano 2017.



Fuente: United States Geological Survey USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Visitada en agosto y diciembre de 2017.

Tabla N°10-6. Características técnicas de las bandas espectrales de la imagen Landsat 8

Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 1 Coastal	0,43 – 0,45	30
Band 2 Azul	0,45 – 0,51	30

Banda	Ancho (μm)	Resolución (m)
Band 3 Verde	0,53 – 0,59	30
Band 4 Rojo	0,64 – 0,67	30
Band 5 NIR	0,85 – 0,88	30
Band 6 SWIR1	1,57 – 1,65	30
Band 7 SWIR2	2,11 – 2,29	30
Band 8 Pancromática	0,50 – 0,68	15
Band 9 Cirrus	1,36 – 1,38	30
Band 10 TIRS1	10,6 – 11,19	100
Band 11 TIRS2	11,5 – 12,51	100

Fuente: United States Geological Survey USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
Visitada en agosto y diciembre 2017.

10.1.6.3 Procesamiento de las imágenes satelitales

Tanto las imágenes Landsat 8, como las Pleiades-1A de alta resolución, fueron sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir 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 ($W / (m^2 *sr * \mu\text{m})$)²⁷. Este proceso se utiliza como medio de calibración para disminuir la falta de uniformidad en los valores digitales debido a efectos producidos por errores sistemáticos en el sensor, tales como la contaminación de partículas en el plano focal de éste, las que pueden manifestarse en forma de manchas y bandas en las imágenes. Esta conversión proporciona una base para la comparación de datos en una sola escena o entre imágenes adquiridas en fechas diferentes o por diferentes sensores (Chander *et al.*, 2009).

Posteriormente, se realizó la corrección atmosférica de cada imagen. Esta corrección busca reducir el efecto de la interacción de las moléculas y partículas de la atmósfera (vapor de agua, polvo en suspensión, aerosoles, entre otras) en la radiación electromagnética captada por los sensores de un satélite. La eliminación de los efectos

²⁷ Dónde: W: Watts; m²: metro cuadrado; sr: estereorradián; μm : micrómetro.

atmosféricos y del terreno, recuperan los parámetros físicos de la superficie incluyendo la reflectancia, visibilidad del suelo y temperatura. Para este fin, se utilizó el módulo ATCOR (por su sigla en inglés, *Atmospheric & Topographic Correction*) disponible con el software PCI Geomática.

El módulo de corrección atmosférica ATCOR permite ejecutar correcciones de reflectancia provenientes de la parte alta de la atmósfera, la eliminación de neblina y el enmascaramiento de nubes, así como correcciones atmosféricas de la reflectancia del suelo y las correcciones atmosféricas de la temperatura superficial.

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

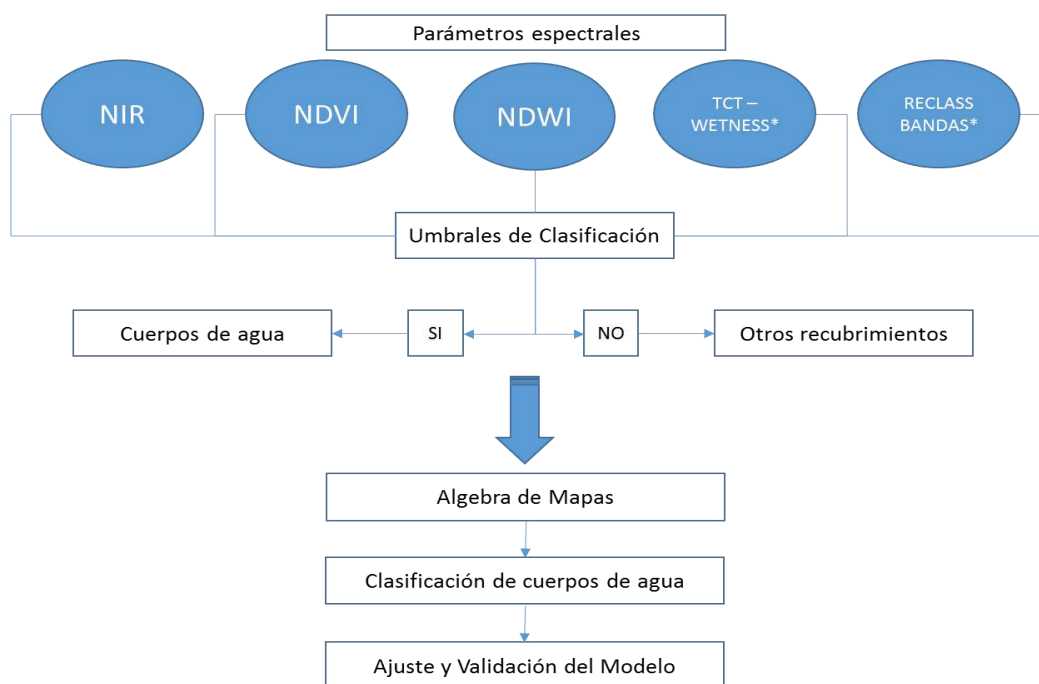
Es importante mencionar que el método ATCOR en comparación al método IARR (por su sigla en inglés, corresponde al promedio interno de reflectancia relativa; aplicado en la línea de base), constituye un mejoramiento en el modelo actual, producto del refinamiento en el proceso de remoción del error atmosférico proporcionado por ATCOR (Chuvieco, 2006). Esta diferencia metodológica, puede variar la respuesta espectral de los parámetros espectrales utilizados (*i.e.* NDVI, NDWI; Lamolda, 2008), conduciendo a la mejor detección de cuerpos de agua con el modelo actual (el **Anexo Areas de Lagunas** detalla los ajustes metodológicos aplicados y sus implicancias en la estimación de los cuerpos de agua).

Seguidamente, las imágenes fueron ortorrectificadas para eliminar las distorsiones geométricas, producto de imperfecciones del sensor, la curvatura de la tierra y los efectos locales del relieve. Finalmente, en el caso de las imágenes de alta resolución Pleiades-1A, fueron unidas conformando un mosaico para el área de estudio (**Figura N°10-2 y Figura N°10-3**).

10.1.6.4 Descripción del Modelo de Clasificación Supervisada de cuerpos de agua

El modelo usado durante este análisis se desarrolló en base a la metodología “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por su sigla en inglés), la cual fue empleada en el estudio desarrollado en la Adenda 5 del proyecto RWL (2015); y que fue establecido como la línea de base para este componente.

Figura N°10-5. Modelo conceptual de árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de agua a través de imágenes satelitales.



* La transformación "Tasseled Cap" Wetness se pudo utilizar sólo en el caso de Landsat 8, dado el mayor número de bandas que ofrece este sensor. En su reemplazo, para las imágenes de alta resolución Pleiades 1A se utilizó la Reclasificación de bandas (RECLASS BANDAS).

Fuente: Elaboración Propia en base a metodología "Modificada del Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (MNDWI) en Adenda 5 RWL (2015).

La clasificación supervisada de imágenes satelitales se empleó para la identificación y delimitación de los cuerpos de agua. El método se inicia con el establecimiento, mediante criterio de experto, de los umbrales de clasificación para cada uno de los parámetros espectrales de evaluación que tienen una respuesta determinada ante la presencia de un cuerpo de agua. Posteriormente, en un modelo de árbol de decisiones, se estiman los cuerpos de agua, utilizando la combinación de los criterios definidos en el paso anterior y se evalúa el ajuste y la precisión del modelo mediante la comparación con los datos validados en terreno (**Figura N°10-5; Anexo Areas de Lagunas**).

Los parámetros evaluados durante la clasificación supervisada en el presente estudio fueron cinco:

- i) La reclasificación de la banda del infrarrojo cercano (NIR),
- ii) el índice NDWI;
- iii) el índice NDVI;
- iv) la reclasificación de bandas espectrales (B1<B2) y (B3 > B4), usada en el modelo de imágenes de alta resolución Pleiades-1A y
- v) la transformación “*Tasseled Cap*” (*Wetness*; Kauth & Thomas, 1976), la cual se utilizó para el caso Landsat 8, dado el mayor número de bandas que ofrece este sensor. El acápite 10.1.6.5 describe en detalle cada uno de estos parámetros.

Comparativamente entre la metodología de línea de base y la actual, cabe destacar que en esta última se incorporan dos parámetros espectrales adicionales, correspondientes a NDVI y a la transformación “*Tasseled Cap*” (*Wetness*). Esta modificación, se realizó con el fin de robustecer el modelo ya desarrollado, considerando que los suelos salinos usualmente presentan distintos tipos y concentraciones de sales, afectando la reflectancia del suelo en distintos grados y puede conducir a errores significativos durante interpretaciones espectrales (Wang *et al.*, 2012). El **Anexo Areas de Lagunas** detalla los ajustes metodológicos aplicados en relación a la línea de base y las posibles implicancias en la estimación de los cuerpos de agua.

10.1.6.5 Parámetros espectrales del modelo de clasificación

10.1.6.5.1 Índice de Diferencia Normalizada de Agua - NDWI

El índice NDWI (por su sigla en inglés, *Normalized Difference Water Index*) varía entre -1 y 1, asociando los valores positivos para las superficies con agua o húmedas y cero o negativo para el suelo y la vegetación terrestre estresada. El cálculo de este índice se realizó siguiendo la fórmula:

$$NDWI = (V - NIR) / (V + NIR)$$

Dónde: **V** es la reflectancia en el verde y **NIR** es la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes LANDSAT 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

10.1.6.5.2 Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación - NDVI

El Índice NDVI (por su sigla en inglés, *Normalized Difference Vegetation Index*), consiste en la comparación entre las bandas roja e infrarroja cercana, mediante la siguiente ecuación:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

El NDVI varía entre -1 y 1 y resalta en valores positivos las áreas con presencia de vegetación basándose en la reflectancia diferencial de la clorofila entre la banda infrarroja cercana (*NIR*) y la banda roja (*R*) del espectro visible. Adicionalmente, en el rango de los valores negativos este índice detecta superficies que generalmente corresponden a nubes o cuerpos de agua.

El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

10.1.6.5.3 NIR - Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano

La Banda NIR (Banda 5 en Landsat 8 y Banda 4 en Pleiades-1A), posee características espectrales útiles para la detección de cuerpos de agua. Dadas las propiedades del agua de absorción de la radiación electromagnética; esta baja reflectividad en el infrarrojo resulta útil en la distinción de áreas de tierra o suelos desnudos y agua.

Para el cálculo de este parámetro, se realiza la reclasificación de este parámetro tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

10.1.6.5.4 Reclasificación de bandas espectrales

Este parámetro consistió en un procedimiento de clasificación binaria de los píxeles en las imágenes espectrales Pleiades-1A, en que los píxeles de las bandas espectrales de las imágenes se enfrentaron a la condición lógica de la presencia de cuerpos de agua versus otros recubrimientos, en base al segmento de longitud de onda que refleja cada banda. Para este caso se procedió el cumplimiento de la condición: (**B1 < B2**) y (**B3 > B4**). Dónde las bandas corresponden a: B1 azul, B2 verde, B3 rojo y B4 infrarrojo cercano.

10.1.6.5 Transformación “Tasseled Cap”

La transformación “*Tasseled Cap*” (TCT) fue desarrollada para optimizar la visualización de la vegetación en imágenes multiespectrales (Hernández, 2005). Esta transformación produce tres nuevas bandas a partir de las originales de la imagen: Brillo (Brightness), Verdor (Greenness) y Humedad (Wetness).

El índice de humedad es un contraste entre la reflectancia en el infrarrojo de onda corta (SWIR) y el visible/infrarrojo cercano (VNIR), proporcionando una medida del contenido de humedad del suelo. En estas bandas, el agua absorbe la radiación (con coeficientes de ponderación negativos) respecto al resto de las bandas menos afectadas por la humedad (coeficiente bajo y positivo) (Crist & Cicone, 1984; Crist, *et al.*, 1986).

Este parámetro se utilizó sólo en el caso de Landsat 8 y para su cálculo se utilizaron coeficientes que derivan estadísticamente a partir de estas imágenes y de observaciones empíricas que son específicos para cada sensor (Crist, *et al.* 1986).

10.1.6.6 Umbrales y validación del modelo de clasificación

Durante el proceso de clasificación supervisada, se establecieron umbrales de clasificación de cada parámetro del modelo, los cuales representaron el valor límite de clasificación como cuerpo de agua u otro recubrimiento. Estos umbrales fueron definidos para cada sector, según el parámetro, y para cada tipo de imagen satelital.

La definición de cada umbral se realizó mediante inspección visual, controlada por el conocimiento de las características de los objetos a catalogar y de su respuesta espectral. Además, este proceso se realizó en base a la representación del patrón espacial de las coberturas de la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015). Complementariamente, el proceso estuvo guiado por los datos de validación obtenidos en terreno en las campañas de agosto y diciembre de 2017 (RWL, 2017a y RWL, 2017b). Los umbrales obtenidos se presentan en la **Tabla N°10-7**. Cabe destacar que las variaciones de estos valores respecto a la línea de base son atribuibles al cambio del tipo de imágenes satelitales usadas, a las variaciones atmosféricas y a las diferencias en el procesamiento de estas, según se detallan en el **Anexo Areas de Lagunas**.

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 2017.

TIPO DE IMAGEN	ÍNDICE	SISTEMA LAGUNAR	
		LA PUNTA Y LA BRAVA	PEINE
Agosto 2017			
Parámetros LANDSAT 8	NDWI	P85 >= -0,129152	R2/20 >= -0,115103
	NDVI	P10 <= 0,04551	P10 <= 0,044798
	NIR - B5	R6/15 < 0,183086	P15 <= 0,290151
	WETNESS	R11/15 >= -0,011194	R13/20 >= -0,071685
Parámetros AR PLEIADES	NDWI	>0	NB9/20 >= -0,036232
	NDVI	NB4/10 <= 0,025641	NB9/20 <= 0,089655
	NIR - B4	NB4/20 <= 0,216783	NB 7/25 <= 0,304094
	(B1 < B2) Y (B3 > B4)	NO	NO
Diciembre 2017			
Parámetros LANDSAT 8	NDWI	P90 >= -0,141978	R2/20 >= -0,146919
	NDVI	P10 <= 0,062649	P5 <= 0,050384
	NIR - B5	R9/15 <= 0,380216	P30 <= 0,493175
	WETNESS	R12/15 >= 0,191082	R8/20 >= 0,128644
Parámetros AR PLEIADES	NDWI	R 5/15 >= -0,03047	P80 >= -0,042589
	NDVI	R 14/20 <= 0,014537	P5 <= 0,013527
	NIR - B4	P5 <= 0,38538	NB 2/9 <= 0,344571
	(B1 < B2) Y (B3 > B4)	NO	NO

Dónde: R: Intervalo equivalente (Equal Interval), donde todos los valores se subdividen en rangos del mismo tamaño; NB: Quiebres naturales (Natural breaks), basado en las agrupaciones naturales inherentes a la distribución de los datos; P: Percentiles (Quantile).

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la complejidad de las áreas de estudio, fue preciso considerar diferentes intervalos en las distribuciones de las variables. Para ello, se utilizaron los métodos de clasificación de datos por percentiles, intervalos equivalentes y quiebres naturales; esto con el objeto de encontrar el mejor ajuste en el modelo de clasificación. Este proceso se realizó en el software ArcGIS 10.0.

Una vez fijado cada umbral de clasificación, se extrajo el conjunto de píxeles espectralmente similares que formaron grupos o clases, a las que luego se les asignó el tipo de recubrimiento de suelo que representaban (cuerpos de agua u otros recubrimientos).

El cálculo final del modelo por sector se realizó mediante la unión de los parámetros reclasificados según el umbral definido y se determinó la cobertura de agua cuando al menos tres de los cuatro parámetros coincidían en clasificar el píxel como “cuerpo de agua”, de lo contrario quedó asignado como “otro recubrimiento”; esto para ambos tipos de imágenes. El criterio de decisión en la cantidad de parámetros usados para asignar la categoría se relaciona con la complejidad del patrón espacial de cada sistema lagunar y de su variabilidad estacional (Ortiz, C. *et al*, 2014; DGA, 2014; Cornellà, O. *et al*, 2009).

Seguidamente, se procedió con la validación del modelo de clasificación la cual se realizó a través de una matriz de confusión, que permite evaluar la exactitud del modelo. Fundamentalmente consiste en estimar el número de puntos correctamente cartografiados dentro de un conjunto de datos. En este caso, la matriz se construyó con la información del tipo de recubrimiento establecido en los puntos de validación de terreno y fueron comparados con los resultados del modelo. En esta matriz, la diagonal principal indica que las muestras fueron coincidentes o correctamente interpretadas (ITC, 1999 en Flores, 2002).

El interés del uso de esta tabla de confusión proviene de su capacidad para plasmar conflictos entre categorías. De esta forma no solo se conoce la fiabilidad global de la clasificación, sino también la exactitud conseguida para cada una de las clases, así como los principales conflictos entre ellas (Chuvieco, 2006).

A partir de la matriz de confusión se realiza el cálculo del índice *Kappa*, el cual es una medida ajuste en términos de la exactitud del modelo de clasificación. Este mide la diferencia entre los datos de validación en terreno y la clasificación según el modelo, e intenta delimitar el grado de ajuste de los datos, prescindiendo de los factores aleatorios (Congalton, 1991). El coeficiente *Kappa* fue calculado de la siguiente manera:

$$\kappa = \frac{[(\Sigma \text{concordancias observadas}) - (\Sigma \text{concordancias atribuibles al azar})]}{[(\text{total de observaciones}) - (\Sigma \text{concordancias atribuibles al azar})]}$$

El índice *Kappa* tiene un rango entre 0 y 1 el cual representa proporcionalmente la exactitud en el ajuste del modelo. Valores de *K* cercanos a 1 revelan una muy buena concordancia entre la realidad observada y la cobertura obtenida. Contrariamente, valores próximos a 0 sugieren que la concordancia observada es sólo debido al azar. Según Landis y Koch (1977), valores $K > 0,4$ indican un modelo de clasificación aceptable en término de exactitud y mayores a 0,6 sugieren un modelo confiable en la clasificación del recubrimiento de suelo obtenida.

Con los datos tomados en terreno y la clasificación finalizada por sistema lagunar, se procedió a evaluar su ajuste mediante la utilización de la Matriz de Confusión y el Índice de *Kappa*, con la finalidad de determinar el nivel de ajuste obtenido.

10.1.6.7 Depuración cartográfica de cuerpos de agua

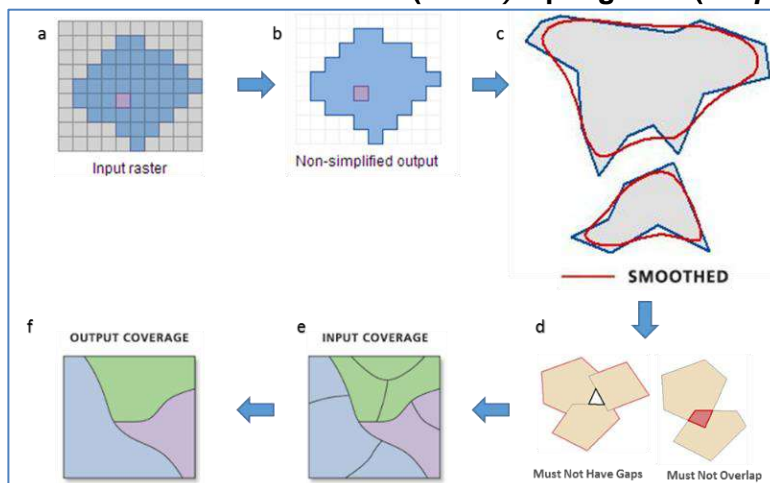
Posterior a obtener las coberturas de clasificación de los cuerpos de agua según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades-1A y Landsat 8) y por sistema lagunar, se procedió con la depuración de las coberturas. Este proceso consistió primero en la transformación de los datos desde formato raster a entidades de polígonos en formato shape. El resultado se sometió a un proceso de suavizado, por la presencia de ángulos cerrados en sus contornos, para mejorar la calidad estética de la cartografía y su aproximación al contexto real (**Figura N°10-6**). Durante el suavizado se producen errores topológicos, como cruces de contorno entre polígonos, que fueron corregidos sustrayendo valores y/o creando nuevas entidades en los espacios sin información.

Adicionalmente, se realizó una depuración final en los *shapes*, la cual buscó reducir errores de clasificación aleatorios siguiendo dos criterios:

- i) Remoción de polígonos clasificados como cuerpos de agua con tamaño inferior al equivalente de un pixel (0,0004 ha en Pleiades-1A y 0,09 ha en Landsat 8) y que estuvieran aislados a los cuerpos de agua de mayor tamaño dentro del sector de estudio y,
- ii) Revisión y ajuste de las coberturas mediante fotointerpretación en cuerpos de agua permanentes, siguiendo el patrón espacial de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015) y de los monitoreos de invierno y verano de 2017, sobre las imágenes de alta resolución y Landsat 8.

El resultado de estas operaciones originó una clasificación binaria (cuerpos de agua / otros recubrimientos), que fueron fusionados con parámetros con igual codificación, y ajustados a los polígonos que delimitan las áreas de estudio. El resultado final correspondió a un archivo en formato *shape* de cada sistema lagunar (La Punta y La Brava y Peine).

Figura N°10-6. Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (raster) a polígonos (shape).



Dónde: **a:** Ingreso Raster; **b:** transformación a formato shape; **c:** suavizado de polígonos; **d:** corrección de errores topológicos; **e:** generación de entidades poligonales; **f:** fusión de polígonos.

Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes ESRI.

10.1.7 Metodología de análisis comparativo para seguimiento de la cobertura de cuerpos de agua

De acuerdo a lo expresado en la sección 10.1.2.3.2 a) *Laguna de evaporación*, esta etapa dio cumplimiento a lo dispuesto por el PMB, de acuerdo con Anexo 2, Adenda 5 EIA, *Apéndice B. Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua.*

En base a estos documentos, el análisis comparativo de las superficies se realizó por sistema lagunar, en base a dos tipologías:

- *Comparación con registros históricos de línea de base:* se realizó entre el resultado de las superficies de lagunas registradas en los monitoreos de agosto y diciembre 2017, y las variaciones en relación al mínimo histórico de la línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).
- *Comparación entre imágenes satelitales:* se realizó una comparación entre las superficies determinadas en el monitoreo 2017 desde las imágenes de alta resolución Pleiades-1A y Landsat 8.
- *Comparación entre monitoreos interanuales:* se realizó una comparación entre los resultados de las superficies lagunares en el monitoreo 2017, con respecto a los resultados del monitoreo 2016.

Cabe destacar que el actual monitoreo, describe los cuerpos de agua en condiciones de operación del proyecto.

10.1.8 Fechas de medición

La campaña de invierno de 2017 se realizó entre el 22 y el 25 de agosto de 2017, en tanto las imágenes Pleiades 1A, se obtuvieron el 22 de agosto de 2017 y las imágenes Landsat 8, fueron capturadas el 29 de agosto de 2017.

Respecto a la campaña de verano, ésta se realizó entre el 27 y el 30 de diciembre de 2017, y las imágenes Pleiades 1A, se obtuvieron el 30 de diciembre de 2017 y las imágenes Landsat 8, fueron capturadas el 24 de diciembre de 2017. Las fechas y el *metadata* de las imágenes utilizadas en el análisis se presentan en el **Anexo Areas de Lagunas**.

10.2 RESULTADOS

10.2.1 Validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

La clasificación supervisada de cuerpos de agua, basada en datos de terreno, se llevó a cabo para imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los sistemas lagunares La Punta y La Brava y Peine, para los periodos de agosto y diciembre de 2017.

Para invierno de 2017, la validación del ajuste de las coberturas determinadas, en relación a los datos de terreno recabados y fotointerpretados, se realizó mediante el índice *Kappa*. Este índice tuvo una variación entre 0,50 y 0,86 para imágenes de alta resolución Pleiades-1A (Tabla N°10-8) y de 0,50 y 0,74 para imágenes de resolución media Landsat 8 (Tabla N°10-9).

Respecto de verano de 2017, este índice tuvo una variación entre 0,73 y 0,83 para imágenes de alta resolución Pleiades-1A (**Tabla N°10-10**) y desde 0,54 a 0,59 para imágenes de resolución media Landsat 8 (**Figura N°10-10**). Estos valores dan cuenta de un ajuste confiable de las coberturas obtenidas.

Tabla N°10-8. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Agosto, 2017.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total (Pleiades 1A)			** Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	*67	71	138	48,6	51,4	
	Otros Recubrimientos	1	*166	167	99,4	0,6	
	Total	68	237	305	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	98,5	70,0	-	-	-	
	***Error omisión (%)	1,5	30,0	-	-	Índice Kappa:	0,50
						Precisión global (OA):	0,76
Peine	Cuerpos de agua	*133	11	144	92,4	7,6	
	Otros Recubrimientos	0	*47	47	100,0	0,0	
	Total	133	58	191	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	100,0	81,0	-	-	-	
	***Error omisión (%)	0,0	19,0	-	-	Índice Kappa:	0,86
						Precisión global (OA):	0,94

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°10-9. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Agosto, 2017.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total (Landsat 8)			** Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	*16	20	36	44,4	55,6	
	Otros Recubrimientos	0	*61	61	100,0	0,0	
	Total	16	81	97	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	100,0	75,3	-	-	-	
	***Error omisión (%)	0,0	24,7	-	-	Índice Kappa:	0,50
						Precisión global (OA):	0,79
Peine	Cuerpos de agua	*122	13	135	90,4	9,6	
	Otros Recubrimientos	6	*41	47	87,2	12,8	
	Total	128	54	182	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	95,3	75,9	-	-	-	
	***Error omisión (%)	4,7	24,1	-	-	Índice Kappa:	0,74
						Precisión global (OA):	0,90

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°10-10. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Pleiades 1A: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Diciembre de 2017.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total (Pleiades 1A)			** Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	*84	26	110	76,4	23,6	
	Otros Recubrimientos	11	*184	195	94,4	5,6	
	Total	95	210	305	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	88,4	87,6	-	-	-	
	***Error omisión (%)	11,6	12,4	-	-	Índice Kappa:	0,73
						Exactitud global (OA):	0,88
Peine	Cuerpos de agua	*121	3	124	97,6	2,4	
	Otros Recubrimientos	11	*56	67	83,6	16,4	
	Total	132	59	191	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	91,7	94,9	-	-	-	
	***Error omisión (%)	8,3	5,1	-	-	Índice Kappa:	0,83
						Exactitud global (OA):	0,93

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°10-11. Validación de la clasificación supervisada de cuerpos de agua desde imágenes satelitales Landsat 8: Matriz de confusión y el índice Kappa por sistema lagunar. Diciembre de 2017.

Sistema Lagunar	Recubrimiento del modelo de clasificación	Número de Puntos de validación de terreno Total (Landsat 8)			** Exactitud del muestreo (%)	****Error de comisión (%)	
		Cuerpos de agua	Otros Recubrimientos	Total			
La Punta y La Brava	Cuerpos de agua	*13	13	26	50,0	50,0	
	Otros Recubrimientos	2	*69	71	97,2	2,8	
	Total	15	82	97	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	86,7	84,1	-	-	-	
	***Error omisión (%)	13,3	15,9	-	-	Índice Kappa:	0,54
						Precisión global (OA):	0,85
Peine	Cuerpos de agua	*92	30	122	75,4	24,6	
	Otros Recubrimientos	6	*54	60	90,0	10,0	
	Total	98	84	182	-	-	
	Exactitud de Campo (%)	93,9	64,3	-	-	-	
	***Error omisión (%)	6,1	35,7	-	-	Índice Kappa:	0,59
						Precisión global (OA):	0,80

Dónde: * número de puntos verificados en terreno en donde hubo coincidencia con la información del modelo **Exactitud global del mapa: relación entre el número de puntos asignados correctamente y el total de los puntos por cobertura; ***El error de omisión lo conforman los residuales de las columnas ubicados en la parte inferior de la matriz, estos indican la cobertura que no se incluyó en el modelo; ****El error de comisión explica los puntos del mapa que no coincidieron con la realidad (Chuvieco, 2006). Fuente: Elaboración Propia.

El sistema lagunar que muestra mayor ajuste en agosto de 2017 desde imágenes Pleiades 1A y Landsat 8, es Peine, atribuido a que presenta cuerpos de agua permanentes con bordes bien definidos; mientras que La Punta y La Brava presenta menor ajuste para ambos periodos, lo que se atribuye a los límites difusos de sus cuerpos de agua y a la presencia de vegetación en ese sector, lo que aumenta la dificultad para discriminar los “cuerpos de agua” de “otros recubrimientos”.

En cuanto al mayor ajuste de diciembre de 2017, se observa en el sistema lagunar de Peine tanto para Pleiades 1A como Landsat 8. Ambos valores son coincidentes con que

Peine es un sistema que presenta lagunas bien definidas, sin presencia de vegetación, y La Punta y La Brava presenta límites difusos y márgenes con vegetación.

De acuerdo al índice de precisión global en agosto de 2017, se verifican valores entre 0,94 de Peine y 0,76 de La Punta y La Brava, para imágenes Pleiades 1-A; mientras que para las imágenes Landsat 8, el rango de valores es de 0,90 de Peine y 0,79 de La Punta y la Brava. Para diciembre de 2017, los valores fluctúan entre 0,93 de Peine y 0,88 de La Punta y La Brava, para imágenes Pleiades 1A. Para imágenes Landsat 8, el rango de valores es de 0,85 de La Punta y La Brava y 0,80 de Peine. Estos valores dan cuenta de la alta precisión del modelo de clasificación supervisada aplicado.

10.2.2 Superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar

En términos generales, la **Tabla N° 10-12** y **Tabla N° 10-13** presentan las superficies de los cuerpos de agua que fueron determinadas a partir del modelo de clasificación supervisada. Al contrastar los resultados anuales de 2017 con el promedio histórico y mínimos históricos, según los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015) por sistema lagunar, la mayor cobertura lagunar se verifica en invierno 2017 en el sector Peine con 74,6 ha desde la imagen Pleiades 1A y 104,6 ha desde Landsat 8 para el mismo periodo; en contraparte, La Punta y La Brava presentó una menor superficie desde Pleiades 1A, con 48,1 ha en invierno de 2017, y 38,2 ha desde Landsat 8. Respecto de verano 2017, la mayor superficie corresponde a Peine, con 74,1 ha desde Pleiades 1A y 75,3 ha desde Landsat 8. De acuerdo con los valores estimados, éstos se encuentran por sobre el mínimo histórico de ambos sistemas lagunares.

A continuación, en la **Tabla N° 10-12**, se describe el detalle por sistema lagunar, de las coberturas determinadas desde la imagen de alta resolución (Pleiades 1A) y la comparación tanto con los registros de línea de base, como con las superficies desde Landsat 8 (**Tabla N° 10-13**).

Tabla N° 10-12. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1A y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).

Sistema Lagunar	Superficies de registros históricos (Adenda5 RWL, 2015)			Superficies desde alta resolución (ha) (Pleiades 1A)					
	Promedio (ha)	Máximo (ha)	Mínimo (ha)	Invierno 2017		Verano 2017		Promedio anual 2017	
				ha	m2	ha	m2	ha	m2
La Punta y La Brava	33,8	35,0	31,6	48,1	481.106,9	48,6	486.228,7	48,4	483.667,8

Sistema Lagunar	Superficies de registros históricos (Adenda5 RWL, 2015)			Superficies desde alta resolución (ha) (Pleiades 1A)					
	Promedio (ha)	Máximo (ha)	Mínimo (ha)	Invierno 2017		Verano 2017		Promedio anual 2017	
				ha	m2	ha	m2	ha	m2
Peine	64,8	73,6	48,9	74,6	746.230,2	74,1	740.682,1	74,3	743.456,2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 10-13. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).

Sistema Lagunar	Superficies de registros históricos (Adenda5 RWL, 2015)			Superficies desde media resolución (ha) Landsat 8					
	Promedio (ha)	Máximo (ha)	Mínimo (ha)	Invierno 2017		Verano 2017		Promedio anual 2017	
				ha	m2	ha	m2	ha	m2
La Punta y La Brava	33,8	35,0	31,6	38,2	381.694,9	39,3	393.277,1	38,7	387.486,0
Peine	64,8	73,6	48,9	104,6	1.045.919,1	75,3	753.463,9	90,0	899.691,5

Fuente: Elaboración Propia

10.2.3 La Punta y La Brava

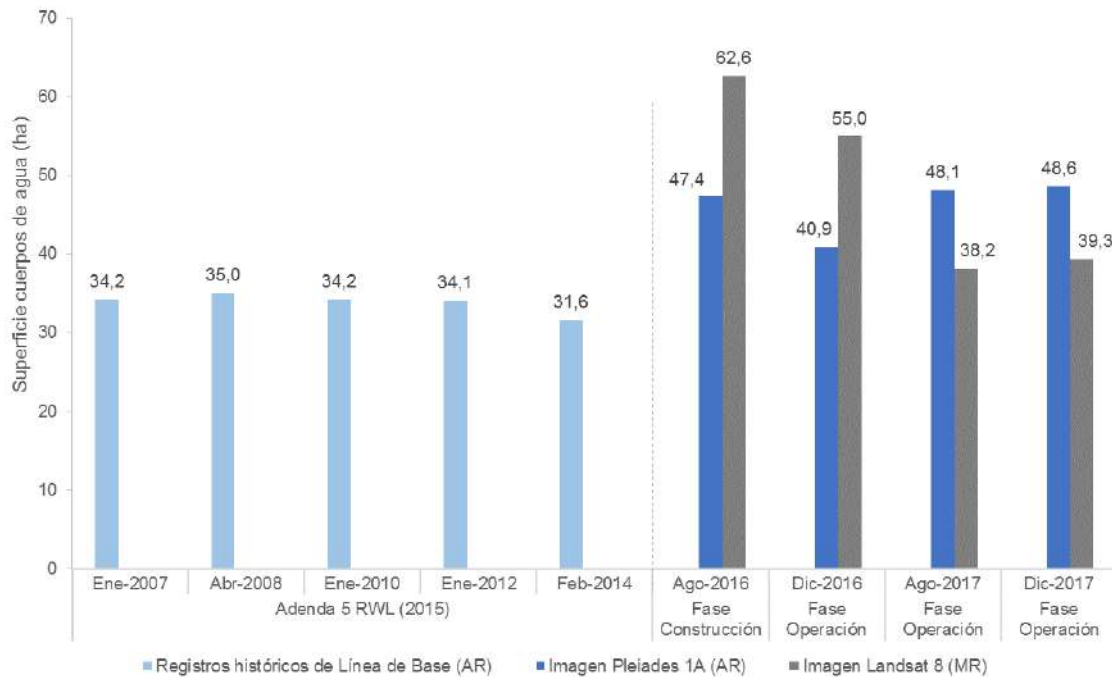
10.2.3.1 Comparación con registros históricos de línea de base

En el sistema lagunar La Punta y La Brava, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades-1A en agosto de 2017 es de 48,1 ha y en diciembre 2017, abarca una superficie de 48,6 ha (**Tabla N° 10-12**). La comparación con los registros de línea de base, estimados desde este mismo tipo de imágenes satelitales (Adenda 5 RWL, 2015), indica que la cobertura de agosto de 2017 aumento en 16,5 ha (52,2%) y las de diciembre 2017 aumentó en 17,0 ha (53,9%) respecto al mínimo histórico (31,6 ha); La **Figura N°10-7** y **Figura N°10-8** muestran la comparación gráfica y numérica de las superficies con los registros históricos en la zona.

En este sector dentro del área de estudio, se estimó el menor ajuste en el modelo de clasificación de agosto 2017, con un índice Kappa de 0,50 (AR y L8) y de diciembre de

2017, con un ajuste de 0,73 (AR) y 0,54 (L8). El aumento en la superficie estimada, en los monitoreos de 2016 y 2017, respecto a la situación de línea base; se puede atribuir a varios factores, entre los que se cuentan: i) variabilidad estacional intranual ii) variabilidad estacional interanual; iii) robustecimiento de la metodología del procesamiento de las imágenes (**Figura N°10-7**).

Figura N°10-7. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.



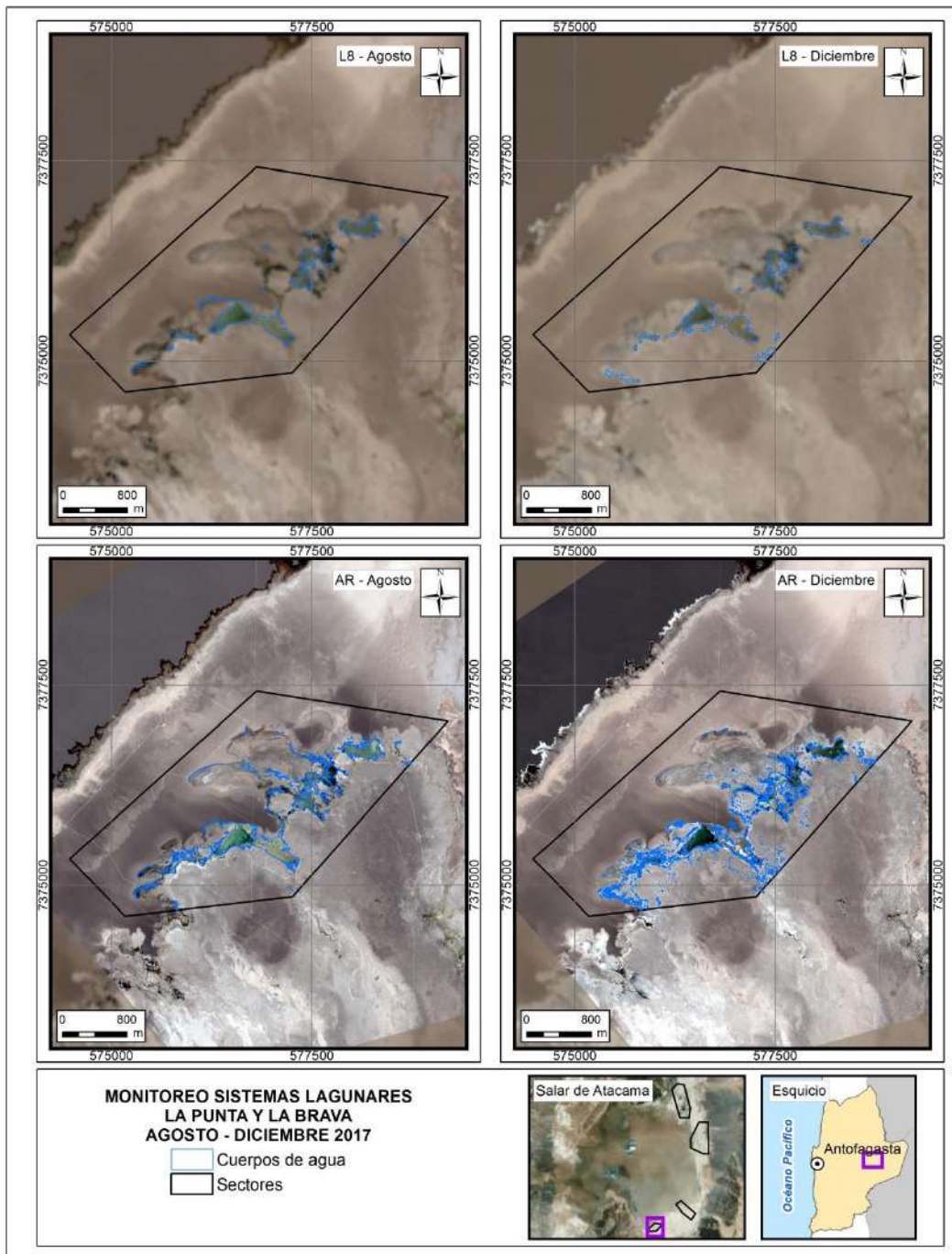
Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Elaboración Propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

En general, la validación en terreno disminuyó la incertidumbre particularmente en la zona noroeste de este sector, ya que los parámetros espectrales en el modelo de clasificación propuesto provocaron una mayor sensibilidad en la detección de cuerpos de agua someros, los que estarían sujetos a una alta variabilidad estacional. Este comportamiento, se atribuye también a la naturaleza del sistema, donde no existe una definición marcada de los cuerpos de agua, y en general se presentan zonas de ecotono con gradiente de humedad y vegetación acuática, las cuales conducen a que la respuesta de los parámetros espectrales – principalmente el NDVI y el álgebra de bandas espectrales en Pleiades 1A – indiquen un recubrimiento de áreas denudadas o vegetación, no obstante la validación en terreno, respaldó la existencia e inexistencia de lagunas según corresponde.

Se observa además una tendencia al incremento de la superficie a partir de Pleiades 1A, con un descenso en verano de 2016, en tanto a partir de Landsat 8, el año 2016 muestra la misma tendencia, aunque extremando los valores. Sin embargo, en ambos casos el año 2017 evidencia una estabilización del sistema.

Figura N°10-8. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava, agosto – diciembre 2017.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre de 2017.

10.2.3.2 Comparación entre imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8

En este sistema lagunar, desde las imágenes Landsat 8 se calculó que la cobertura de cuerpos de agua abarca una superficie de 38,2 ha en agosto de 2017 y 39,3 diciembre de 2017. Estos valores en comparación con los verificados para Pleiades 1-A, muestran una diferencia de Pleiades sobre Landsat de un 26,0% (9,9 ha) para agosto de 2017 y de un 23,6% (9,3 ha) para verano 2017. Este sector evidencia una menor variación entre imágenes en comparación al sector de Peine.

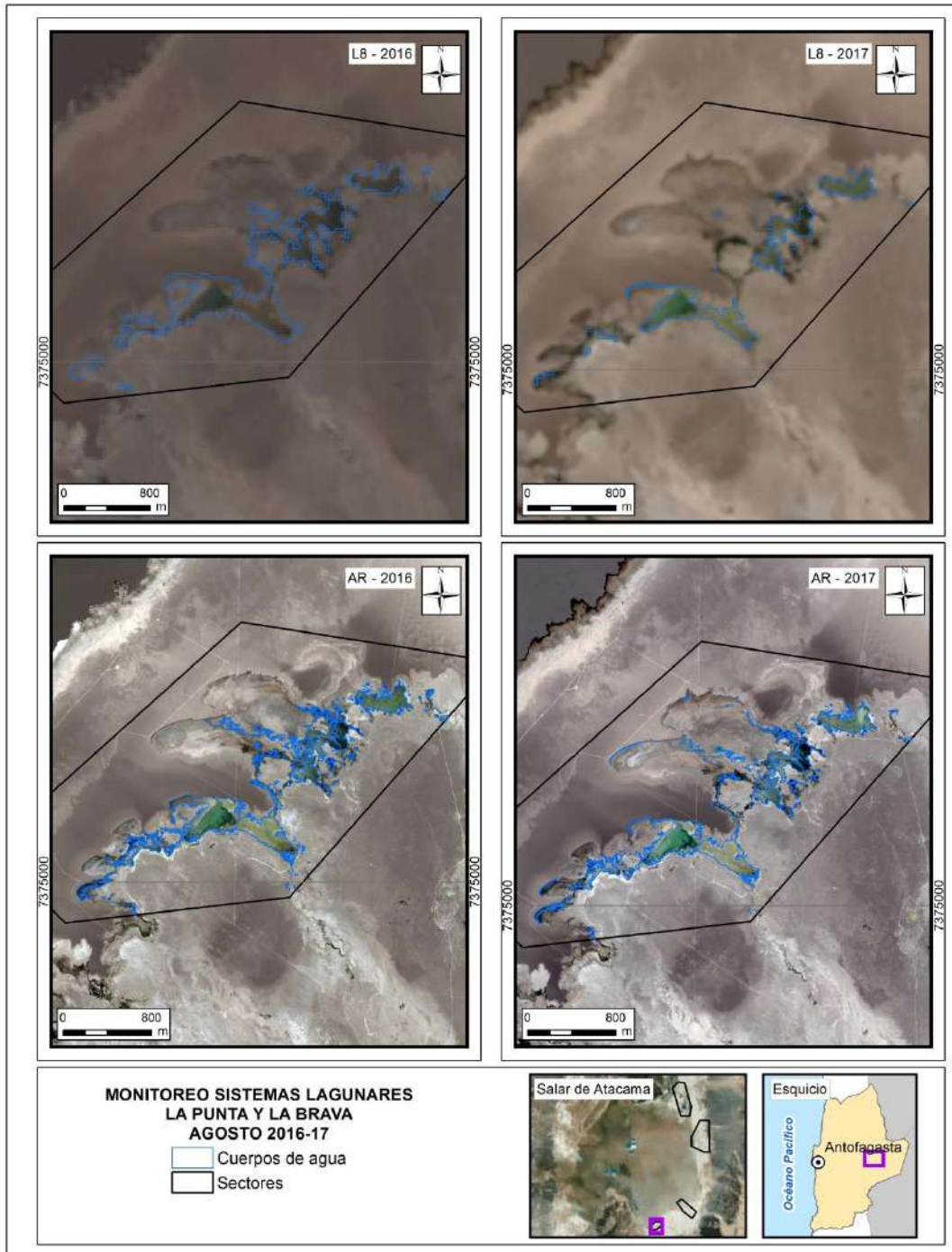
La **Figura N°10-9** y **Figura N°10-10**, muestran la comparación de las superficies de los cuerpos de agua con los registros según imagen por año de monitoreo y la representación espacial respectivamente.

10.2.3.3 Comparación entre monitoreos 2016 y 2017

Para el sector La Punta y La Brava, las superficies de agosto de 2017 con respecto a las registradas en agosto de 2016 presentan un aumento de 0,7 ha (1,4%), y las de diciembre de 2017 con respecto a las registradas en diciembre de 2016 presentan un aumento de 7,8 ha (19,0%), ambos casos en imágenes Pleiades 1-A. Para el caso de las imágenes Landsat 8, existe una disminución de las superficies con respecto a su predecesor, así es como agosto de 2017 disminuyó en 24,4 ha (39%) con respecto a agosto de 2016, y diciembre de 2017 disminuye en 15,6 (28,5%) ha con respecto a diciembre de 2017 (**Figura N°10-7**).

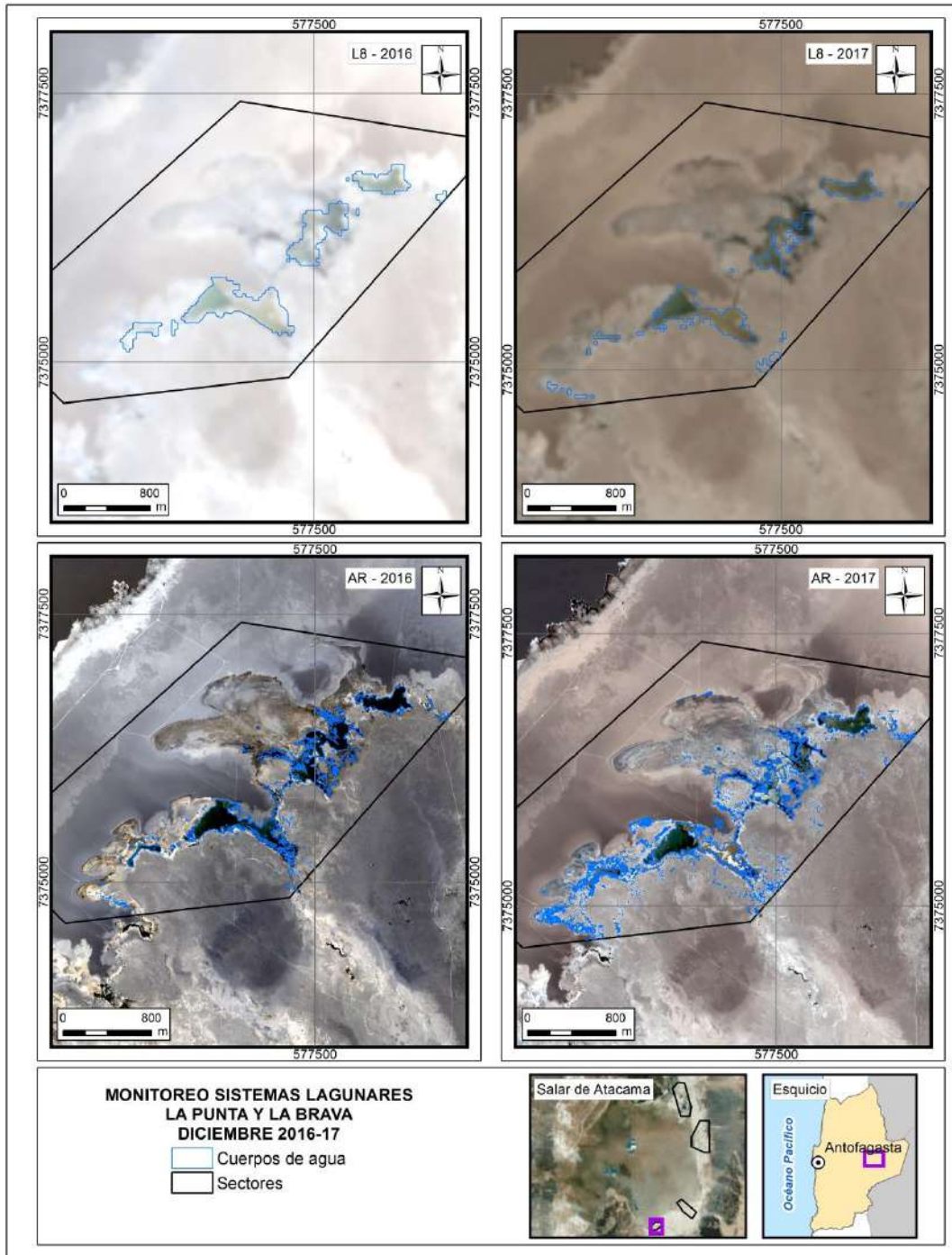
Si bien existe una disminución de las superficies para el caso de las imágenes Landsat, esto solo se traduce por el ajuste del modelo (determinación de umbrales estandarizados y validación de campo), que evita la sobrestimación, sobre todo en periodos complejos como el de invierno donde la incorporación de precipitaciones y derrames al sistema, alteran los valores finales. Esto se verifica en mejor medida en el periodo de invierno donde la índice kappa aumenta de 0,40 a 0,50; y con índices de precisión global, desde un 0,73 a 0,79 (**Anexo Areas de Lagunas**).

Figura N°10-9. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 y agosto 2017

Figura N°10-10. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 - 2017, sector La Punta y La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 y diciembre 2017

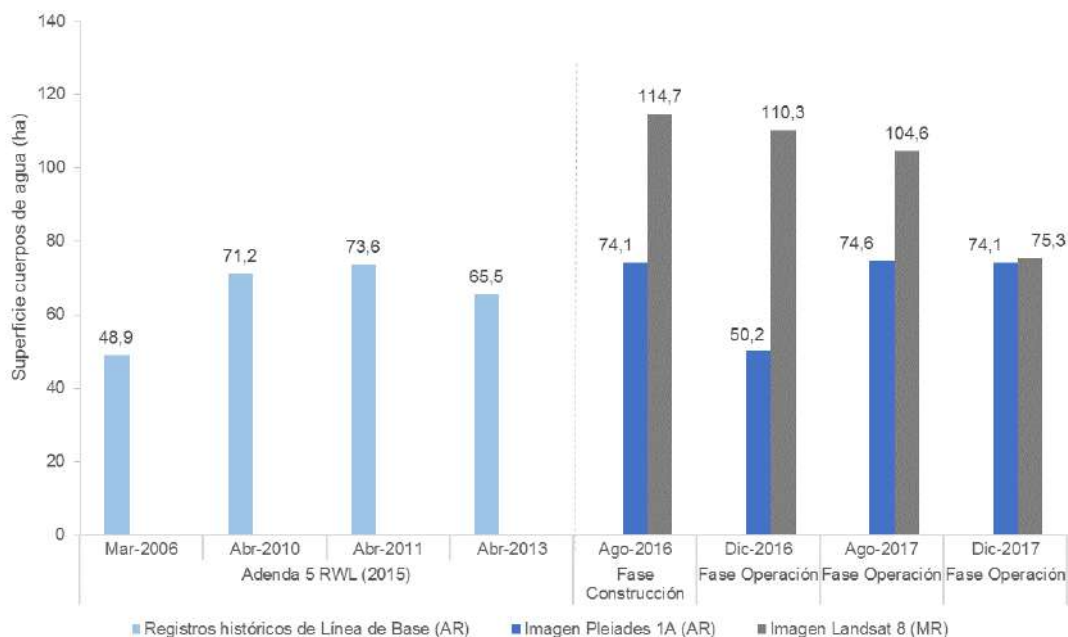
10.2.4 Peine

10.2.4.1 Comparación con registros históricos de línea de base

En el sistema lagunar Peine, los resultados del modelo de clasificación con imágenes de alta resolución Pleiades, arrojaron una superficie de cuerpos de agua de 74,6 ha en agosto de 2017 y para diciembre del mismo año de 74,1 ha (Tabla N° 10-12 y

Tabla N° 10-13). La comparación con las coberturas de línea de base, estimadas desde este mismo tipo de imágenes satelitales (Adenda 5 RWL, 2015), indica que la cobertura de agosto de 2017 aumenta en 1,0 ha (1,4%), y la cobertura de diciembre de 2017 aumenta un 0,5 ha (0,6%), ambas con respecto del máximo histórico (73,6 ha), aunque los registros históricos fueron determinados usando imágenes del periodo marzo-abril, mientras que el área determinada en el presente estudio corresponde a una condición de verano (diciembre) e invierno (agosto), los valores aún se encuentran sobre los rangos mínimos y responderían a condiciones estacionales. Las principales diferencias entre la superficie estimada en Pleiades 1-A correspondientes al segundo año de monitoreo, respecto a la situación de línea base, se puede atribuir a varios factores entre los que se cuentan principalmente la variabilidad estacional intranual e interanual. La **Figura N°10-11** muestra la comparación de superficies con los registros históricos en la zona.

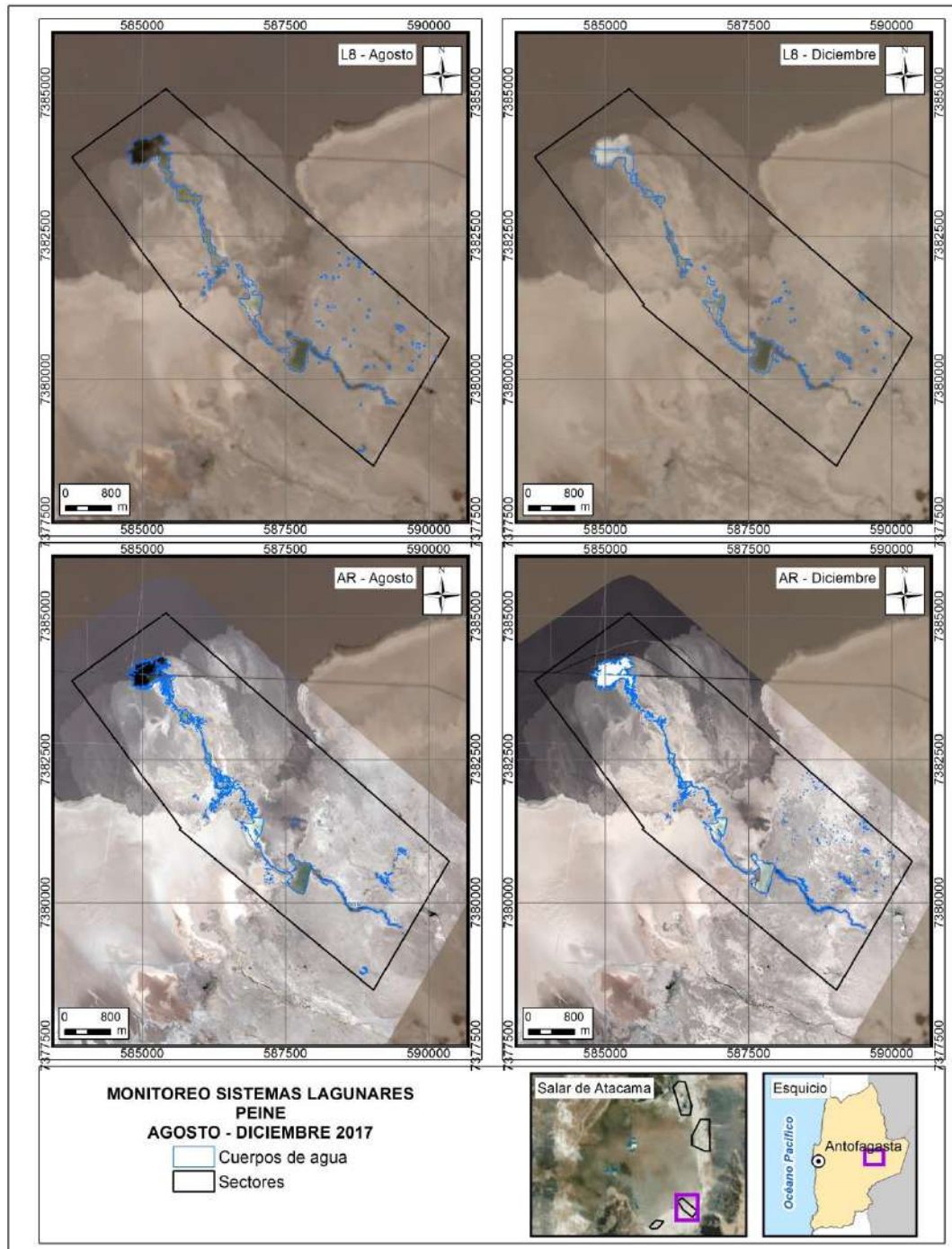
Figura N°10-11. Registros históricos y superficie de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Elaboración Propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

Figura N°10-12. Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2017.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre 2017.

10.2.4.2 Comparación entre imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8

En el sistema lagunar Peine, desde las imágenes Landsat 8 se calculó que la cobertura de cuerpos de agua abarca una superficie de 104,6 ha en agosto de 2017, que se diferencia con los resultados de las imágenes Pleiades en un 28,7% (74,6 ha, 30,0 ha de diferencia); y para diciembre de 2017 se calcula una superficie de 75,3 ha que lo diferencia de las imágenes Pleiades en un 1,7% (74,1 ha, 1,3 ha de diferencia). La **Figura N°10-11 y Figura N°10-12**, muestran la comparación de las superficies de los cuerpos de agua con los registros históricos y la representación espacial en el sector.

Cabe destacar que este sistema lagunar se encuentra inmerso en un sustrato salino homogéneo, que rodea completamente las lagunas y sin recubrimiento vegetal; estas características y junto a los parámetros espectrales usados en el modelo, permitieron reconocer con un alto grado de precisión las lagunas y sus canales de conexión. Este sistema presenta la índice kappa más alto de ambos sistemas lagunares del área de estudio de 0,86 para agosto de 2017 y 0,83 para diciembre de 2017.

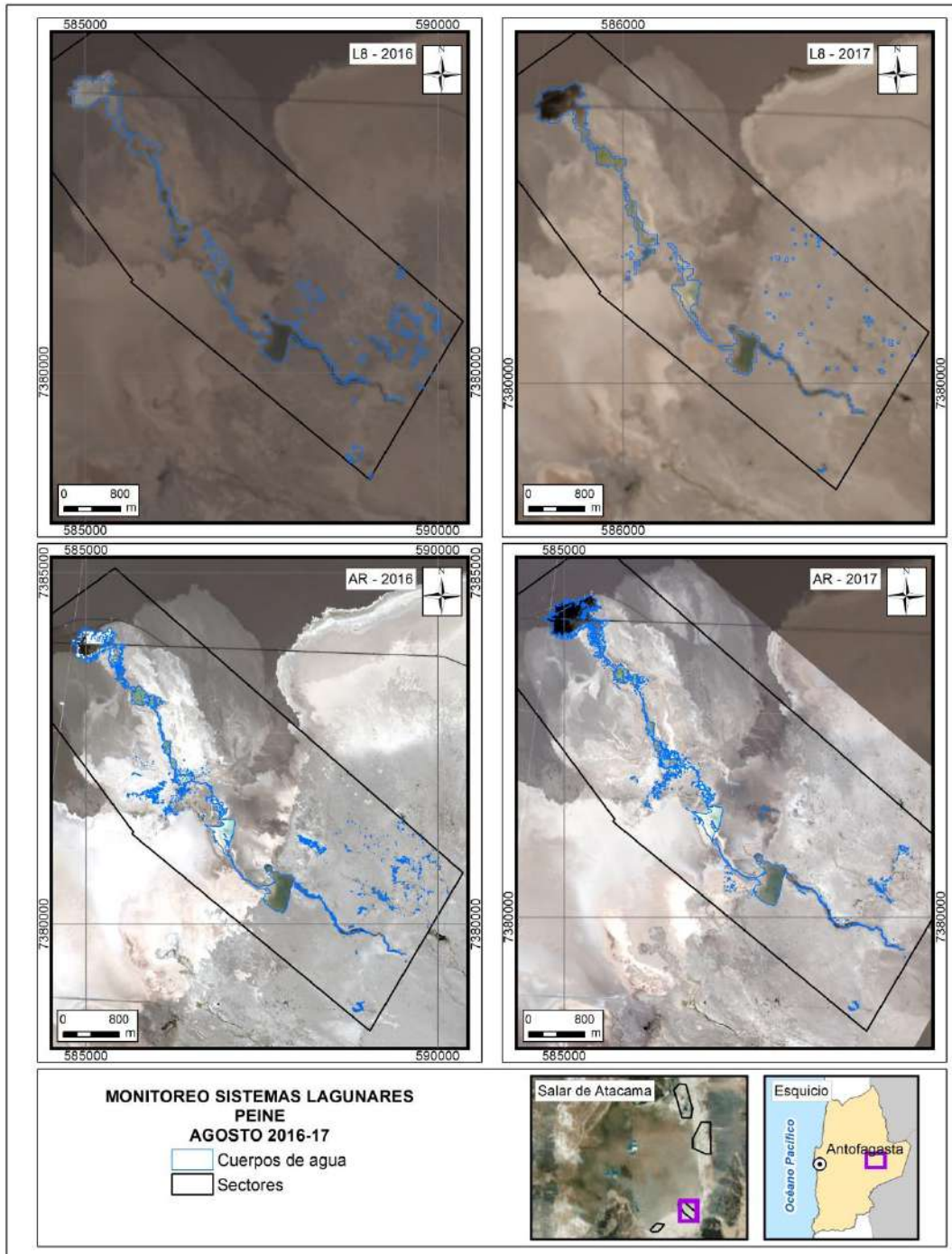
La variación de las superficies estimadas a partir de Landsat 8, se relaciona principalmente a su menor resolución (30 m) respecto a las imágenes Pleiades-1A, conllevando con ello la incorporación de zonas húmedas cuando no correspondía o viceversa, efecto que se ajusta en las imágenes de alta resolución, producto del robustecimiento del modelo y la validación en terreno.

10.2.4.3 Comparación entre monitoreos 2016 y 2017

Para el sector Peine, las superficies de agosto de 2017 con respecto a las registradas en agosto de 2016 presentan un aumento de 0,5 ha (0,7%), y las de diciembre de 2017 con respecto a las registradas en diciembre de 2016 presentan un aumento de 23,9 ha (47,6%), ambos casos en imágenes Pleiades 1-A. Para el caso de las imágenes Landsat 8, existe una disminución de las superficies, así es como agosto de 2017 disminuye en 10,2 ha (8,8%) con respecto a agosto de 2016, y diciembre de 2017 disminuye en 34,9 (31,7%) ha con respecto a diciembre de 2016 (**Figura N°10-11**).

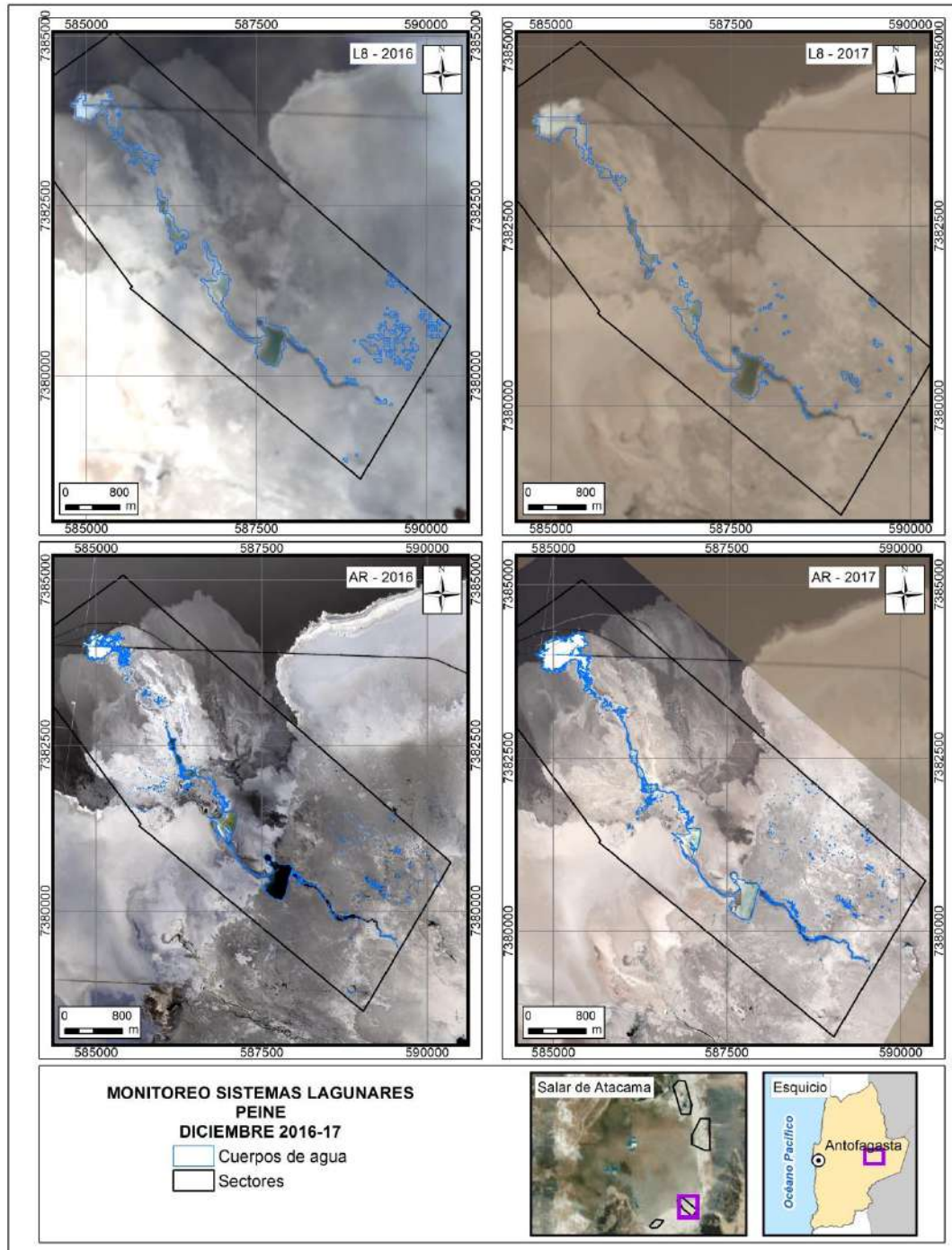
La **Figura N°10-13 y Figura N°10-14** muestran las diferencias de las superficies lagunares entre monitoreos de 2016 y 2017 en imágenes Pleiades 1A y Landsat 8 (**Anexo Areas de Lagunas**).

Figura N°10-13. Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017, sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 y agosto 2017.

Figura N°10-14. Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 - 2017, sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1A y Landsat 8.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 y diciembre 2017

11 NIVEL FREÁTICO EN LAGUNAS

Este capítulo presenta el reporte de los monitoreos comprometidos en el PMB, correspondientes a 5 puntos de medición de niveles freáticos distribuidos en los Sistemas Lagunares: (3) La Punta - La Brava; y (2) Peine, con una frecuencia mensual de medición, del período abril 2017 a marzo 2018, en fase de operación de proyecto ALB.

Esta medición de niveles quedó comprometida dentro de la evaluación ambiental del proyecto, en su Anexo 2 de la Adenda 5 (Cap. 4.2.7), como una de las 3 variables de estado, definida a partir del Modelo Ecológico Funcional, y que permitirá ir observando en el tiempo el estado ecológico de los sistemas.

El objetivo de este capítulo, es presentar el monitoreo comprometido para medición de niveles, en 5 puntos de niveles freáticos de Lagunas: 3 puntos en La Punta-La Brava, y 2 en Peine. Los puntos comprometidos como parte del Plan de Manejo Biótico, en los Sistemas de Lagunas son 5: 3 puntos en La Punta-La Brava (BA-05, BA-07 y BA-16), y 2 puntos en Peine (BA-21 y BA-22). Estos puntos de medición presentan códigos del tipo “BA-XX”, y corresponden a piezómetros someros, denominados “Barrenos”, origen de su tipo de codificación. No son altura limnimétrica de aguas, sino que nivel freático de las aguas subterráneas en donde se ubican las lagunas.

En la **Tabla N° 11-1**, se entrega el detalle de la componente, subcomponente, variables y período reportado, la cual quedó comprometida dentro de la evaluación del proyecto (y no en forma explícita en la RCA), en el Anexo 2 de la Adenda 5 (Cap. 4.2.7), como parte de uno de los 3 indicadores de cambio de estado ecológico, definida a partir del Modelo Ecológico Funcional y que permitirá ir observando en el tiempo el estado ecológico de los sistemas.

Tabla N° 11-1. Información Reportada

Componente	Sub Componente	Variable	Frecuencia	Período que se Reporta
Agua	Lagunas	Nivel freático	Mensual	Abril 2017 a Marzo 2018

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla N° 11-2**, se identifica la empresa responsable de las mediciones, la cual para el período reportado, corresponde a la empresa SGA Consultores.

Tabla N° 11-2. Responsable de las Mediciones, Muestreo y/o Análisis

Variable	Medición	Muestreo	Análisis	Período
Nivel freático	SGA Consultores	No aplica	No aplica	Abril 2017 a Marzo 2018

Fuente: Elaboración propia

Como fuera mencionado anteriormente, el compromiso de medir los niveles en las Lagunas, si bien no quedó establecido en la RCA para la parte del PMB, si quedó comprometido en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico”, en el Capítulo 4.2.7 “Criterios para detección de cambio de estado ecológico”.

En la **Tabla N° 11-3**, se transcribe el capítulo y sección del Anexo 2 Adenda 5, en donde queda establecido el presente reporte de medición de niveles en Lagunas.

Tabla N° 11-3. Identificación de Compromiso

Documento	Numeral	Transcripción
Anexo 2, Adenda 5 del proyecto RWL	4.2.4 Ubicación de Estaciones de Monitoreo (Pág. 401)	<ul style="list-style-type: none"> “5 Puntos de Niveles freáticos, 3 en La Punta-La Brava los que coinciden con los puntos de monitoreo de niveles del Plan de Alerta Temprana del proyecto en el sector de Alerta Acuífero, más 2 puntos en Peine, en los cuales se cuenta con mayor información histórica.”

Fuente: Anexo 2 de la Adenda 5

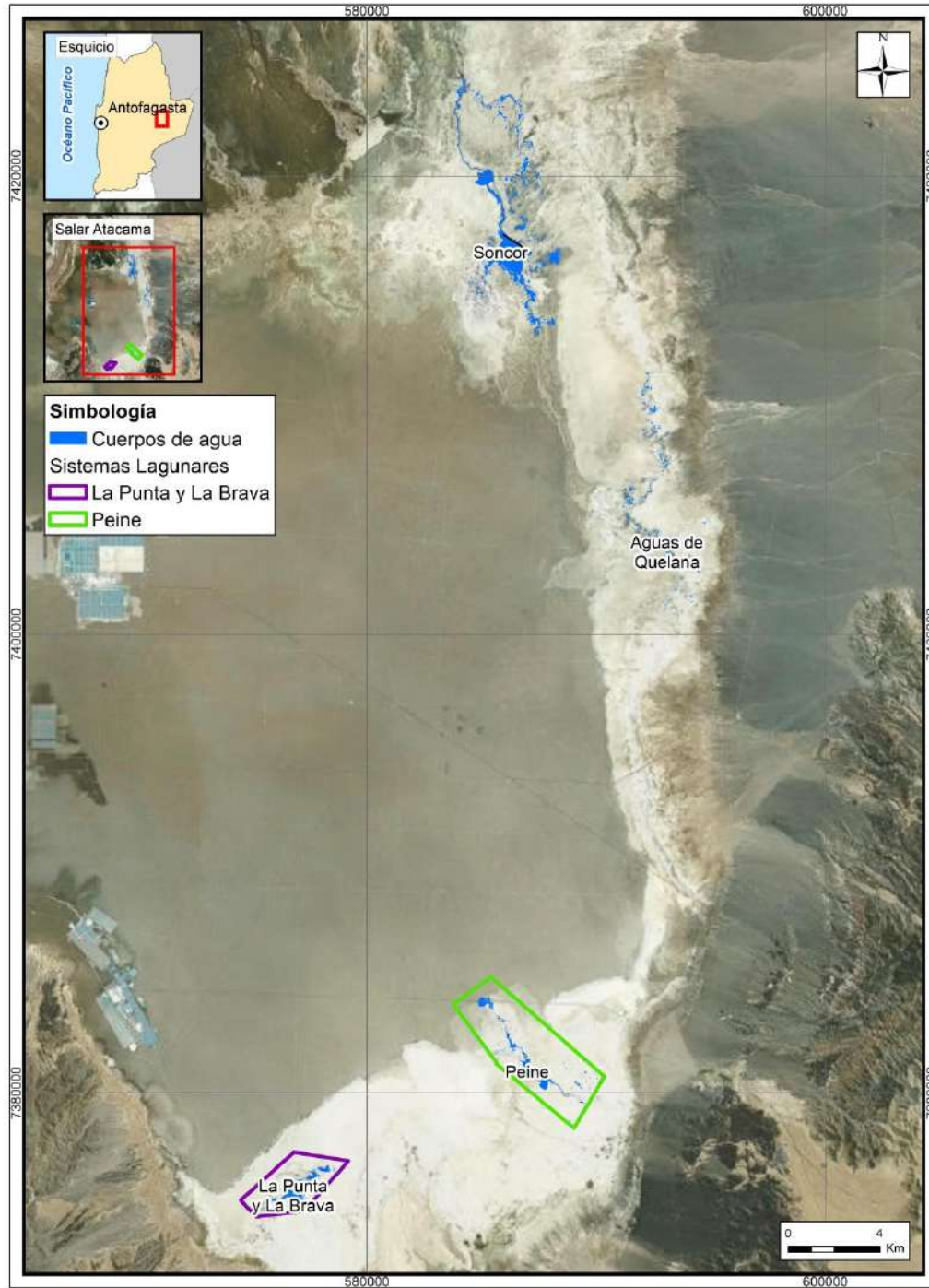
11.1 MATERIALES Y MÉTODOS

11.1.1 Descripción del Área de Estudio

La operación actual Albemarle, conlleva la extracción de salmuera (para producción) y agua salobre (agua industrial) desde la zona sur del Salar de Atacama. De forma más específica, la operación se desarrolla en el núcleo del Salar, que se caracteriza por ser una zona plana con altitud promedio de 2.300 m s.n.m, donde se encuentran los depósitos salinos.

En la **Figura N° 11-1**, se aprecia la zona de operación de ALB, y los sectores identificados para el monitoreo de los niveles en los Sistemas Lagunares, son los que destacan en los polígonos de la Punta- La Brava y Peine, sistemas en los cuales se comprometen la medición de los niveles para el PMB.

Figura N° 11-1. Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia

11.1.2 Ubicación de Puntos de medición y variables.

En la **Tabla N° 11-4**, se presentan los puntos de medición del seguimiento de niveles de las lagunas de los dos sistemas monitoreados. La información que se especifica en esta tabla dice relación con la identificación de los puntos de monitoreo, sus coordenadas UTM en sistema WGS 84 y el Sistema Lagunar al que pertenecen.

Tabla N° 11-4. Identificación y Coordenadas de Puntos de Medición de Niveles en Lagunas que conllevan medición; y variables medidas

Punto	Coordenadas WGS 84 (HUSO 19S)		Sistema Lagunar	Variable	Cota collar (*) (m s.n.m.)
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)		Nivel	
BA-05	576.373	7.375.324	La Punta-La Brava	X	2.301,09
BA-07	578.406	7.376.692	La Punta-La Brava	X	2.300,88
BA-16	577.746	7.375.405	La Punta-La Brava	X	2.301,78
BA-21	587.159	7.380.905	Peine	X	2.301,39
BA-22	587.837	7.380.817	Peine	X	2.301,12

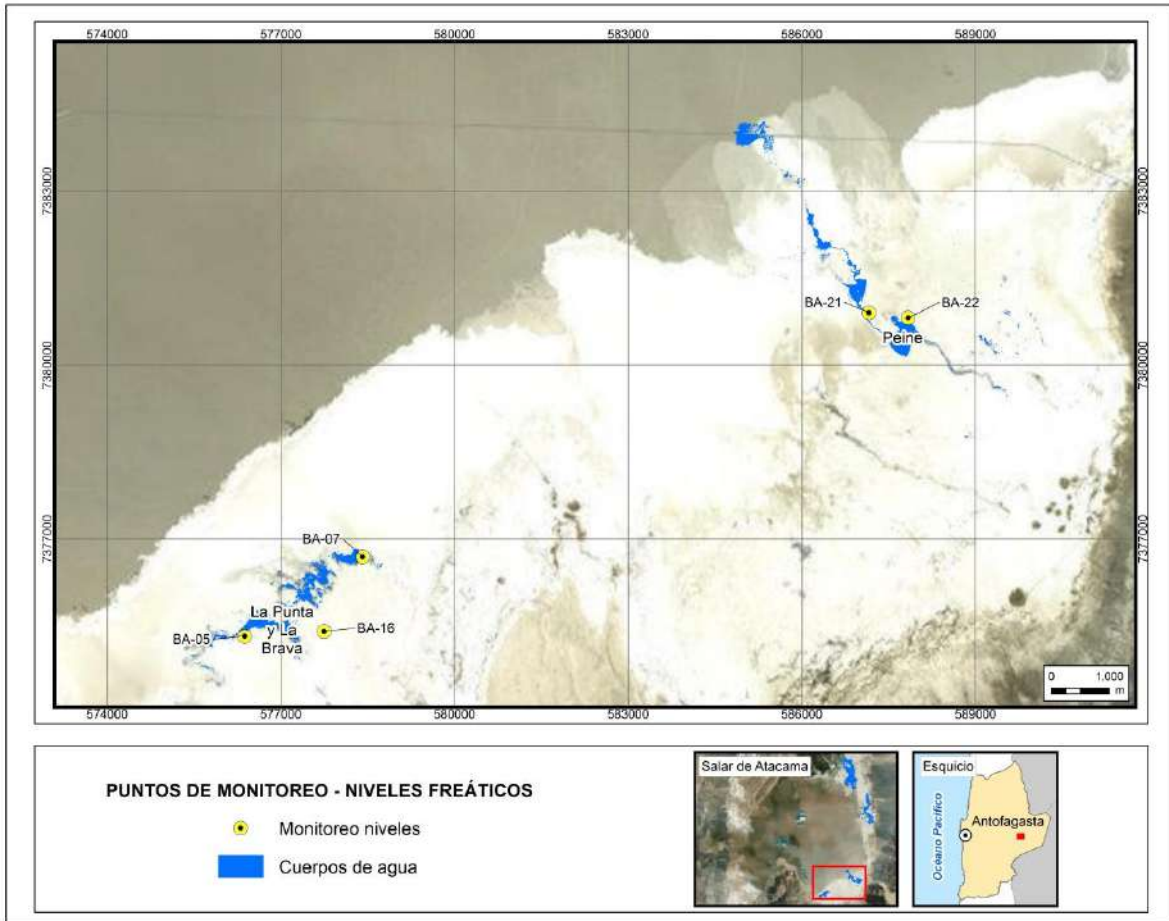
Fuente: Coordenadas establecidas durante la evaluación ambiental, Tabla 4.2-4 y Tabla 4.2-5 del Anexo 2 de la Adenda 5 del proyecto. Pozos construidos durante la evaluación ambiental. Se utiliza y presenta la misma información que en el PSAH Plan se seguimiento hídrico de Albemarle, para estos 5 puntos.

(*): Cota collar es información de la cota de referencia del piezómetro, desde la cual se hace la medida, necesaria para determinar el nivel sobre la base de la medición del parámetro profundidad.

Estos puntos de medición con códigos del tipo “BA-XX”, corresponden a piezómetros someros, denominados “Barrenos”, origen de su tipo de codificación. No son altura limnimétrica de aguas, sino que nivel freático de las aguas subterráneas en donde se ubican las lagunas.

En la **Figura N° 11-2**, se presenta la ubicación de los puntos antes mencionados en los Sistemas Lagunares.

Figura N° 11-2. Puntos de Monitoreo en Sistema La Punta-La Brava (en el PMB)



Fuente: Elaboración propia.

11.1.3 Metodología de Muestreo, Medición y Análisis

De acuerdo a las variables que deben ser medidas y que han sido identificadas en este informe, para el caso de poder registrar los “niveles” freáticos, se mide la variable “profundidad” del agua subterránea, en la zona de las lagunas.

En cada punto de monitoreo, se mide la profundidad del agua manualmente, utilizando un pozómetro. La medición se realiza desde un punto de referencia prefijado para cada piezómetro somero / barreno, que corresponde al collar del brocal del mismo (cota de referencia o cota collar). La profundidad del nivel del agua se mide tres veces, registrando solamente la tercera de ellas en la libreta de terreno luego de verificar que entre cada medida no exista una diferencia mayor a 1 cm.

La obtención de la cota del nivel de agua en cada piezómetro, se obtiene restándole la profundidad medida a la cota de referencia del punto.

$$\text{Cota Nivel de agua (m s.n.m.)} = \text{Cota Collar (m s.n.m.)} - \text{profundidad (m)}$$

11.1.4 Materiales y Equipos utilizados

Para llevar a cabo las mediciones se utilizan los materiales y/o equipos indicados en la **Tabla N° 11-5**.

Tabla N° 11-5. Materiales y Equipos

Variable	Etapa		
	Medición	Muestreo	Análisis
Nivel freático en zona de Lagunas	Pozómetro marca Solinst Modelo 101 y/o marca Geotech; Hoja de Campo	No aplica	No aplica

11.1.5 Fechas de medición, muestro y/o análisis.

El período informado en este documento se indica en la **Tabla N° 11-6** y corresponden a los registros medidos en las campañas de monitoreo de los pozos de medición de Albemarle, las cuales se realizan con una frecuencia mensual.

Tabla N° 11-6. Fechas de Medición

Variable/parámetro	Frecuencia	Fechas		
		Medición	Muestreo	Análisis
Nivel de Agua/Profundidad	Mensual	Abril 2017 Mayo 2017, Junio 2017, Julio 2017 Agosto 2017 Septiembre 2017 Octubre 2017 Noviembre 2017 Diciembre 2017 Enero 2018 Febrero 2018 Marzo 2018	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración Propia

11.2 RESULTADOS

11.2.1 Resultados de los registros Abril 2017 a Marzo 2018.

A continuación se presentan los resultados de medición de los niveles en los puntos señalados, para el período informado Abril 2017 – Marzo 2018. En el **Anexo Niveles Freáticos**, se entregan las series históricas y actuales, de los niveles y de las profundidades medidas para estos piezómetros. Cabe mencionar que estos puntos fueron construidos para la Adenda N°5 del proyecto, y en Anexo Niveles de este PMB se presentan las cotas collar o de referencia de cada uno de ellos.

Tabla N° 11-7. Resultados de Niveles Freáticos Sector La Punta-La Brava

Nombre	Fecha	Profundidad del agua (m)	Cota Nivel (m s.n.m)
BA-05	04-04-17	0,910	2.300,175
	03-05-17	0,914	2.300,171
	04-06-17	0,890	2.300,195
	16-07-17	0,892	2.300,193
	16-08-17	0,890	2.300,195
	24-09-17	0,913	2.300,172
	08-10-17	0,919	2.300,166
	05-11-17	0,925	2.300,160
	01-12-17	0,936	2.300,149
	14-01-18	0,940	2.300,145

Nombre	Fecha	Profundidad del agua (m)	Cota Nivel (m s.n.m)
	06-02-18	0,939	2.300,146
	01-03-18	0,939	2.300,146
BA-07	04-04-17	0,840	2.300,041
	03-05-17	0,847	2.300,034
	04-06-17	0,825	2.300,056
	17-07-17	0,809	2.300,072
	16-08-17	0,816	2.300,065
	09-09-17	0,832	2.300,049
	07-10-17	0,852	2.300,029
	05-11-17	0,875	2.300,006
	02-12-17	0,880	2.300,001
	26-01-18	0,905	2.299,976
	06-02-18	0,905	2.299,976
	06-03-18	0,899	2.299,982
	BA-16	04-04-17	0,902
03-05-17		0,909	2.300,868
04-06-17		0,892	2.300,885
17-07-17		0,896	2.300,881
16-08-17		0,901	2.300,876
09-09-17		0,907	2.300,870
07-10-17		0,918	2.300,859
05-11-17		0,924	2.300,853
02-12-17		0,926	2.300,851
26-01-18		0,930	2.300,847
06-02-18		0,932	2.300,845
06-03-18		0,930	2.300,847

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11-8. Resultados de Niveles Freáticos Sector Peine

Nombre	Fecha	Profundidad del agua (m)	Cota Nivel (m s.n.m.)
BA-21	08-04-17	1,197	2.300,196
	10-05-17	1,244	2.300,149
	17-06-17	1,217	2.300,176
	12-07-17	1,244	2.300,149
	25-08-17	1,265	2.300,128
	14-09-17	1,253	2.300,140
	21-10-17	1,293	2.300,100
	14-11-17	1,305	2.300,088
	14-12-17	1,318	2.300,075
	09-01-18	1,326	2.300,067
	25-02-18	1,335	2.300,058
	07-03-18	1,338	2.300,055
	BA-22	08-04-17	0,821
10-05-17		0,830	2.300,294
16-06-17		0,807	2.300,317
12-07-17		0,824	2.300,300

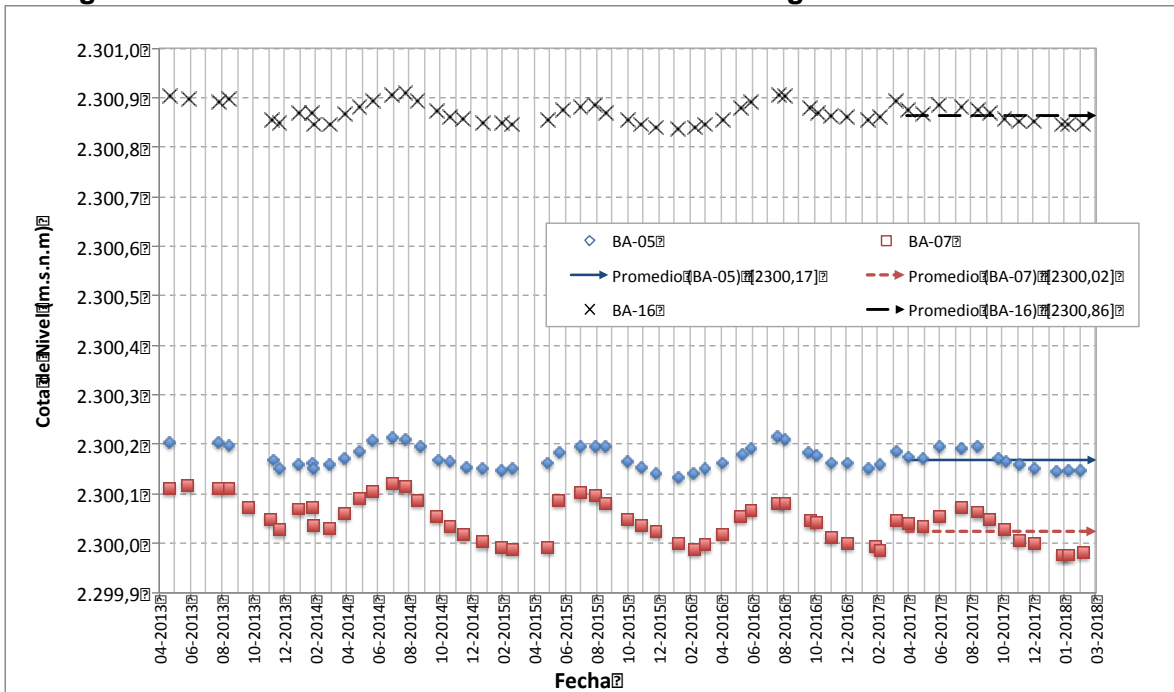
Nombre	Fecha	Profundidad del agua (m)	Cota Nivel (m s.n.m.)
	26-08-17	0,845	2.300,279
	27-09-17	0,846	2.300,278
	21-10-17	0,852	2.300,272
	14-11-17	0,855	2.300,269
	14-12-17	0,861	2.300,263
	09-01-18	0,862	2300,262
	25-02-18	0,865	2.300,259
	07-03-18	0,863	2.300,261

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de niveles en los puntos, corresponden a los mismos registros del Plan de Seguimiento Hídrico (PSAH), ya que estos 5 puntos, son parte de los dos planes de seguimiento, PSAH y PMB.

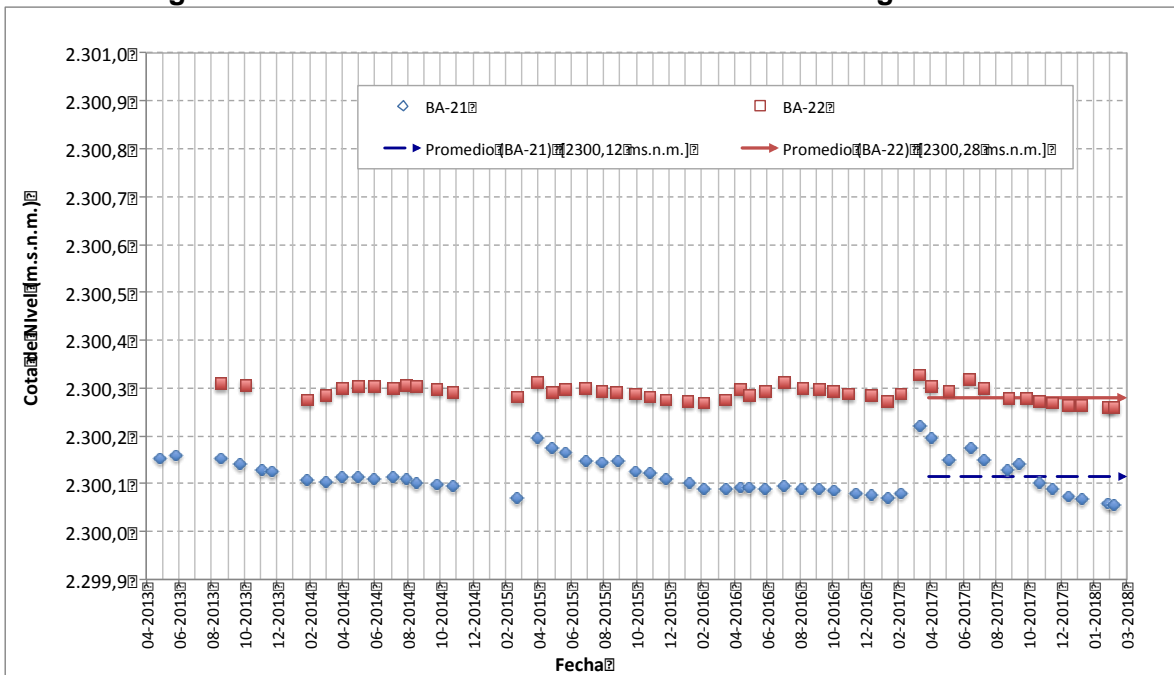
En las Figuras mostradas a continuación, se presenta gráficamente la variación temporal de niveles desde el año 2013 a la fecha, incluyendo las reportadas en el año 1 y las reportadas en este informe, de abril 2017 a marzo 2018. Los valores de línea base corresponden hasta Octubre de 2015, después de ello, el titular siguió midiendo mensualmente en los puntos de manera de robustecer la serie histórica y no perder la continuidad.

Figura N° 11-3. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 11-4. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine



Fuente: Elaboración propia

12 DISCUSIÓN

12.1 En relación con Flora y Vegetación

12.1.1 Análisis Vegetación (COT)

12.1.1.1 Comparación monitoreo invierno 2017 y verano 2018

La validación en terreno de las unidades cartográficas de vegetación, durante la campaña de verano de 2018, permitió identificar nuevas formaciones vegetales con base en las descritas por la línea de base, pero que difieren en la composición de sus especies, lo que determina la redistribución de áreas considerando las coberturas de estas especies dentro de la formación descrita.

Los resultados por recubrimiento del suelo, según sectores, se presentan en la **Tabla N° 12-1. y Anexo Vegetación y Flora**). En dicha tabla se observa que las principales diferencias entre monitoreo de invierno 2017 y los resultados del monitoreo de verano 2018 según recubrimientos, son las siguientes:

- En el sector de Tilopozo, los matorrales con dominancia de *Tessaria absinthioides*, presentan variaciones de límites de la formación respecto de su asociación con *Distichlis spicata*. Otras variaciones de límites son los observados en las formaciones azonales de vega de *Schoenoplectus californicus*, dividiéndose en función de su asociación con las especies *Baccharis juncea* y *Distichlis spicata*, y de derivar parte de la formación (32%) al recubrimiento de áreas desprovistas de vegetación.
- En el sector de La Punta y La Brava se observa un aumento en la dominancia de la especie *Nitrophila atacamensis* en su asociación con *Triglochin concinna*.
- El sector Peine presenta variaciones menores en cuanto a derivación de superficie hacia áreas desprovistas de vegetación (0,2% del matorral de *Tessaria absinthioides*), lo que se destaca en este sector es la variación de límites producto de los cambios en la composición de especies, como sucede por ejemplo desde la vega de *Schoenoplectus californicus* y *Baccharis juncea* hacia Matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa* (11%), vega de *Distichlis spicata* (19%).
- El sector de Quelana presenta variaciones en el recubrimiento áreas desprovistas de vegetación al incorporar pequeñas áreas de vega de *Distichlis spicata* como resultado del muestreo. Otras variaciones están relacionadas con cambios en la composición de especies, desde vega de *Distichlis spicata* a Matorral de *Tessaria*

absinthioides y *Lycium humile* (5%), y desde Matorral hídrico de *Sarcocornia fruticosa* a Matorral hídrico – vega de *Sarcocornia fruticosa* y *Nitrophila atacamensis* (9%).

- En cuanto al sector Soncor, no se observan variaciones durante este periodo.

Tabla N° 12-1. Comparación de superficies por recubrimiento de suelo y formaciones vegetales en el monitoreo de verano 2018 respecto al monitoreo de invierno 2017

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2017	MONITOREO VERANO 2018	SUPERFICIE (ha)		
	Formación vegetal / Recubrimiento de suelo	Formación vegetal / Recubrimiento de suelo	Invierno 2017	Verano 2018	
Tilopozo	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas desprovistas de vegetación	13.132,7	13.132,7	
	Áreas industriales	Áreas industriales	1.245,2	1.245,2	
	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	8,6	8,6	
	Matorral de Ad	Áreas desprovistas de vegetación	8,5	8,5	
	Matorral de Eb	Matorral de Eb	416,5	416,5	
	Matorral de Tb	Matorral - Vega de Tb dp		565,6	487,4
			Matorral de Tb		78,2
	Vega de bj sca dp	Vega de sca bj dp	19,8	19,8	
	Vega de dp	Vega de dp	661,8	661,8	
	Vega de jb	Vega de jb	241,6		225,5
		Vega de jb dp			16,2
	Vega de ph sca dp	Vega de ph dp sca	42,5	42,5	
	Vega de sca	Áreas desprovistas de vegetación			13,0
		Vega de sca	40,4	19,4	
		Vega de sca bj dp		8,0	
	Vega de sca bj dp	Vega de sca	25,6		3,1
		Vega de sca bj dp			22,5
	Vega de tc	Vega de tc	24,5	24,5	
	Matorral - Vega de Eb dp	Matorral de Eb	74,6	74,6	
	Matorral - Vega de Tb dp	Matorral - Vega de Tb dp	333,1		319,4
		Matorral de Tb			13,6
	Matorral hídrico - Vega de Lh dp	Matorral hídrico - Vega de Lh dp	8,6	8,6	
	Matorral hídrico - Vega de Lh dp sca	Matorral hídrico - Vega de Lh dp sca	16,5	16,5	
	Matorral hídrico - Vega de Lh jb	Matorral hídrico - Vega de Lh jb	95,9	95,9	
	Matorral hídrico - Vega de Lh jb dp	Matorral hídrico - Vega de Lh jb dp	10,1	10,1	
	Matorral hídrico - Vega de Lh sca jb	Matorral hídrico - Vega de Lh jb sca	14,3	14,3	
Matorral hídrico - Vega de Sf dp bj	Matorral hídrico - Vega de Sf dp bj	4,4	4,4		
Matorral hídrico - Vega de Sf nia tc	Matorral hídrico - Vega de Sf tc nia	13,8	13,8		
Matorral hídrico de Lh	Matorral hídrico de Lh	49,6	49,6		

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2017	MONITOREO VERANO 2018	SUPERFICIE (ha)	
	Formación vegetal / Recubrimiento de suelo	Formación vegetal / Recubrimiento de suelo	Invierno 2017	Verano 2018
Total Tilopozo			17.054,1	17.054,1
La Punta y La Brava	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas desprovistas de vegetación	18,4	18,4
	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	39,8	39,8
	Vega de dp	Vega de dp	2,3	2,3
	Vega de tc	Vega de tc	13,6	13,6
	Vega de tc nia	Vega de nia tc	3,3	3,3
	Matorral hídrico - Vega de Sf pu	Matorral hídrico - Vega de Sf pu	41,1	41,1
Total La Punta y La Brava			118,5	118,5
Peine	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas desprovistas de vegetación	2.862,4	2.862,4
	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	71,8	71,8
	Matorral de Aa	Matorral de Aa	12,0	12,0
	Matorral de Aa cid Tt	Matorral de Aa	530,8	530,8
	Matorral de Ad Aa	Matorral de Ad Aa	60,1	60,1
	Matorral de Ad Ai cis cid	Matorral de Ad Ai	9,3	9,3
	Matorral de Ai cid	Matorral de Ai	148,5	148,5
	Matorral de Tb	Áreas desprovistas de vegetación	1.195,6	1,9
	Matorral de Tb Aa	Matorral de Tb		1.193,7
	Matorral de Tb Aa	Matorral de Tb Aa	79,6	79,6
	Vega de bj sca dp	Matorral hídrico de Sf	1,5	0,0
		Vega de dp		1,5
	Vega de dp	Vega de dp	24,4	24,4
	Vega de dp bj	Vega de dp bj	57,2	57,2
	Vega de sca bj	Matorral hídrico de Sf	11,6	1,3
		Vega de dp		2,2
		Vega de sca bj		8,2
	Vega de sca bj dp	Vega de sca bj	9,5	3,4
		Vega de sca bj dp		6,1
	Matorral - Vega de Tb Aa dp	Matorral de Tb Aa	146,9	146,9
	Matorral - Vega de Tb dp	Matorral - Vega de Tb dp	687,4	687,4
	Matorral hídrico - Vega de Lh dp	Matorral hídrico - Vega de Lh dp bj	3,4	3,4
	Matorral hídrico - Vega de Sf dp bj	Matorral hídrico - Vega de Sf dp bj sca	1,9	1,9
Matorral hídrico de Sf	Matorral hídrico de Sf	11,0	5,8	

SECTOR	MONITOREO INVIERNO 2017	MONITOREO VERANO 2018	SUPERFICIE (ha)	
	Formación vegetal / Recubrimiento de suelo	Formación vegetal / Recubrimiento de suelo	Invierno 2017	Verano 2018
		Vega de dp		5,2
Total Peine			5.925,0	5.925,0
Aguas de Quelana	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas desprovistas de vegetación	3.410,1	3.410,1
	Cuerpos de agua	Vega de dp		0,0
	Matorral de Tb	Cuerpos de agua	25,4	25,4
	Vega de dp	Matorral de Tb	104,9	104,9
	Matorral - Vega de Tb dp	Matorral de Tb Lh		9,8
	Matorral hídrico - Vega de Sf pu	Vega de dp	213,7	203,9
	Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp	Matorral - Vega de Tb dp	637,3	637,3
	Matorral hídrico de Sf	Matorral hídrico - Vega de Sf pu	313,6	313,6
		Matorral hídrico - Vega de Tb Lh dp	18,6	18,6
	Matorral hídrico - Vega de Sf nia		21,6	
	Matorral hídrico de Sf	230,7	209,1	
Total Aguas de Quelana			4.954,2	4.954,2
Soncor	Áreas desprovistas de vegetación	Áreas desprovistas de vegetación	4.749,3	4.749,3
	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	244,2	244,2
	Vega de dp	Vega de dp	16,9	16,9
	Matorral - Vega de Tb dp	Matorral - Vega de Tb dp	7,8	7,8
Total Soncor			5.018,2	5.018,2
Total general			33.070,1	33.070,1

Fuente: Elaboración propia

12.1.1.2 Comparación con valores históricos

El análisis y las principales diferencias entre los valores históricos y los resultados de ambos monitoreos, según recubrimientos, son:

En general se observa que el recubrimiento de áreas desprovistas de vegetación tiene variaciones menores entre el monitoreo anual I y II en comparación con la variación entre el monitoreo anual I y la línea de base, debido a la continuidad de la aplicación del criterio de no incorporar áreas identificadas con coberturas menores al 5% (señaladas como “LB1” en **En términos generales**, de la comparación entre monitoreos y con la línea de base es posible observar que el uso de un mayor detalle, o disminución de escala, en la delimitación de las formaciones vegetales y la aplicación de la metodología COT, disminuyó la incertidumbre respecto de la vegetación contenida en áreas señaladas como desprovistas de vegetación, sin clasificación o misceláneas, clasificando con mayor detalle áreas industriales o cuerpos de agua. En el mismo contexto, se describen las especies acompañantes en la formación vegetal, lo que incorpora la variable de composición vegetal y su cobertura a los criterios de seguimiento, transformándose en las variables jerárquicas de comparación intra e interanual de la COT), ya que de acuerdo a la metodología COT no corresponden a formaciones vegetales. En este caso, la variación no tiene significado biológico.

Los valores históricos de la COT de la línea de base, reconocen 14 formaciones vegetales de matorral zonal, una formación vegetal de humedal y dieciocho formaciones vegetales de herbazal, las que fueron variando durante el monitoreo debido a las nuevas fotointerpretaciones, a menor escala, a partir de la validación realizada en base a la información levantada en terreno. Las variaciones tras este proceso de análisis y monitoreo, se indican en la **Tabla N° 12-2**.

Tabla N° 12-2. Variaciones en la cantidad de formaciones descritas por campaña

TIPO DE FORMACIÓN	LINEA DE BASE	MONITOREO ANUAL I		MONITOREO ANUAL II	
		Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018
Matorral zonal	14	3	8	9	8
Humedal	1	-	-	-	-
Herbazal / Vega	18	6	10	10	10
Matorral mixtos azonales	-	2	13	14	15
TOTAL	33	11	31	33	33

Fuente: Elaboración propia

La validación en terreno de las unidades cartográficas de vegetación, durante las campañas de 2017 y 2018, permitió delimitar con mayor detalle asociaciones vegetales

que se encontraban insertas en polígonos descritos a nivel de una especie dominante y a una escala fotointerpretativa mayor, esto explica que del total de las formaciones identificadas en la línea de base (33), las formaciones vegetales comprometidas para el monitoreo pasaron de ser once a treinta y uno, producto de la disminución de escala en la aplicación de la metodología COT, con el fin de homogeneizar criterios comparables entre estaciones y entre periodos, principalmente composición de especies, cobertura y superficie. En términos generales, de la comparación entre monitoreos y con la línea de base es posible observar que el uso de un mayor detalle, o disminución de escala, en la delimitación de las formaciones vegetales y la aplicación de la metodología COT, disminuyó la incertidumbre respecto de la vegetación contenida en áreas señaladas como desprovistas de vegetación, sin clasificación o misceláneas, clasificando con mayor detalle áreas industriales o cuerpos de agua. En el mismo contexto, se describen las especies acompañantes en la formación vegetal, lo que incorpora la variable de composición vegetal y su cobertura a los criterios de seguimiento, transformándose en las variables jerárquicas de comparación intra e interanual de la COT (**Anexo de Vegetación y Flora**).

12.1.2 Análisis Flora y Vegetación (Transectas)

La vegetación del área de estudio es característica de sistemas azonales, dependientes de un suministro hídrico temporal o constante, con vegetación característica de humedales altiplánicos y/o formaciones vegetales resistentes a una alta salinidad con especies de carácter halófito.

En el presente acápite se realiza el análisis comparativo del monitoreo de invierno (M3) realizado en agosto 2017 y monitoreo de verano (M4) realizado en marzo 2018, después de las lluvias estivales, para analizar la condición actual de la vegetación presente en el área del Salar de Atacama. Se hace referencia a su vez a situación comparativa con M1 y M2.

Adicionalmente, se analiza el escenario actual de la vegetación (monitoreos semestrales M3 y M4) con información previa entregada en la línea base del proyecto (año 2014) y monitoreos anteriores incluyendo el MB0 (monitoreo inicial), M1 (invierno 2016) y M2 (verano 2017). Cabe señalar que la definición de puntos de transectas se realizó 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 RWL/CEA mayo 2016), el cual fue aprobado a través de Ord. SAG N°315/2016. Validación SAG de transectos para monitoreo de Flora y Vegetación del Proyecto RWL (registros históricos de abril y julio 2014), a través de análisis de coberturas en algunas de las formaciones en seguimiento (Ref: Anexo 2 Plan de Manejo Biótico 2015).

Las seis formaciones vegetales estudiadas en este monitoreo corresponden a:

1. herbazales de *Schoenoplectus californicus*,
2. herbazales de *Juncus balticus*,
3. herbazales de *Distichlis spicata*,
4. herbazales de *Triglochin concinna*,
5. matorrales de *Sarcocornia fruticosa* y
6. matorrales de *Tessaria absinthioides*.

12.1.2.1 Comparación entre invierno 2017 y verano 2018

En este acápite se analiza la información levantada en los monitoreos estacionales realizados en el segundo año del plan de seguimiento, correspondientes al monitoreo de invierno 2017 (M3) y verano 2018 (M4) para un análisis de la variación anual. El muestreo fue realizado en las transectas fijas localizadas en seis subsectores del área de estudio del proyecto, correspondientes a los subsectores de: La Punta, La Brava, Peine, Tilopozo, Soncor y Aguas de Quelana.

Como se ha señalado anteriormente en este documento, por accesibilidad en ambas campañas de monitoreo, no fue posible registrar una de las transectas (T14), que se localiza en un área desprovista de vegetación (costra salina) en el sector de Soncor (Laguna Barros Negros). No obstante, se incluyó dentro de la caracterización, ya que se reconoció el ambiente como tal, y solo no se logró llegar directamente al punto de origen de la transecta.

En cuanto a las formaciones vegetales, en ambos monitoreos se observan, en general, las mismas características de estructura de la formación, composición de especies dominantes y fisonomía de las formaciones (ver **Tabla N° 5-24** y **Tabla N° 5-29**). No obstante, se observaron algunas diferencias entre monitoreos en la mayoría de las transectas, las cuales son:

- (1) por una parte se observó un aumento de la cobertura de la formación en verano (M4), en una transecta de acuerdo a los rangos de cobertura COT, donde T09 en invierno se registró con cobertura muy clara (H3; 10-25%) y en verano se registró con una cobertura clara (H4; 25-50%). Por otra parte, de invierno a verano disminuyó el rango de cobertura del estrato dominante en dos transectas, donde T31 pasó de clara (H4) a muy clara (H3) y T10 de muy clara (H3) a escasa (H2), seguidamente se detectaron cambios en las transectas T15, T06 y T25, que corresponden a matorrales con dominancia de arbustos (LB), sobre las coberturas del estrato herbáceo (H) tanto en aumento o disminución.
- (2) algunas diferencias con respecto a las características físicas del suelo en donde se desarrollan estas formaciones vegetales, observando algunas diferencias en la

humedad del suelo (saturación) y principalmente diferencias en el recubrimiento de afloramientos salinos, aunque, igualmente dentro de rangos altos de salinidad, destacando el matorral de *Tessaria absinthioides* con cuatro transectas que disminuyeron su porcentaje de afloramiento salino en verano (<10% hasta 30%).

- (3) algunas diferencias en la riqueza registrada entre monitoreos, donde en verano se registra una especie adicional en cuatro transectas (T20, T13, T03 y T12) y en el caso de la transecta T21 y T11 en invierno se registra una especie adicional con respecto al monitoreo de verano. Estas diferencias en la riqueza por transecta generan un cambio en la riqueza de las formaciones vegetales de *Distichlis spicata* y *Juncus balticus*, con una especie adicional en verano (5 y 4 especies respectivamente).

Referente a la composición y coberturas registradas en las campañas de invierno (M3) y verano (M4), se observa lo siguiente:

En el **herbazal de *Schoenoplectus californicus*** localizado en el sector de Tilopozo y Peine, presenta en ambos monitoreos la mayor cobertura absoluta de toda el área de estudio, tanto en su especie dominante como en las transectas (seis) definidas en esta formación. La especie *S. californicus*, obtuvo valores altos de cobertura absoluta en sus transectas de muestreo, donde en M3 presentó en tres transectas una cobertura del 100% y una media en la formación de 91,9%, mientras que en M4 disminuye la cobertura absoluta de *S. californicus* por transecta, aunque sigue siendo alta, registrando un 99% de cobertura absoluta en dos transectas y una media de 83,5% de cobertura (**Figura N° 5-17 y Figura N° 5-23**).

La especie ***Distichlis spicata*** presenta variabilidad en sus coberturas, con un rango de 2,8% a 37,2% de cobertura absoluta en las transectas del herbazal de *D. spicata*, con una media de 15,4% en M3 y una media de 15,2% en M4 (**Figura N° 5-15 y Figura N° 5-21**).

La especie ***Sarcocornia fruticosa***, se observa como especie dominante en cuatro transectas (**Figura N° 5-19 y Figura N° 5-25**) y como especie acompañante en otras dos formaciones vegetales (**Figura N° 5-17, Figura N° 5-18, Figura N° 5-23 y Figura N° 5-24**). En M3 destaca un máximo de 48,0% en la transecta T17 correspondiente al matorral dominada por esta especie, y donde alcanza una media de 30,4% en su formación; en M4 la media es de 26,9% alcanzando un máximo de 43,8% en la misma transecta del M3. Con respecto a las coberturas de esta especie como acompañante, en el herbazal de *Triglochin concinna* disminuyó su cobertura media de 7,8% (M3) a 6,4% (M4). No obstante, en el herbazal de *S. californicus*, esta especie aumentó su cobertura media de 1,2% (M3) a 1,5% (M4).

La especie ***Triglochin concinna*** se observa en dos transectas en un herbazal dominado por esta especie (**Figura N° 5-18 y Figura N° 5-24**) y en otra transecta en un matorral de

S. fruticosa (**Figura N° 5-19** y **Figura N° 5-25**). En general, las coberturas de ambas campañas se mantienen similares en las dos formaciones, con una media de 22,6% (M3) y de 22,2% (M4) en el herbazal de *T. concinna*.

En cuanto a la **especie *Tessaria absinthioides***, ésta se había registrado solo en el matorral dominado por esta especie en invierno (**Figura N° 5-20** y **Figura N° 5-26**) y en M4 de verano se registró su presencia en un herbazal de *Juncus balticus* con una mínima cobertura (0,2%), ver **Figura N° 5-22**. En el matorral de *T. absinthioides*, en M3 se observaba un rango entre 5,8% y 27,6% de cobertura absoluta entre transectas, con una media de 11,6%, y en M4 el rango se observa entre 5,0% y 16,4%, alcanzando una media de 10,1% de cobertura en la formación.

La **especie *Juncus balticus***, en ambos monitoreos solo se registra en las cuatro transectas donde domina esta especie, correspondiente al herbazal de *J. balticus*, donde se observa con coberturas absolutas entre 3,6% y 22,2% entre transectas y una cobertura media de 11,9% en M3, y en M4, el rango se observa entre 2,4% y 20,6%, alcanzando la misma cobertura media de M3 (11,9%), ver **Figura N° 5-16** y **Figura N° 5-22**.

Por otra parte, las **especies acompañantes *Baccharis juncea*, *Lycium humile*, *Nitrophila atacamensis* y *Puccinellia frigida*** mantienen similares sus coberturas en M4 con respecto a M3. Principalmente, se observa un aumento en verano de la cobertura de *B. juncea* en el herbazal de *S. californicus* con respecto a M3 (24,2% a 30,3%) y destaca también la especie *N. atacamensis* que aparece en una transecta (T20) en M4 en un herbazal de *D. spicata*, aunque con una baja cobertura absoluta (0,2%). En el matorral de *S. fruticosa* se observa una mayor diferencia, con coberturas medias de *N. atacamensis* de 12,6% en M3 y de 8,6% en M4 y en la misma formación para *P. frigida* la cobertura media en M3 es de 4,6% y en M4 de 1,7% (**Figura N° 5-15** a **Figura N° 5-19** y **Figura N° 5-21** a **Figura N° 5-25**).

Al analizar la cobertura absoluta por transecta, en M3 y M4 los mayores valores se observan en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*. De las seis transectas en esta formación, en M3, cinco transectas presentan una cobertura absoluta superior al 100% y la otra cercana a un 100% en ambos monitoreos, aunque con coberturas mayores en M3. Se alcanza un máximo de 170,6% y 160,2% en la transecta T04 en M3 y M4, respectivamente. Con respecto a la cobertura muerta en esta formación, en M3 se registra en dos transectas (T02 y T04 del subsector Peine), aunque solo en T02 se observa una cobertura mayor (36,0%). En M4, esta cobertura de rastrojos es similar para T02 (29,6%), aunque se registra cobertura de rastrojos en más transectas (5 en total) aunque con coberturas menores al 15% (**Tabla N° 5-25** y **Tabla N° 5-30**).

En cuanto a los valores de menor cobertura absoluta por transecta (menor al 10%), en M3 y M4 hay ocho transectas con coberturas inferiores al 10%. En el herbazal de *Distichlis spicata* destacan tres transectas en ambos monitoreos (T21, T26 y T27), en el herbazal

de *Triglochin concinna* con la misma cobertura detectada en M3 y M4 de 3,6% (T10), y por otro lado, en el herbazal de *Juncus balticus* en M3 habían dos transectas (T18 y T31) disminuyendo a una transecta en M4 (T31). En cambio, en el matorral de *T. absinthioides* en M3 se registraban dos transectas con coberturas inferiores (T07 y T05) cambiando en M4 a otras tres transectas (T05, T23 y T25), ver **Tabla N° 5-25** y **Tabla N° 5-30**.

En general, cobertura muerta (absoluta) se registra para todas las formaciones estudiadas, presentando algunas diferencias entre monitoreos y entre transectas. El rango de cobertura muerta es variable, entre 1,4% y un máximo de 36,0% en M3 y entre 0,2% y un máximo de 32,8% en M4, aunque principalmente las coberturas se encuentran bajo un 15%. El herbazal de *S. californicus* es la única formación donde no se observó cobertura muerta en cuatro transectas en M3 (T01, T03, T19 y T29) y una transecta en M4 (T19). Por otra parte, en las otras formaciones se observa que en 14 transectas en ambos monitoreos (M3 y M4) las coberturas de rastrojo son inferiores al 10%, otras transectas con coberturas entre 10 y 20% siendo nueve transectas en M3 y ocho transectas en M4, alcanzando un máximo de cobertura muerta de 33,2% en una transecta en M3 (T08) y un máximo de 32,8% (T20) y 31,4% (T24) en M4 (**Tabla N° 5-25** y **Tabla N° 5-30**).

Con respecto a la riqueza de especies, en general se mantienen los registros desde M3 a M4, presentando algunas diferencias en pocas transectas. En M4 se registra una especie más en cuatro transectas (T03, T13, T20 y T12) con respecto a M3, y, al contrario, en M3 se registra una especie adicional en T21 y T11 con respecto a M4. Para el resto de las transectas se mantiene constante la riqueza y varía de unas a cuatro especies vasculares registradas por transecta, y a nivel de formación vegetal se observa un aumento de cuatro especies registradas en el herbazal de *Distichlis spicata* en M3 a una riqueza de cinco especies en esta formación en M4, y de tres especies (M3) a cuatro especies (M4) en la formación de *Juncus balticus* (**Tabla N° 5-25** y **Tabla N° 5-30**).

Con respecto a la cobertura absoluta de otros recubrimientos, en general no se observan mayores diferencias de coberturas al comparar los resultados entre M3 y M4. En las formaciones de herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa* que presentan más saturación en la humedad del suelo es donde, principalmente, se registró cobertura de agua superficial, observando un aumento de ésta en M4 en las transectas de *T. concinna* (T10 y T11), no obstante en las transectas de *S. fruticosa* desaparece la cobertura en M4 en T15, T16 y T17 y aparece en la transecta T12 de 0% en M3 a un 17,2% en M4. Por otra parte, la cobertura de costra salina es la principal en ambos monitoreos, observando principalmente diferencias en la saturación de la costra salina, por ejemplo en M4 no se observó costra salina sobresaturada, distribuyéndose ésta entre costra salina pura y/o saturada, o también una diferencia en las transectas que presentaban costra salina terrosa en M3, disminuyeron su cobertura en M4 pero aumentando a más transectas con este tipo de recubrimiento en M4, observado en las formaciones de *D. spicata* y *T. absinthioides* (**Tabla N° 5-26** y **Tabla N° 5-31**).

El herbazal de *Schoenoplectus californicus* es el único que presenta muy baja o nula cobertura de otros recubrimientos, con menos de 1% en la transecta T01 en M4 y nula en M3. Distinto es para el resto de las formaciones, donde el herbazal de *Juncus balticus* presenta altas coberturas sin vegetación, todas correspondiente a costra salina con más de un 60% en M3 y de 56% en M4, alcanzando un máximo de 88,2% en la transecta T31 en M3. Las otras formaciones registran un rango de cobertura sin vegetación, principalmente entre 47 y 90% en ambos monitoreos, destacando un valor menor de 30% de costra salina en la transecta T20 en M4, la cual se registraba como costra salina terrosa en M3 y con un 52% de cobertura. Por otro lado, se registra en tres transectas valores mayores al 90% de cobertura absoluta con otros recubrimientos, la transecta T21 y T27 en un herbazal de *Distichlis spicata* con un 90,6% de costra salina en M3, la cual es similar en M4 con un 92,0% en T21 y en T27 es de 91,4% en M3, además, en M4 la transecta T10 aumentó su cobertura de otros recubrimientos a un 96,0%, ya que en M3 registraba una cobertura absoluta de 95,2%, dividida entre costra salina y agua superficial (**Tabla N° 5-26** y **Tabla N° 5-31**).

Seguidamente, al analizar los valores de cobertura promedio por subsector, se observa una diferencia de un 69,6% registrado en M3 a 62,5% en M4 en Peine, correspondiente al subsector con mayor cobertura vegetal promedio. El subsector La Brava mantiene su cobertura vegetal en ambos monitoreos, disminuyendo la cobertura de rastrojos de 1,4% en M3 a 0,6% en M4. En el sector La Punta, disminuye la cobertura promedio, tanto en la vegetal (40,3%; M3 a 37,5%; M4) como en la de rastrojos (6,5%; M3 a 6,1%; M4). En el sector Aguas de Quelana, disminuye la cobertura vegetal (35,4%; M3 a 30,6%; M4) pero aumenta la de rastrojos (4,1%; M3 a 7,6%; M4). Por último, en el sector de Tilopozo se observa un aumento en ambas coberturas, de 35,0% (M3) a 35,4% (M4) de cobertura vegetal y de 9,0% (M3) a 11,3% (M4) de cobertura muerta (**Tabla N° 5-27** y **Tabla N° 5-32**).

A partir de estos resultados estacionales (M3 y M4), se observa que la vegetación de carácter más hidrófilo es la única que mantiene una alta cobertura vegetal independiente de la estacionalidad del monitoreo, tal como se demuestra con los resultados obtenidos en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, tanto en las coberturas absolutas por transecta (**Tabla N° 5-25** y **Tabla N° 5-30**), como en las coberturas por especies, donde la especie *S. californicus* siempre alcanza valores altos o cercanos al 100% y más bien se refleja un aumento de la cobertura de la especie acompañante *Baccharis juncea* en el monitoreo de verano (M4), demostrando ser un elemento importante en la formación (**Figura N° 5-17** y **Figura N° 5-23**).

Es importante mencionar que para casi todas las formaciones se observa una disminución de la cobertura vegetal desde invierno 2017 (M3) a verano 2018 (M4). No obstante, no lo refleja de esta forma el herbazal de *Juncus balticus*, que de sus cuatro transectas en la formación, en tres se observa un aumento de la cobertura en M4 con respecto a M3 y en la otra transecta el valor de cobertura se mantiene (**Tabla N° 5-25** y **Tabla N° 5-30**). Cabe

destacar que en monitoreos anteriores (M1 y M2) esta relación en el herbazal de *J. balticus* fue distinta, mostrando más bien una disminución y resaltando además esta disminución, ya que es una formación que desde un inicio (MB0) presentó bajas coberturas vegetales (**Anexo Vegetación y Flora**).

12.1.2.2 Comparación con valores históricos

12.1.2.2.1 Comparación con línea de base

De acuerdo a la línea de base levantada para el proyecto (en su proceso de evaluación EIA), se utiliza la información levantada en los meses de abril y julio del año 2014, en la cual se desarrollaron transectas de muestreo en distintas unidades en las formaciones azonales del área, con la misma metodología utilizada en los monitoreos del plan de seguimiento (M1 a M4), con el fin de comparar los resultados entre la línea de base y los monitoreos.

Para mayor detalle, en el **Anexo Vegetación y Flora** se presentan tablas por formación, con la información comparativa de los resultados de abril y julio de 2014 (línea de base), junto a los monitoreos del plan de seguimiento, M1 y M2 correspondientes a invierno y verano del primer año de seguimiento (2016-2017), y monitoreos M3 y M4 correspondientes a invierno y verano del segundo año de seguimiento (2017-2018).

De la información revisada en la línea de base, se consideraron los puntos que pudieran ser comparados en relación a la ubicación de éstos con las transectas del monitoreo. De esta forma, en el herbazal de *Distichlis spicata* se pudieron asociar dos puntos de línea base con las transectas T08 y T26, en el herbazal de *Juncus balticus*, se asoció un punto con la transecta T30, en el herbazal de *Schoenoplectus californicus* se asoció un punto que intercepta con una unidad donde hay dos transectas (T19 y T29), en el matorral de *Sarcocornia fruticosa* se asociaron 3 puntos de línea base con las transectas T12, T15 y T17, y en el matorral de *Tessaria absinthioides* se asocia un punto a las transectas T05, T06 y T07 ya que se localizan en una misma unidad cartográfica y dos puntos asociados a las transectas T23, T24 y T25 que también están en una misma unidad. Para el herbazal de *Triglochin concinna* no se encontraron puntos cercanos o puntos con muestreos sobre esta formación vegetal.

De acuerdo a este análisis, se obtuvo que para dos de las ocho transectas del herbazal de *Distichlis spicata* hay resultados comparables con abril y julio de 2014. En la transecta T08 de esta formación, en abril y julio de 2014 el resultado de la cobertura absoluta fue de 60%, donde la especie *D. spicata* y *Baccharis juncea* presenta un 30% de cobertura cada una. Con respecto a los monitoreos (M1 a M4), la cobertura absoluta en la transecta es menor, donde la especie *B. juncea* muestra una menor cobertura con respecto a lo registrado en la línea base (menor al 5% de cobertura en todos los monitoreos), y la especie *D. spicata* expresa un mayor valor en M1 y M2 (sobre 35%), pero en M3 y M4 se registró una menor cobertura (menor al 23%). Al comparar la transecta T26, en abril y julio

2014 se registró una cobertura de 10%, concentrada en la especie *D. spicata*, resultado similar en M1 (7,8%), aunque en los monitoreos siguientes se observa una disminución de la cobertura, registrando los valores más bajos en los monitoreos de verano con un 1,2% (M2; verano 2017) y de 2,8% (M4; verano 2018).

En el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, se obtuvo un punto con información de abril y julio 2014 que es comparable con las transectas T19 y T29, es decir con dos de las seis transectas para esta formación. Los resultados de 2014 presentan una cobertura de 100% para ambos meses (abril y julio), donde la especie *S. californicus* y *B. juncea* registran un 50% cada una, lo cual es similar en el sentido que en los monitoreos M1 a M4 la cobertura vegetal de ambas transectas es de 100%, pero a nivel de especie se observa la diferencia, donde *S. californicus* registra un 100% de cobertura absoluta en M1, M2 y M3 y de 99% en M4, y *B. juncea* registra entre una cobertura mayor en los monitoreos de verano, mayor a 37% en T19 y mayor a 44% en T29 (M2 y M4), mientras que la cobertura disminuye en los monitoreos de invierno, registrando un 9,2% en M1 y entre 27 y 33% en M3, en ambas transectas.

En cuanto a los resultados en la formación de *Sarcocornia*, se pueden comparar tres puntos de línea base con tres de las cuatro transectas para la formación. La transecta T12 se compara con unos resultados de abril y julio de 2014 donde *Sarcocornia* registra un 50% de cobertura en ambos meses, mientras que en los monitoreos de invierno se registran valores entre 33 y 37% aproximadamente (M1 y M3) y una cobertura menor entre 26 y 28% en los monitoreos de verano (M2 y M4), además de una diferencia más notoria en la cobertura de la gramínea (posiblemente asociado a la especie *Puccinellia frigida*), que registra menos del 1% en los monitoreos M1, M2 y M4, ya que en M3 no se registra. Para relacionar las transectas T15 y T17 solo hay datos en julio de 2014, donde T15 se observa con un 72,5% en 2014 a diferencia de los monitoreos que presentan coberturas inferiores al 30% de cobertura aproximada, y en T17 la cobertura se asemeja entre los resultados con un 42,5% en julio 2014 (línea base), con los valores registrados en los monitoreos (43 a 52%).

En el matorral de *Tessaria absinthioides*, todas las transectas se relacionan con algún punto de línea base según su cercanía, más bien un punto se relaciona con tres transectas (contenidas en una misma unidad de la formación) y lo mismo para las otras tres transectas de la formación en la cual hay dos puntos de línea base. En los puntos de 2014, se registra para *T. absinthioides* una cobertura de 65% y 30% en abril y julio, los cuales contrastan con los valores de las transectas cercanas (T23, T24 y T25) que registran una cobertura absoluta entre 6 y 17% en T23, entre 16 y 40% en T24 y entre 7 y 9% en T25 considerando los registros de M1 a M4, aunque en T24 el valor de cobertura en M1 y M3 podría considerarse en el seguimiento al presentar una cobertura total de la vegetación, similar a la de línea base. Para la especie *Distichlis spicata*, solo en la transecta T25 los valores de cobertura de los monitoreos (4 a 9%) se relacionan con los de línea base (5 a 10%). Para las transectas T05, T06 y T07, solo las transectas T06 y

T07 se acercan a la cobertura registrada en julio 2014 (22,5%), con una cobertura de 18,2% y 20,4% en M1 respectivamente, aunque en M2 a M4 disminuye esta cobertura en ambas transectas.

En relación a la variación de la cobertura observada desde el año 2014 con los puntos de línea base con los valores registrados en los monitoreos del plan de seguimiento, se puede inferir lo siguiente:

- (1) Los puntos comparados en las formaciones de herbazal de *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus* sí tendrían relación a los valores registrados en los monitoreos, considerando que los valores se presentan en un rango cercano de cobertura, representando de esa forma una cobertura similar a nivel de la formación vegetal. Sin embargo, se observan algunas diferencias, por ejemplo en el herbazal de *D. spicata*, se observa una disminución paulatina de la cobertura desde M1 a M4 y en el herbazal de *S. californicus* la cobertura es mayor en los monitoreos de verano (M2 y M4), lo cual no se diferencia en el muestreo de la línea de base, el cual presenta la misma cobertura en ambos meses (abril y julio).
- (2) Los puntos comparados en el matorral de *Sarcocornia*, no se relacionan del todo. Se concluye que solo en la transecta T17 se podría continuar con la comparación de la línea de base con el seguimiento de la cobertura de los monitoreos, ya que las otras dos transectas distan de la cobertura del año 2014 y probablemente es porque se trate de unidades con distinta fisonomía en su estructura horizontal (cobertura). Es importante mencionar, que esta formación vegetal presenta una distribución parchosa, generalmente cercana a cuerpos de agua, por lo cual es importante que el seguimiento de la cobertura vegetal se realice en una misma ubicación para no generar sesgos en los muestreos sobre vegetación poco homogénea. Por otro lado, también se observa en la transecta T17, que las coberturas registradas en los monitoreos de invierno (M1 y M3) son mayores que las registradas en verano (M2 y M4), aunque no se puede indicar una tendencia con el registro de línea base, ya que solo hay información del mes de julio (invierno 2014).
- (3) Los puntos comparados de la línea base en el matorral de *Tessaria absinthioides* no se relacionan directamente al comparar las coberturas de vegetación en las transectas de monitoreo. En general, los valores de cobertura absoluta desde M1 a M4 son menores que las presentadas en abril y julio de 2014. No obstante, las transectas T06 y T07 presentan una cobertura similar entre invierno 2014 (línea de base) con el monitoreo de invierno 2016 (M1), aunque esta cobertura se ha visto disminuida desde M2 a M4, y la transecta T24, donde las coberturas en los monitoreos de invierno (M1 y M3) se acercan a las registradas en 2014. Cabe mencionar, que por las diferencias detectadas en la comparación de las coberturas, sería prudente considerar en el seguimiento solo las transectas T24, T06 y T07 para no generar sesgos en el seguimiento con el monitoreo. Al igual que en el matorral

de *Sarcocornia*, la formación de *T. absinthioides* también presenta una mayor variación de cobertura dentro de una unidad, lo que es reflejado en los resultados al tener transectas de monitoreo en una misma unidad y con distintos rangos de cobertura (distribución parchosa), por lo tanto, para este tipo de vegetación, también es importante que el seguimiento de la cobertura vegetal sea más precisa en una misma localización. Por otra parte, también es importante considerar que en los registros de línea base no se considera la cobertura muerta, lo que también podría estar influenciando en la cobertura total considerada para la formación según los registros en los monitoreos, donde se diferencia este tipo de cobertura.

12.1.2.2.2 Comparación Análisis Interanual con Monitoreo Base 0

En el siguiente análisis, se comparan las coberturas de los monitoreos realizados en el primer año de seguimiento (M1 y M2) y el segundo año de seguimiento (M3 y M4), en referencia al **Monitoreo “0” realizado en Julio de 2016 (MB0)**, monitoreo considerado como condición inicial en la etapa preoperacional del proyecto. Esta comparación, considera un análisis interanual, entre monitoreos de verano (M2-M4) e invierno (M1-M3), además de ver la variación o evolución histórica de estos monitoreos con la condición inicial (MB0).

En términos generales, solo el herbazal de *Schoenoplectus californicus* mantiene las coberturas vegetales en las transectas con más del 100% de cobertura o cercanas a ésta, en todos los monitoreos M1, M2, M3 y M4 (**Anexo Vegetación y Flora**). Si bien, en el herbazal de *S. californicus* se ha visto una disminución de la cobertura total por transecta desde MB0, esto se observa especialmente en las estaciones de invierno (M1 y M3), repuntando la cobertura vegetal en los monitoreos de post-lluvia o verano. No obstante, en el sector de Peine, en el último monitoreo realizado en verano (M4), se ha observado una disminución en las cuatro transectas con respecto a M2 y MB0, aunque en una de las transectas (T02) la cobertura es mayor que la registrada en M3 (invierno). La transecta que presenta mayor disminución en el tiempo, corresponde a T03 donde la cobertura en M4 alcanza una cobertura de 96,2%, a diferencia de la registrada en MB0 con un 150,8%, seguidamente, en esta misma transecta se registró una mayor cobertura muerta en M4 (15,4%), cobertura que no había sido observada en monitoreos anteriores, a excepción de M2 con un 2,0%. En sector Tilopozo, en cambio, las coberturas de verano (M2 y M4) son similares a la condición inicial (MB0), inclusive en T29 la cobertura es mayor en M4 que en MB0 (**Anexo Vegetación y Flora**).

Con respecto a las otras formaciones, éstas presentaron mayores diferencias con la cobertura total de la vegetación, o a nivel de especie y en la cobertura de rastros, con respecto a la condición inicial determinada para la primera fase pre operacional de este estudio (**Anexo Vegetación y Flora**).

El herbazal de *Juncus balticus* ha presentado variación en las coberturas, donde hasta M2 había descendido notoriamente la cobertura vegetal con respecto a MB0 en las cuatro transectas de la formación, no obstante, ésta se mantuvo o subió en el monitoreo siguiente (M3) y en M4 de verano también se observó un ascenso de las coberturas con respecto a M3, por lo tanto es importante seguir esta variación en los próximos monitoreos, ya que las coberturas siguen siendo menores que en MB0. Asimismo, también es importante hacer el seguimiento sobre la cobertura muerta, ésta había aumentado hasta M2 desde MB0, pero ha disminuido su cobertura desde M3 y M4 aunque no ha conseguido disminuirlas según lo registrado en MB0 (**Anexo Vegetación y Flora**).

En el herbazal de *Distichlis spicata*, se observa algo similar a la formación anterior, en M2 se había registrado un descenso en las coberturas en cinco de las ocho transectas de la formación con respecto a MB0, esta cobertura en M3 se mantuvo en algunos casos y aumentó en cuatro transectas, pero seguía siendo menor que en MB0. La mayor diferencia se presenta en el último monitoreo (M4), donde inclusive el aumento de la cobertura vegetal en cuatro de las ocho transectas es mayor que lo registrado en MB0, aunque destacan dos transectas donde el descenso de la cobertura ha sido paulatino desde MB0 hasta M4 (T08 en Peine y T26 en Tilopozo). Con respecto a la cobertura muerta, ésta desde M2 a M4, en general ha aumentado desde MB0, principalmente se observa en dos transectas donde la cobertura muerta ascendió en más de un 50% (T09 y T20) y en la transecta T08 se había registrado una alza de cobertura muerta de 33,2% en M3, pero disminuyendo a un 19,4% en M4 (**Anexo Vegetación y Flora**).

El herbazal de *Triglochin concinna* presenta dos transectas de monitoreo, donde T11 ubicada en La Punta ha mantenido bastante constante sus coberturas en todos los monitoreos (50 a 52%) y sólo ha reflejado un cambio menor en la cobertura muerta, ya que ésta no había sido registrada en MB0 y M1, y registró en M2 un 3,4%, aunque ésta registró un descenso en M3 y M4, siendo de 0,2% en M4. En la transecta T10 de La Brava, el seguimiento ha registrado un comportamiento distinto, con una variación en descenso de la cobertura desde MB0 a M4, éste descenso fue paulatino desde MB0 (14,6%) hasta M3 (3,6%) y en M4 se mantuvo con la misma cobertura registrada en M3, asimismo, la cobertura de rastrojos disminuyó en M4 con respecto a M3, destacando que ésta ha sido registrada en los tres últimos monitoreos y bajo un 1,5% (**Anexo Vegetación y Flora**).

En el matorral de *Sarcocornia fruticosa*, se observa un descenso paulatino de las coberturas vegetales por transectas desde MB0 a M4, cabe destacar, que en los monitoreos de invierno es donde se registran mayores las coberturas con respecto a las de verano, por lo tanto en el último monitoreo que corresponde a verano (M4) es más notorio el descenso de lo registrado en M3 con respecto a MB0. Por lo anterior, es importante continuar este seguimiento para observar si continuaría la misma tendencia, ya que también podrían recuperar en el próximo monitoreo de invierno. Con respecto a las

coberturas de rastrojos, éstas han ido aumentando desde MB0, aunque no sobrepasan el 10% de cobertura muerta en ninguna transecta en ningún monitoreo (**Anexo Vegetación y Flora**).

La formación de matorral de *Tessaria absinthioides* también presenta una disminución de las coberturas por transecta desde MB0 hasta M4, observando, en general, una disminución paulatina desde MB0, seguido de M1 y así bajando la cobertura monitoreo a monitoreo hasta M4. No obstante, en dos transectas se registró mayor cobertura en M4 que en M3 (T06 y T07 del sector Peine) y por otro lado la transecta T24 de Tilopozo se observa que la cobertura registrada en los monitoreos de invierno (M1 y M3) son mayores y similares entre ellas con respecto a las registradas en verano (M2 y M4), donde se ve observa una clara disminución de la cobertura vegetal y asimismo un aumento de la cobertura muerta en los monitoreos de verano. En las otras transectas se observa una variación más heterogénea de la cobertura muerta, donde se ve un aumento de ésta considerando la evolución desde MB0 a M4, pero no es considerable en términos de porcentaje (<7%), a diferencia de la transecta T24 donde se alcanza un máximo de 35,6% en M2 y de 31,4% en M4 contrario a los otros monitoreos que registran coberturas entre 7,8% y 11,8% (**Anexo Vegetación y Flora**).

Es importante considerar que estos resultados no serían del todo atribuibles a un deterioro causado por alguna disminución en la disponibilidad hídrica, sino que estarían relacionados al criterio de clasificación de individuos secos o aparentemente muertos por el estado fenológico recesivo que se encuentran estas especies a la fecha.

Al observar los datos, este estado recesivo se comportaría distinto en los tipos de formaciones vegetales, resultando más notoria una fase recesiva en invierno para los herbazales, mientras que en los matorrales la respuesta podría ser más lenta y por lo tanto los datos reflejan una mayor recesión en la cobertura activa en la estación de verano. De manera adicional a esta consideración, y tal como señala en el Plan de Manejo Biótico de este proyecto (Anexo 2, Adenda 5 RWL (PMB 2015)), el método de intercepto de puntos a través de transectas posee un error de medición de $\pm 5\%$, que debe ser tomado en cuenta a la hora de analizar estas tendencias en la cobertura de las especies vegetales, y que puede contribuir a realzar estas fluctuaciones en los valores de cobertura en el herbazal. No obstante, es importante considerar la fluctuación que se ha registrado en algunas transectas, donde la disminución de la cobertura vegetal junto al aumento de la cobertura muerta ha sido constante, monitoreo a monitoreo, tales como las transectas T02 y T03 en herbazales de *Schoenoplectus californicus* en el sector de Peine y la transecta T24 en matorral de *Tessaria absinthioides* en el sector Tilopozo.

Seguidamente, si bien se ha observado una fluctuación en las coberturas para la mayoría de las transectas, también existe una variación interanual a considerar en los futuros monitoreos, ya que en el primer año de monitoreo se observa un descenso más generalizado en ciertas formaciones, el cual tuvo un cambio al segundo año de monitoreo,

recuperándose la cobertura vegetal en algunas transectas, sobre todo lo observado en el herbazal de *Juncus balticus* y en algunas transectas del herbazal de *Distichlis spicata*.

En general, la cobertura promedio detectada en ambos monitoreos es siempre muy inferior a la cobertura absoluta de cada transecta, ya que la mayor cobertura está representada por la especie dominante de la formación vegetal donde se ubica la transecta, proporcionando mayor amplitud de cobertura al incluir los valores de todas las especies presentes en las transectas. No obstante, la vegetación del lugar no se destaca por presentar una alta riqueza de especies vasculares, donde la riqueza principalmente se observa entre una y tres especies por transecta. En las transectas T15, T02, T04 y T01 se presentó una riqueza de cuatro especies, localizados la primera transecta en un matorral de *Sarcocornia fruticosa*, y los demás en un herbazal de *Schoenoplectus californicus*. En general, la riqueza de las transectas permaneció constante entre monitoreos, salvo en siete de las 31 transectas, de las cuales destacan T03 y T20 con una especie adicional en los monitoreos de verano (M2 y M4), un descenso de una especie en T18 desde M2 a M4 correspondiente a un herbazal de *J. balticus*, y el registro de una sola especie en T12 en un matorral de *S. fruticosa* en M3 (invierno), donde habían sido registrado tres especies en monitoreos anteriores.

Los valores promedios de cobertura por sector, para todos los monitoreos realizados, Base 0 a M4, destaca el sector de Peine con la mayor cobertura de vegetación, aunque en el Monitoreo Base 0 esta cobertura era mayor registrando un 91,8% de cobertura vegetal, mientras que en el Monitoreo 1 y 4 registra el menor valor con un 62,5%. Este sector contiene nueve transectas de monitoreo, de las cuales cuatro corresponden al herbazal de *Schoenoplectus californicus*, formación que presenta la mayor cobertura absoluta y promedio en el área de estudio, pero que, al mismo tiempo, en dos transectas se observa una disminución de la cobertura vegetativa en los últimos monitoreos, debido a una mayor cantidad de registros considerados como rastrojos o vegetación muerta considerando la condición inicial del Monitoreo Base (**Anexo Vegetación y Flora**).

Por otra parte, entre las especies acompañantes con mayor cobertura y que mantienen un promedio de cobertura mayor por formación, destaca *Baccharis juncea* que se observa como un elemento importante en la época de post-lluvia en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*, con sus mayores coberturas promedio en la formación en M2 (32,5%) y M4 (30,3%).

Finalmente, al realizar el seguimiento a los monitoreos, se observa una diferencia en la riqueza de especies en dos sectores, obteniendo valores constantes en los registros desde Monitoreo Base 0 a Monitoreo 4 en los sectores de La Brava, Peine y Aguas de Quelana. En el sector de Tilopozo se registró una especie adicional en M4, la cual también se había registrado en M2, correspondiente a *Nitrophila atacamensis*, resultando una riqueza de siete especie para el sector, y en el sector La Punta se registran dos especies adicionales en M4, aunque no se registra la especie *Sarcocornia fruticosa* que

había sido registrada en los monitoreos anteriores, resultando una riqueza acumulada para el sector de siete especies.

12.1.3 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – Método de imágenes satelitales – NDVI

12.1.3.1 Comparación con valores históricos

La vegetación activa calculada a partir del NDVI, corresponde a 1.253,4 ha, superficie que representa un 3,8% 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, donde la vegetación activa representa un 16,8% (1.216,4 ha).

De acuerdo a los registros mínimos y máximos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat para sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine (Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos históricos señalados en la **Tabla N° 12-3**, y por sobre el mínimo histórico.

En cuanto a los valores históricos mínimos provenientes desde imágenes de alta resolución, la superficie de vegetación activa de verano de 2018 en los sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine, superan los valores mínimos y máximos históricos.

En el sector de Soncor, el resultado de superficie de vegetación activa es menor en 15,2 ha a la superficie mínima histórica y en 31,7 ha al valor máximo histórico, diferencias que se deben al mayor detalle definido por la COT en las campañas posteriores a la RCA, en el contexto del PMB, de verano 2017 y 2018.

En el sector de Quelana, el valor de superficie de vegetación activa es mayor al valor mínimo histórico en 270,7 ha y en 259,1 ha al valor máximo histórico, diferencia que se debe al aumento de la superficie del área de muestreo para el monitoreo.

Respecto del año 2017, en todos los sectores las superficies verano 2018 presentan valores menores, tanto para Landsat como para alta resolución, lo que puede estar relacionado con las diferencias en los niveles pluviométricos medidos entre ambos periodos²⁸ y con la variabilidad natural del sistema. No obstante, se necesita un análisis de mayor escala temporal para determinar variables concluyentes en relación al comportamiento del sistema (**Tabla N° 12-3**).

²⁸ En base a la “Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea” (<http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>), para las estaciones San Pedro de Atacama, Toconao Pueblo, Toconao Quebrada 4, Camar, Socaire, Talabre y Peine.

Tabla N° 12-3. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución por sector.

Sector	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		VALORES HISTÓRIOS DESDE LANDSAT		VALORES HISTÓRICOS DESDE ALTA RESOLUCIÓN	
	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Superficie COT con vegetación Verano - 2018 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2018	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)
Tilopozo - La Punta y La Brava	2.727,90	613,2	2.706,4	422,8	202	1.580	113,6	343,3
Peine	2.990,90	677,1	2.989,0	496,1	310	1.919	157,7	242,8
Soncor	24,8	7,6	24,8	6,0	-	-	21,2	37,7*
Quelana	1.518,80	393,8	1.518,8	291,5	-	-	20,8	32,4**
TOTAL	7.262,4	1.691,8	7.238,9	1.216,4				

* Valor máximo histórico para el sector de Soncor, fechado en abril de 2011 y **Valor máximo histórico para el sector de Quelana, fechado en abril de 2015; ambos valores fueron determinados en el estudio, sin embargo, no se incluyen dentro de la tabla 5.3 "Resumen de registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación y cuerpos acuáticos, mediante herramientas de teledetección para sectores Tilopozo, Peine, Soncor y Quelana", del Apéndice B, Anexo N°2 (Adenda N°5 – RWL, 2015).

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resumen de registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, mediante herramientas de teledetección (comprometido en Tabla 5.3 del Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), en la Tabla 3-5, se presentan las superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, y su comparación respecto de los datos históricos y de línea de base. Respecto a esta formación vegetal, para el sector de La Punta y La Brava y Tilopozo, ésta supera la superficie mínima y se encuentra dentro del rango de los registros históricos, por el contrario a lo observado en verano 2017; en tanto el sector de Peine muestra un valor menor al mínimo histórico en ambos periodos y en orden decreciente, lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en el último periodo (**Tabla N° 12-4**).

Tabla N° 12-4. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de *Schoenoplectus californicus*, en relación a los registros históricos de alta resolución.

SECTOR	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		REGISTROS HISTÓRICOS	
	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	Superficie mínima (ha)	Superficie máxima (ha)
Peine	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	20,3	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	7,4	22,6	23
			Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	4,5		
Total Peine		20,3	11,9			
Tilopozo - La Punta y La Brava	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	28	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	7,9	26	59,2
	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	5,1	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	30,2	26	59,2
Total Tilopozo - La Punta y La Brava		33,1	38,1			

Fuente: Elaboración propia

12.1.4 Límites considerados en la evaluación de la flora y vegetación

De acuerdo con lo señalado en el Anexo 2, Adenda 5 RWL (2015), la evaluación del subcomponente flora y vegetación se realizará durante las temporadas de crecimiento de la vegetación, idealmente después de las precipitaciones estivales (marzo o abril).

Según lo dispuesto en la Adenda 5 y la RCA que aprueba al proyecto, donde se explica que *“se entenderá un cambio de tendencia si después de 3 años consecutivos, se observa una disminución sostenida de la cobertura, fuera del rango de los valores registrados históricamente por sector”* (PMB, Capítulo 4. Monitoreo Estado Ecológico; Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B). En este contexto, los resultados del presente informe representan el segundo año que constituirá parte de la tendencia en contraste con los valores históricos.

En concordancia con lo establecido por el PMB, donde se señala que *“...se establece que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan dentro de los valores registrados históricamente por sector”*, los resultados generados en el presente informe se presentan de la manera requerida, es decir, por sector, los que se comparan con los valores históricos de cada metodología de medición de parámetros de composición y cobertura de especies y distribución y cobertura de la vegetación azonal. Posterior al tercer año de medición se podrá tener alguna opinión más acabada de la evolución de este componente, la que tendrá que mirarse en conjunto con las otras 2 variables comprometidas en la evaluación del estado ecológico.

12.2 En relación con Fauna Vertebrados Terrestres

12.2.1 Representatividad del muestreo

Los muestreos correspondientes a las 4 campañas semestrales (invierno 2016, verano e invierno 2017 y verano 2018) en el área de estudio se consideran representativos, por las siguientes razones:

- En términos espaciales, las estaciones de muestreo abarcan todos los ambientes y taxa, en los tres sectores de estudio. Estos ambientes corresponden a humedal salar, humedal pajonal, matorral, herbazal, quebrada y áreas desprovistas de vegetación (que, en este caso, corresponde a costras salinas).
- En relación al diseño de muestreo (estratificado/dirigido) y considerando la variedad de ambientes, la localización y número de los puntos de muestreo permite una adecuada representación de la fauna registrada.
- Por otra parte, el muestreo general de los transectos es complementado con diversas técnicas, como los trapeos de micromamíferos, muestreo nocturno de anfibios y aves nocturnas, además de la utilización de trampas cámara. Todo lo anterior permite

ampliar el registro de fauna, incorporando especies escasas, evasivas, esporádicas y de difícil detección.

- Finalmente, la participación de un alto número de especialistas ($n = 6$) y la gran cantidad de tiempo dedicado (6 días en cada campaña), determinan un alto esfuerzo de muestreo, adecuado para representar la fauna vertebrada presente en el área de estudio.

En total, la riqueza acumulada de 45 especies en las 4 campañas realizadas representa un 72,6% de la fauna acumulada del área de estudio, cuyo registro de línea de base es de 62 especies (1 anfibio, 2 reptiles, 49 aves y 10 mamíferos; PMB 2015). El porcentaje mencionado se considera aceptable, ya que es esperable que la fauna registrada sea un subconjunto del valor acumulado de varios años de estudio. Parte de la diferencia registrada entre el total acumulado y el registrado por el muestreo, podría explicarse por la baja probabilidad de detectar varias de las especies del total acumulado, debido a algunas características especiales, como: muestreos en otras épocas (no sólo invierno), distribución restringida, abundancia y frecuencia bajas, actividad nocturna y crepuscular, especies migratorias, especies accidentales y con escasos registros, especies evasivas.

12.2.2 Riqueza, composición y caracterización de la fauna de vertebrados terrestres

En el área de estudio, y en relación a la riqueza acumulada en las cuatro campañas de monitoreo, ésta asciende a un total de 45 especies, identificándose 1 especie de anfibio, 2 especies de reptiles, 35 especies de aves y 7 especies de mamíferos (**Tabla 12-1**).

De las 45 especies de fauna detectadas, 17 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 8 especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); otras 6 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las 3 especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Rottmann & López-Callejas (1992) o Cofré & Marquet (1999). En detalle, estas especies corresponden a la única especie de anfibio registrada, a las 2 especies de reptiles detectadas, 8 de las especies de aves y 6 de las especies de mamíferos (**Tabla 12-1**).

Del total de 17 especies en categoría de conservación, 11 se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro (1 especie, un reptil), Vulnerable (9 especies; 7 aves y 2 mamíferos) y Casi amenazada (1 especie, un mamífero). Por su parte, 6 especies se catalogan sin amenaza (precautorias; **Tabla 12-1**).

Por su parte, bajo los criterios de protección establecidos por el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI), 40 de las 45 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 12-1**).

Además, considerando el D.S. N° 02/2006 MINAGRI, ninguna de las especies detectadas se encuentra catalogada como Monumento Natural (**Tabla 12-1**).

De acuerdo a su origen geográfico, 3 de las especies registradas son endémicas de Chile (las 2 especies de reptiles y 1 especie de mamífero), en tanto que otras 41 especies son nativas (1 especie de anfibio, 35 especies de aves y 5 especies de mamíferos), y finalmente, 1 especie es catalogada como introducida (un mamífero, *Equus asinus*; **Tabla 12-1**).

Por otro lado, la movilidad de las especies detectadas se desglosa de la siguiente forma: 4 especies son de baja movilidad, dos especies se clasifican con movilidad media, y por último 39 especies son clasificadas como de alta movilidad (**Tabla 12-1**).

En relación a las especies especialistas de hábitat, 17 especies se consideran especialistas, como por ejemplo el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*; en ambientes de humedal), la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y 15 aves (asociadas a ambientes de humedal; **Tabla 12-1**).

Finalmente, en cuanto al Índice de Riesgo, destaca la presencia de 1 especie clasificada con un índice de riesgo máximo (*Liolaemus fabiani*, Lagartija de Fabián), en tanto que otras 7 se encuentran clasificadas con un riesgo alto, 8 se encuentran clasificadas con un riesgo medio, y por último 28 se encuentran clasificadas con un riesgo bajo. A la única especie introducida (el burro), no le fue asignado un índice de riesgo (**Tabla 12-1**).

Del análisis por sector, la mayor riqueza se presenta en el sector de Tilopozo, con 27 especies registradas (el único anfibio detectado, 1 reptil, 19 aves y 6 mamíferos). Le sigue el sector de Peine, con 21 especies registradas (2 reptiles, 13 aves y 6 mamíferos); y finalmente la menor riqueza se presenta en el sector de La Punta y La Brava, con 19 especies registradas (1 reptil, 16 aves y 2 mamíferos; **Tabla 12-1**).

Por otro lado, considerando las especies y su presencia en cada sector, las únicas especies que se encuentran en los 3 sectores son el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y el lauchón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*); en tanto que otras especies se encuentran restringidas a ambientes acuáticos (como el sapo espinoso, la lagartija de Fabián y la mayoría de las aves), y otras sólo se encuentran en ambientes terrestres (detalle en **Tabla 12-1**).

Tabla 12-1. Lista Sistemática de especies de fauna registradas en las 4 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 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
AMPHIBIA											
ANURA											
BUFONIDAE											
<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo Espinoso	LC ³	BE	-	N	S	B	50,35			X
TOTAL RIQUEZA AMPHIBIA									0	0	1
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 ⁵	SE	-	E	S	B	83,35	X	X	
TOTAL RIQUEZA REPTILIA									1	2	1
AVES											
ACCIPITRIFORMES											
ACCIPITRIDAE											
<i>Circus cinereus</i>	Vari ceniciento	S/EC	BE	-	N	S	A	18,35			X
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho común	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35		X	X
ANSERIFORMES											
ANATIDAE											
<i>Anas flavirostris</i>	Pato jergón chico	S/EC	-	-	N	S	A	30,00		X	
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	S/EC	-	-	N	S	A	15,00	X	X	

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Oressochen melanopterus</i>	Piuquén	VU ¹	-	-	N	S	A	54,50	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											
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	S/EC	B	-	N	S	A	31,65	X	X	
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	S/EC	BS	-	N	S	A	18,35	X	X	
<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	S/EC	BS	-	N	S	A	25,85	X		X
COLUMBIFORMES											
COLUMBIDAE											
<i>Metriopelia aymara</i>	Tortolita de la puna	S/EC	S	-	N	N	A	9,15			X
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	S/EC	-	-	N	N	A	7,50			X
FALCONIFORMES											
FALCONIDAE											
<i>Falco femoralis</i>	Halcón perdiguero	I ⁷	BE	-	N	N	A	11,35			X
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	VU ¹	BSE	-	N	N	A	37,00			X
GRUIFORMES											
RALLIDAE											
<i>Fulica ardesiaca</i>	Tagua andina	S/EC	S	-	N	S	A	24,15		X	

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Fulica gigantea</i>	Tagua gigante	VU ¹	S	-	N	S	A	48,65	X		
PASSERIFORMES											
FURNARIIDAE											
<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	S/EC	B	-	N	N	A	1,65			X
<i>Geositta isabellina</i>	Minero grande	S/EC	BS	-	N	N	A	3,35			X
<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>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral común	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	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 micropterus</i>	Mero de Tarapacá	S/EC	BSE	-	N	N	A	5,00			X
<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		
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	Dormilona cenicienta	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca rojiza	S/EC	BE	-	N	N	A	3,35			X
PELECANIFORMES											
ARDEIDAE											

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
<i>Ardea alba</i>	Garza grande	S/EC	B	-	N	S	A	16,65	X		
PHOENICOPTERIFORMES											
PHOENICOPTERIDAE											
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino o Parina grande	VU ⁶	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	
TOTAL RIQUEZA AVES									16	13	19
MAMMALIA											
ARTIODACTYLA											
CAMELIDAE											
<i>Lama guanicoe</i>	Guanaco	VU ²	S	-	N	N	A	56,65			X
CARNIVORA											
CANIDAE											
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	LC ²	E	-	N	N	A	3,65	X	X	X
FELIDAE											
<i>Puma concolor</i>	Puma	NT ⁴	E	-	N	N	A	17,65		X	
PERISSODACTYLA											
EQUIDAE											
<i>Equus asinus</i>	Burro	S/EC	-	-	I	N	A	-		X	X
RODENTIA											
CRICETIDAE											
<i>Abrothrix andina</i>	Ratón andino	NP ⁸	E	-	N	N	M	11,15		X	X
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Ratón orejudo amarillo	NP ⁸	S	-	N	N	M	11,15	X	X	X

CLASE ORDEN FAMILIA Especie	NOMBRE COMUN	EC	BSE	MN	O	EH	M	IR	SECTORES		
									La Punta - La Brava	Peine	Tilopozo
CTENOMYIDAE											
<i>Ctenomys fulvus</i>	Chululo, Tuco-tuco de Atacama	VU ¹	S	-	E	N	B	73,65		X	X
TOTAL RIQUEZA MAMMALIA									2	6	6

ESTADOS DE CONSERVACIÓN: EN: En Peligro; I: Insuficientemente conocida; 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°41/2011 MMA; (4) D.S. N°42/2011 MMA; (5) D.S. N°52/2014 MMA; (6) D.S. N°38/2015 MMA; (7) Rottman & López-Calleja 1992; (8) 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.

Fuente: Elaboración Propia.

12.2.3 Análisis por clase

12.2.3.1 Anfibios

Del total de 45 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante el total de campañas, sólo 1 de ellas corresponde a un anfibio (2,2%), perteneciente al orden Anura, familia Bufonidae. Esta especie, *Rhinella spinulosa*, está catalogada “sin amenaza” en su categoría de conservación, clasificada en Preocupación menor (**Tabla 12-1**).

En cuanto a su origen, se cataloga como especie nativa; es especialista de hábitat y presenta baja movilidad. Finalmente, el índice de riesgo calculado para la especie la clasifica como de riesgo alto (**Tabla 12-1**).

12.2.3.2 Reptiles

Del total de 45 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante las campañas, 2 de ellas corresponden a reptiles (4,4%), ambas pertenecientes al Orden Squamata y a la familia Tropicuridae (**Tabla 12-1**).

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 12-1**).

Estas 2 especies registradas son endémicas de Chile y presentan baja movilidad; sin embargo, solo una de ellas es especialista de hábitat: la lagartija de Fabián, asociada a bordes de salares (**Tabla 12-1**). Finalmente, en cuanto al índice de riesgo de las especies de reptiles registradas, la lagartija de Fabián se cataloga con un riesgo máximo (83,35), mientras que la lagartija de Constanza presenta un riesgo medio (44,35; **Tabla 12-1**).

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 12-1**).

12.2.3.3 Aves

Del total de 45 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante las campañas, 35 de ellas corresponden a aves (77,8%), las que se distribuyen en 9 órdenes y 16 familias (**Tabla 12-1**).

Del total de aves registradas en el área de estudio, 8 especies (23,9%) se encuentran en categoría de conservación. Las especies consideradas “*bajo amenaza*” corresponden a la gaviota andina, la tagua gigante, el piuquén, el halcón peregrino y las 3 especies de flamencos, clasificadas en categoría Vulnerable. La especie restante, el halcón perdiguero, en tanto, está catalogada “*sin amenaza*”, clasificada en categoría Insuficientemente conocida.

En cuanto a su origen, todas las especies de aves registradas son nativas, mientras que 15 de estas especies se consideran especialistas de hábitat (de ambientes de humedales). De las 35 especies de aves registradas, todas presentan una movilidad alta; y en cuanto al índice de riesgo, 4 especies presentan un riesgo alto (el piuquén y las 3 especies de flamencos), otras 6 especies presentan un riesgo medio, y las 25 especies restantes presentan un riesgo bajo (**Tabla 12-1**).

Por otra parte, comparando los sectores, el sector de Tilopozo presenta la mayor riqueza de aves, con 19 especies registradas en ambos (mayormente especies asociadas a ambientes terrestres). Les siguen en riqueza el sector de La Punta y La Brava, con 16 especies registradas en él, y Peine, con 13 especies, la mayoría correspondientes a especies asociadas a ambientes acuáticos (**Tabla 12-1**).

12.2.3.4 Mamíferos

Del total de 45 especies de fauna detectadas en el área de estudio del proyecto durante las campañas, 7 de ellas corresponden a mamíferos (15,6%), las que se distribuyen en 4 órdenes y 6 familias (**Tabla 12-1**).

Del total de mamíferos registrados en el área de estudio, 6 (85,7%) se encuentran en categoría de conservación. Las tres especies consideradas “*bajo amenaza*” corresponden al tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y el guanaco (*Lama guanicoe*), clasificados en categoría Vulnerable, y al puma (*Puma concolor*), clasificado en categoría Casi amenazada. Las 3 especies catalogadas “*sin amenaza*” en su estado de conservación, en tanto, corresponden al zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), clasificado en categoría Preocupación menor, y a los roedores ratón andino (*Abrothrix andinus*) y ratón orejudo amarillo (*Phyllotis xanthopygus*), ambos clasificados en categoría Sin prioridad inmediata (**Tabla 12-1**).

En cuanto a su origen, 1 de las especies es endémica de Chile (el tuco-tuco de Atacama), otras 5 especies son nativas, y la especie restante es introducida (el burro). Por otro lado, ninguna especie se considera especialista de hábitat. De las 7 especies de mamíferos registradas, 4 especies se consideran de alta movilidad, otras 2 especies con movilidad media, y 1 especie con movilidad baja (el tuco-tuco de Atacama). Finalmente, en cuanto al índice de riesgo que presentan las especies, sólo 1 especie presenta un riesgo alto (el tuco-tuco de Atacama), otra especie un riesgo medio, y otras 4 especies presentan un

índice bajo; para el burro, en tanto, no es aplicable el índice de riesgo, por ser especie introducida (**Tabla 12-1**).

Por otra parte, comparando los sectores, los sectores de Tilopozo y Peine presentan la mayor riqueza de mamíferos, con 6 especies registradas. La menor riqueza, en tanto, se presenta en el sector de La Punta y La Brava, con sólo 2 especies registradas (**Tabla 12-1**).

12.2.4 Composición por ambiente

En el caso de los anfibios, la única especie de la clase que fue registrada durante la realización de las 4 campañas de monitoreo (el sapo espinoso), se detectó en el ambiente humedal pajonal del sector de Tilopozo, en la campaña de verano 2018 (**Tabla 12-2**).

Para los reptiles, de las 2 especies detectadas en las campañas, la lagartija de Fabián sólo se registra en el ambiente de humedal salar de los sectores La Punta y La Brava y Peine; en tanto que la lagartija de Constanza se encuentra en el humedal pajonal de Tilopozo, y en algunos ambientes terrestres de Peine (matorral) y Tilopozo (herbazal, matorral y quebrada). Por su parte, en el restante ambiente terrestre de Tilopozo (área desprovista de vegetación costra salar), no se registra ninguna especie (**Tabla 12-2**).

En el caso de las aves, la mayor riqueza se encuentra mayoritariamente en los ambientes de humedal: el mayor número de especies registrado corresponde al humedal salar de La Punta y La Brava, con 16 especies detectadas (en su mayoría especies asociadas a ambientes acuáticos), seguido por los registros de 12 especies en el humedal salar de Peine (casi todas especies asociadas a ambientes acuáticos) y 13 especies en el humedal pajonal de Tilopozo (sólo 2 especies asociadas a ambientes acuáticos). A estos registros de riqueza, le siguen el ambiente de quebrada de Tilopozo con 8 especies detectadas (todas terrestres), y los matorrales de Tilopozo, con 5 especies registradas (todas terrestres). Por otra parte, se registraron muy pocas especies de aves en los ambientes de herbazal de Tilopozo y matorral de Peine, con sólo una especie, y ninguna en área desprovista de vegetación costra salar (**Tabla 12-2**).

Para los mamíferos, y a diferencia de las aves, la mayor riqueza se encuentra en los ambientes terrestres, ya que se registran 6 especies en el matorral de Peine y de Tilopozo, y en el humedal pajonal de Tilopozo; seguidos por el registro de 4 especies en el ambiente de herbazal de Tilopozo, y 3 especies en la quebrada de Tilopozo. La menor riqueza, en tanto, se encuentra en los ambientes de humedal salar de La Punta y La Brava, con dos especies, y área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo y humedal salar de Peine, registrándose en ellos sólo 1 especie (**Tabla 12-2**).

Agrupando las 4 clases de vertebrados registradas en el total de las campañas, el ambiente con la mayor riqueza es el humedal pajonal del sector Tilopozo, con 21 especies registradas en total (1 anfibio, 1 reptil, 13 aves y 6 mamíferos), lo que representa un 46,7% de toda la fauna registrada en las campañas de monitoreo, seguido por el humedal salar de La Punta y La Brava, con 19 especies (1 reptil, 16 aves y 2

mamíferos) y el humedal salar de Peine, con 14 especies (1 reptil, 12 aves y 1 mamífero). A continuación, se encuentran los ambientes de quebrada y matorral de Tilopozo (12 especies), el matorral de Peine, con 8 especies, el herbazal (6 especies), y finalmente el ambiente área desprovista de vegetación costra salar de Tilopozo (1 especie), el cual presenta la menor riqueza acumulada en las campañas (**Tabla 12-2**).

En general, los ambientes de menor riqueza son en su mayoría, un subconjunto de las especies presentes en los ambientes con mayor riqueza, ya que, por una parte, también se encuentran en dichos ambientes, y por otra, no poseen especies únicas. Las excepciones corresponderían al registro de la única especie de anfibio (sapo espinoso), el piquén, la tagua andina, la tagua gigante y el puma, correspondientes a los primeros registros de estas especies para el área de estudio del proyecto desde el inicio de los monitoreos del PMB, 2015.

Tabla 12-2. Especies de fauna registradas por ambiente. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 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
AMPHIBIA								
Sapo Espinoso						X		
REPTILIA								
Lagartija de Constanza			X		X	X	X	X
Lagartija de Fabián	X	X						
AVES								
Vari ceniciento						X	X	
Aguilucho común			X			X		
Pato jergón chico		X						
Pato juarjual	X	X						
Piquén	X							
Chorlo de la puna	X	X						
Gaviota andina	X	X						
Caití	X	X						
Playero de Baird	X	X						
Pollito de mar tricolor	X	X						
Pitotoy chico	X					X		
Tortolita de la puna						X		
Tórtola					X	X		

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
Halcón perdiguero						X		
Halcón peregrino						X		
Tagua andina		X						
Tagua gigante	X							
Minero común							X	
Minero grande								X
Minero chico							X	X
Minero de la Puna						X	X	X
Tijeral común								X
Golondrina de dorso negro	X	X						
Bailarín chico común	X					X		
Chirihue verdoso							X	
Mero de Tarapacá						X		
Mero gaucho						X		X
Colegial del norte	X							
Dormilona cenicienta						X		X
Dormilona chica						X		X
Dormilona de nuca rojiza								X
Garza grande	X							
Flamenco andino o Parina grande	X	X						
Flamenco de James o Parina chica	X	X						
Flamenco chileno	X	X						
MAMMALIA								
Guanaco						X	X	
Zorro culpeo	X	X	X		X	X	X	X
Puma			X					
Burro			X		X	X	X	
Ratón andino			X		X	X	X	X
Ratón orejudo amarillo	X		X	X	X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama			X			X	X	
TOTAL POR AMBIENTE	19	14	8	1	6	21	12	12

Nota: el orden en el listado de las especies sigue a la Tabla 1-10.

Fuente: Elaboración Propia.

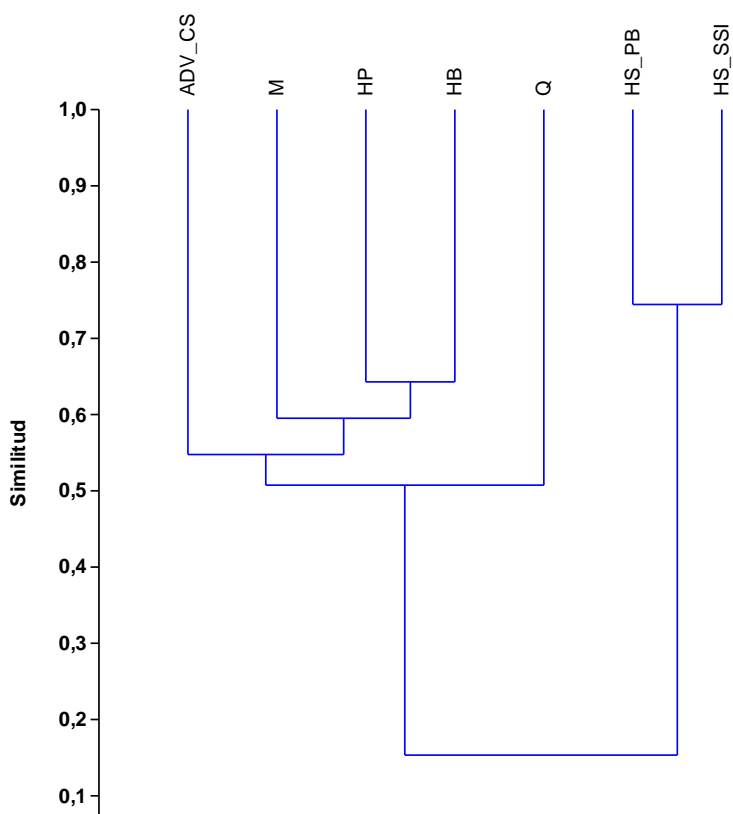
12.2.5 Similitud

En base a la composición de fauna en los distintos ambientes de la **Tabla 12-2** (el que agrupa las cuatro campañas de monitoreo), se obtiene el fenograma de similitud de fauna (**Figura 12-1**).

Según los resultados de similitud, se forman dos grandes agrupaciones: los dos sistemas acuáticos de humedal salar, y el humedal pajonal con los restantes ambientes terrestres. Los ambientes de humedal salar, correspondientes a La Punta y La Brava por una parte, y a las lagunas de Peine (Salada, Saladita e Interna) por otra, resultaron ser los más similares en el total de campañas, agrupándose a una similitud cercana al 74%.

Por su parte, en el otro gran grupo, el ambiente de quebrada se asocia al resto de los ambientes con una similitud de 50% (**Figura 12-1**).

Figura 12-1. Fenograma de Similitud de fauna por ambientes (campañas integradas de invierno 2016 a verano 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.

Como se observa, la mayor similitud se encuentra entre los ambientes de los dos sistemas de humedal salar (La Punta y La Brava, por una parte, y lagunas Salada, Saladita e Interna, por otra), y la explicación de su similitud está en que gran parte de su fauna de aves acuáticas es muy similar. La otra agrupación de mayor similitud es entre el humedal pajonal y el herbazal, a los que se agrupan luego el área desprovista de vegetación costra salar y el matorral. Estos cuatro ambientes (mayoritariamente terrestres) poseen una composición de especies bastante similar (y probablemente asociado a mayores riquezas de mamíferos), básicamente porque en todos ellos debiera haber una cobertura vegetal y rocosa relativamente similar, ofreciendo recurso alimenticio y refugio a la fauna de vertebrados.

Al analizar los registros de presencia y abundancia de las especies, separados por ambientes, hay que considerar que los resultados son generales y que se deben considerar con cautela, por varias razones: a) muchas especies de fauna utilizan varios ambientes, por lo que éstos no son excluyentes; b) la presencia de una especie en un ambiente indica obviamente su uso, pero su ausencia no necesariamente implica que la especie no usa dicho ambiente (es probable que aún no se ha registrado la especie); c) para especies escasas y/o de gran movilidad, es muy probable que dada la baja cantidad de registros, éstos no den cuenta del uso total de ambientes por dichas especies; y d) el grado de división de los ambientes puede sesgar la validez de las extrapolaciones: mientras más divisiones de ambientes se hagan, los resultados son menos generales y deben ser más cautelosos.

12.2.6 Abundancia y frecuencia (comparación entre campañas)

En el caso de la única especie de anfibio, ésta fue registrada sólo en verano 2018, con 1 ejemplar detectado en un punto de muestreo (100% de abundancia y 4% de frecuencia; **Tabla 12-3** y **Tabla 12-4**).

En el caso de las 2 especies de reptiles, la abundancia absoluta total fue mayor en verano 2018 (con 34 ejemplares) y menor en invierno 2016 (con 16 individuos; **Tabla 12-3**). En todas las campañas, la especie más abundante fue la lagartija de Fabián, la que varió entre 9 a 28 ejemplares avistados (56,3% a 82,3% de abundancia relativa), mientras que la lagartija de Constanza representó entre 21,1% a un 47,6%, con 4 a 10 individuos (**Tabla 12-3**). En el caso de la frecuencia, el patrón se mantiene, ya que la lagartija de Fabián fue la más frecuente, registrada entre 4 a 10 de los 25 puntos de muestreo (lo que representa entre un 16% a un 40% de frecuencia relativa), mientras que la lagartija de Constanza tuvo entre un 4% a un 20% de frecuencia (variando en su registro en 1 a 5 puntos de muestreo; **Tabla 12-4**).

En relación a las aves censadas y a la abundancia absoluta, y al igual que los reptiles, la abundancia absoluta total fue mayor en verano 2018 (con 520 ejemplares), y menor en verano 2017 (con 292 individuos). De las especies más abundantes, destaca la parina grande, con la mayor abundancia absoluta y relativa en las campañas, con un máximo de 262 ejemplares (59,8% en invierno 2016) y un mínimo de 92 individuos (31,5% en verano 2017), seguida por el flamenco chileno (máximo de 125 individuos, con un 33,2%

en invierno 2017, y mínimo de 46 ejemplares, con un 15,8% en verano 2107; **Tabla 12-3**). Otras especies abundantes en el total de campañas son: el pollito de mar tricolor (2 a 44 ejemplares), el chorlo de la Puna (15 a 50 individuos), el playero de Baird (5 a 23 ejemplares), el caití (14 a 33 individuos) y la parina chica (6 a 39 ejemplares); en cambio otras son abundantes sólo en una campaña, como el chirihue verdoso (con 68 ejemplares en verano 2018), el minero chico (29 individuos también en verano 2018) y el bailarín chico (20 ejemplares, verano 2018), mientras que el resto de las especies presentó una abundancia baja en ambas campañas, variando entre 1 a 12 ejemplares (**Tabla 12-3**). En el caso de la frecuencia, las especies más frecuentes fueron el chorlo de la Puna (entre 7 a 9 puntos, variando entre un 28% a un 36% de frecuencia), el flamenco chileno (20% a 32%), la parina grande y el caití (12% a 24%), el playero de Baird (12% a 20%) y la gaviota andina (4% a 24%), mientras que el resto de las especies son poco frecuentes, variando entre 1 a 4 puntos (4% a 16% de frecuencia; **Tabla 12-4**).

En el caso de los macromamíferos, la especie más abundante fue el zorro culpeo, de la cual se observó un máximo de 11 individuos en 9 puntos de muestreo en verano 2018, además de un registro indirecto, y un mínimo de 3 ejemplares en tres puntos en verano 2017, por lo que su frecuencia varió desde 12% a 36%. Le siguen el burro, con un máximo de 8 ejemplares registrados en un punto, además de 5 puntos con registros indirectos (en tres campañas), lo que representa un 24% de frecuencia; y el tuco-tuco de Atacama, con el mismo número de individuos registrados en 7 puntos en verano 2018, además del registro mayoritario por evidencia indirecta (cuevas activas) en 7 puntos, por lo que tiene una frecuencia de 28%. En el caso del puma, se registró sólo una evidencia indirecta en un punto de muestreo en verano 2018 (4% de frecuencia; **Tabla 12-3 y Tabla 12-4**).

Tabla 12-3. Abundancia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2018.

CLASE Nombre Común	AA				AR (%)			
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18
AMPHIBIA								
Sapo Espinoso	-	-	-	1	-	-	-	1,0
TOTAL AMPHIBIA	-	-	-	1	-	-	-	100,0
REPTILIA								
Lagartija de Constanza	7	10	4	6	43,8	47,6	21,1	17,6
Lagartija de Fabián	9	11	15	28	56,3	52,4	78,9	82,4
TOTAL REPTILIA	16	21	19	34	100,0	100,0	100,0	100,0
AVES								
Vari ceniciento	2	-	-	1	0,5	-	-	0,2
Aguilucho común	-	-	1	3	-	-	0,3	0,6
Pato jergón chico	-	-	-	3	-	-	-	0,6
Pato juarjual	7	4	6	11	1,6	1,4	1,6	2,1
Piuquén	-	-	-	1	-	-	-	0,2
Chorlo de la puna	20	26	15	50	4,6	8,9	4,0	9,6
Gaviota andina	6	3	11	1	1,4	1,0	2,9	0,2
Caití	15	14	19	33	3,4	4,8	5,1	6,3
Playero de Baird	5	23	18	19	1,1	7,9	4,8	3,7
Pollito de mar tricolor	4	44	2	42	0,9	15,1	0,5	8,1
Pitotoy chico	-	-	-	6	-	-	-	1,2
Tortolita de la puna	-	-	-	1	-	-	-	0,2
Tórtola	6	1	-	-	1,4	0,3	-	-
Halcón perdiguero	-	-	-	1	-	-	-	0,2
Halcón peregrino	-	2	-	-	-	0,7	-	-
Tagua andina	-	-	1	-	-	-	0,3	-
Tagua gigante	-	-	1	-	-	-	0,3	-
Minero común	-	1	-	-	-	0,3	-	-
Minero grande	-	-	-	1	-	-	-	0,2
Minero chico	-	12	-	29	-	4,1	-	5,6
Minero de la Puna	-	-	2	21	-	-	0,5	4,0
Tijeral común	1	2	-	2	0,2	0,7	-	0,4
Golondrina de dorso negro	3	-	4	-	0,7	-	1,1	-
Bailarín chico común	4	5	6	20	0,9	1,7	1,6	3,8
Chirihue verdoso	-	-	-	68	-	-	-	13,1
Mero de Tarapacá	-	-	-	1	-	-	-	0,2
Mero gaucho	-	2	-	-	-	0,7	-	-
Colegial del norte	-	2	2	2	-	0,7	0,5	0,4
Dormilona cenicienta	-	-	1	1	-	-	0,3	0,2

CLASE Nombre Común	AA				AR (%)			
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18
Dormilona chica	-	1	-	4	-	0,3	-	0,8
Dormilona de nuca rojiza	1	-	-	2	0,2	-	-	0,4
Garza grande	-	1	-	-	-	0,3	-	-
Flamenco andino o Parina grande	262	92	156	113	59,8	31,5	41,5	21,7
Flamenco de James o Parina chica	39	11	6	17	8,9	3,8	1,6	3,3
Flamenco chileno	63	46	125	67	14,4	15,8	33,2	12,9
TOTAL AVES	438	292	376	520	100,0	100,0	100,0	100,0
MAMMALIA								
Guanaco	-	2x	-	-	-	-	-	-
Zorro culpeo	6 + 3x	3	3 + 4x	11 + 1x	-	-	-	-
Puma	-	-	-	1x	-	-	-	-
Burro	8 + 5x	8 + 5x	4x	8 + 5x	-	-	-	-
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	7x	4 + 6x	6 + 6x	8 + 4x	-	-	-	-

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 1-10.

Abundancia = AA: Abundancia absoluta total; **AR:** Abundancia relativa; **FA:** Frecuencia absoluta; **FR:** Frecuencia relativa.

Campaña = I 16: Invierno 2016; **V 17:** Verano 2017; **I 17:** Invierno 2017; **V 18:** Verano 2018.

La X indica presencia indirecta.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12-4. Frecuencia absoluta y relativa (por clase) de fauna. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2018.

CLASE Nombre Común	FA				FR (%)			
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18
AMPHIBIA								
Sapo Espinoso	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
TOTAL AMPHIBIA	-	-	-	-	-	-	-	-
REPTILIA								
Lagartija de Constanza	5/25	3/25	1/25	5/25	20,0	12,0	4,0	20,0
Lagartija de Fabián	4/25	7/25	5/25	10/25	16,0	28,0	20,0	40,0
TOTAL REPTILIA	-	-	-	-	-	-	-	-
AVES								
Vari ceniciento	2/25	-	-	1/25	8,0	-	-	4,0
Aguilucho común	-	-	1/25	3/25	-	-	4,0	12,0
Pato jergón chico	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Pato juarjual	3/25	3/25	3/25	4/25	12,0	12,0	12,0	16,0
Piuquén	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Chorlo de la puna	8/25	10/25	7/25	9/25	32,0	40,0	28,0	36,0
Gaviota andina	3/25	2/25	6/25	1/25	12,0	8,0	24,0	4,0
Caití	6/25	4/25	6/25	3/25	24,0	16,0	24,0	12,0
Playero de Baird	2/25	9/25	3/25	5/25	8,0	36,0	12,0	20,0
Pollito de mar tricolor	2/25	7/25	1/25	2/25	8,0	28,0	4,0	8,0
Pitotoy chico	-	-	-	2/25	-	-	-	8,0
Tortolita de la puna	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Tórtola	2/25	1/25	-	-	8,0	4,0	-	-
Halcón perdiguero	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Halcón peregrino	-	1/25	-	-	-	4,0	-	-
Tagua andina	-	-	1/25	-	-	-	4,0	-
Tagua gigante	-	-	1/25	-	-	-	4,0	-
Minero común	-	1/25	-	-	-	4,0	-	-
Minero grande	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Minero chico	-	1/25	-	2/25	-	4,0	-	8,0
Minero de la Puna	-	-	1/25	4/25	-	-	4,0	16,0
Tijeral común	1/25	1/25	-	1/25	4,0	4,0	-	4,0
Golondrina de dorso negro	2/25	-	4/25	-	8,0	-	16,0	-
Bailarín chico común	2/25	2/25	2/25	3/25	8,0	8,0	8,0	12,0
Chirihue verdoso	-	-	-	2/25	-	-	-	8,0
Mero de Tarapacá	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Mero gaucho	-	2/25	-	-	-	8,0	-	-
Colegial del norte	-	2/25	1/25	1/25	-	8,0	4,0	4,0
Dormilona cenicienta	-	-	1/25	1/25	-	-	4,0	4,0

CLASE Nombre Común	FA				FR (%)			
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18
Dormilona chica	-	1/25	-	2/25	-	4,0	-	8,0
Dormilona de nuca rojiza	1/25	-	-	1/25	4,0	-	-	4,0
Garza grande	-	1/25	-	-	-	4,0	-	-
Flamenco andino o Parina grande	5/25	6/25	6/25	3/25	20,0	24,0	24,0	12,0
Flamenco de James o Parina chica	3/25	2/25	1/25	1/25	12,0	8,0	4,0	4,0
Flamenco chileno	7/25	8/25	8/25	5/25	28,0	32,0	32,0	20,0
TOTAL AVES	-	-	-	-	-	-	-	-
MAMMALIA								
Guanaco	-	2/25	-	-	-	8,0	-	-
Zorro culpeo	9/25	3/25	7/25	9/25	36,0	12,0	28,0	36,0
Puma	-	-	-	1/25	-	-	-	4,0
Burro	6/25	6/25	4/25	6/25	24,0	24,0	16,0	24,0
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	7/25	7/25	7/25	7/25	28,0	28,0	28,0	28,0

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 1-10.

Frecuencia = FA: Frecuencia absoluta; **FR:** Frecuencia relativa.

Campaña = I 16: Invierno 2016; **V 17:** Verano 2017; **I 17:** Invierno 2017; **V 18:** Verano 2018.

La X indica presencia indirecta.

Fuente: Elaboración Propia.

12.2.7 Abundancia por ambiente (densidad, comparación entre campañas)

Comparando las campañas realizadas, y en cuanto a la abundancia relativa por ambiente (estandarizando por el número de transectos), los reptiles presentan la mayor abundancia relativa en el ambiente de humedal pajonal, variando entre 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, sólo en verano 2018) y el matorral (con 0,4 individuos/transecto, sólo en verano 2018), mientras que los otros ambientes y campañas no registraron ejemplares (0,0 ind/transecto; **Tabla 12-5**).

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 38,7 ind/transecto en invierno 2016; seguido por 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), y por el matorral, con 13,5 ind/transecto (aunque sólo en 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 (**Tabla 12-5**).

Para los macromamíferos, ya se comparó la abundancia y frecuencia relativa por especie, y dado que para esta clase las evidencias son muy diferentes (incluyendo registros indirectos), no es aplicable un análisis grupal.

Tabla 12-5. Abundancia relativa (ind/ transecto) de reptiles y aves, en cada ambiente, en las 4 campañas de monitoreo (invierno 2016 a verano 2018).

CLASE	AMBIENTE Y CAMPAÑA																							
	Humedal salar (11)				ADV costra salar (1)				Herbazal (2)				Humedal pajonal (2)				Matorral (8)				Quebrada (1)			
	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18	I 16	V 17	I 17	V 18
REPTILIA	0,8	1,0	1,4	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	2,0	4,0	2,0	1,0	0,1	0,3	0,0	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0
AVES	38,7	24,5	33,6	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	13,0	0,1	0,1	0,0	13,5	1,0	15,0	0,0	10,0

Nota: entre paréntesis, se indica el número de transectos realizados por cada ambiente.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, en el caso de los micromamíferos trampeados, y para el total de campañas, de las 2 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 los ambientes en que se encontró, con 1 a 11 ejemplares), entre 0,8% (en el ambiente herbazal y humedal pajonal, en verano 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 tres campañas) a un 5,0% (en el ambiente de quebrada, en verano 2018; **Tabla 12-6**).

Comparando la abundancia relativa total de ambas especies de micromamíferos entre las campañas, y de acuerdo a lo esperado, hay una leve tendencia a registrar mayor abundancia en verano que en invierno. Lo anterior se verifica comparando los rangos: para el ratón andino, el IDR varía entre 0,8% a 3,3% (en invierno), y de 0,8% a 5,0% (en verano), en tanto que para el ratón orejudo amarillo, el rango de verano es muy similar (0,8% a 9,2%) al de invierno (1,7% a 11,7%; **Tabla 12-6**).

Tabla 12-6. Índice de Densidad Relativa (IDR) de los micromamíferos trampeados. Campañas de monitoreo de invierno 2016 a verano 2018.

ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE ROEDORES Y MARSUPIALES (%) POR CAMPAÑA													
Nombre común	INVIERNO 2016												
	HS		ADV_CS		Hb		HP		M		Q		
	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	IDR	N/TR	
Ratón andino	0	0/60	0	0/60	0	0/120	1,7	2/120	0,8	1/120	3,3	2/60	
Ratón orejudo amarillo	3,3	2/60	0	0/60	0	0/120	1,7	2/120	1,7	2/120	11,7	7/60	
VERANO 2017													
Ratón andino	0	0/60	0	0/60	1,7	2/120	0,8	1/120	0,8	1/120	0	0/60	
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	0	0/60	3,3	4/120	3,3	4/120	9,2	11/120	6,7	4/60	
INVIERNO 2017													
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	0	0/60	1,7	2/120	2,5	3/120	1,7	2/120	3,3	2/60	
VERANO 2018													
Ratón andino	0	0/60	0	0/60	0,8	1/120	0	0/120	0	0/120	5,0	3/60	
Ratón orejudo amarillo	0	0/60	6,7	4/60	0,8	1/120	0,8	1/120	2,5	3/120	6,7	4/60	

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

AMBIENTES: **HS:** Humedal salar; **ADV_CS:** área desprovista de vegetación costra salina; **HB:** herbazal; **HP:** humedal pajonal; **M:** matorral; **Q:** quebrada.

Fuente: Elaboración Propia.

12.2.8 Evolución de Fauna Vertebrados Terrestres

En la línea de base del proyecto, se establecieron diferentes escalas de comparación (tanto en riqueza y composición como en abundancia), y como controles a comparar se estableció el **total acumulado de varias campañas** (entre 2006 a 2015). En particular, para comparar con las campañas de invierno, se consideró la última campaña histórica de invierno realizada (julio 2014, en PMB, 2015), antes de nuestro primer monitoreo de invierno 2016; y para comparar con las campañas de verano, se consideró la última campaña histórica de verano realizada (febrero 2015, en PMB, 2015) antes de nuestro primer muestreo de verano 2017. De todas las campañas de Línea de Base, las de invierno 2014 y verano 2015 son las únicas posibles de comparar en términos de riqueza y abundancia (y en especial para las aves), mientras que el resto son comparables básicamente en la riqueza y composición de la fauna (y con la debida cautela, ya que no se incluyen los mismos ambientes y sectores que en este monitoreo). Además, es necesario destacar que en la campaña de Línea de Base de verano 2015, los datos aparecen agrupados en sistemas lagunares, no pudiéndose separar en los sistemas de La Punta y La Brava y Peine (como sí está separado en la campaña de Línea de Base de invierno 2014). De este modo, para la abundancia de aves, primero se hace una comparación general de todas las lagunas (con dos campañas de Línea de Base, invierno y verano), y luego se realiza una comparación más específica, separando los dos sectores: La Punta-La Brava y Peine, aunque con una sola campaña de Línea de Base (invierno).

12.2.8.1 Riqueza y composición

En una primera escala gruesa de comparación, las 45 especies registradas en estas cuatro 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 (**Tabla 12-7**). En dicho informe, se registra un total acumulado de 1 anfibio, 2 reptiles, 49 aves y 10 mamíferos, y, como era de esperar, casi todas las especies registradas en las campañas de invierno 2016 a verano 2018 se incluyen dentro de las 62 especies del total acumulado. Las excepciones a esta situación corresponden a la detección de las especies: garza grande (*Ardea alba*, registrada en verano 2017), piuquén (*Oressochen melanopterus*, registrada en verano 2018), tagua andina (*Fulica ardesiaca*) y tagua gigante (*Fulica gigantea*), ambas registradas en invierno 2017, y puma (*Puma concolor*, registrada en verano 2018). Todos estos casos corresponden al primer registro de estas especies para la zona, ya que no aparecen en ninguna de las campañas anteriores reportadas en el PMB, 2015.

Las campañas preliminares poseen diferente esfuerzo de muestreo (una, dos o varias estaciones) y se realizan en distintas estaciones del año, por lo que la comparación es general. En particular, comparado con el total acumulado con siete campañas de RWL

(desde junio de 2008 a febrero de 2015), el que corresponde a 45 especies (un anfibio, dos reptiles, 32 aves y 10 mamíferos, **Tabla 12-7**), la composición de especies de estas cuatro campañas de agosto 2016 a abril 2018 es muy similar, sólo variando la proporción entre aves (32 versus 35) y mamíferos (10 y 7).

Tabla 12-7. 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, y verano 2018.

CLASE	CAMPAÑAS													
	LÍNEA BASE (PMB)						TOTAL ACUMULADO		ACTUAL					
	Ju/Sep 2008	Mar 2010	Sept 2013	Abr 2014	Jul 2014	Feb 2015	Jun08-Feb15	+ Otros estudios (2006-2015)*	Ago 2016	Mar 2017	Ago 2017	Abr 2018	Ago-Abr 2016-2018	
Anfibios	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	
Reptiles	1	2	0	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	
Aves	12	6	21	14	10	10	32	49	15	19	17	27	35	
Mamíferos	5	4	4	5	5	6	10	10	5	6	4	6	7	
TOTAL	18	12	26	21	17	17	45	62	22	27	23	36	45	

Fuente: Elaboración Propia en base a PMB (2015).

* = Incluye además dos estudios adicionales (i.e. SQM 2006-2012 y MEL 2009), cuya información está contenida en PMB (2015).

A una escala menor, de riqueza de especies por sistemas, como a) La Punta y La Brava y b) Peine (Salada, Saladita e Interna, como los sistemas probablemente más sensibles, como ambientes acuáticos), en el total acumulado la composición de especies en ambos sistemas es bastante similar. En el sistema La Punta y La Brava, en el total acumulado (anterior a estos monitoreos) se han registrado 14 especies de aves, 1 mamífero y 1 reptil, mientras que en las cuatro campañas de invierno 2016 a verano 2018 se observaron 19 especies (16 aves, 1 reptil y 2 mamíferos). Por otra parte, el Sistema Peine (considerando sólo las lagunas Salada, Saladita e Interna) presenta un total acumulado de 17 especies (1 reptil y 16 aves), mientras que en las cuatro campañas de invierno 2016 a verano 2018 se registraron 14 especies (1 reptil, 1 mamífero y 12 aves). Como es esperable, la riqueza de ambos sistemas de las campañas de invierno 2016 hasta el verano 2018 es un subconjunto (Peine) o muy similar (La Punta y La Brava) al total acumulado en varias campañas anteriores; con excepción del pato jergón chico (observado en verano 2018 en Peine), el piuquén (observado en verano 2018 en La Punta y la Brava), el pitotoy chico (observado en verano 2018 en La Punta y la Brava), la tagua andina y tagua gigante (ambas observadas en invierno 2017 en Peine y La Punta y la Brava, respectivamente), y la garza grande (observada en verano 2017 en La Punta y la Brava).

En la escala de riqueza por campaña estacional, y comparando el registro de las campañas de invierno 2016 e invierno 2017, con la última campaña de invierno de líneas de base anterior (julio 2014, PMB 2015), se observa que la riqueza total de invierno de 2016 (con 22 especies, de las cuales 2 son reptiles, 15 son aves y 5 son mamíferos) e invierno 2017 (con 23 especies: 2 reptiles, 17 aves y 4 mamíferos), son superiores a la registrada en julio de 2014, con 17 especies (2 reptiles, 10 aves y 5 mamíferos), y la identidad de las especies es básicamente la misma, por lo que la composición de fauna es similar (siendo en este caso la fauna de invierno 2014 un subconjunto de la fauna registrada en los inviernos recientes).

Específicamente, para las aves, en el sistema acuático de La Punta y La Brava, la riqueza de especies observada en invierno de 2016 (con 9 especies) e invierno 2017 (con 13 especies) es mucho mayor a la observada en invierno de 2014 (con 6 especies; **Tabla 12-8**). Idéntico resultado se observa en el Sistema Peine (sólo las lagunas Salada, Saladita e Interna), con 6 aves en invierno 2014 y 9 en invierno 2016 e invierno 2017 (**Tabla 12-8**). En relación a la composición de especies, y para ambos sistemas, las especies de aves registradas en 2014 son un subconjunto de las observadas en 2016 y 2017, y tal vez el caso más interesante se da en La Punta y La Brava, con la ausencia de ejemplares de parina grande, y en menor medida, de gaviota andina, en 2014; mientras que en las lagunas Salada, Saladita e Interna, destaca la ausencia de pollito de mar tricolor y gaviota andina en 2014 (**Tabla 12-8**).

La riqueza de aves de los sistemas lagunares agrupados es significativamente mayor en verano 2017 (con 12 especies) y verano 2018 (14 especies), que en verano 2015 (con 7 especies; **Tabla 12-8**). En relación a la composición de especies, las especies de aves registradas en verano 2015 son un subconjunto de las observadas en 2017 y 2018; salvo por el pato colorado registrado en 2015), por el pitotoy chico (registrado en verano 2018), y por la garza grande (registrada en verano 2017; **Tabla 12-8**).

Tabla 12-8. Comparación de la riqueza y composición de aves en los sistemas acuáticos del área de estudio, para las campañas de invierno 2014, invierno 2016 e invierno 2017, y verano 2015, verano 2017 y verano 2018.

Nombre común	Humedal Salar								
	La Punta-La Brava			Peine (Salada, Saladita e Interna)			La Punta-La Brava y Peine (Salada, Saladita e Interna)		
	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017	Verano 2018
Pato colorado							X		
Pato jergón chico									X
Pato juarjual	X	X	X	X	X	X		X	X

Nombre común	Humedal Salar								
	La Punta-La Brava			Peine (Salada, Saladita e Interna)			La Punta-La Brava y Peine (Salada, Saladita e Interna)		
	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Invierno 2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017	Verano 2018
Piuquén									X
Chorlo de la puna	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gaviota andina		X	X		X	X		X	X
Caití	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Playero de Baird	X	X	X			X	X	X	X
Pollito de mar tricolor			X		X			X	X
Pitotoy chico									X
Tagua andina						X			
Tagua gigante			X						
Golondrina de dorso negro			X		X	X			
Bailarín chico común		X	X					X	X
Colegial del norte			X				X	X	X
Garza grande								X	
Flamenco andino o Parina grande		X	X	X	X	X	X	X	X
Flamenco de James o Parina chica	X	X	X	X	X			X	X
Flamenco chileno	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TOTAL POR AMBIENTE	6	9	13	6	9	9	7	12	14

Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de la composición de especies de reptiles, en invierno, las 2 especies registradas en las campañas de invierno 2016 e invierno 2017 (lagartija de Constanza y lagartija de Fabián) son las mismas observadas en las campañas de Línea de Base de 2014 (dos campañas: Abril y Julio), y algo similar ocurre para las especies de mamíferos, con especies frecuentes como el zorro culpeo, el tuco-tuco de Atacama y los roedores *Phyllotis xanthopygus* y *Abrothrix andinus*. Existen algunas leves diferencias con invierno de 2016, como la presencia de la yaca de la Puna (*Thylamys pallidior*) y la ausencia de burros, en las campañas de 2014 (Tabla 12-9).

En el caso de la comparación entre campañas estivales, en verano de 2017 y verano 2018 se observaron las 2 especies de reptiles, mientras que en verano 2015 no se registró la lagartija de Constanza; para los mamíferos, en tanto, en verano de 2017 y verano 2018 se observaron 6 mamíferos, mientras que en verano 2015 se registraron 5 especies, siendo el

guanaco y el puma las especies presentes en la campañas de verano 2017 y verano 2018 respectivamente, y que no fueron registradas en verano 2015 (**Tabla 12-9**).

Tabla 12-9. Comparación de la riqueza y composición de reptiles y mamíferos en el área de estudio, para las campañas de 2014 (abril y Julio) e inviernos 2016 y 2017, y veranos 2015, 2017 y 2018.

CLASE Nombre Común	CAMPAÑA					
	2014 (PMB)	Invierno 2016	Invierno 2017	Verano 2015 (PMB)	Verano 2017	Verano 2018
REPTILES						
Lagartija de Constanza	X	X	X		X	X
Lagartija de Fabián	X	X	X	X	X	X
MAMÍFEROS						
Guanaco					X	
Zorro culpeo	X	X	X	X	X	X
Puma						X
Yaca de la puna	X					
Burro		X	X	X	X	X
Ratón andino	X	X		X	X	X
Ratón orejudo amarillo	X	X	X	X	X	X
Chululo, Tuco-tuco de Atacama	X	X	X	X	X	X
RIQUEZA TOTAL	7	7	6	6	8	8

Fuente: Elaboración Propia.

12.2.8.2 Abundancia

Para las aves, en la primera escala de comparación, agrupando todos los sistemas lagunares (La Punta-La Brava-Peine) y considerando tanto las cuatro campañas de monitoreo como las dos campañas de Línea de Base), se han registrado 19 especies en total (**Tabla 12-10**). De ellas, sólo una especie (el pato colorado) se ha registrado en la Línea de Base y no en el monitoreo (aunque con dos ejemplares solamente, en verano 2015; **Tabla 12-10**). Por el contrario, 10 especies se han observado en el monitoreo y no en la Línea de Base, con tres especies numéricamente abundantes, como el pollito de mar tricolor (con rango entre 2 a 44 ejemplares), la gaviota andina (1 a 11 individuos) y el bailarín chico (2 a 14 ejemplares), mientras que el resto son muy escasas (uno a 3 individuos; **Tabla 12-10**). Finalmente, ocho especies se han registrado tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, entre los cuales destacan los flamencos (**Tabla 12-10**).

Tabla 12-10. Comparación de la abundancia de aves en los sistemas lagunares (La Punta-La Brava y Peine), para los periodos de Línea de Base y monitoreo.

SISTEMAS LAGUNARES (LA PUNTA - LA BRAVA Y PEINE)						
Nombre Común	Línea Base		Monitoreos			
	Invierno 2014	Verano 2015	Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018
Pato colorado	0	2	0	0	0	0
Pato jergón chico	0	0	0	0	0	3
Pato juarjual	8	0	0	4	0	11
Piuquén	0	0	0	0	0	1
Chorlo de la puna	5	9	20	26	15	50
Gaviota andina	0	0	6	3	11	1
Caití	16	2	15	14	19	33
Playero de Baird	1	22	5	23	18	19
Pollito de mar tricolor	0	0	4	44	2	42
Pitotoy chico	0	0	0	0	0	3
Tagua andina	0	0	0	0	1	0
Tagua gigante	0	0	0	0	1	0
Golondrina de dorso negro	0	0	3	0	3	0
Bailarín chico común	0	0	2	4	4	14
Colegial del norte	0	2	0	2	2	2
Garza grande	0	0	0	1	0	0
Parina grande	135	32	262	92	156	113
Parina chica	79	0	39	11	6	17
Flamenco chileno	32	15	63	46	125	67
TOTAL	276	84	419	270	363	376

Fuente: Elaboración propia.

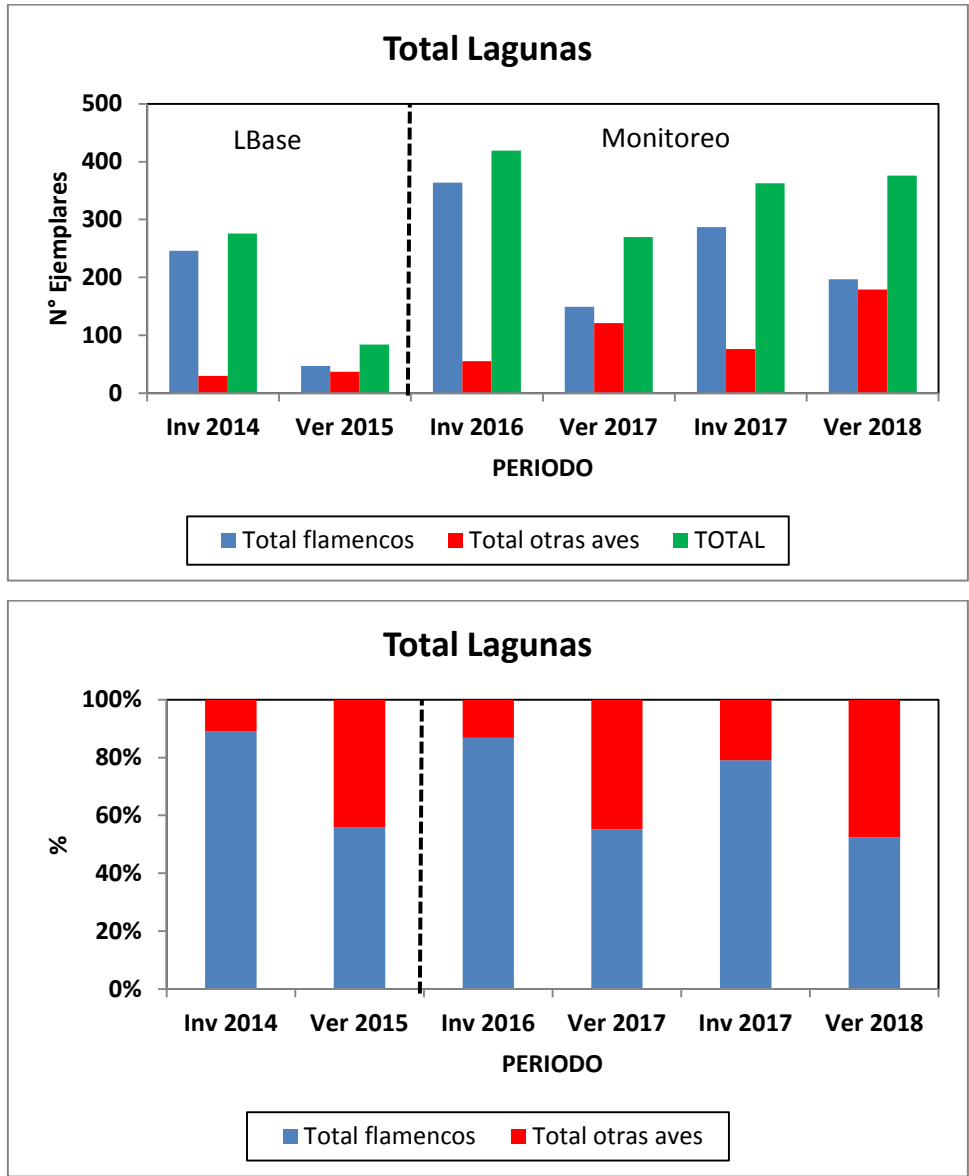
Finalmente, se agrupan las abundancias de los flamencos en relación al resto de las aves. Esto se analiza pues estas tres especies acuáticas son, por una parte, las más importantes numéricamente, y por otra, todas se consideran amenazadas.

En relación a la abundancia absoluta, se observa antes que nada, una clara variación estacional: tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, las abundancias totales son mayores en invierno que en verano (excepto por el verano 2018; **Figura 12-2**). Por otra parte, los flamencos son numéricamente dominantes en todas las campañas (aunque mucho mayor en invierno que en verano) y tanto en la línea de Base como en el monitoreo (**Figura 12-2**). Las abundancias totales de las aves son mayores en todo el periodo de monitoreo que en las dos campañas de Línea de Base. Así, en el monitoreo las abundancias totales varían entre 270 a 419 ejemplares, mientras que en Línea de Base los valores oscilaron entre 84 y

276 ejemplares. En particular, para los flamencos, también las abundancias totales son mayores en el monitoreo (149 a 364) que en la Línea de Base (47 a 246). En abundancia relativa (y considerando todas las campañas), los flamencos varían en un rango mínimo entre 52% a 56% en verano, mientras que aumentan a un rango máximo entre 79% a 89% aproximadamente, en invierno (**Figura 12-2**).

Por lo tanto, y en resumen, analizando a los sistemas lagunares como un todo, la riqueza y abundancia de aves acuáticas muestran resultados relativamente similares (e incluso mayores) en el monitoreo en comparación a la Línea de Base.

Figura 12-2. 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.



Fuente: Elaboración Propia.

En el caso del análisis separado por sector, para el sistema hidrológico Peine (lagunas Salada, Saladita e Interna), se han registrado 12 especies en total (**Tabla 12-11**). De ellas, 6 especies se han observado en el monitoreo y no en la Línea de Base, con tres especies numéricamente abundantes, como el pollito de mar tricolor (con rango entre 0 a 44 ejemplares) y el playero de Baird (0 a 17 ejemplares), mientras que el resto son muy escasas (uno a 3 individuos; **Tabla 12-11**). Finalmente, otras seis especies se han registrado tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, entre los cuales destacan los flamencos (**Tabla 12-11**).

Tabla 12-11. 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.

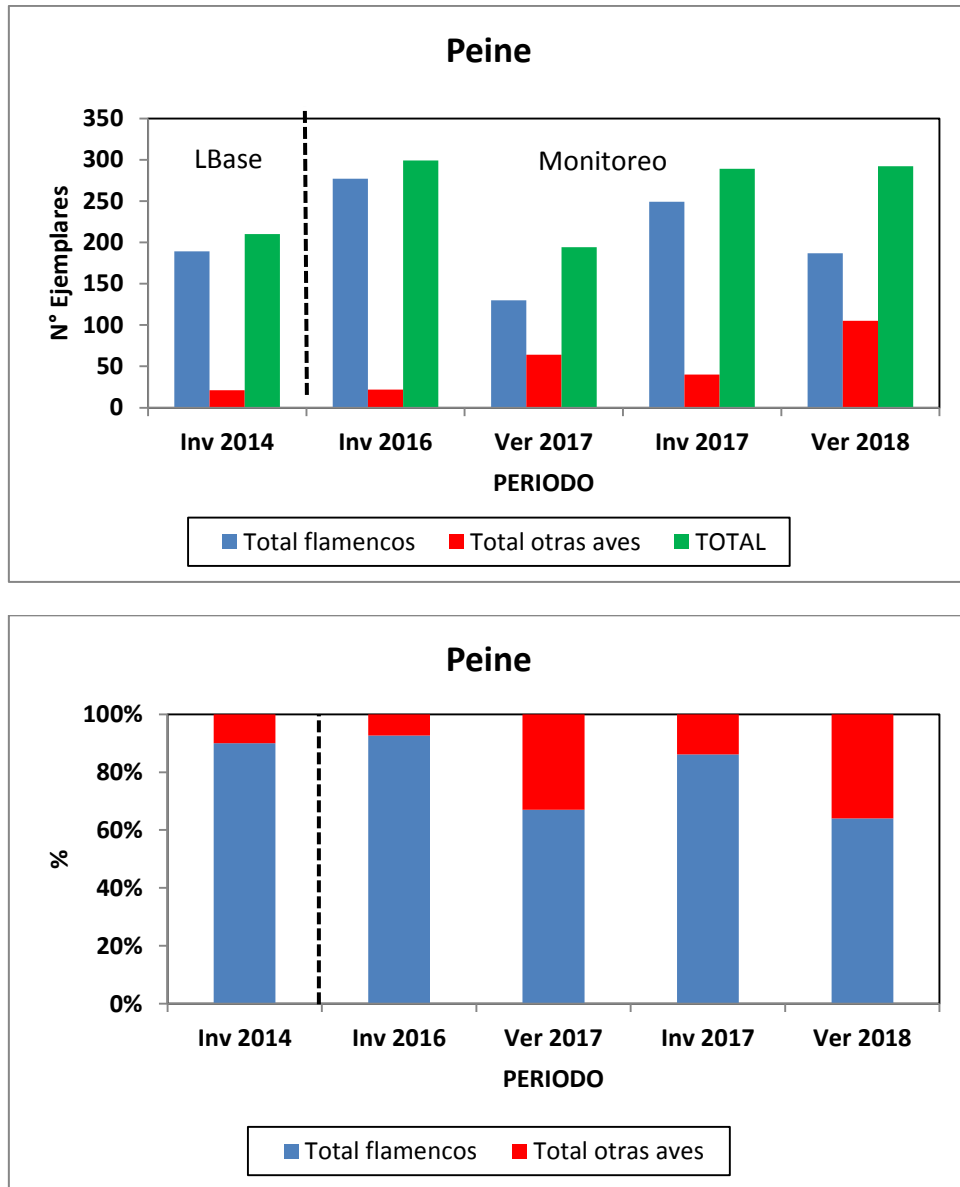
SISTEMA HIDROLÓGICO PEINE (LAGUNAS SALADA - SALADITA - INTERNA)					
Nombre Común	Línea Base	Monitoreos			
	Invierno 2014	Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018
Pato jergón chico	0	0	0	0	3
Pato juarjual	4	1	2	3	4
Chorlo de la puna	3	6	14	7	14
Gaviota andina	0	2	0	3	0
Caití	14	6	12	6	33
Playero de Baird	0	0	12	17	9
Pollito de mar tricolor	0	4	24	0	42
Tagua andina	0	0	0	1	0
Golondrina de dorso negro	0	3	0	3	0
Parina grande	135	219	85	145	112
Parina chica	40	11	11	0	17
Flamenco chileno	14	47	34	104	58
TOTAL	210	299	194	289	292

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las abundancias de los flamencos y el resto de las aves, se observa de nuevo una clara variación estacional: las abundancias totales son mayores en invierno que en verano (**Figura 12-3**). Por otra parte, los flamencos son numéricamente dominantes en todas las campañas, independiente de la estación y tanto en la Línea de Base como en el monitoreo (**Figura 12-3**). Las abundancias totales de las aves son mayores en el monitoreo (salvo verano 2017) que la campaña de Línea de Base. Así, en el monitoreo las abundancias totales varían entre 194 a 299 ejemplares, mientras que en Línea de Base el valor es de 210 ejemplares. Para los flamencos, también las abundancias totales son mayores en el monitoreo (130 a 277) que en la Línea de Base (189). En abundancia relativa, los flamencos varían entre un rango de cerca de 64% (en verano 2018), a un máximo de más de un 92% (en invierno 2016; **Figura 12-3**).

Por lo tanto, analizando al sistema hidrológico de Peine, la riqueza y abundancia de aves acuáticas muestran resultados relativamente similares (o incluso mayores) entre el monitoreo en relación a la Línea de Base.

Figura 12-3. 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.



Fuente: Elaboración propia.

Para el sistema hidrológico de La Punta y La Brava, se han registrado 16 especies en total (**Tabla 12-12**). De ellas, 10 especies se han observado en el monitoreo y no en la Línea de Base, con tres especies numéricamente abundantes, como la parina grande (con rango entre 1 a 43 ejemplares), el pollito de mar tricolor (entre 0 a 20 individuos) y el bailarín chico (2 a 14 ejemplares), mientras que el resto son muy escasas (uno a 3 individuos; **Tabla 12-12**). Finalmente, otras seis especies se han registrado tanto en la Línea de Base como en el monitoreo, entre los cuales destacan dos especies de flamencos (**Tabla 12-12**).

Tabla 12-12. Comparación de la abundancia de aves en el sistema hidrológico La Punta y La Brava, para los periodos de Línea de Base y monitoreo.

SISTEMA HIDROLÓGICO LA PUNTA - LA BRAVA					
Nombre Común	Línea Base	Monitoreos			
	Invierno 2014	Invierno 2016	Verano 2017	Invierno 2017	Verano 2018
Pato juarjuel	4	6	2	3	7
Piuquén	0	0	0	0	1
Chorlo de la puna	2	14	13	8	36
Gaviota andina	0	4	3	8	1
Caití	2	9	2	13	0
Playero de Baird	1	5	11	1	10
Pollito de mar tricolor	0	0	20	2	0
Pitotoy chico	0	0	0	0	3
Tagua gigante	0	0	0	1	0
Golondrina de dorso negro	0	0	0	1	0
Bailarín chico común	0	2	4	4	14
Colegial del norte	0	0	2	2	2
Garza grande	0	0	1	0	0
Parina grande	0	43	7	11	1
Parina chica	39	28	0	6	0
Flamenco chileno	18	16	12	21	9
TOTAL	66	127	77	81	84

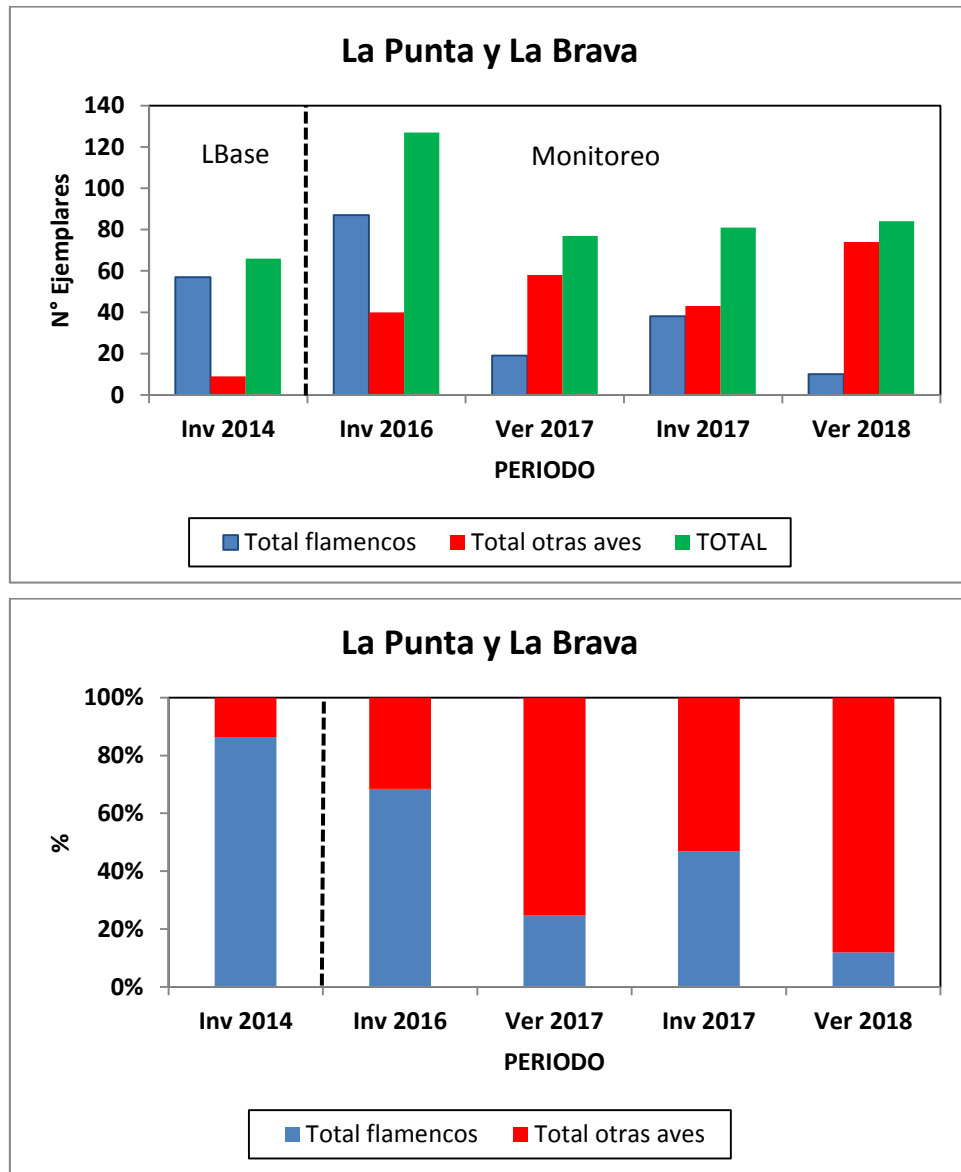
Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las abundancias de los flamencos y el resto de las aves, no se observan tendencias tan claras como en Peine. No existe una variación estacional clara (y con valores absolutos mucho menores que en Peine). Por otra parte, los flamencos son numéricamente dominantes sólo en la Línea de Base y en la primera campaña de monitoreo (invierno 2016), lo que se revierte en las otras tres campañas de monitoreo (**Figura 12-4**). Las abundancias totales de las aves son mayores en el monitoreo que la campaña de Línea de Base. Así, en el monitoreo las abundancias totales varían entre 77 a 127 ejemplares, mientras que en Línea de Base el valor es de 66 ejemplares. Sin embargo, para los flamencos, las

abundancias totales son mayores sólo en el monitoreo de invierno 2016 (87 individuos) que en la Línea de Base (57), mientras que en las otras tres campañas de monitoreo los valores son menores a la Línea de Base (10 a 38 ejemplares; **Figura 12-4**). Sin embargo, cabe destacar que los valores absolutos de flamencos son bastante menores en La Punta y La Brava (decenas de ejemplares como máximo) que en Peine (centenares de individuos). En abundancia relativa, los flamencos varían entre un mínimo de cerca de 12% (en verano 2018), a un máximo de más de un 86%, en invierno 2014 (**Figura 12-4**).

Por lo tanto, analizando al sistema hidrológico de La Punta y La Brava, 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, con menores valores en el monitoreo que en la Línea de Base.

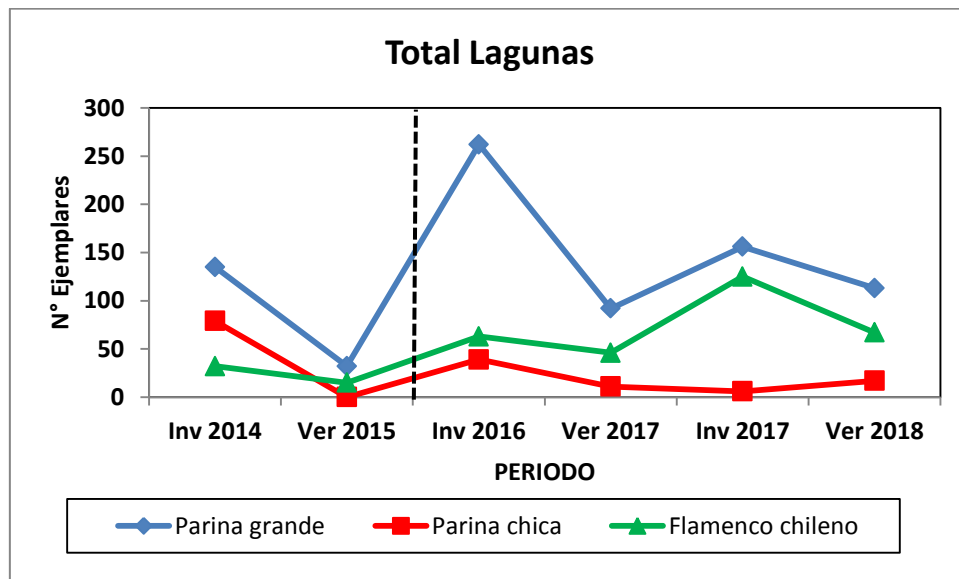
Figura 12-4. Comparación de abundancia absoluta (figura superior) y relativa (figura inferior) entre las especies de flamencos y las otras aves registradas en el sistema hidrológico La Punta y La Brava. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

A una escala más fina de análisis, comparando las tres especies de flamencos, en los sistemas lagunares de La Punta-La Brava y Peine considerados en conjunto, la especie dominante es la parina grande, y muestra mayores valores en el monitoreo (92 a 262 ejemplares) que en la Línea de base (32 a 135 ejemplares; **Figura 12-5**). El flamenco chileno, la segunda especie dominante, también muestra mayores valores en el monitoreo (46 a 125 ejemplares) que en la Línea de base (15 a 32 ejemplares; **Figura 12-5**). Finalmente, para la parina chica (la especie menos abundante), los valores del monitoreo (6 a 39) son menores al valor máximo de la Línea de Base (con rango entre 0 a 79 ejemplares; **Figura 12-5**).

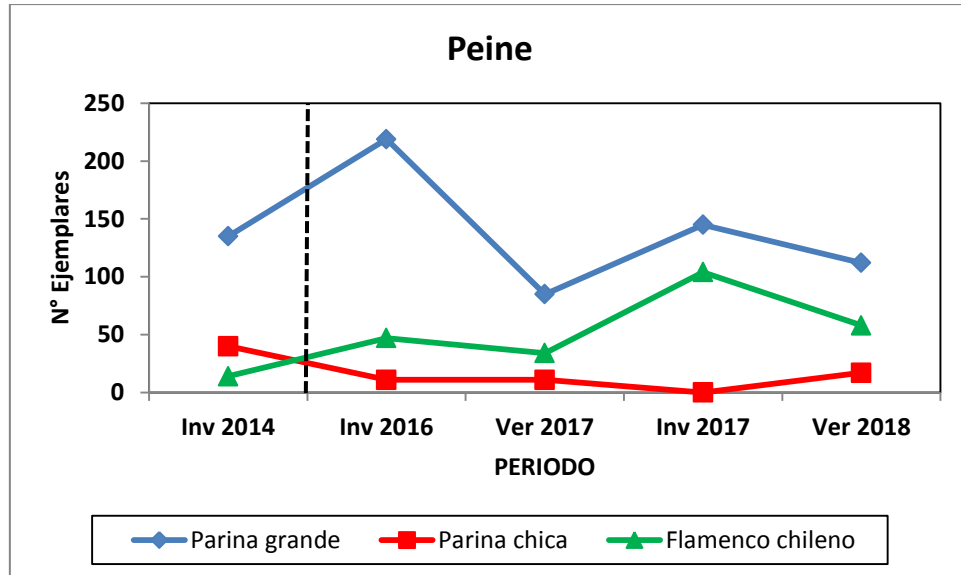
Figura 12-5. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en los sistemas lagunares de La Punta, La Brava y Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Para el sistema hidrológico Peine, comparando las tres especies de flamencos, la especie dominante es la parina grande, y muestra mayores valores en el monitoreo (85 a 219 ejemplares) que en la Línea de base (135 ejemplares), sobre todo considerando los inviernos. El flamenco chileno, la segunda especie dominante, también muestra mayores valores en el monitoreo (34 a 104 ejemplares) que en la Línea de base (14 ejemplares; **Figura N° 12-1**). Finalmente, para la parina chica (la especie menos abundante), los valores del monitoreo (0 a 17) son menores a la Línea de Base (40 ejemplares; **Figura N° 12-1**).

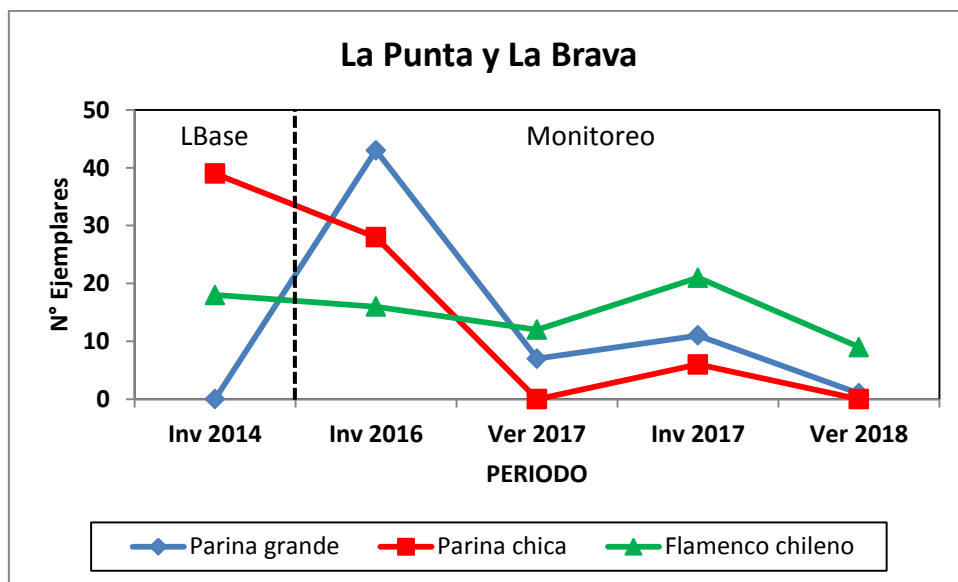
Figura N° 12-1. Comparación de abundancia absoluta entre las especies de flamencos registradas en el sistema hidrológico Peine. La línea punteada vertical separa el periodo de Línea de Base y Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el sistema hidrológico de La Punta y La Brava, comparando las tres especies de flamencos, la parina grande (no dominante en todas las campañas) muestra mayores valores en el monitoreo (1 a 43 ejemplares) que en la Línea de base (0 ejemplar; **Figura N° 12-2**). El flamenco chileno muestra similares valores en el monitoreo (9 a 21 ejemplares) que en la Línea de base (18 ejemplares). Por último, para la parina chica (la especie menos abundante), los valores del monitoreo (0 a 28) son menores a la Línea de Base (39 ejemplares; **Figura N° 12-2**).

Figura N° 12-2. 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.



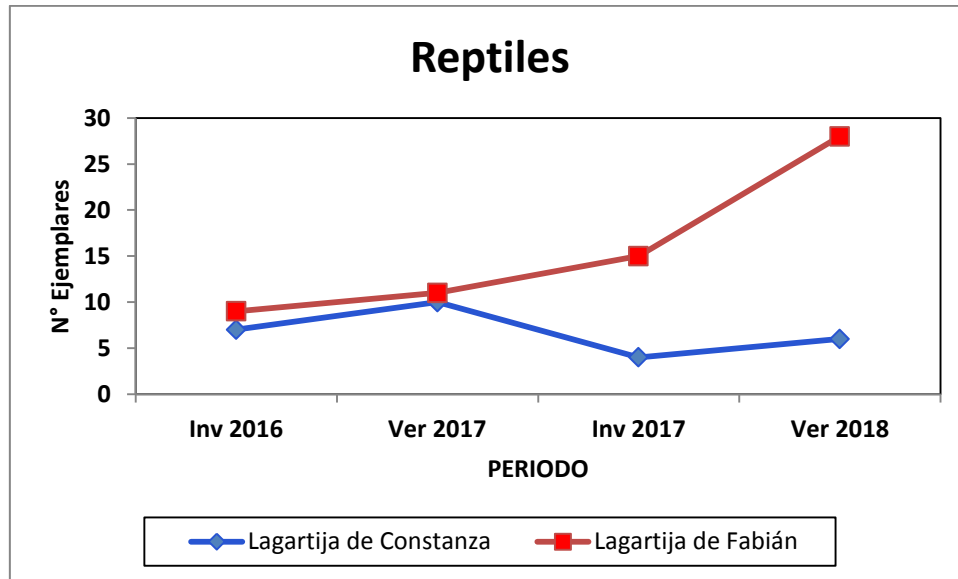
Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, las variaciones de abundancia de las tres especies de flamencos muestran que la parina chica es la especie que podría estar disminuyendo sus abundancias, pero sólo en el sistema La Punta y La Brava, y con valores absolutos de pocos ejemplares, mientras que en Peine, las abundancias son mayores en el monitoreo que en la Línea de Base.

En resumen, para ambos sistemas acuáticos y en los dos periodos analizados (Línea de Base y monitoreo), las abundancias se comportan de forma variable: algunas especies aumentan (o aparecen nuevas especies en el monitoreo), otras disminuyen (parina chica en La Punta y La Brava) y otras no muestran cambios notorios, pero se mantiene el patrón general de que las tres especies de flamencos son las que dominan numéricamente los salares.

En el caso de los reptiles, los valores de abundancia son poco comparables, ya que en invierno de 2014 se indica un valor de 5 ind/ha de cada una de las dos especies (*Liolaemus constanzae* en matorral, y *Liolaemus fabiani* en humedal), pero no se especifica el número de transectos realizados por ambiente, lo que dificulta la comparación. Sin embargo, comparando las abundancias absolutas de las dos especies en todo el monitoreo (y para toda el área de estudio), se observa que para la lagartija de Constanza, se han contabilizado entre 4 a 10 ejemplares (con los menores valores en las últimas campañas), mientras que en el caso de la lagartija de Fabián, su número ha oscilado entre 9 a 28 ejemplares, aumentando gradualmente (Figura N° 12-3).

Figura N° 12-3. 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.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para los mamíferos la comparación de abundancia no es aplicable, ya que para invierno de 2014 y verano 2015 se indica sólo la presencia de mamíferos (algunos incluso mediante presencia indirecta), sin especificar la abundancia (PMB, 2015).

Si bien en las campañas de monitoreo se agregaron más estaciones de muestreo (9 a las 16 propuestas por la RCA), las comparaciones son igualmente válidas y representativas, sobre todo para las aves en los sectores de las lagunas de La Punta y La Brava, y Peine (Salada, Saladita e Interna), ya que en ellas (por ser lugares abiertos, planos y con baja cobertura vegetal), se realizó más bien un censo que un muestreo, lo que lo hace relativamente independiente del número de puntos (y por lo tanto, las comparaciones son válidas). Por otra parte, en los ambientes terrestres, efectivamente el aumentar el tamaño muestral podría implicar un aumento de la probabilidad de registros nuevos, haciéndolo más representativo del área de estudio.

12.3 En relación con Tapetes Microbianos

12.3.1 Análisis y Evolución Tapetes Microbianos por Sector

Las campañas de monitoreo anual Invierno 2016 - Verano 2017 e Invierno 2017 - Verano 2018 de tapetes microbianos, corresponden a registros de este sub-componente y representan información de base para esta variable lo que contribuirá a conocer su comportamiento físico en el tiempo. La discusión para esta componente por lo tanto, considera las 4 campañas ya realizadas para esta variable.

Los resultados observados en verano 2017 y verano 2018, se registran bajo una condición post-lluvias estivales que refieren a precipitaciones producidas durante el fenómeno meteorológico conocido como invierno altiplánico (enero-marzo). En el caso particular de este año 2018, en la zona misma de las lagunas, no se registraron lluvias²⁹, pero si en el resto del Salar.

Del monitoreo se tiene que en la primera campaña invierno 2016 (M1), el 75% de los puntos de monitoreo presentó tapetes microbianos, sin embargo, en las campañas siguientes verano 2017 (M2), invierno 2017 (M3), y verano 2018 (M4) solamente el 68% de los puntos presentó estas comunidades microbianas. Al respecto, esta disminución se relaciona con el Sector Tilopozo, en particular con el punto TB-2, el cual presentó tapetes microbianos en invierno 2016 (M1), sin embargo, en las campañas de monitoreo siguientes no se evidenció presencia de estas comunidades.

En relación a la estructura de pigmentación en tapetes microbianos según la aproximación propuesta de macrozonas, se observa la presencia de tres tipología de tapetes, cada tipología de tapete presenta frecuencias diferentes a lo largo de los cuatro años de monitoreo (**Tabla N° 12-5; Tabla N° 12-6; Tabla N° 12-7**), estas tipologías corresponden a:

- A.-TIPO 1: Tapetes que presentan tres macrozonas de pigmentación: Sub-superficial, Intemedía y Profunda.
- B.-TIPO 2: Tapetes que presentan dos macrozonas de pigmentación: Sub-superficial-Intermedia/ Intermedia-Profunda
- C.-TIPO 3: Tapetes que presentan solo una macrozona de pigmentación: Sub-superficial.

²⁹ Albemarle, entregó Informe Anual N°2 del PSAH en marzo 2018, con toda la información hídrica de sus componentes, a través de Comprobante SMA Cód. 68267 de fecha 29 de marzo 2018 . Datos en Anexo A Planilla Variables Meteorológicas (1970-2017).pdf. del PSAH N°2; y mantiene registros de estación en Línea.

En los sistemas, que presentan tapetes con tres macrozonas, la macrozona Sub-superficial presenta frecuentemente capas de color verde y naranja, las macrozonas siguientes presentan capas pigmentadas cuyas frecuencias varían por sector (Peine, La Punta-La Brava) y entre puntos de monitoreo de un mismo sector. Las capas más frecuentes al respecto son capa de color rosado en la macro-zona Intermedia y capas de color café en la macro-zona Profunda.

De las estaciones que registraron presencia de tapetes microbianos, en M1 el 66,6% de las estaciones exhibe tapetes con estructura de pigmentación de tres macrozonas (Tipología 1); para M2 el porcentaje de estaciones con esta tipología 1 corresponde al 91%; en M3 la proporción de estaciones con tapetes Tipología 1 es de 91% y en M4 el 82% de las estaciones presenta tapetes con esta tipología.

Las diferencias entre M1 y M2, referente a la estructura de pigmentación, se relaciona con el Sector Peine, particularmente con las Laguna Saladita y Laguna Interna. Al respecto, en M2 laguna Saladita (SA-25), presenta tapetes de base vegetal con tres macrozonas a diferencia de M1 donde se observaron tapetes vegetales con solo dos macrozonas, lo cual puede relacionarse con la heterogeneidad espacial del microecosistema y estado de madurez del tapete. En el caso de Laguna Interna (I-11), en M2 se identifican tapetes sumergidos que presentan tres macrozonas, este registro se suma a lo observado en M1, donde se detectaron tapetes superficiales que se caracterizan por presentar solo una macrozona (Sub-superficial).

En cuanto a la variación observada entre M3 y M4, se relaciona con el Sector Peine, específicamente Laguna Saladita (S-11). En M4 este sistema presenta tapetes carentes de la macrozona profunda, sin embargo, en monitoreos previos (M1, M2 y M3) los tapetes localizados en S-11 presentaban una macro-zona profunda. Estos tapetes se distinguían por presentar además una sólida estructura física, con capas estructuradas uniformemente y de intensa pigmentación. Dichas características no se observaron al respecto para M4, sino más bien una condición deteriorada. Esta situación puede relacionarse con etapas iniciales de degradación del tapete. De esta forma, es muy importante señalar que el Salar de Atacama es un ecosistema heterogéneo y frágil donde pequeños cambios en las condiciones ambientales pueden alterar el equilibrio de las comunidades microbianas.

A continuación, según comparación de dos condiciones estacionales semejantes, se señalan aspectos relevantes de la estructura pigmentaria de tapetes microbianos en el Sector Peine, La Punta-La Brava y Tilopozo, para cada condición.

Campañas monitoreo Invierno 2016/2017

En relación a la estructura pigmentaria de los tapetes microbianos en invierno 2017 respecto a invierno 2016, para el sector de Peine se observa mayor presencia de tapetes que exhiben tres macrozonas de pigmentación (Tipología 1) En el sector La Punta-La Brava en tanto, la

estructura de tres macrozonas de pigmentación observada en M1 se mantiene para todas las estaciones en M3 (**Tabla N° 12-6**). Respecto al sector Tilopozo en M3 no se registraron tapetes microbianos, a diferencia de M1 que si presentaba estas comunidades, las cuales exhibían dos macrozonas de pigmentación (**Tabla N° 12-7**).

Respecto al número de capas observadas en Invierno 2016 e invierno 2017, si se comparan los promedios ponderados por sistema lagunar se observa que en M3 dos sistemas no varían el número de capas respecto a M1 (Laguna Salada y Laguna Saladita). Los demás sistemas en M3 presentan aumento de número de capas respecto a M1, tales sistemas corresponden a: Laguna Interna, Laguna La Punta y Laguna La Brava (**Figura N° 12-4**).

Campañas monitoreo verano 2017/2018

En relación a la estructura pigmentaria de los tapetes microbianos en verano 2018 respecto a verano 2017, para el Sector Peine se observa disminución de tapetes con estructura de pigmentación de tres macrozonas (Tipología 1), mayor presencia de tapetes que presentan dos macrozonas (Tipología 2) y menor presencia de tapetes que exhiben solo una macrozona (Tipología 1) En este contexto, de acuerdo a esta disminución de tapetes con pigmentación de tres macro-zonas, se establece “pérdida” de estratificación coloreada para el sistema Laguna Saladita, específicamente para el punto S-11, con la desaparición de capas de pigmentación café localizadas en la zona profunda de los tapetes.

Referente al Sector La Punta-La Brava se observa en M4 continuidad de tapetes que presentan tres macrozonas de pigmentación como lo observado en M2 en los sistemas del sector (**Tabla N° 12-6**).

Referente a M2 y M4, en base a los promedios ponderados del número de capas por sistema Lagunar, se observa en M4 aumento del número de capas respecto a M2 en dos sistemas: Laguna Salada y Laguna Interna. Sin embargo, en los sistemas restantes en M4 se observa disminución del número de capas respecto a M2 (Laguna Saladita, Laguna La Punta y Laguna La Brava) (**Figura N° 12-5**).

Tabla N° 12-5. Cuadro resumen de la presencia de tipos de tapetes en base a macrozonas de pigmentación, en sector Peine.

Tipología Tapetes microbianos	Invierno		Verano	
	2016 (M1)	2017(M3)	2017(M2)	2018(M4)
1	3	5	5	4
2	1	1	1	2
3	3	1	2	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12-6. Cuadro resumen de la presencia de tipos de tapetes en base a macrozonas de pigmentación en Sector La Punta-La Brava.

Tipología Tapetes microbianos	Invierno		Verano	
	2016 (M1)	2017(M3)	2017(M2)	2018(M4)
1	5	5	5	5
2	0	0	1	1
3	0	0	0	0

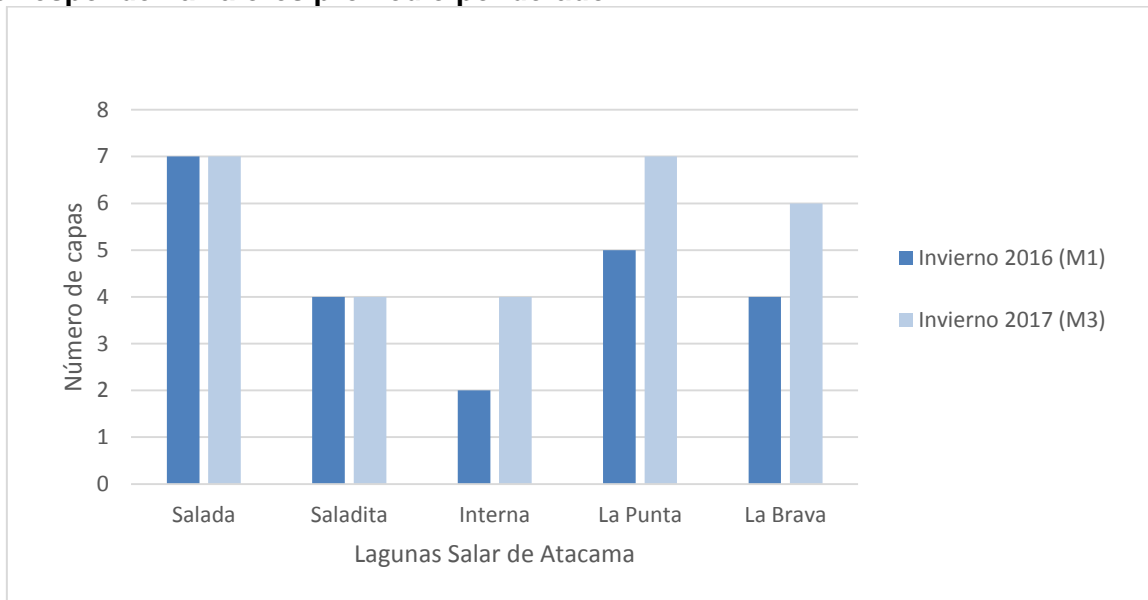
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12-7. Cuadro resumen de la presencia de tipos de tapetes en base a macrozonas de pigmentación en Vegas de Tilopozo.

Tipología Tapetes microbianos	Invierno		Verano	
	2016 (M1)	2017(M3)	2017(M2)	2018(M4)
1	0	0	0	0
2	1	0	0	0
3	0	0	0	0

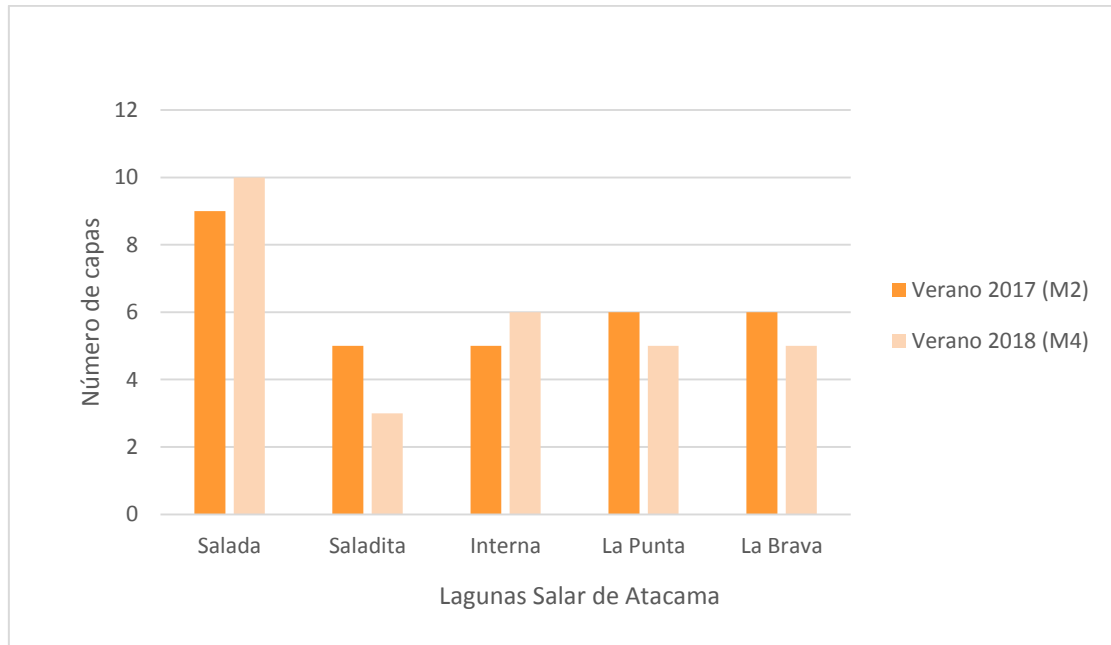
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12-4. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos presentes en Lagunas monitoreadas, en campañas invierno 2016 y 2017. Los datos corresponden a valores promedio ponderado.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12-5. Distribución del número de capas pigmentadas de tapetes microbianos presentes en Lagunas monitoreadas, en campañas verano 2017 y 2018. Los datos corresponden a valores promedio ponderado.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se discuten los aspectos más relevantes referidos para tapetes microbianos y características según cada sector durante los 4 monitoreos realizados.

- *Sector Peine*

El sector Peine registró en las cuatro campañas continuidad de la presencia de tapetes para el área particular de monitoreo. Especialmente destaca Laguna Salada, que presenta una extensión constante de tapetes superficiales en determinadas áreas del borde lagunar. Respecto a los demás sistemas, durante los cuatro monitoreos, los principales cambios en relación a la presencia de tapetes y su estructura se observan en verano 2018 (M4), en Laguna Saladita, los cuales se describirán posteriormente.

En relación a las capas pigmentadas de tapetes y la variación en el número de capas promedio por estación de monitoreo en el sector durante las 4 campañas, se observa que el valor promedio mayor de capas pigmentadas fue registrado en M4, Sector Peine, Laguna Salada (S-6A, 11 capas).

Respecto a los valores mínimos de número de capas (1 capa) se registraron también en el sector Peine, en Laguna Saladita (SA-25), para las campañas M2, M3 y M4.

El número de capas se relaciona con la complejidad estructural del tapete microbiano, es decir, los tapetes microbianos pueden presentar distintos niveles de complejidad, según la cantidad de capas que presenten (Farias y Contreras, 2017). El sector Peine en S-6A presenta tapetes “multilaminares” (nivel complejo) y esta condición también se relaciona con características ambientales complejas que pueden ser más vulnerables a cambios.

En relación al espesor de tapetes, se registraron los máximos valores de espesor durante las 4 campañas también en Laguna Salada. El valor más alto en relación a las 4 campañas realizadas para el sector fue registrado en invierno 2016 y correspondió a 30 mm (Laguna Salada). En verano 2017 los valores de espesor máximo fluctuaron de 5 a 25 mm. En invierno de 2017 los valores fluctuaron de 7 a 28 mm, y en verano 2018 fluctuaron de 9 a 25 mm.

Referente a cambios en la estructura de pigmentación, parámetro utilizado para caracterizar al sub-componente tapete microbiano, se debe señalar que la aproximación para analizar esta estructura se definió en base a la presencia de zonas de pigmentación que se identificaron como macro-zonas: Sub-superficial, Intermedia y Profunda. Estas zonas conformadas por capas pigmentadas y estratificadas sustentan una red de metabolismos microbianos estratificados. Las relaciones entre los metabolismos microbianos dan como resultado reacciones redox vinculadas, que conducen al ciclo eficiente de nutrientes en todo el tapete (Van Gemerden, 1993; Dupraz et al., 2009). A su vez, se establecen gradientes agudos de diferentes concentraciones de soluto a diferentes profundidades, creando microambientes a escala milimétrica, que posteriormente causan heterogeneidad metabólica en todo el tapete (Visscher et al., 1998, 2005; Harris et al., 2013). En consecuencia, una amplia gama de actividades metabólicas puede imponer gradientes químicos pronunciados y crear “nichos” con una resolución espacial fina (Dupraz et al., 2009; Kunin et al., 2008). Por lo tanto, cada capa pigmentada posee grupos microbianos con metabolismos específicos, los cuales interactúan entre sí.

Si se toma en cuenta estos aspectos, un cambio relevante se detectó en el Sector Peine, Laguna Saladita (estación S-11). Los tapetes de S-11 se caracterizaban en M1, M2 y M3 por presentar una estructura física sólida de superficie coriácea y pigmentación intensa, además de una clara y definida estratificación de capas. Durante las campañas M1, M2 y M3 los tapetes presentaron tres macrozonas, sin embargo, en M4 se detectaron cambios en el área de monitoreo y en los tapetes que se analizaron. Primeramente, se debe destacar que la superficie donde se localizaban estos tapetes (durante M1, M2, M3) no se observó en M4. En tales circunstancias se analizó el sedimento donde se ubicaba la superficie señalada y al mismo tiempo se analizaron tapetes próximos. Al respecto, los tapetes observados exhibían escasa pigmentación y algunos presentaban difusa estratificación de capas.

Otra diferencia crucial es la ausencia de la macrozona profunda. Esta condición, según los aspectos señalados en los párrafos anteriores, implica la desaparición de algunos grupos microbianos, afectando de esta forma el equilibrio de comunidades microbianas con posibles consecuencias a diferentes niveles tróficos (Dorador et al., 2018). A su vez, estas

características morfológicas de los tapetes detectados en M4 pueden sugerir una degradación temprana de éstos. En relación a las causas de degradación de tapetes microbianos se señala que, al respecto, los procesos que pueden ocasionar degradación de tapetes microbianos corresponden a desecación, deshidratación, ciclos de humectación-secado y pastoreo por invertebrados, entre otros (Renaut, 1993). A su vez, la preservación de esteras microbianas en los sistemas hipersalinos depende, en gran parte, de la eficiencia del reciclaje de nutrientes por parte de las bacterias y arqueas que componen el tapete microbiano (Warren, 2011).

De los factores monitoreados para las lagunas y lo observado en S-11, se destaca disminución de salinidad (respecto a M1, M2, M3), aumento de turbiedad (respecto a M2, M3) y aumento de pH (respecto a M1, M2, M3). Referente al aumento de enturbiamiento, se puede relacionar con la eutrofización o aumento de sólidos en suspensión provenientes de remoción y transporte por el viento o agua de sedimentos en zonas aledañas (Farias y Contreras, 2017). Este parámetro es importante ya que estos sistemas, dependen de la luz, el enturbiamiento del agua filtra la luz y altera el sistema. Al mismo tiempo también se puede relacionar con eutrofización por disminución de salinidad (Farias y Contreras, 2017).

En un contexto contrario a la degradación de tapetes, es importante destacar la continuidad de tapetes microbianos registrados como nuevos en verano 2017 (M2) en el sedimento de Laguna Saladita, estación SA-25, la cual previamente (M1) solo había registrado tapetes superficiales. Al respecto, en M3 y M4 se observa continuidad de una capa subsuperficial de color verde, localizada en el sedimento no consolidado del sistema.

- *Sector La Punta-La Brava*

El sector registró en las cuatro campañas continuidad de la presencia de tapetes para el área particular de monitoreo (5 puntos).

El sector presentó durante las campañas M1, M2, y M3 continuidad de la presencia de tapetes para el área particular de monitoreo. Se destaca también, que respecto a Laguna La Brava, en M4 se observan cambios referidos a discontinuidad de áreas con tapetes sumergidos. En los demás sistemas, durante los cuatro monitoreos, los principales cambios se observan en LP-23, que en verano 2018 (M4) exhibió presencia de nuevos tapetes en el sedimento del sistema.

Respecto al número de capas promedio por estación de monitoreo en las 4 campañas, el valor mayor se observó en invierno 2017 (M3), Laguna La Punta (LP-23)(9 capas). Mientras que el valor menor se detectó en M4, en Laguna La Punta (LP-24)(2 capas).

Del espesor de tapetes por estación de monitoreo en las 4 campañas, el máximo valor se registró en Laguna La Brava (LB-2) en M2 (20 mm) y en Laguna La Punta (LP-23) en M4 (20 mm). El Sector presentó, en general, en M1 valores de espesor máximo que fluctuaron de 5 a 17 mm y respecto a M3, los valores oscilaron entre 10 y 17 mm.

Referente a la estructura de pigmentación, en las cuatro campañas se observa continuidad de tapetes que exhiben 3 macro-zonas de pigmentación (Tipología 1) en Laguna La Brava y Laguna La Punta. Ésta última, además, en M2 y M4 presenta tapetes con dos macrozonas (Tipología 2).

En relación a la localización espacial local de tapetes en Laguna La Brava, se observó un cambio en M4 respecto a lo observado en M1, M2, y M3 donde los tapetes presentaban una extensión constante dentro del área particular de monitoreo. En verano 2018 parte de esta extensión generalmente sumergida, se encontró expuesta denotando menor extensión de tapetes descritos como de textura de cuero (coriáceos).

Otro cambio percibido, es referente a los tapetes observados en M2 en Laguna La Brava (LB-2), los cuales se localizaban en una extensión constante del borde lagunar sumergido y además presentaban capas superficiales de textura gelatinosa, de débil cohesión. Estos tapetes en verano 2017, M2, se describieron como un nuevo tipo de morfología de tapete en la caracterización general de los sectores, además de los dos tipos descritos previamente en M1. En M3 se registró la continuidad de estos tapetes aunque en menor extensión, pero en M4 no se observó la presencia de este tipo de tapete.

En relación a Laguna La Punta, señalar que en verano 2017, M2, se detectó la presencia de tapetes nuevos en la estación LP-24. Al respecto, se registró la estratificación de capas pigmentadas sobre sedimento, específicamente una capa rosada dispuesta sobre capas verdes. Esta situación puede estar relacionada con factores ambientales como una concentración de oxígeno disuelto menor en verano 2017, M2, en comparación a lo registrado en M1, y disponibilidad de compuestos reducidos de azufre (Thar y Kühn, 2001), lo que podrían promover una condición que favoreció el desarrollo de la capa rosada en M2. En M3, en tanto, no se observó la presencia de estos tapetes, sin embargo en M4 si fue posible la detección de estos tapetes, lo que puede sugerir una tendencia estacional, ya que es precisamente en períodos de verano donde se observa presencia de estos tapetes.

A su vez, se destaca la presencia de nuevos tapetes en la estación LP-23, de Laguna La Punta. En los monitoreos previos M1, M2 y M3 no se detectó presencia de tapetes en el sedimento del área particular de monitoreo. Sin embargo, en M4 se observó la presencia de una estratificación de consistencia blanda con capas pigmentadas, especialmente de color púrpura, localizada en el sedimento blando del área de monitoreo a una profundidad de 11 mm.

- *Sector Tilopozo*

Este sector registró sólo en campaña de invierno 2016, M1, la presencia discreta de tapetes asociados a rizomas (tallo subterráneo y horizontal), en el sedimento de un cuerpo de agua somero ubicado en el punto TB-2. Sin embargo, en las campañas siguientes M2, M3, y M4 no se ha detectado la presencia de tapetes. Junto a esto, se observó que el sistema

presenta cambios temporales respecto al cuerpo de agua, ya que el área de monitoreo presentó distintas características en relación al sistema hídrico.

En M2 (verano 2017), se observó ausencia del cuerpo de agua observado en M1, posteriormente en M3 se observó una condición hídrica parecida a M1. Sin embargo, no se registró presencia de tapetes. Finalmente, en M4 se destaca la presencia de pajonales situados en el área del cuerpo de agua monitoreado, de características más someras respecto a M3. La formación de tapetes exige ciertas condiciones ambientales, condiciones que no se han presentado en este sistema durante M2, M3 y M4, solo en M1 fue posible detectar tapetes microbianos.

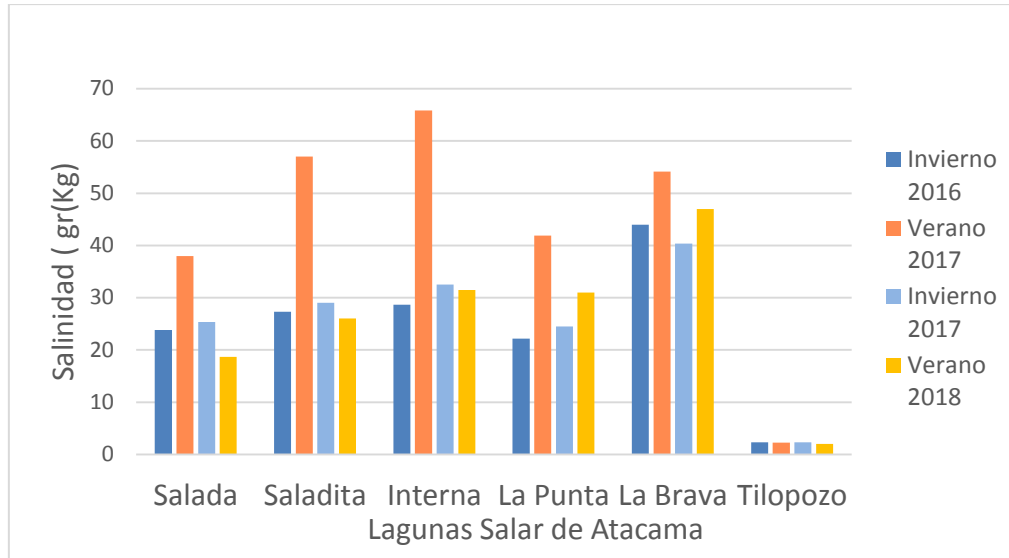
Algunos parámetros físico-químicos que presentaba M1, pueden relacionarse con la presencia de tapetes, destaca el pH elevado y también la concentración de oxígeno, cuyo valor es mayor en relación a los valores registrado en las campañas de monitoreo siguientes (M2, M3, M4) Estos valores en M1 respecto a lo determinado para M2, M3 y M4, son diferentes. Al respecto, en estos periodos los valores de pH fluctuaron de 7 a 8,3, mientras que en M1 el pH fue 9 para este sector. En relación al oxígeno oscilaron entre 1, 2 a 4,9 mg/L, mientras que en M1 el valor de oxígeno fue 9,6 mg/L (**Figura N° 12-9**).

- *Presencia de Microbialitos y Evaporitas en los Sistemas*

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, en las cuatro campañas se indica presencia de microbialitos en el Sector La Punta - La Brava, en la estación LB-1 y la estación LP-23. Respecto a las evaporitas se indica presencia en M3 y M4 para el Sector Peine en Laguna Interna (I-11).

- *Evolución de Parámetros Físico-Químicos*

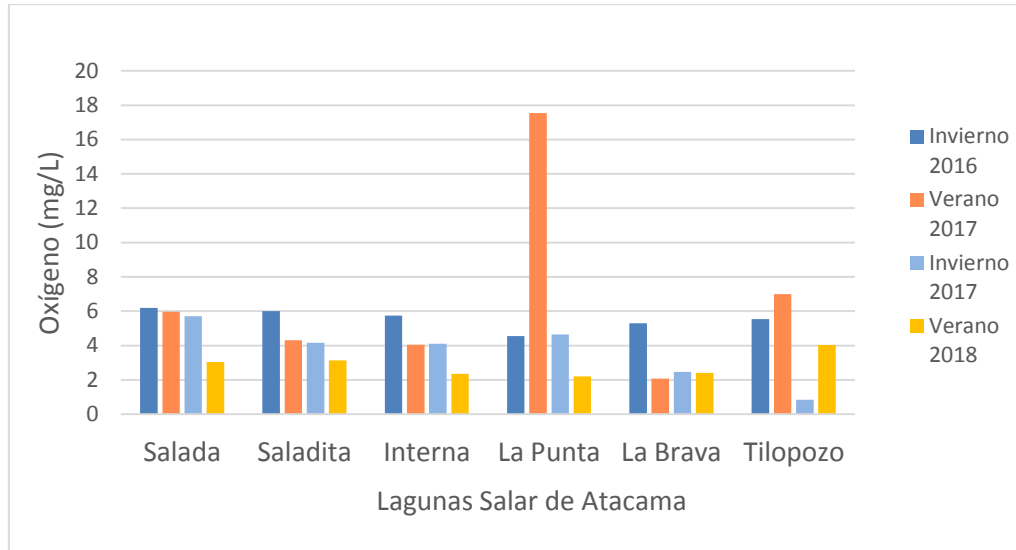
De los parámetros físicos químicos, los valores máximos de salinidad promedio por sistema lagunar en relación a las cuatro campañas de monitoreo se observaron en el verano 2017 (M2). Al respecto, el valor de salinidad promedio máximo por laguna se observó en Laguna Interna (66 gr/Kg) en M2. El sistema Tilopozo, en tanto, presenta en las 4 campañas los valores de salinidad promedio más bajos (2 a 2,3 gr/Kg) lo cual es consistente con su condición mas alejada del núcleo y de la cuña salina del salar. Para el Sector Peine, se observa disminución de la salinidad desde precisamente M2, hasta M4, lo cual es especialmente evidente en Laguna Salada y Laguna Saladita (**Figura N° 12-6**). Por otro lado, en el Sector La Punta-La Brava, los valores de salinidad en las campañas de verano son mayores respecto a lo registrado en las campañas de invierno.

Figura N° 12-6. Variación de salinidad promedio en Lagunas, 2016-2018

Fuente: Elaboración propia

Respecto al oxígeno disuelto, considerando las 4 campañas ya realizadas en el PMB, los valores promedio se mueven entre un rango mínimos entre 2,2 a 7,0 mg/L, ver **Figura N° 12-7**). En el Sector Peine se destaca que los valores promedio de oxígeno por laguna disminuyen desde M1 hasta M4, lo cual es más evidente en M4.

Referente al Sector La Punta-La Brava, en Laguna La Punta se observa disminución de la concentración de oxígeno promedio desde M2 hasta M4, con el valor en M2 fuera del rango observado. En Laguna La Brava la concentración de oxígeno disminuye después de M1, pero presenta valores que fluctúan de 2,1 a 2,4 mg/L entre los monitoreos M2, M3 y M4 más estables. (**Figura N° 12-7**).

Figura N° 12-7. Variación oxígeno disuelto promedio en Lagunas, 2016 - 2018.

(*) En sector La Punta, en campaña verano 2017, se registró valor de hasta 34 mg/L, lo que entrega el promedio 17,6 mg/L, y en invierno 2017 se registro en Tilopozo registró valor de hasta 0,2 mg/L. Ambos valores se consideran outliers o fuera de rango comparado con mediciones en la misma laguna por el PSAH.

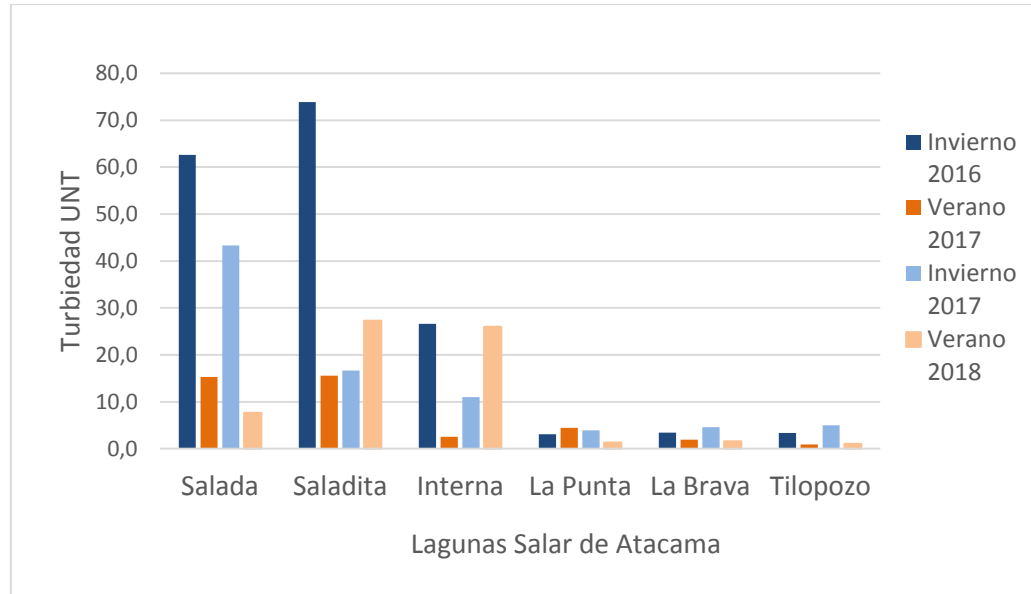
Fuente: Elaboración propia

En relación a la temperatura registrada en las 4 campañas, el valor máximo se observó en M2, Sector Peine (33°C), y el valor menor fue registrado en M1, en el Sector Tilopozo (4,4°C).

Respecto a la radiación solar, el valor máximo observado en las 4 campañas fue 98 MJ/m² en la campaña verano 2017.

En relación con la turbiedad, durante M1 y M2 el valor máximo promedio por sistema lagunar se registró en Laguna Saladita, ver **Figura N° 12-8**.

En Laguna Salada se presentó el valor máximo durante la campaña de invierno 2017 (M3) y Laguna Saladita en Verano 2018. Al respecto en Laguna Saladita, de las 4 campañas el mayor valor de turbiedad se detectó en M1, aunque en los monitoreos posteriores los valores son menor respecto a M1, se observa aumento de la turbiedad desde M2 hasta M4. En el mismo contexto, en Laguna Interna, esta tendencia también se observa desde M2.

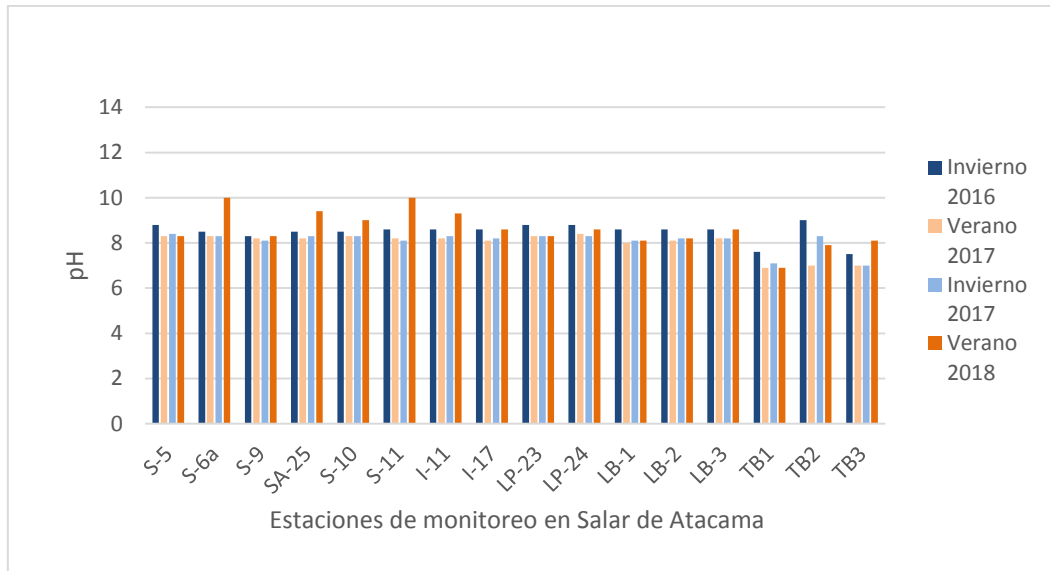
Figura N° 12-8. Variación de turbiedad en Laguna Saladita, 2016-2018.

Fuente: Elaboración propia

De todos los parámetros, el pH, es el que presenta a la fecha, una variación importante en relación a la última campaña de verano 2018 (M4). En la **Figura N° 12-9** se presenta la gráfica de la variación del pH en todos los puntos de monitoreo, para todas las campañas realizadas desde invierno 2016 hasta el verano 2018.

Los valores promedio de pH para los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava, en M1, M2 y M3 fluctuaron entre 8,3 a 8,6 para el sector Peine; y de 8,2 a 8,7 para el Sector LP-LB. Para el sistema Tilopozo, en tanto, los valores de pH fluctuaron de 7 a 8. Sin embargo, en el verano 2018 (M4), el sistema Peine presentó un valor promedio de 9,1 upH, alcanzando incluso valores de 10 upH, que excede los valores promedios registrados para las campañas previas (M1, M2, M3). Por otro lado, los demás sectores (La Punta-La Brava, Tilopozo) presentaron en M4 valores dentro los rangos de datos de campañas anteriores, con valores de pH en Tilopozo mayores al verano 2017. El máximo valor de pH registrado en M4 corresponde a Laguna Salada (S-6A) y Laguna Saladita (S-11)

Figura N° 12-9. Variación de pH en puntos de monitoreo del Salar de Atacama 2016-2018.



Fuente: Elaboración propia

12.3.2 Límites Considerados

La RCA 21/2016 no establece límites comprometidos para la componente de tapetes microbianos. Sin embargo, la metodología de evaluación utilizada permite considerar como variable de estado la estratificación de capas pigmentadas, el cual se asume como un indicador indirecto de cambios en las condiciones físico-químicas que mantiene la diversidad microbiana (Farias y Contreras, 2017). Para evaluar la microbiología de un ambiente se requiere, además, la detección y recuento exacto de microorganismos o funciones microbianas (Bouchez et al., 2016). En este contexto y dado el número de campañas, aún es preliminar obtener algún diagnóstico al respecto.

12.4 En relación con Suelo o Sustrato

En el siguiente acápite se presentan los resultados de laboratorio por monitoreo, como también la comparación entre los monitoreos invierno 2016 (M1), Verano 2017 (M2), invierno 2017 (M3) y verano 2018 (M4), además del nivel freático observado en terreno. El nivel freático observado es un indicador de la profundidad a la cual se encuentra el agua, aun cuando no necesariamente esta provenga de la napa freática, ya que en algunas condiciones ésta tiene su origen en escurrimientos superficiales y que por un impedimento del suelo (hardpan, duripan, entre otros) no permite que infiltre.

12.4.1 Análisis de resultados campaña invierno 2017

En **Anexo Suelos o Sustrato**, se presenta el detalle de los resultados de los análisis de laboratorio realizados en invierno 2017 para los diferentes parámetros de suelo.

12.4.1.1 Materia Orgánica

Para el área de estudio del PMB (Salar de Atacama Sur) la materia orgánica varía desde porcentaje inferior a <0,1 (límite detección L.D.) a 21,3% (muy bajo a muy alto). Los valores **muy bajo** se presentan en los puntos S 3-1 (VLP3) sector La Punta; S 10-2 (VTM1), S 12 (VB02) y S 14 (VB03) en Peine, y S 1 (VT6), S 2 (VT5), S 9 (VT3) y S 13 (VT4) sector de Tilopozo (**Figura N° 12-10**), los cuales se presentan en terrenos con vegetación arbustiva clara y herbácea muy escasa o nula, exceptuando los punto S 12-1, S 13-2 y S 14, en los primeros la vegetación existente es del tipo arbustivo y la presencia de agua en superficie es muy escasa, dado la poca retención de ésta en el perfil considerando la textura del suelo, esto determina que la descomposición de los restos vegetales sea muy baja. En cambio, en el tercer punto, la cobertura general de la vegetación es inferior a 5%, por lo que el aporte de restos vegetales al suelo es muy bajo, además de la textura del suelo (gruesas a muy gruesas) con lo cual la retención de agua en el perfil es baja.

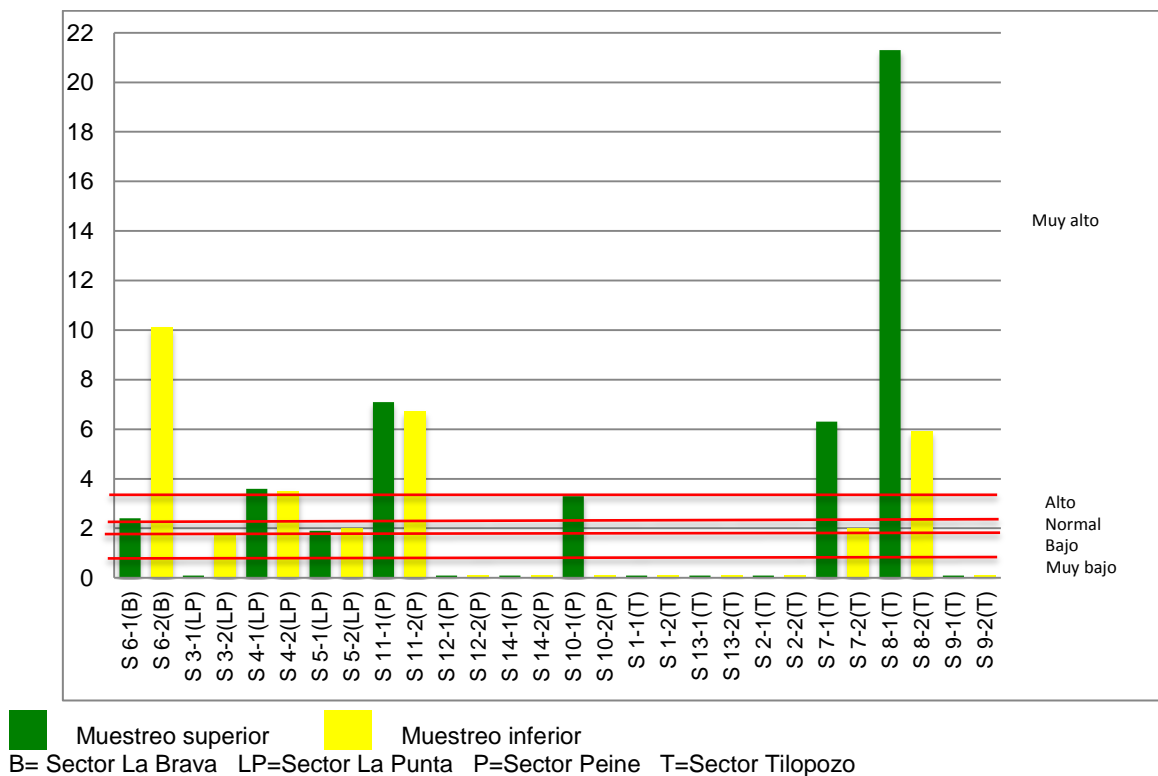
Los porcentajes **bajo** de materia orgánica fueron determinados en los puntos S 3-2 (VLP3) y S 5-1 (VLP1) sector La Punta, dado la escasa vegetación presente y las texturas de los suelos, que corresponden a media y gruesas, las que se caracterizan por retener poca humedad en el perfil. En cambio, los valores **normales** se presentan en los puntos S 5-2 (VLP1) La Punta, S 7-2 (VT1) en Tilopozo y S 6-1 (VLB2) en La Brava, y los valores **altos** se determinaron en los puntos S 4-2 (VLP4, La Punta) y S 10-1 (VTM1, Peine) (**Figura N° 12-10**).

Los valores más altos de M.O. clasificados como “**muy alto**” se presentan principalmente en, **S 7-1 (VT1), S 8 (VT2) sector de Vegas de Tilopozo**; seguidos de los puntos S 11 (VB01, Peine) S 4-1 (VLP4, La Punta) y S 6-2 (VLB02, La Brava), los cuales se asocian principalmente a sectores con alta cobertura vegetal.

La excepción son los puntos S 4-1 y S 6-2, donde a pesar de la ausencia total de vegetación en superficie, la materia orgánica en profundidad es muy alta, lo que se podría explicar en que en algún momento existió vegetación en el área, la cual pudo haber sido cubierta completamente por algún fenómeno natural (aluvión, aumento brusco de agua u otro), lo que determinó que la vegetación existente quedase enterrada.

Los valores normales y altos son muy escasos en el área, los cuales se dan tanto en profundidad como en superficie, lo que implicaría la existencia de vegetación descompuesta, la cual puede haber sido cubierta y enterrada a distintos niveles.

Figura N° 12-10. Análisis de resultados materia orgánica (%)- Invierno 2017.



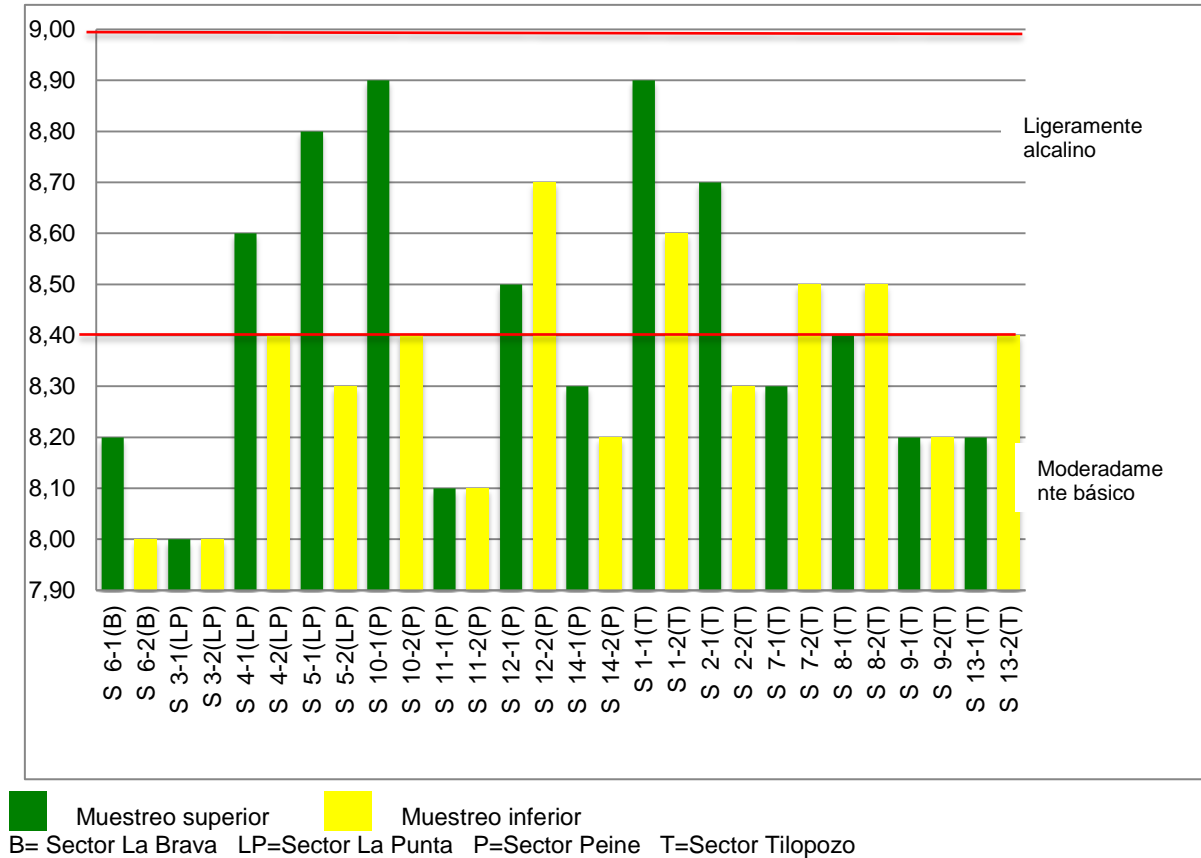
12.4.1.2 pH

En general para el área de estudio, el pH varía de moderadamente básico a ligeramente alcalino (8,0 a 8,9), siendo **moderadamente básico** en los puntos S 6 (VLB2) sector de La Brava, S 3 (VLP3), S 5-2 (VLP1) y S 4-2 (VLP4) en La Punta, como también en los puntos S 11 (VB01), S 14 (VB03) y S 10-2 (VTM1) en Peine y S 2-2 (VT-5), S 7-1 (VT1), S 8-1 (VT2), S 9 (VT3) y S 13 (VT4) sector de Tilopozo (**Figura N° 12-11.**)

Mientras que, el pH **ligeramente alcalino** se presenta en los sectores de La Punta en los puntos S 4-1 (VLP2) y S 5-1 (VLP1), mientras que en Peine se presenta en los puntos S 10-1 (VTM1) y S 12 (VB02), y en Tilopozo en los muestreos realizados en los puntos S 1 (VT-6), S 2-1 (VT5), S 7-2 (VT1) y S 8-2 (VT4), (**Figura N° 12-11.**)

Tal como se indica en los párrafos anteriores, y en general, el pH no está en función del sector, e incluso en un mismo perfil éste puede variar, dado que el pH en el suelo se encuentra en función principalmente del material parental, vegetación, hidrología y manejo cultural del área (riego, fertilizantes y otros), y en el caso específico del área de estudio al manejo hídrico. Además, se debe considerar que entre mayor es el número de puntos de muestreo mayor será la variación de este parámetro.

Figura N° 12-11. Análisis de resultados para pH. Invierno 2017.



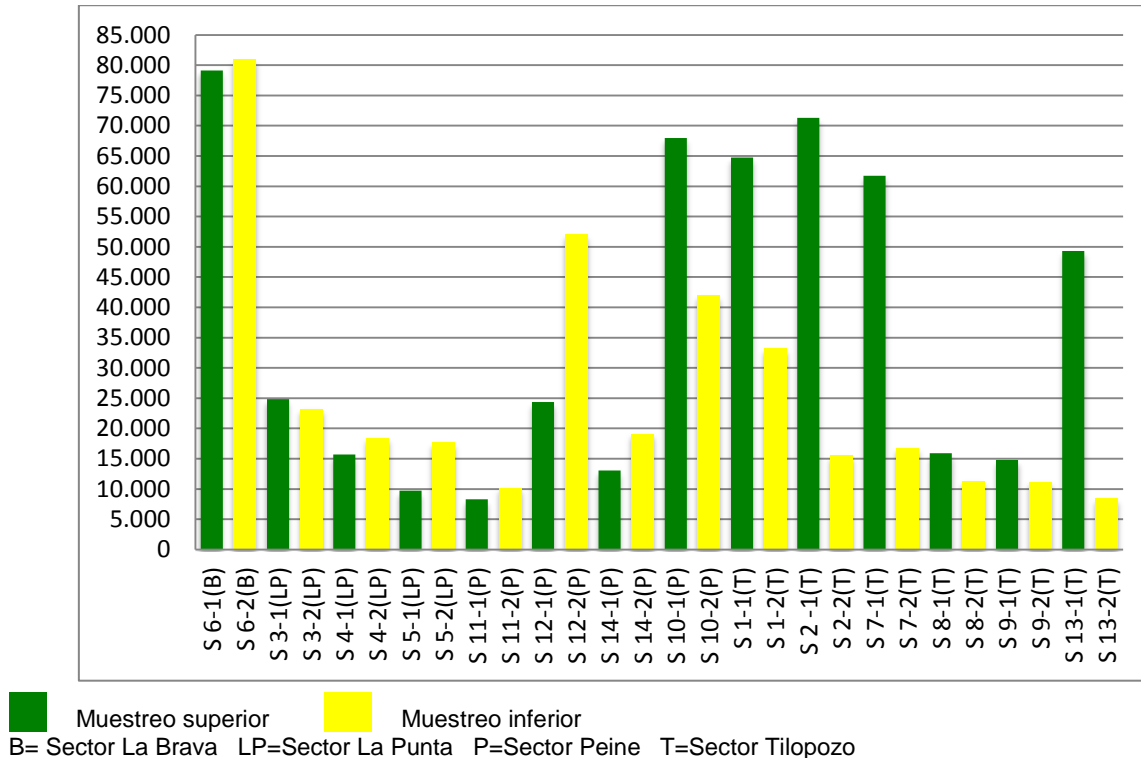
12.4.1.3 Salinidad

Para el área de estudio los contenidos de sales varían de 8.302 a 80.943 mg/kg. Los valores **menores** (inferior a 10.000 mg/kg) se presentan en los puntos S 11-1 (VB01) en Peine, S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo y S 5-1 (VLP1, La Punta), ver **Figura N° 12-12**. Las concentraciones **superiores a 50.000 mg/kg**, se detectaron en los puntos S 1-1 (VT6), S 2-1 (VT5) y S 7-1 (VT1) sector de Tilopozo, como también S 12-2 (VB02) y S 10-1 (VTM1) en Peine, y S 6 (VLB02) La Brava. Valores intermedios se presentan en los diferentes sectores evaluados (**Figura N° 12-12**).

Se considera que para el área, el factor principal de aporte salino a los suelos es el material parental, asociado a la evaporación del agua, ya que las concentraciones mayores se encuentran principalmente en suelos sin nivel freático superficial, excepto en el punto S 6 (VLB2, La Brava), aun cuando el nivel freático se presenta a los 56 cm.

En algunas situaciones, las menores concentraciones se asocian a suelos con nivel freático sub superficial, y en otras éste no fue detectable, por lo que, en algunos muestreos las concentraciones entre ambas profundidades de muestreo, presenta una variación significativa. Por lo tanto, para el área y con la información disponible no existe un factor único y común que determine la salinidad de los suelos.

Figura N° 12-12. Análisis de resultados para Salinidad (mg/kg).– Invierno 2017.



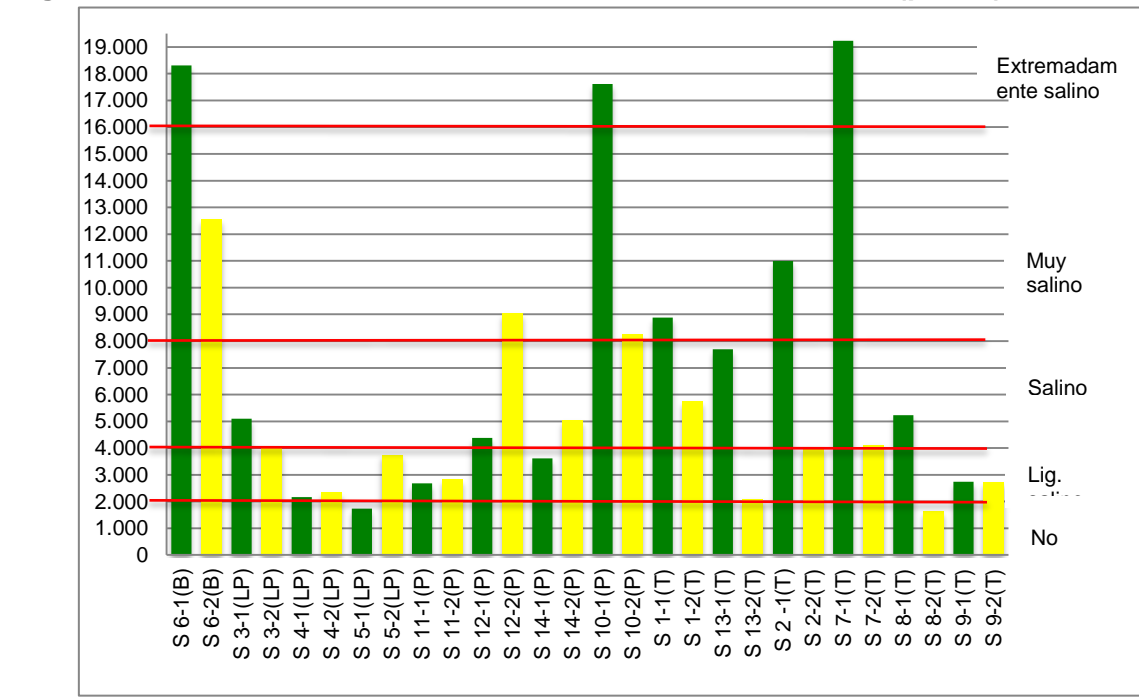
12.4.1.4 Conductividad Eléctrica

Para el área de estudio, los puntos de muestreo S 5-1 (VLP1) la Punta y S 8-2 (VT2) sector de Tilopozo corresponden a un **suelo no salino**. Mientras que, en los puntos S 5-2 (VLP1) y S 4 (VLP4) La Punta, como también S 9 (VT3) y S 13-2 (VT4) en Tilopozo y en Peine los puntos S 11 (VB01) y S 14-1 (VB03), donde los suelos son **ligeramente salinos (Figura N° 12-13)**.

Los suelos **salinos** corresponden a los puntos de muestreo S 1-2 (VT6), S 2-2 (VT5), S 7-2 (VT1), S 8-1 (VT2) y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo, como también en los puntos S 12-1 (VB02) y S 14-2 (VB03) en Peine y S 3 (VLP3, La Punta). En cambio, en los puntos S 1-1 (VT6) y S 2-1 (VT5) en Tilopozo, además de los puntos S 12-2 (VB02) y S 10-2 (VTM1) en Peine y S 6-2 (VLB02, La Brava), donde los suelos son **muy salinos (Figura N° 12-13)**.

Mientras que los suelos de los puntos de muestreo S 6-1 (VLB2, La Brava), S 7-1 (VT1, Tilopozo) y S 10-1 (VTM-1, Peine) son **extremadamente salinos**. La conductividad eléctrica está en función exclusivamente de las sales solubles presentes en la solución suelo, por lo tanto, no existe una relación de la conductividad con la localización de los puntos, ya que en un mismo sector esta es muy variable.

Figura N° 12-13. Análisis de resultados conductividad eléctrica (µS/cm)- Invierno 2017.



■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

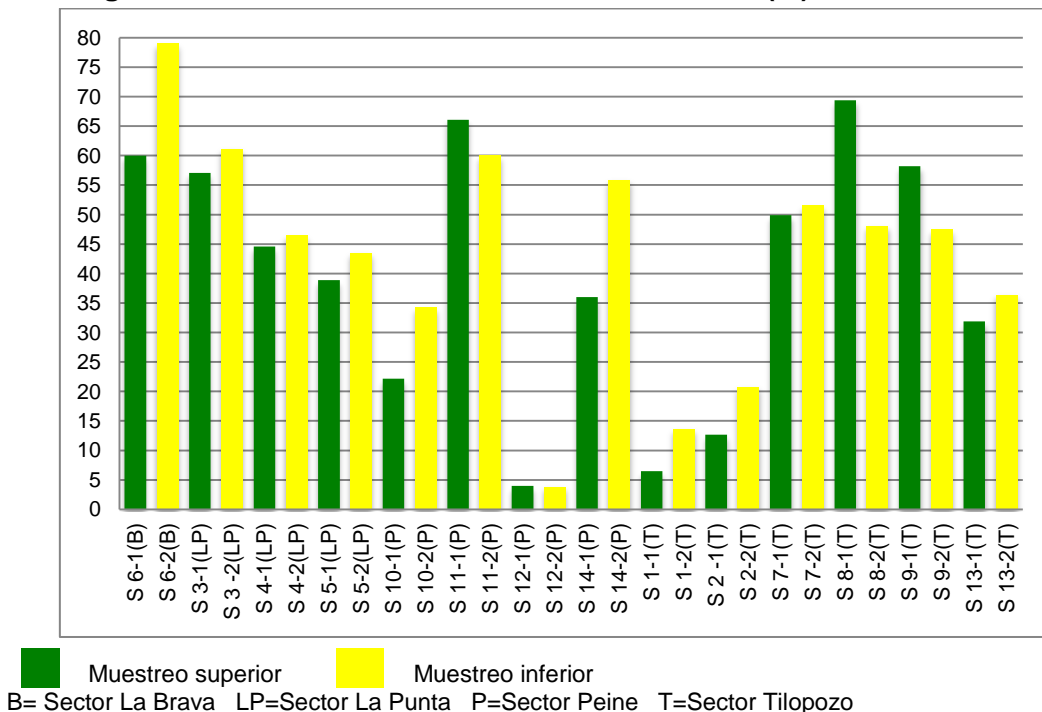
12.4.1.5 Humedad

Para el área, los suelos con **menor porcentaje** de humedad (inferior a 10%) corresponden al punto S 12 (VB02, Peine) y S 1-1 (VT6, Tilopozo), los cuales están asociados a suelo de texturas muy gruesas, gruesas y moderadamente gruesas, siendo estos los que retienen una menor cantidad de humedad, debido al número y tamaño de los poros (**Figura N° 12-14**).

Con un **porcentaje mayor o igual** a 50% de humedad, se presenta los suelos asociados a texturas francas o con componente franco (texturas medias o moderadamente finas), correspondiendo a los puntos S 6 (VLB2, La Brava), S 3 (VLP3, La Punta), S 11 (VB01) y S 14-2 (VB03) sector de Peine, como también los puntos S 7-2 (VT1), S 8-1 (VT2) y S 9-1 (VT3) sector de Tilopozo (**Figura N° 12-14**). En los restantes puntos distribuidos en los sectores de Tilopozo, Peine y La Punta, la humedad varía entre 12,7 a 49,9%, con suelos de texturas muy gruesas (arenosa) gruesas (areno francosa) media (franco y franco limosa), moderadamente finas (franco arcillosa) y finas (arcillosa), ver **Figura N° 12-14**. Al respecto, es importante recalcar que aquellos suelos con texturas gruesas y muy gruesas y con alta humedad, se debe a que en su composición además de arena, presentan limo y/o arcillas, en un porcentaje bajo, pero el cual le permite aumentar la retención de agua en los poros.

Considerando la variabilidad de los contenidos de humedad y la escasa relación con los tipos de texturas, indica que existen otros factores que determinan el contenido de humedad, entre los que se pueden mencionar materia orgánica, sales, tamaño y cantidad de poros.

Figura N° 12-14. Análisis de resultados humedad (%) – Invierno 2017.



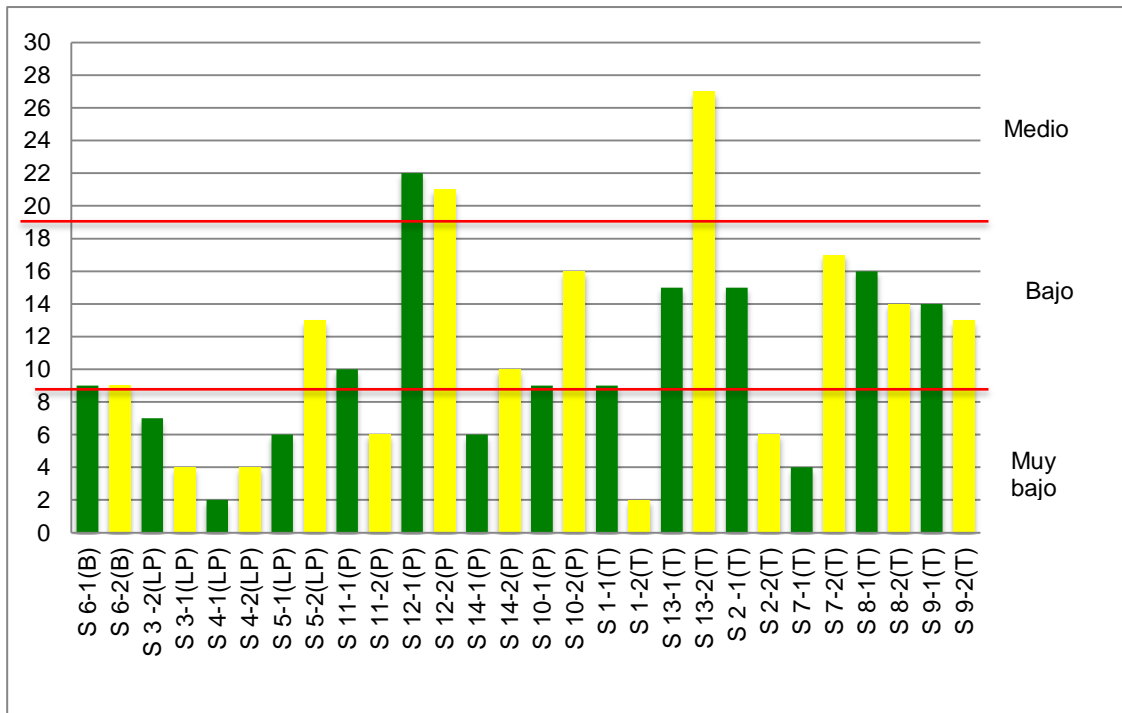
12.4.1.6 Nutrientes

a) Nitrógeno

Para el área de estudio, **valores muy bajo** (inferior a 10 mg/kg) de nitrógeno disponible se presentan en un 57,1% de los puntos de muestreo, siendo estos el S 6 (VLB2, La Brava) y S 3 (VLP3), S 4 (VLP2) y S 5-1 (VLP1) sector de La Punta, como también en los puntos S 14 (VB03), S 10-1 (VTM1) y S 11 (VB01) en Peine, además de los puntos S 1 (VT6), S 2-2 (VT5) y S 7-1 (VT1) en Tilopozo (**Figura N° 12-15**). En un 32,1% de los puntos de muestreo se determinaron **valores bajo** de nitrógeno (10,1 a 20 mg/kg), siendo los puntos S 10-2 (VTM1, Peine), como también S 5-2 (VLP1, La Punta) y en los muestreos realizados en los puntos S 2-1 (VT5), S 7-2 (VT1), S 8 (VT2), S 9 (VT3) y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo. Mientras que, **valores medio** (20,1 a 40 mg/kg) se presentan en los puntos S 12 (VB02, Peine) y S 13-2 (VT4, Tilopozo) correspondiendo a un 10,7% del total (**Figura N° 12-15**).

En general, son varios los factores que determinan el nitrógeno disponible, por lo tanto, no es posible definir cuál de ellos determina la disponibilidad. Sin embargo, un factor a analizar es la estacionalidad del muestreo, lo cual se podrá determinar a futuro en el seguimiento de las campañas estacionales.

Figura N° 12-15. Análisis de resultados nitrógeno (mg/kg) – Invierno 2017.

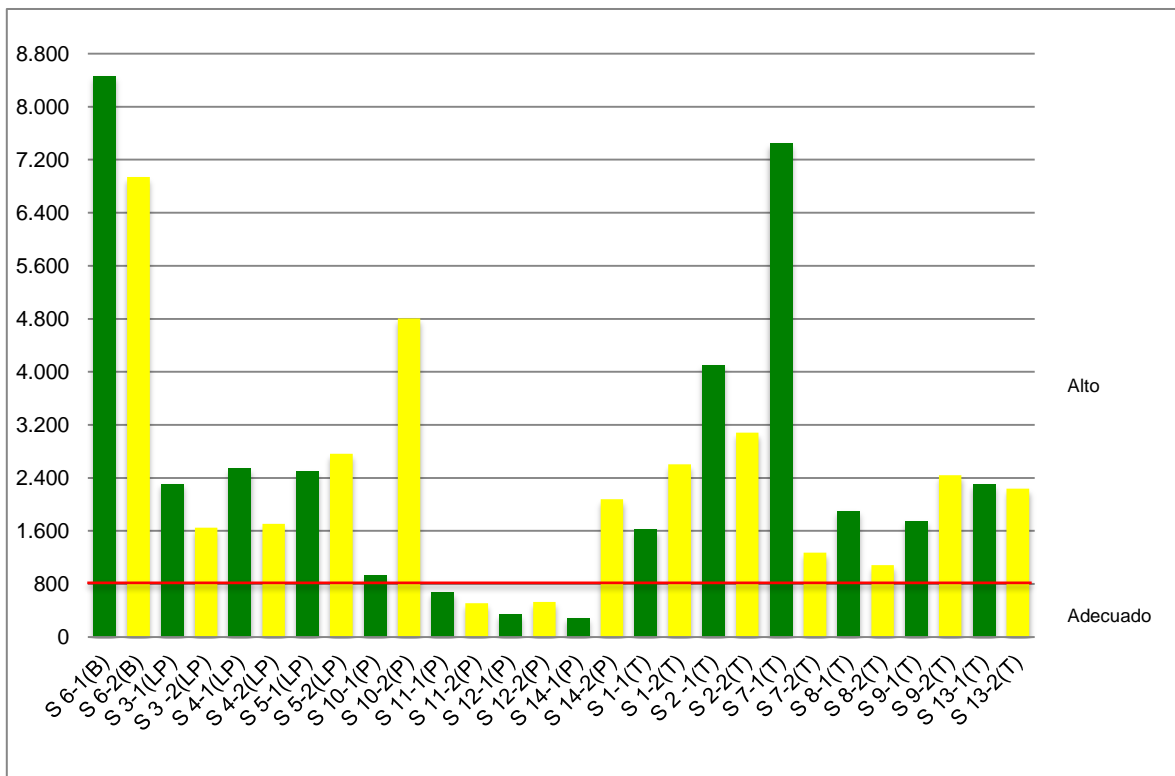


■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

b) Potasio

Para el área de estudio el potasio disponible varía entre 284,1 a 8.465,1 mg/kg., siendo **adecuado** en el punto S 11 (VB01), S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03), situado en el sector de Peine, en los restante muestreos la disponibilidad de potasio es **alta** (Figura N° 12-16).

Figura N° 12-16. Análisis de resultados potasio (mg/Kg.) – Invierno 2017.



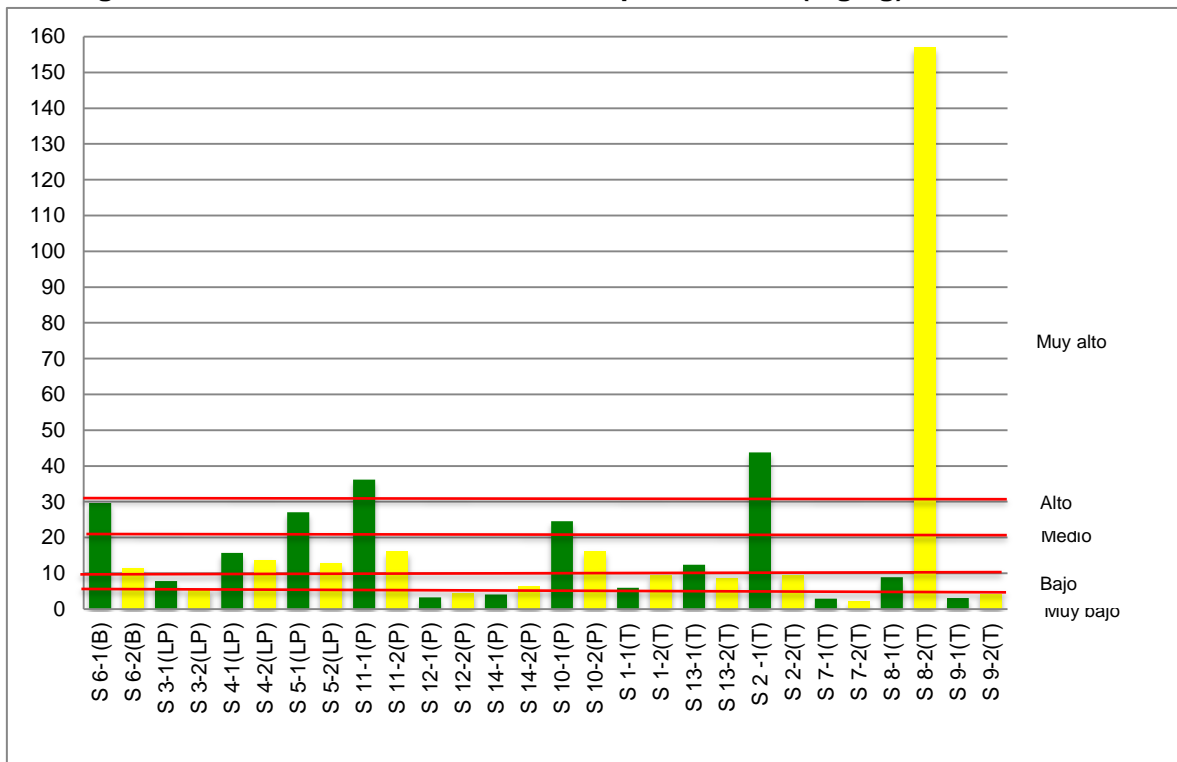
■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo
 Niveles de Potasio:
 Muy Bajo 0 – 50 Bajo 51 – 100 Medio 101 – 150 Adecuado 151 – 800 Alto > 800

c) Fósforo

Para el área los valores de fósforo varían entre 2,1 a 157,1 mg/kg, presentándose **valores muy bajo** ($\leq 5,0$) en un 25,0% de los muestreos, correspondiendo estos a los puntos S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03) en Peine y en Tilopozo en los puntos S 7 (VT1) y S 9 (VT3). En un 28,6% de los muestreos los valores determinados son **bajo** (5,1 a 10 mg/kg.) siendo estos los puntos S 14-2 (VTM1, Peine), S 3 (VLP3, La Punta), S 1 (VT6), S 2-2 (VT5), S 8-1 (VT2) y S 13-2 (VT4) en Tilopozo, ver **Figura N° 12-17**.

Mientras que, en un 25,0% de los puntos, correspondiendo a S 13-1 (VT4, Tilopozo), S 6-2 (VLB2, La Brava), S 4 (VLP4) y S 5-2 (VLP1) en el sector de La Punta y en Peine en los puntos S 10-2 (VTM1) y S 11-2 (VB01) se determinó un **valor medio** (10,1 a 20 mg/kg.). **Valores altos** (2,6 - 3,5) fueron determinados en un 10,7% de los muestreos correspondiendo a S 10-1 (VTM1, Peine), S 5-1 (VLP1, La Punta) y S 6-1 (VLB2, La Brava), y finalmente en un 10,7% los valores son **muy alto** ($\geq 30,1$), correspondiendo a los puntos S 11-1 (VB01, Peine), S 2-1 (VT5) y S 8-2 (VT2) en Tilopozo (**Figura N° 12-17**).

Figura N° 12-17. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg) - Invierno 2017.



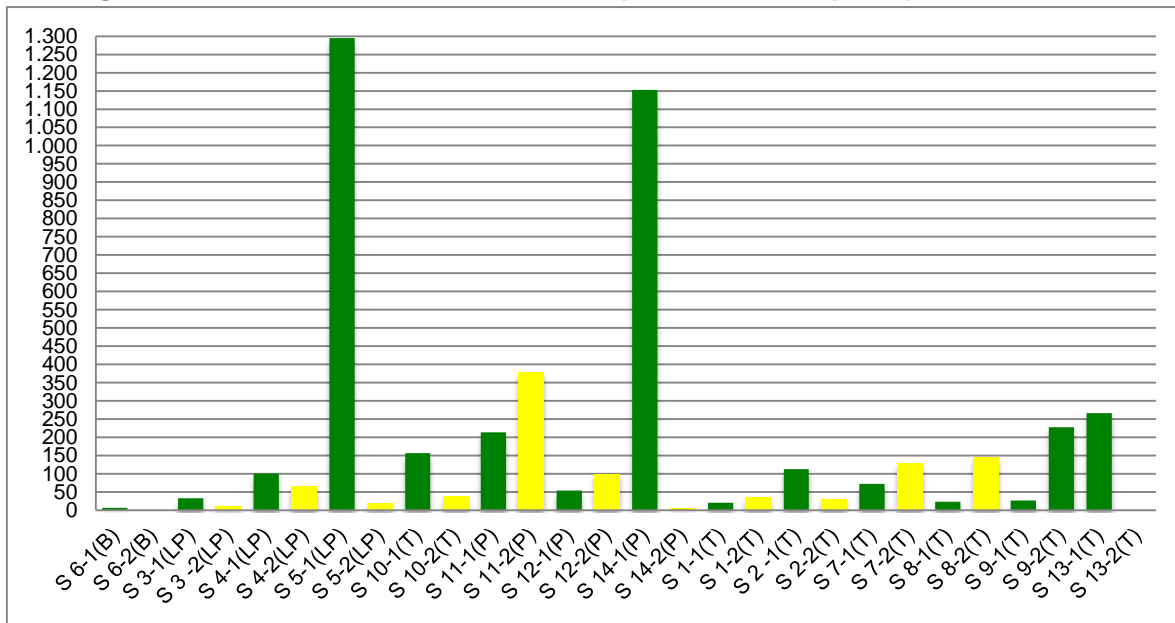
■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

12.4.1.7 Conductividad hidráulica o Permeabilidad

Respecto a la velocidad de infiltración del agua, en invierno 2017 para el área, en el punto S 6-2 (VLB2, La Brava) y S 13-2 (VT4, Tilopozo), presentan los valores más bajos de la campaña, con valores 0,2 cm/h y 0,8 cm/h respectivamente, que corresponde a **moderadamente baja a moderadamente alta**. Mientras que, en los puntos S 1 (VT6), S 2-2 (VT5), S 8-1 (VT2) y S 9-1 (VT3) sector de Tilopozo, como también S 3 (VLP3) y S 5-2 (VLP1) La Punta, S 6-1 (VLB2, La Brava) y S 14-2 (VB03, Peine), donde la velocidad de

infiltración es **alta** (entre 3,6 a 35,9 cm/h). Mientras que, en los puntos restantes, que abarcan los 3 sectores del área en estudio (Peine, Tilopozo, La Punta La Brava) la velocidad promedio es **muy alta** (superior a 35,9 cm/h), alcanzando los 1.295 cm/h en La Punta La Brava, punto S5-1. Estos últimos para el estrato superior. Ver **Figura N° 12-18**.

Figura N° 12-18. Análisis de resultados permeabilidad (cm/h). Invierno 2017.



■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo
 Rangos =Velocidad de infiltración
 < 0,0036 = Velocidad muy baja 0,0036 ≤ 0,036 = Velocidad baja
 0,036 ≤ 0,360 = Velocidad moderadamente baja 0,360 ≤ 3,6= Velocidad moderadamente alta
 3,6 ≤ 36=Velocidad alta > 36=Velocidad muy alta

12.4.2 Análisis de resultados campaña verano 2018

En **Anexo Suelos o Sustrato**, se presenta el detalle de los resultados de los análisis de laboratorio realizados en verano 2018 para los diferentes parámetros de suelo.

12.4.2.1 Materia Orgánica

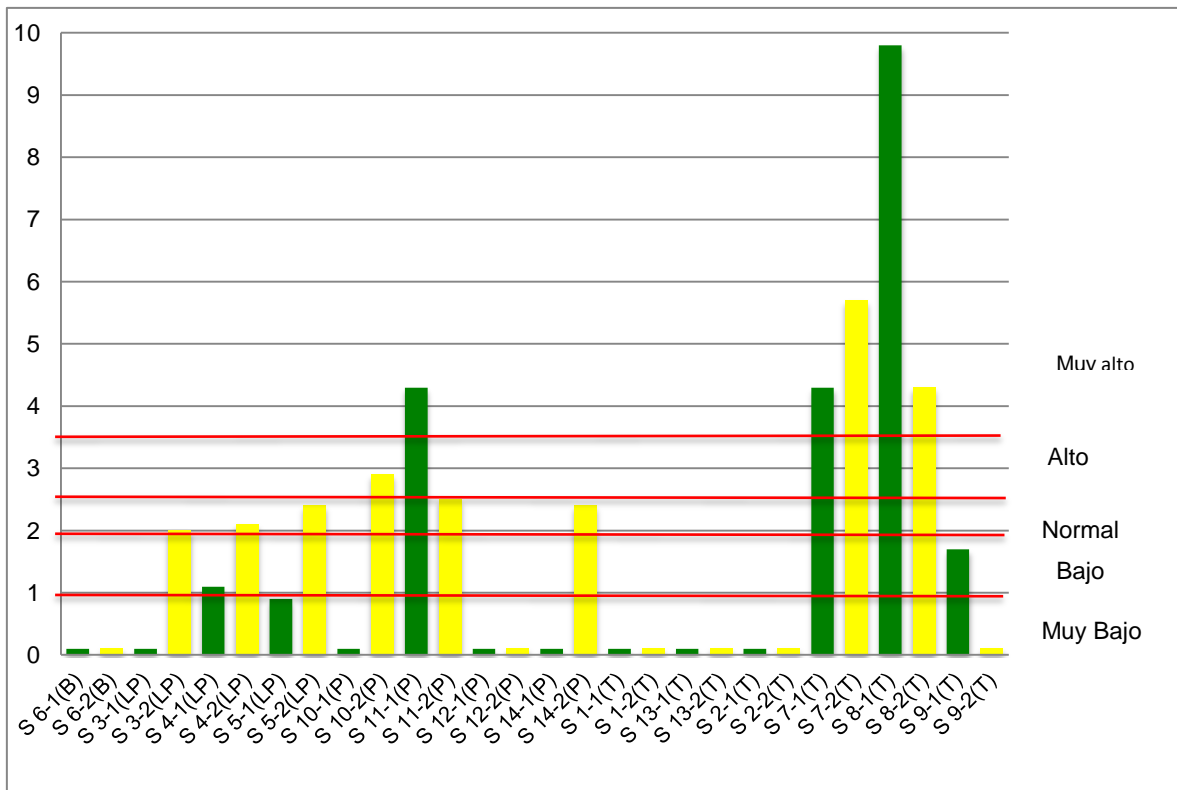
Para el área de estudio el porcentaje de materia orgánica varía entre valores inferior a 0,1 y 9,8% (muy bajo a muy alto).

Del total de puntos, en 15 de éstos los valores son **muy bajo** (inferior 0,9%), y en la mayoría de ellos las concentraciones son inferior a 0,1% (siendo este el límite detectable), correspondiendo al punto S 3-1 (VLP3) y S 5-1 (VLP1) sector La Punta. En La Brava estos

valores fueron detectados en los puntos S 6 (VLB2), además de los puntos S 10-1 (VTM1), S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03) sector de Peine, y S 1 (VT6), S 2 (VT5), S 9-2 (VT3) y S 13 (VT4) en el sector de Tilopozo. En cambio en los puntos S 9-1 (VT3, Tilopozo) y S 4-1 (VLP4, La Punta), los porcentajes son **bajos** (Figura N° 12-19).

Los porcentajes **normales** de materia orgánica fueron determinados en los puntos S 3-2 (VLP-3), S 4-2 (VLP4) y S 5-2 (VLP1) sector La Punta, y S 11-2 (VB01) y S 14-2 (VB03) en Peine. Mientras que, los valores **altos** se registraron en el punto S 10-2 (VTM1) sector de Peine, **Figura N° 12-19**). Los valores **muy alto** se presentan en los puntos S 11-1 (VB01, Peine) y S 7 (VT1) y S 8 (VT2) sector de Tilopozo, ver **Figura N° 12-19**.

Figura N° 12-19. Análisis de resultados para materia orgánica (%) – Verano 2018.



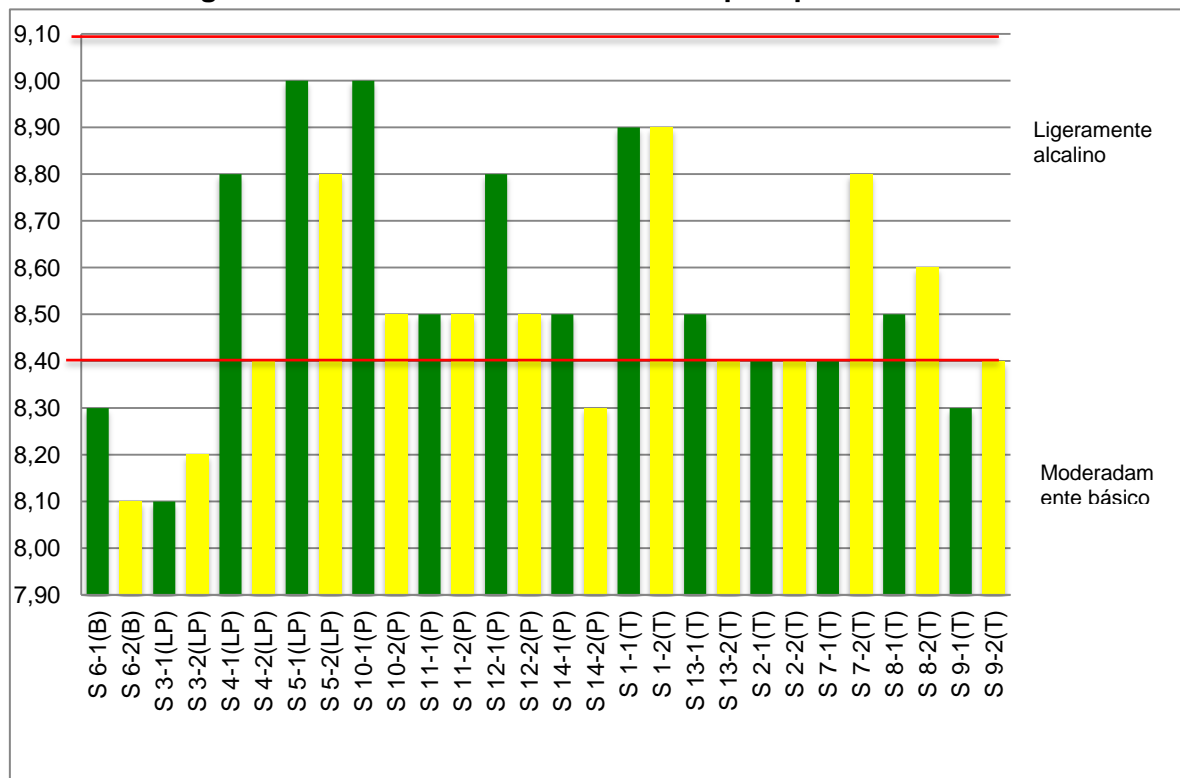
■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

12.4.2.2 pH

En general para el área de estudio, el pH varía de moderadamente básico a ligeramente alcalino (8,1 a 9,0), siendo **moderadamente básico** en los puntos S 6 (VLB2) sector de La Brava, S 3 (VLP3), y S 4-2 (VLP2) La Punta, como también en el punto S 14-2 (VB03, Peine), además en S 2 (VT5), S 7-1 (VT-1), S 9 (VT3) y S13-2 (VT4), sector de Tilopozo (**Figura N° 12-20**).

Mientras que, el pH **ligeramente alcalino** se presenta en el sector de La Punta en los puntos S 4-1 (VLP2) y S 5 (VLP1), mientras que en Peine se presenta en el punto S 10 (VTM1), S 11 (VB01), S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03). Mientras que, en Tilopozo se detectó en los muestreo realizados en los puntos S 1 (VT-6), S 7-2 (VT1), S 8 (VT2) y S 13-1 (VT4).

Figura N° 12-20. Análisis de resultados para pH. Verano 2018.



■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

12.4.2.3 Salinidad

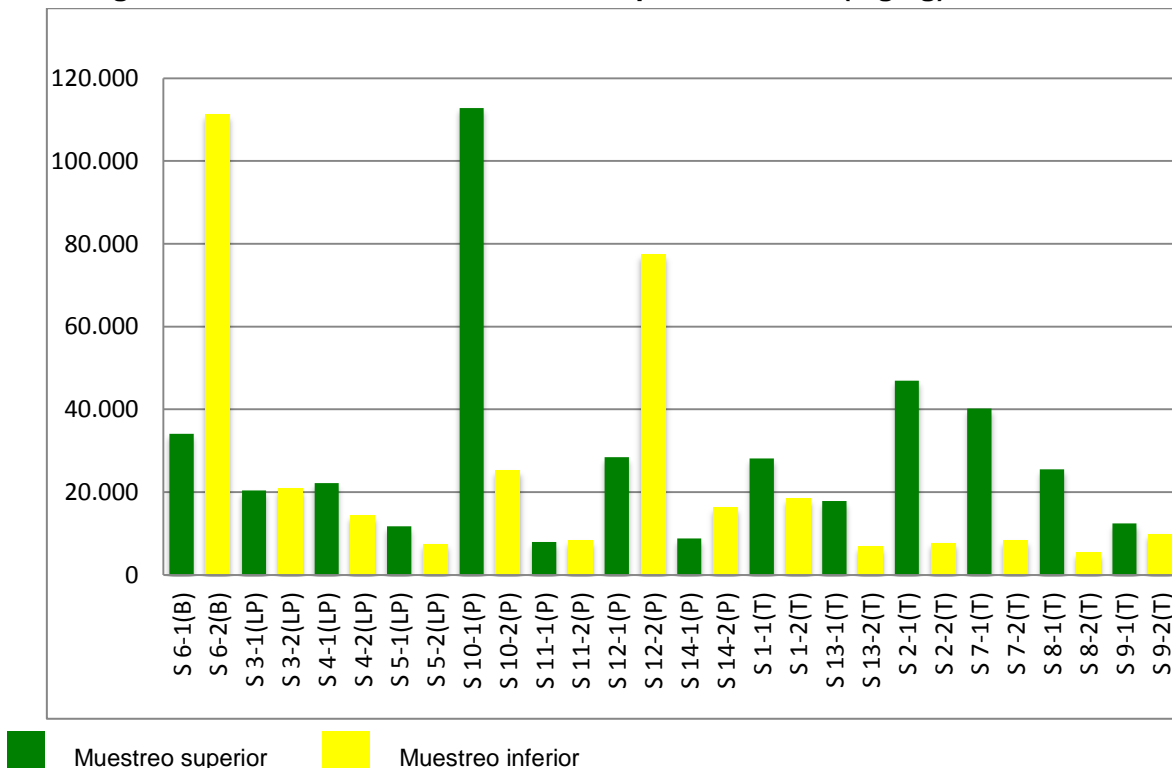
Para el área de estudio los contenidos de sales varían de 5.457 a 112.772 mg/kg de materia seca. Los valores **menores** (inferior a 10.000 mg/kg) se presentan en los puntos S 2-2 (VT5), S 7-2 (VT1), S 8-2 (VT2), S 9-2 (VT3) y S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo, como también en los puntos S 14-1 (VB03) y S 11 (VB01) en Peine, y S 5-2 (VLP1) en La Punta.

Las concentraciones **superiores** a 50.000 mg/kg, se detectaron en los puntos S 10-1 (VTM1) y S 12-2 (VB02) en Peine y S 6-2 (VLB02) sector de La Brava. Valores intermedios se presentan en los diferentes sectores evaluados (**Figura N° 12-21**).

Se considera que para el área el factor principal de aporte salino a los suelos es el material parental, asociado a la evaporación del agua, ya que las concentraciones mayores se encuentran principalmente en sectores con un horizonte salino en superficie.

Las menores concentraciones en general se asocian a suelos con nivel freático sub superficial o en profundidad, y en el borde del salar. Además, en algunos puntos las concentraciones entre ambos puntos de muestreo presentan una variación muy importante. Por lo tanto, para el área y con la información disponible no existe un factor único y común que determine la salinidad de los suelos.

Figura N° 12-21. Análisis de resultados para salinidad (mg/kg). Verano 2018.



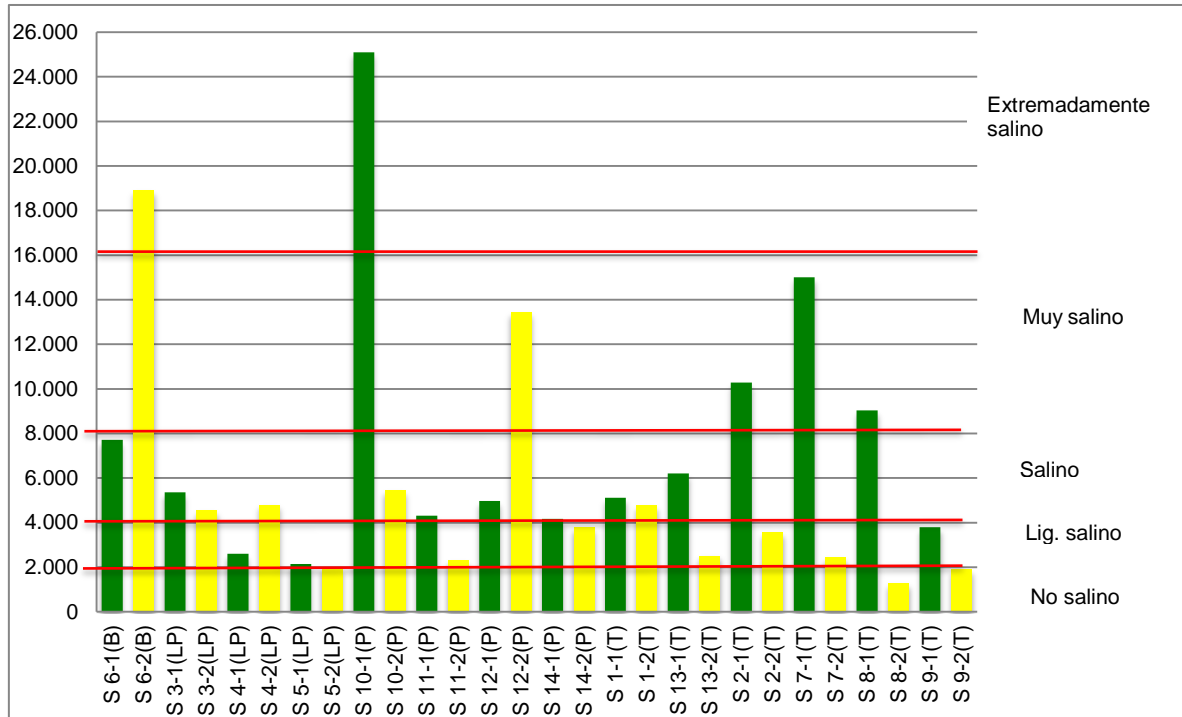
B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

12.4.2.4 Conductividad Eléctrica

Para el área de estudio, los puntos de muestreos S 8-2 (VT2) y S 9-2 (VT3) en el sector Tilopozo y S 5-2 (VLP1) en La Punta corresponden a **suelos no salino**. Mientras que, en los puntos S 4-1 (VLP2) y S 5-1 (VLP1) en el sector La Punta, como también S 2-2 (VT5), S 7-2 (VT1), S 9-1 (VT3) y S 13-2 (VT4) en Tilopozo y en Peine el punto S 11-2 (VB01) y S 14-2 (VB03), los suelos son **ligeramente salinos (Figura N° 12-22)**.

Para el área, los suelos **salinos** corresponden a los puntos S 1 (VT6) y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo, como también en el puntos S 10-2 (VTM1), S 11-1 (VB01), S 12-1 (VB02) y S 14-1 (VB03) en Peine, además de S 3 (VLP3), S 4-2 (VLP4) en La Punta y S 6-1 (VLP2) La Brava. En cambio, en el punto S 12-2 (VB02, Peine) y S 2-1 (VT5), S 7-1 (VT1) y S 8-1 (VT2) en el sector de Tilopozo los suelos son **muy salinos (Figura N° 12-22)**. Mientras que, en los puntos S 6-2 (VLB02, La Brava) y S 10-1 (VTM1, Peine), los suelos son **extremadamente salino**.

La conductividad eléctrica está en función principalmente de las sales solubles presentes en la solución suelo, por lo tanto, no existe una relación de la conductividad con la localización de los puntos, ya que en un mismo sector ésta es muy variable.

Figura N° 12-22. Análisis de resultados para conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)-Verano 2018.

■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

12.4.2.5 Humedad

En el área de estudio la humedad determinada en los diferentes puntos de muestreo varía entre un 2,8 y 68,0%. Los suelos con **menor porcentaje de humedad** (inferior a 10%) corresponden al punto S 12-1 (VB02, Peine) el cual se asocia a un suelo de texturas muy gruesas (**Figura N° 12-23**).

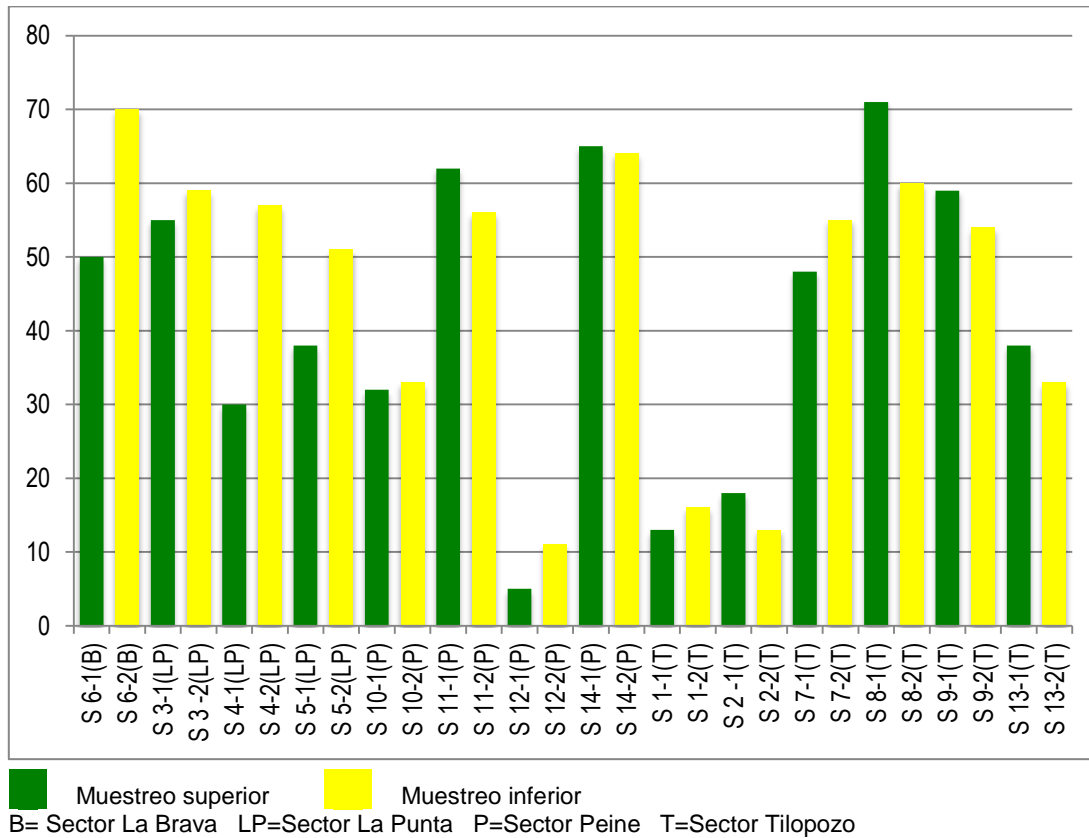
Con un porcentaje mayor a 50% de humedad, se presentan los suelos asociados a texturas francas o con componente franco (texturas moderadamente finas a medias), correspondiendo a los puntos S 3-2 (VLP3, La Punta), S 6 (VLB2, La Brava); S 7-2 (VT1), S 8-1 (VT2) y S 9-1 (VT3) sector de Tilopozo, y finalmente los puntos S 11 (VB01) y S 14-2 (VB03) en el sector de Peine (**Figura N° 12-23**).

En los restantes puntos distribuidos en los sectores de Tilopozo, Peine y La Punta, la humedad varía entre 12,1 a 48,4%, con suelos de texturas gruesas (areno francosa),

moderadamente gruesas (franco arenosa), media (franco y franco limosa), moderadamente finas (franco arcillosa) y muy finas (arcillosa), ver **Figura N° 12-23**.

Al respecto, es importante recalcar que aquellos suelos con texturas gruesas y moderadamente gruesas, con alta humedad, se debe a que en su composición presentan además de arena, limo y/o arcillas, en un porcentaje muy bajo, pero que les permite aumentar la retención de agua en los poros. Sin embargo, considerando estos antecedentes no sólo la porosidad determina el porcentaje de humedad de los suelos, existiendo otros que también cumplen esta función, destacando materia orgánica, sales, estructura del suelo, entre otros.

Figura N° 12-23. Análisis de resultados para humedad (%) - Verano 2018.



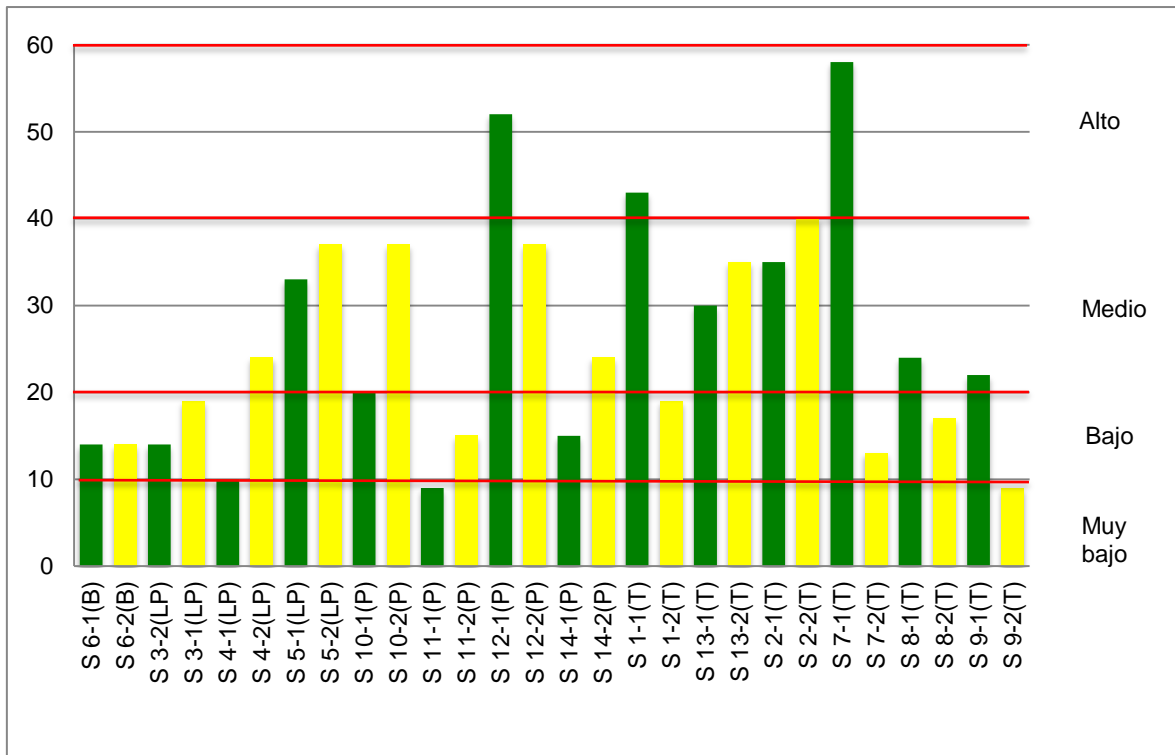
12.4.2.6 Nutrientes

a) Nitrógeno

De acuerdo con los resultados de laboratorio para las muestras tomadas durante el Monitoreo 4, en un total de 3 puntos el nitrógeno disponible se encuentra en el rango de **muy bajo**, cuyos valores fluctúan entre 0 y 10 mg/kg, correspondiendo a los puntos S 4-1 (VLP4, La Punta), S 9-2 (VT3, Tilopozo) y S 11-1 (VB01, Peine). Mientras que, los puntos S 6 (VLB2, La Brava), S 3 (VLP3, La Punta), como también los muestreos efectuados en los puntos S 10-1 (VTM1), S 11-2 (VB01) y S 14-1 (VB03) en el sector de Peine, y S 1-2 (VT6), S 7-2 (VT1), S 7-2 (VT1) y S 8-2 (VT2) en Tilopozo, el rango de nitrógeno es **bajo** (10,1 a 20 mg/kg.), ver **Figura N° 12-24**.

Los valores **medios** (20,1 a 40 mg/kg.) fueron detectados en los puntos S 4-2 (VLP4) y S 5 (VLP1) en el sector de La Punta, como también S 10-2 (VTM1), S 12-2 (VB02) y S 14-2 (VB03) en Peine. En Tilopozo este valor se presenta en los puntos S 2 (VT5), S 8-1 (VT2), S 9-1 (VT3) y S 13 (VT4). Finalmente los valores **alto**, se detectaron en los puntos S 12-1 (VB02, Peine), y S 1-1 (VT6) y S 7-1 (VT1) en el sector de Tilopozo (**Figura N° 12-24**).

Figura N° 12-24. Análisis de resultados para nitrógeno (mg/kg)-Verano 2018.



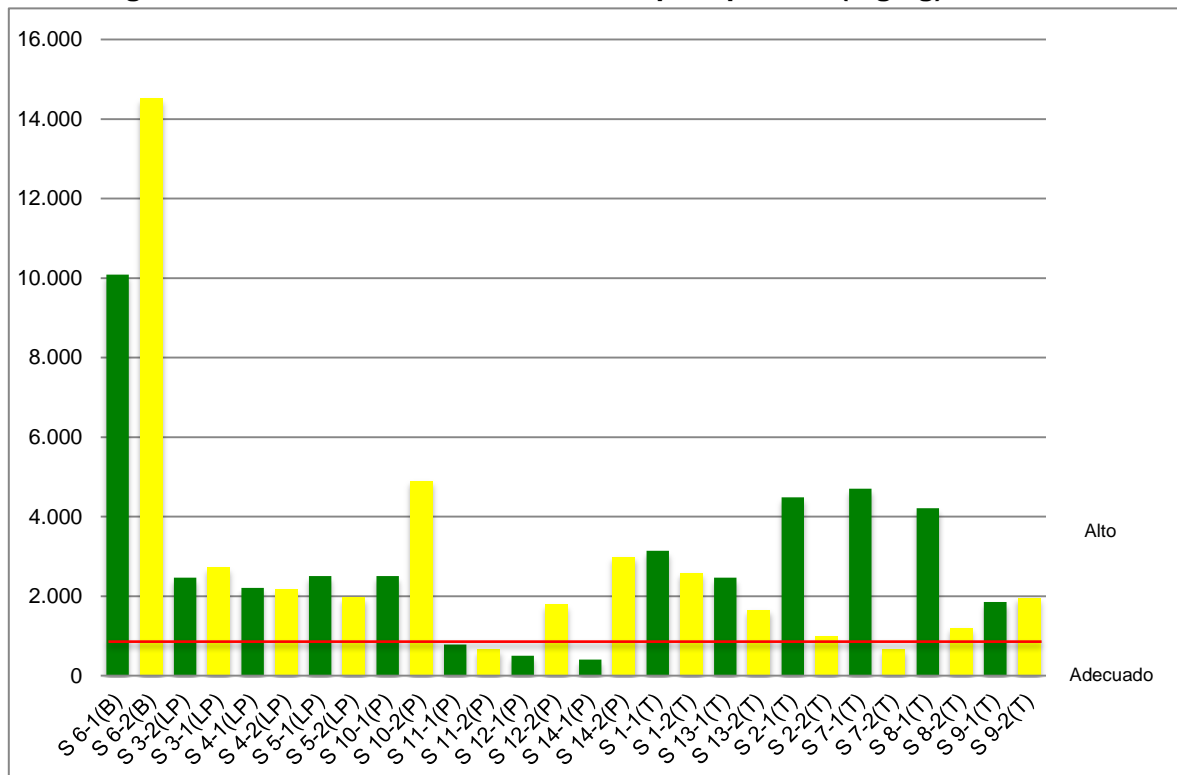
■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

b) Potasio

Respecto al potasio disponible, en 5 muestras el nivel es adecuado (relacionado con los requerimientos para cultivos agrícolas), correspondiendo a las muestras S 7-2 (VT-1) en el sector de Tilopozo, además de las muestras S 11 (VB-01), S 12-1 (VB-02) y S 14-1 (VB03) en el sector de Peine, ver **Figura N° 12-25**.

Las muestras restantes presentan un nivel alto de potasio disponible, valores que fluctúan entre 984,0 y 14.521,0 mg/kg, ver **Figura N° 12-25**.

Figura N° 12-25. Análisis de resultados para potasio (mg/kg)-Verano 2018.



■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo
 Niveles de Potasio:
 Muy Bajo 0 – 50 Bajo 51 – 100 Medio 101 – 150 Adecuado 151 – 800 Alto > 800

c) Fósforo

En cuanto al fósforo disponible, este varía entre 5 y 94 mg/kg, es decir, entre **muy bajo a muy alto**, ver **Figura N° 12-26**.

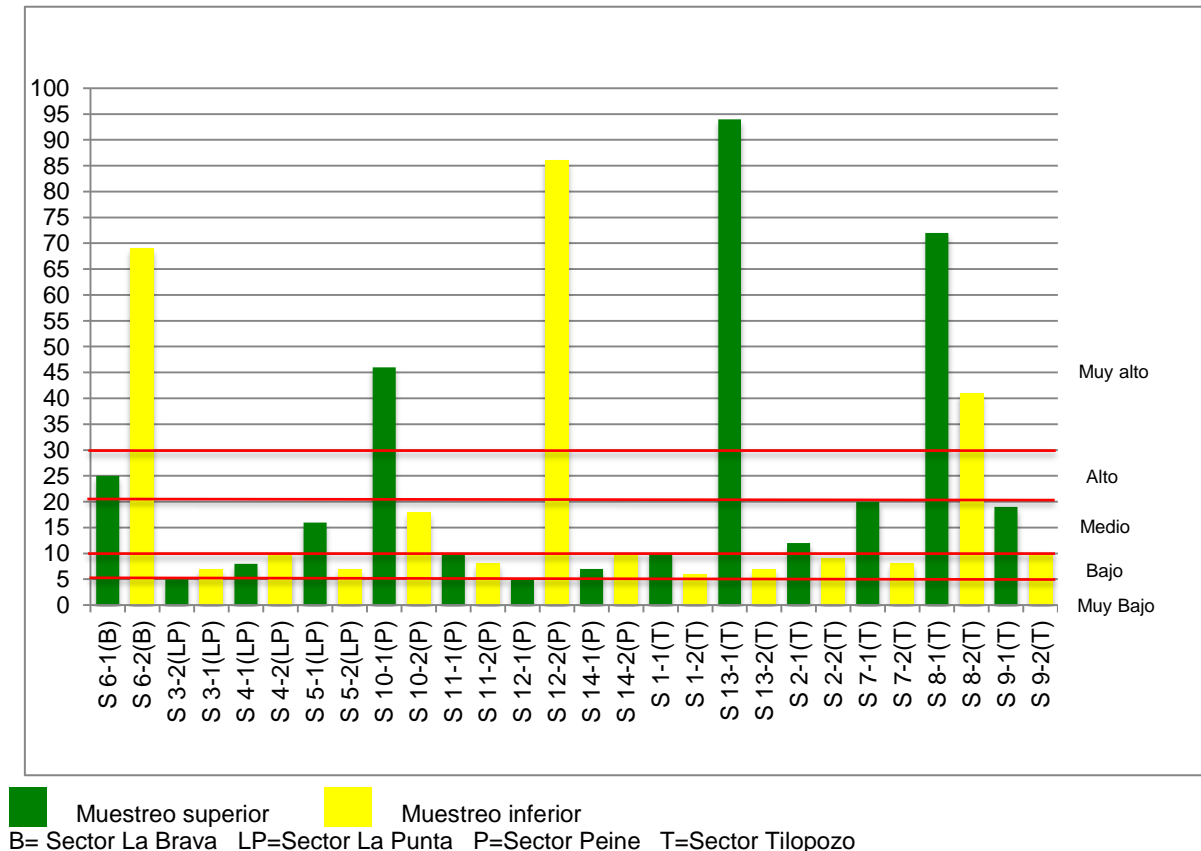
La categoría **muy baja**, se determinó en las muestras S 12-1 (VB02, Peine) y S 3-2 (VLP3, La Punta) (**Figura N° 12-26**).

Mientras que, la categoría **baja** se presenta en las muestras S 3-1 (VLP3), S 4 (VLP2) y S 5-2 (VLP1) sector de La Punta, como también en las muestras S 11 (VTM1) y S 14 (VB03) en sector de Peine, y en S 1 (VT6), S 2-2 (VT5), S 7-2 (VT1), S 9-2 (VT3) y S 13-2 (VT4) para el sector de Tilopozo, en las cuales el valor mínimo es 6 y máximo 10 mg/kg, ver **Figura N° 12-26**.

En las muestras S 2-1 (VT5), S 7-1 (VT1) y S 9-1 (VT3) sector de Tilopozo, como también los puntos S 10-2 (VTM1, Peine) y S 5-1 (VLP1, La Punta), donde el fósforo disponible es **medio** con valores de 12 y 20 mg/kg. En cambio, la categoría de disponibilidad **alta**, se determinó en el punto S 6-1 (VLB2, La Brava), ver **Figura N° 12-26**.

Finalmente, la categoría **muy alta** fue determinada en los puntos S 8 (VT2) y S 13-1 (VT4), para el sector de Tilopozo, además de S 10-1 (VTM1) y S 12-2 (VB02) en Peine y S 6-2 (VLB2) en La Brava, con valores entre 41 y 94 mg/kg. (ver **Figura N° 12-26**).

Figura N° 12-26. Análisis de resultados para fósforo (mg/kg)-Verano 2018.

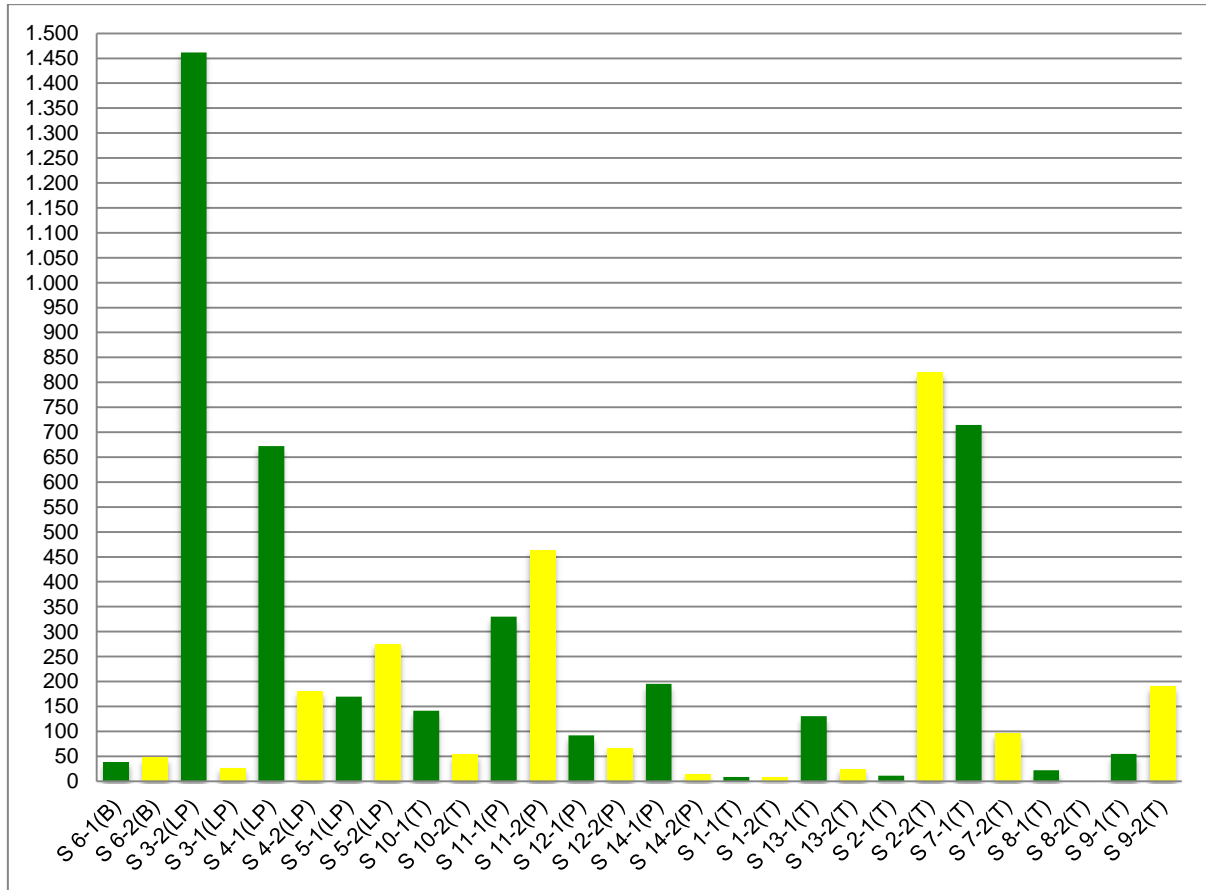


12.4.2.7 Conductividad hidráulica (permeabilidad)

Respecto a la velocidad de infiltración del agua en el perfil de suelo, para el Monitoreo de verano, en general se determinó una velocidad de infiltración desde **moderadamente alta** en el punto S 8-2 (VT2, Tilopozo con 1,4 cm/h)) a velocidades **altas** en los puntos S 1 (VT6), S 2-1 (VT5), S 8-1 (VT2) y S 13-2 (VT4) sector de Tilopozo, como también en los puntos S 3-1 (VLP3, La Punta) y S 14-2 (VB03) sector de Peine (ver, **Figura N° 12-27**).

En cambio, en los puntos S 2-2 (VT5), S 7 (VT1), S 9 (VT3) y S 13-1 (VT4) sector de Tilopozo, además de los puntos S 10 (VTM1), S 11 (VB01), S 12 (VB02) y S 14-1 (VB03), en el sector de Peine, como también en los puntos S 3-2 (VLP3), S 4 (VLP4) y S 5 (VLP1) en La Punta y en los puntos S 6 (VLB2, La Brava), donde la velocidad de infiltración es **muy alta**, ver **Figura N° 12-27**. Se observan en LP-LB valores mas altos en el primer estrato de horizonte de suelo y en Tilopozo y Peine, son mas similares en ambos horizontes.

Figura N° 12-27. Análisis de resultados para conductividad hidráulica o permeabilidad (cm/h)-Verano 2018.



■ Muestreo superior ■ Muestreo inferior
 B= Sector La Brava LP=Sector La Punta P=Sector Peine T=Sector Tilopozo

Rangos =Velocidad de infiltración

- | | |
|--|---|
| < 0,0036 = Velocidad muy baja | 0,0036 ≤ 0,036 = Velocidad baja |
| 0,036 ≤ 0,360 = Velocidad moderadamente baja | 0,360 ≤ 3,6= Velocidad moderadamente alta |
| 3,6 ≤ 36=Velocidad alta | > 36=Velocidad muy alta |

12.4.3 Análisis comparativo campañas 2016 - 2017 - 2018

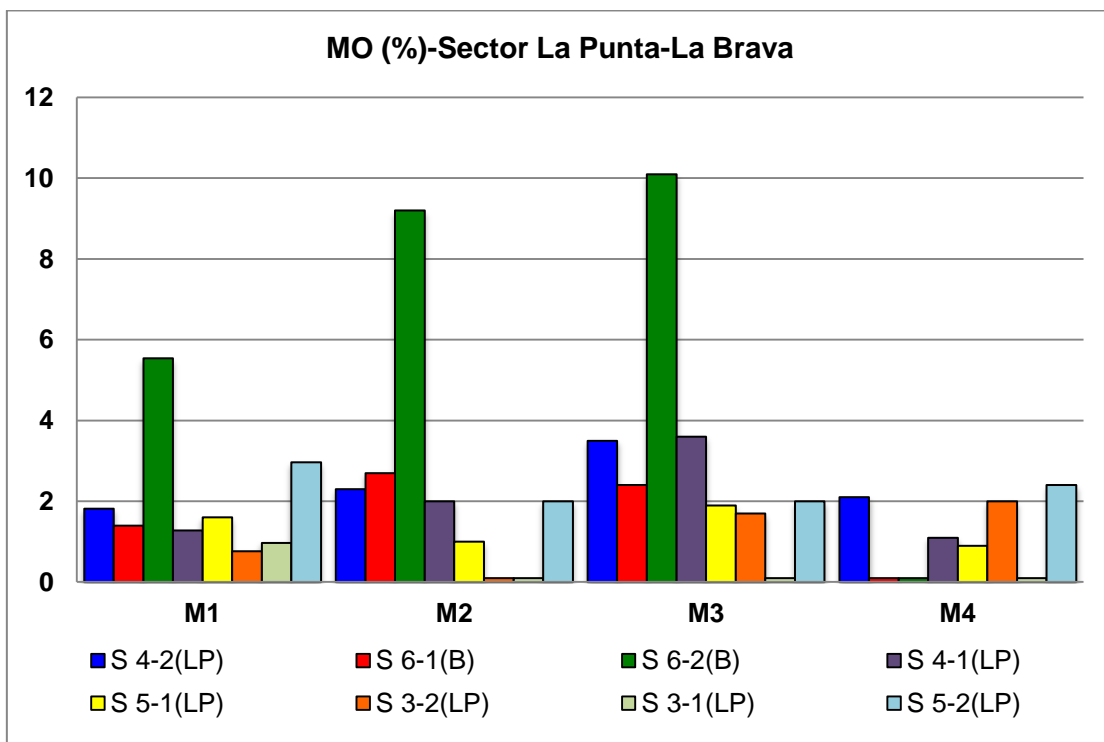
La información detallada de cada variable por monitoreo (M1, M2, M3, M4) se presenta en el **Anexo Suelos o Sustrato**.

12.4.3.1 Materia Orgánica

En el sector La Punta-La Brava sólo en el punto S 4-2 los resultados de M2, M3 y M4 son mayores que M1, variación que fluctúa entre 0,3 y 1,7% (15,7 a 92,8%). En cambio, para los puntos 6-1, S 6-2 y S 4-1, en los monitoreos M2 y M3, los porcentajes de materia orgánica son superiores a M1, valores entre 0,7 y 2,3% (entre 56,1 a 181%), mientras que en M4 ésta es inferior. Mientras que, en el punto S 5-1 tanto en M2 como M4, los porcentajes de materia orgánica son inferiores a M1, entre 0,6 y 0,7% (37,5 y 43,8%), respectivamente y en M3 éste es 0,3 % superior (18,8%), ver **Figura N° 12-28**.

En el punto S 3-2, la materia orgánica en M2 es inferior a M1 en un 0,7% (86,9%), y superior en M3 y M4, en 0,9 y 1,2% (122,2 y 161,4%). Finalmente, en los puntos S 3-1 y S 5-2 en los tres monitoreos el porcentaje de materia orgánica resulto se inferior a M1, la cual varía entre 0,6 y 0,9% (19,1 a 89,7%).

Figura N° 12-28. Resultados Materia Orgánica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.



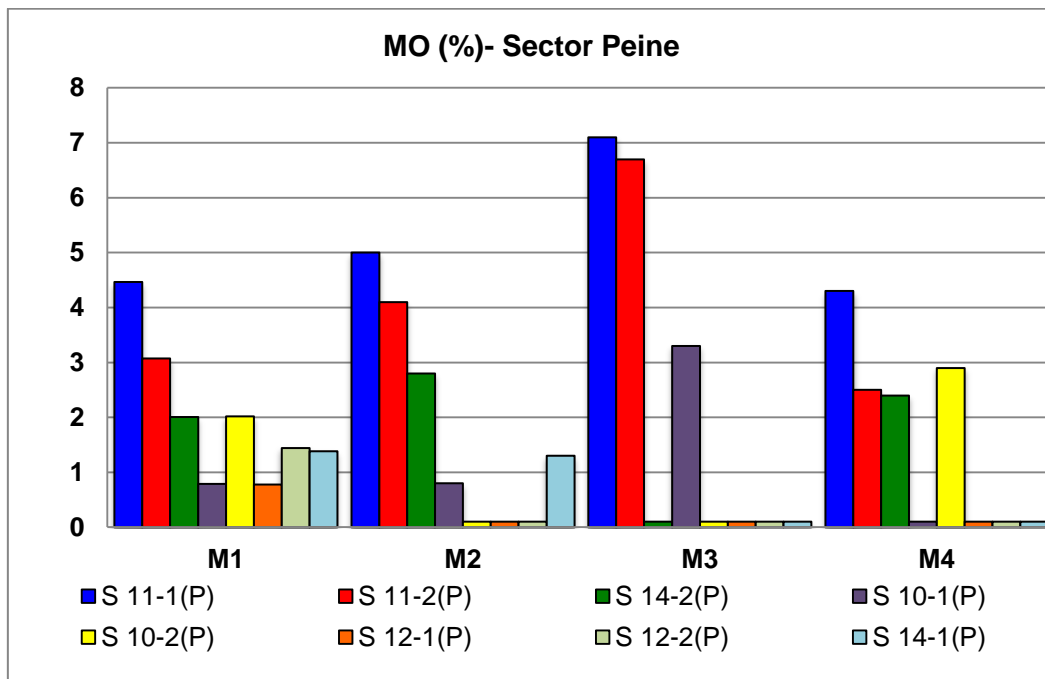
Para este sector, tanto M2 como M3 respecto a M1 presenta una tendencia similar en lo relacionado con los porcentajes de materia orgánica, manteniéndose bajo el 4% y con aumento en algunos puntos de muestreo. Sin embargo, en M4 se observa una fuerte disminución en el porcentaje en la mayoría de los puntos de muestreo, situación que se presenta en este último monitoreo, por lo que sin mayores antecedentes no es posible explicar dicha disminución.

En los puntos S 11-1 y S 11-2 (Peine) los valores obtenidos en M2 y M3 son mayores a los determinados en M1 e inferior en M4, en el caso de los dos primeros la variación fluctúa entre 0,5 a 3,6% (12,0 a 118,2%) y en el tercero varía entre 0,2 y 0,6% (3,7 y 18,6%). En cambio, en el punto S 14-2, tanto para M2 como M4 la materia orgánica aumenta en 0,8 y 0,4% (39,7 y 19,7%) respecto a M1, y en M3 ésta disminuye 1,9% (95,0%), ver **Figura N° 12-29**.

Mientras que, en S 10-1 el valor determinados de materia orgánica, sólo para M3 resulto ser mayor a M1 en 2,5% (317,2%), mientras que M2 no se determino variación, y en M4 el porcentaje de materia orgánica fue inferior en 0,7% (87,4%) a M1.

En este mismo sector y en el punto S 10-2, tanto en M2 como M3, la materia orgánica fue menor que M1 en 1,9% (95,0%) y superior para M4 en 0,9% (43,8%). Finalmente, en S 12-1, S 12-2 y S 14-1, los valores de materia orgánica de M2, M3 y M4 resultaron ser inferiores a M1, entre 0,1 y 1,3% (6,1 a 93,1%).

Figura N° 12-29. Resultados Materia Orgánica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine



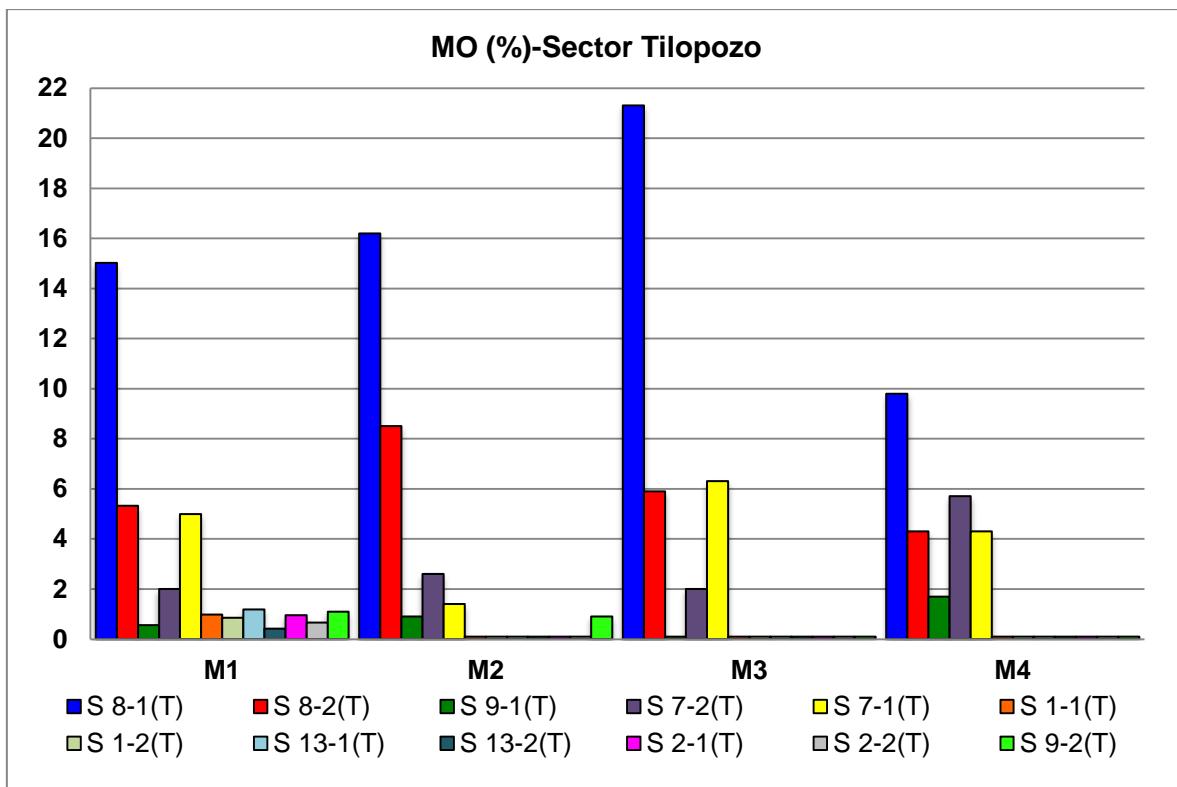
Tal como se observa en la **Figura N° 12-30**, el comportamiento de la materia orgánica en general en M2, M3 y M4, es similar en términos de puntos de muestreo con mayores porcentajes. Respecto a M1, se observa que los porcentajes de materia orgánica son superiores a 0,791%, los cuales disminuyen disminución de la mayoría de los puntos de muestreo siguientes a porcentajes inferior a 0,1%, lo cual con los antecedentes disponibles

no permite determinar el o los factores que influyeron en esta disminución y que se mantenga constante en los monitoreos posteriores.

Para el sector de Tilopozo, los puntos en S 8-1 y S 8-2, tanto en M2 como en M3, la materia orgánica es mayor a M1, aumento que fluctúa entre 1,2 a 6,3% (7,9 a 59,9%), y es inferior en 5,2 y 1,0% (34,7 y 19,1%) en M4. En cambio, para S 9-1 y S 7-2, en M2 y M4 los valores fueron mayores que en M1 entre 0,3 a 3,7% (30,3 a 206,9%), e inferior en 0,5% en M3 (81,9 %) para el punto S 9-1 y sin variación para S 7-2. En el punto S 7-1 la materia orgánica determinada en M3 es mayor en 1,3% (26,2%) comparada con M1, y menor para M2 y M4 en 3,6 y 0,7% (72,0 y 3,6%).

En los restantes puntos de muestreo, los porcentajes de materia orgánica determinada para M2, M3 y M4 fueron menores a M1 en 0,198 a 1,081% (18,0 a 91,5%).

Figura N° 12-30. Resultados Materia Orgánica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.



En este sector el comportamiento de la materia orgánica en el suelo es similar a lo que ocurre en Peine, es decir, los puntos con mayor porcentaje se mantienen en los monitoreos 2, 3 y 4, excepto S 9-1 (M3) en el cual la materia orgánica fue inferior a 0,1%. También se observa en la **Figura N° 12-30**, que para M1 la materia orgánica era mayor a 0,4%, y que en los monitoreos posteriores en la mayoría de los puntos cae a porcentajes inferior a 0,1%, esta caída y con los antecedentes disponibles, no permite determinar el o los factores que

influyeron en esta disminución y que además se mantenga constante en los monitoreos posteriores.

Respecto a este parámetro, es necesario señalar que la materia orgánica se concentra mayormente en los primeros centímetros del suelo y disminuye drásticamente en profundidad, esto debido a que la mayor parte de los restos orgánicos sólo son depositados en la superficie del suelo, excepto en aquellas situaciones en donde por fenómenos naturales (aluviones, remoción en masa, vulcanismo, entre otros) se produce un enterramiento de la vegetación y de esta manera el contenido podría ser mayor en profundidad que en superficie. También existe otra condicionante de un mayor porcentaje de materia orgánica en profundidad, el cual está relacionado con la percolación de los elementos relacionados con la infiltración de agua.

En cuanto a la distribución y porcentaje de materia orgánica en el perfil de suelo existen diversos factores, entre los que se pueden mencionar: clima (humedad y temperatura), tipo de vegetación, drenaje, topografía, entre otros.

En general para el área, la mayoría de los puntos de muestreos en los 4 monitoreos presenta un contenido de materia orgánica inferior a 2%, los cuales se asocian a sectores sin cobertura vegetal, o cuando esta existe, es del tipo arbustiva, pero asociadas a suelos de texturas gruesas o con altos contenido de sales tanto en superficie como en el perfil.

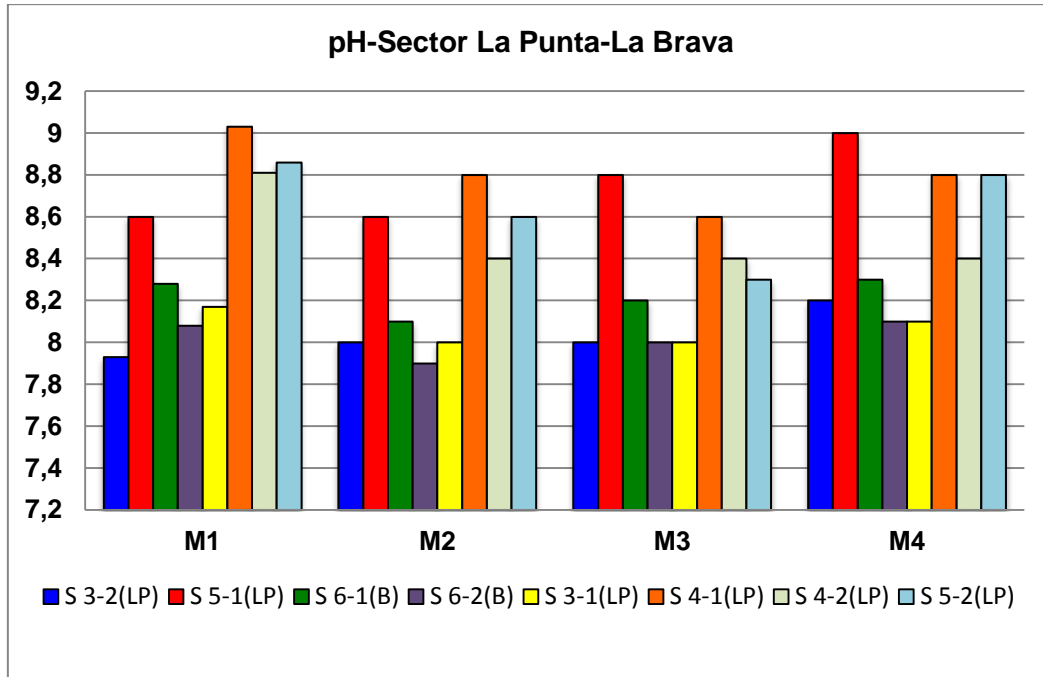
Los puntos con mayor porcentaje de materia orgánica, se presentan en área con abundante cobertura vegetal, principalmente del tipo herbácea y alto contenido hídrico (humedal), como es el caso de vegas de Tilopozo, excepto para el punto situado en La Brava, donde a pesar de no presentar vegetación superficial, el contenido de materia orgánica en profundidad es muy alto, lo que se podría atribuir a la presencia en profundidad, de abundantes restos vegetales, lo que se puede deber a antiguas vegas que fueron enterrada por fenómenos naturales, condición que se revierte durante el Monitoreo 4, durante el cual la materia orgánica determinada es inferior a 0,1%.

12.4.3.2 pH

Para el sector La Punta-La Brava, sólo en el punto S 3-2 los valores de pH de M2, M3 y M4 son superiores a M1, aumento entre 0,007 a 0,27 (0,88 a 3,4%). Mientras que, en S 5-1, el pH de M2 no presenta variación respecto a M1 y es mayor en M3 y M4, con una variación de 0,2 y 0,4 (2,33 y 4,65), y en los puntos S 6-1 y S 6-2, tanto en M2 como M3, el pH es inferior a M1, disminución entre 0,08 y 0,18 (0,97 a 2,23%) (ver **Figura N° 12-31**).

Para los restantes puntos de muestreo (S 3-1, S 4-1, S 4-2 y S 5-2), el pH es más ácido en M2, M3 y M4, respecto a M1, esta disminución varía entre 0,06 a 0,56 (0,68 a 6,32%).

Figura N° 12-31. Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.

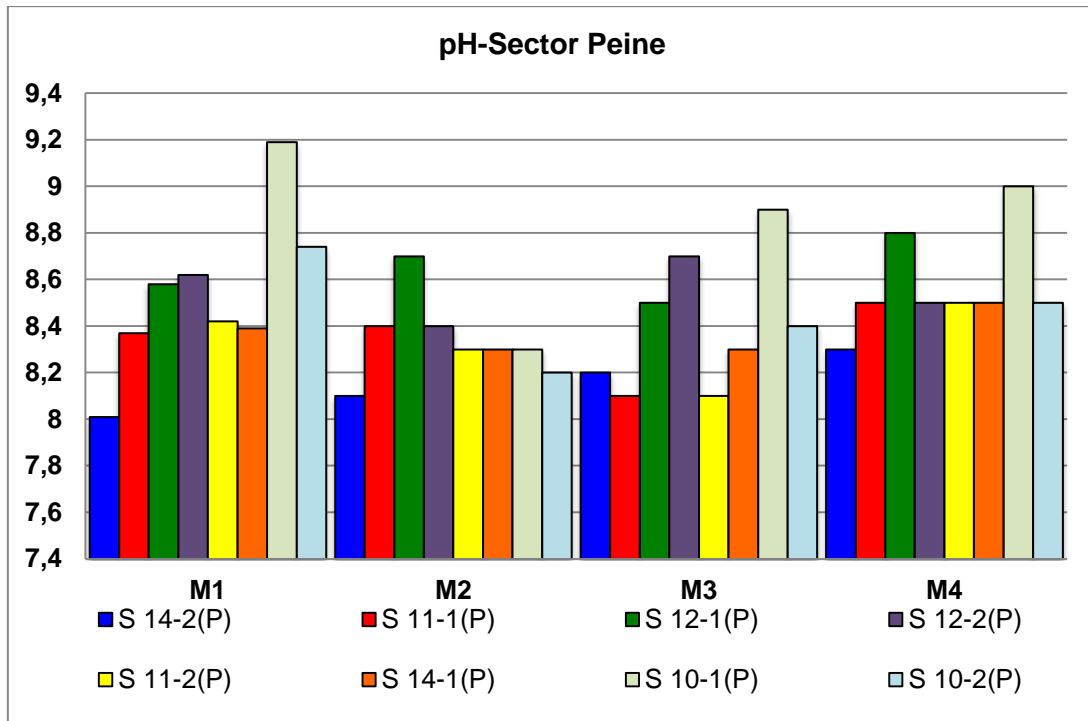


Para este sector, y tal como se observa en la **Figura N° 12-31**, el pH presenta un comportamiento similar, en términos de puntos de muestreo en donde se presentan las mayores concentraciones tanto para M1 como para M2, M3 y M4, existiendo una variación numérica que fluctúa entre 0,07 y 0,56. Caracterizándose el sector por un pH alcalino, típico de zonas áridas.

En el punto S 14-2 (sector de Peine) el pH de M2, M3 y M4, es mayor al determinado en M1, variación entre 0,09 a 0,29 (1,12 a 3,62%). Mientras que, en los puntos S 11-1 y S 12-1, tanto en M2 como M4 el pH es numéricamente mayor que M1 en 0,03 a 0,22 (0,36 a 2,56%) y menor en M3 entre 0,27 y 0,08 (3,23 y 0,93%). En el punto S 12,2 en M3, el pH aumentó un 0,08 (0,93%), disminuyendo en un 0,22 y 0,12 (2,55 y 1,39%) para M2 y M4, respectivamente (ver, **Figura N° 12-32**).

Mientras que en los puntos S 11-2 y S 14-1, el pH aumentó un 0,08 y 0,11 (0,95 y 1,31%) en M4 respecto a M1, para disminuir entre 0,09 a 0,32 (1,07 a 3,8%) en M2 y M3. Finalmente, en los puntos S 10-1 y S 10-2, el pH es inferior al determinado en M1, variación entre 0,19 y a 0,89 (2,07 a 9,68%).

Figura N° 12-32. Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.

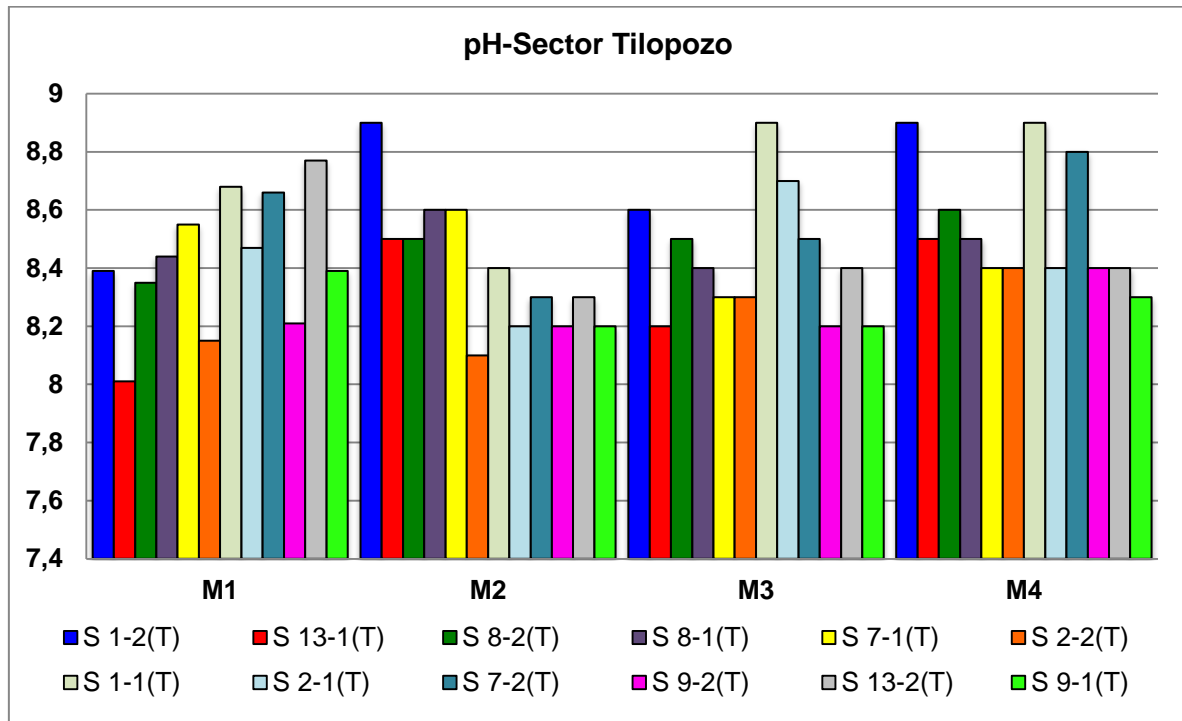


En el sector de Peine, el pH presenta una variación numérica tanto entre los diferentes monitoreos como entre los puntos de muestreo. En este sector, los resultados de M3 y M4, presenta similitud con M1, en cuanto a los puntos de mayor pH, como también aquellos de menor alcalinidad, la variación entre los diferentes puntos de muestreo de M3 y M4, fluctúa entre 0,08 y 0,4. En cambio en M2, los pH de mayor alcalinidad corresponden a puntos que en M1 ocupaban posición intermedia y la variación es entre 0,09 y 0,89.

En el sector de Tilopozo, en los puntos S 1-2, S 13-1 y S 8-2, el pH es mayor al determinado en M1, aumento que fluctúa entre 0,15 a 0,51 (1,8 a 6,12%). Mientras que, en el punto S 8-1, el pH es más alcalino en M2 y M4 en un 0,16 y 0,06 (1,9 y 0,71%), disminuyendo un 0,04 (0,47%) en M3, respecto a M1 (ver, **Figura N° 12-33**).

En este mismo sector, pero en el punto S 7-1 el pH presenta un aumento de un 0,05 (0,58%) en M2 respecto a M1 y disminuyendo un 0,25 y 0,15 (2,92 y 1,75%) en M3 y M4. En cambio, en S 2-2 y S 1-1, el pH disminuye en M2 en 0,05 y 0,28 (0,61 y 3,23%) respecto a M1, y aumenta entre un 0,15 a 0,25 (1,84 a 3,23%) en M3 y M4, ver **Figura N° 12-33**.

En el punto de muestreo S 2-1, el pH es más alcalino en M3 en 0,23 (2,72%), para disminuir un 0,27 y 0,07 (3,19 y 0,83%) en M2 y M4, y en los puntos S 7-2 y S 9-2, el pH aumenta en M4 respecto a M1 un 0,14 y 0,19 (1,62 y 2,31%), disminuyendo en M2 y M3 entre un 0,01 a 0,36 (0,12 a 4,16%). Finalmente en los puntos de muestreo S 9-1 y S 13-2, el pH presenta un aumento en M2, M3 y M4 respecto a M1, valores que fluctúan entre un 0,09 a 0,47 (1,07 a 5,36%).

Figura N° 12-33. Resultados pH. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.

Tal como se observa en la **Figura N° 12-33**, en el sector de Tilopozo no existe una relación entre los valores de los resultados de los monitoreos M2, M3 y M4 respecto a M1, como también se puede indicar que no existe un comportamiento similar en términos de valores de los puntos de muestreo, la variación del pH de M2, M3 y M4 respecto a M1 fluctúa entre 0,01 y 0,47.

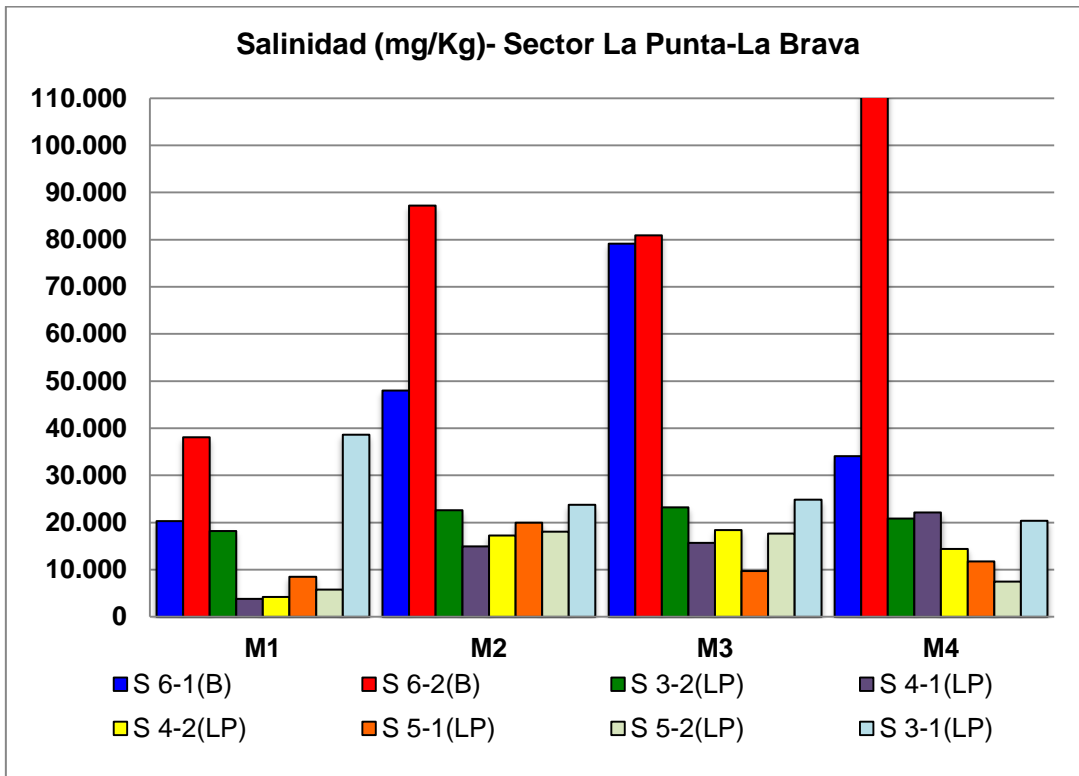
El pH del suelo depende de muchos factores, entre los cuales destacan: tipo de minerales presentes, meteorización de los minerales que constituyen o están presentes en el suelo, humificación, dinámica de los nutrientes entre la solución suelo y los retenidos por los agregados, propiedades de los agregados del suelo y en especial lo que se denomina intercambio iónico, naturaleza química de la lluvia, clima, vegetación, hidrología del lugar y actividades de las plantas, además de la existencia de otros como: relación suelo/solución, efecto del anhídrido carbónico, preparación de las muestras, variación de las muestras individuales por la variabilidad del suelo.

Considerando que la variación espacial de los puntos de muestreo es mínima, la mayoría de los factores señalados anteriormente no deberían tener incidencia en el pH del suelo, la variación observada puede ser atribuida principalmente a la época de medición y en menor importancia al contenido hídrico del perfil, esto último se relaciona con que a mayor humedad, los suelos son más ácidos y frente a una menor contenido de humedad los suelos son más básicos, por lo tanto, se requiere de mayores antecedentes y evaluaciones, para determinar si el comportamiento de este parámetro se mantiene .

12.4.3.3 Salinidad

Para el sector La Punta-La Brava sólo el punto S 3-1 la concentración de sales solubles de los monitoreos M2, M3 y M4 es inferior a las determinadas para M1, variación que fluctúa entre 14.876 a 18.264 mg/kg. (38,5 a 55,6%). Mientras que, para los restantes puntos de muestreo (S 6, S 3-2, S 4 y S 5) la concentración de sales de M2, M3 y M4 es mayor a M1, valores que varían entre 1.211 a 73.054 mg/kg. (12,5 y 475,4%), ver **Figura N° 12-34**.

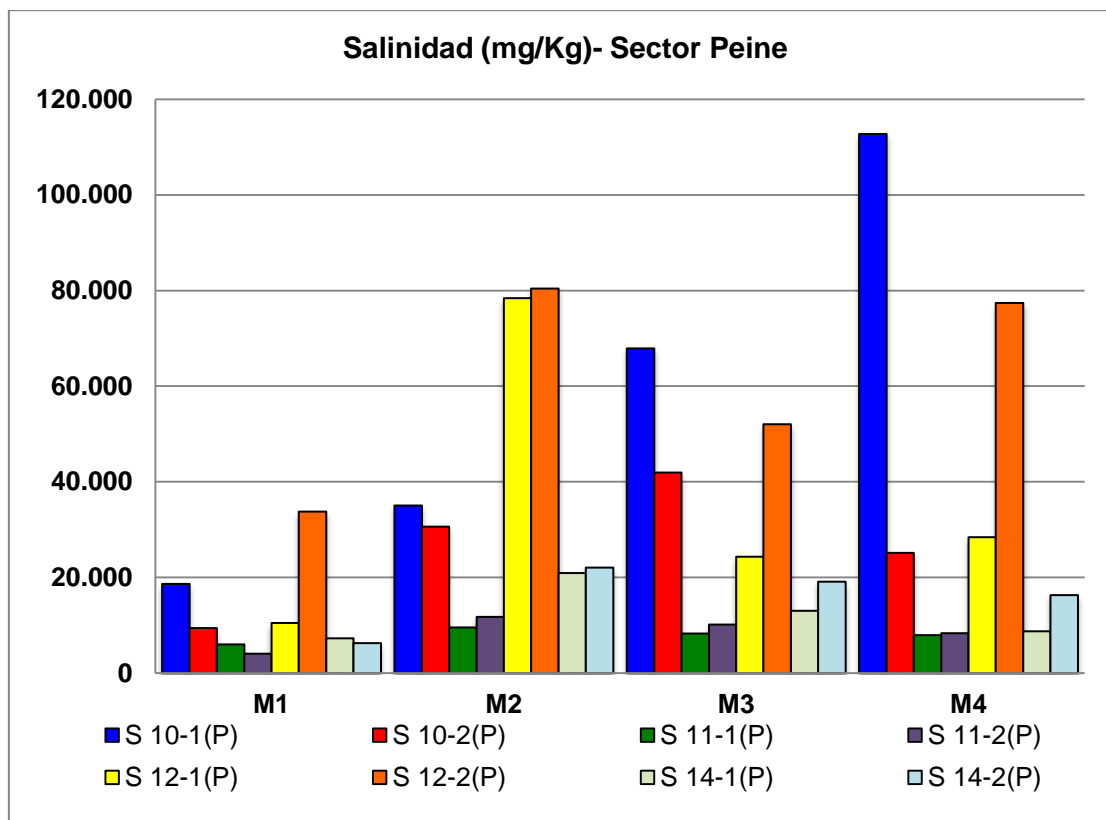
Figura N° 12-34. Resultados Salinidad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.



Tal como se observa en la **Figura N° 12-34**, para este sector en general en los resultados de M1, M2 y M3 presentan un comportamiento similar a M1 en relación a los puntos de mayor concentración (S 6-1, S 6-2, S 3-1 y S 3-2). Sin embargo, se observa un aumento de la concentración en M2, M3 y M4 respecto a M1 para todos los puntos, como también una variación entre los puntos de M2, M3 y M4. Por lo que no existe una relación clara en el comportamiento de las sales solubles entre los monitoreos, como también entre los puntos.

Para el sector de Peine, la totalidad de los puntos de muestreo presentan un aumento en la concentración de sales solubles en M2, M3 y M4, respecto a M1, variación que fluctúa entre un 1.481 a 94.122 mg/kg. (20,3 a un 646,7%), ver **Figura N° 12-35**.

Figura N° 12-35. Resultados Salinidad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.



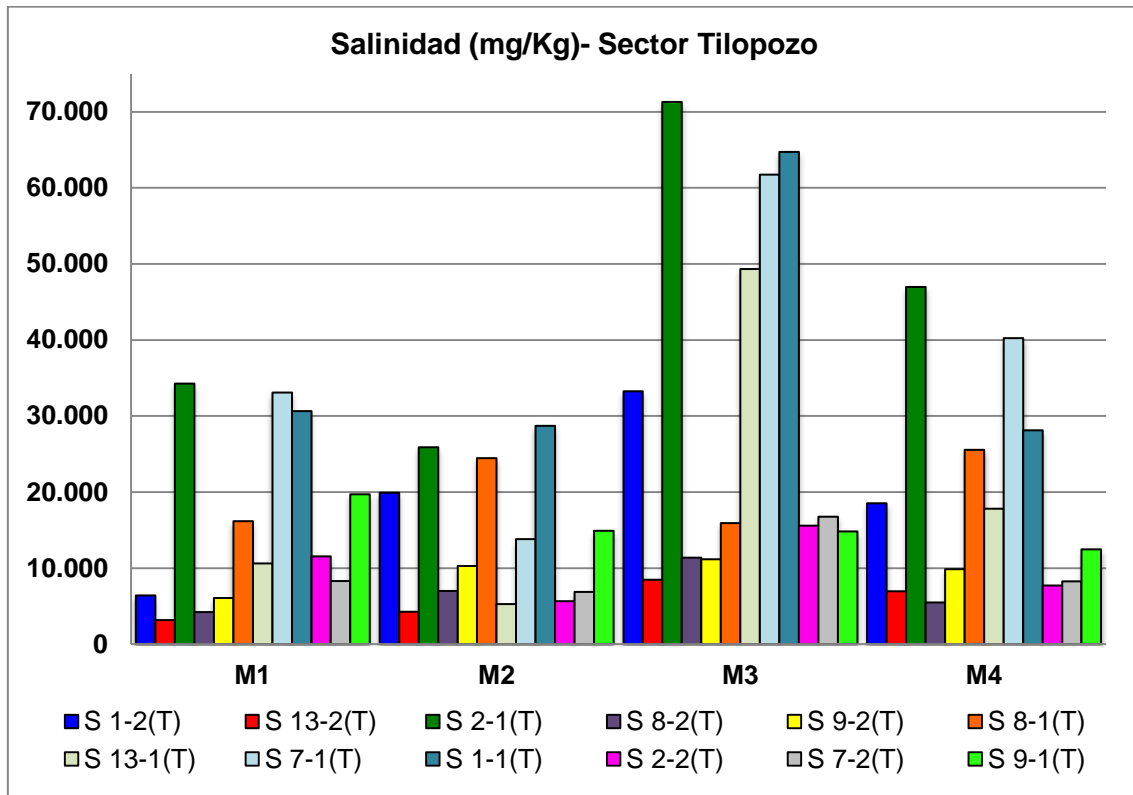
Tal como se observa en la **Figura N° 12-35**, no existe relación entre las concentraciones determinadas en M1 respecto a M2, M3 y M4, misma situación se presenta en los valores de los puntos de muestreo por monitoreo.

Para el sector de Tilopozo, la concentración de sales de los puntos S 1-2, S 2-1, S 8-2, S 9-2 y S 13-2 es mayor en M2, M3 y M4 respecto al determinado en M1, aumento que fluctúa entre 8.376 y 37.050 mg/kg. (24,5 a 211,1%). Mientras que, en el punto S 8-1, el salinidad aumento en M2 y M4 en 8.321 y 9.388 mg/kg. (un 51,5 y 58,1%), disminuyendo en 240 mg/kg (1,5%) en M3 (ver **Figura N° 12-36**).

En este mismo sector, pero en los puntos S 7-1 y S 13-1, la salinidad es mayor en M3 y M4 respecto a M1, aumento que varía entre 7.124 a 38.733 mg/kg. (21,5 a 78,5%) e inferior en M2 en 5.347 y 19.299 mg/kg. (50,4 y 58,3%). En cambio, en S 1-1, S 2-2 y S 7-2, la concentración de sales disminuye en M2 y M4 en un rango entre 26 a 5.910 mg/kg. (0,3 a 51,2%) respecto a M1, y aumenta entre 8.437 a 34.097 mg/kg. (25,8 a 52,7%) en M3.

Finalmente, en el punto de muestreo S 9-1, la salinidad presenta un aumento en M2, M3 y M4 respecto a M1, el cual fluctúa entre 4.784 a 7.243 mg/kg. (24,3 a 36,8%).

Figura N° 12-36. Resultados Salinidad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.



Tal como se observa en la **Figura N° 12-36**, no existe relación entre las concentraciones determinadas en M1 respecto a M2, M3 y M4, misma situación se presenta en los valores de los puntos de muestreo por monitoreo.

En general para el área de estudio, la concentración de sales varía en la totalidad de los puntos de muestreo para los diferentes monitoreos, esto se podría ser atribuir tanto a las características intrínsecas de los suelo (pH, MO, textura, humedad, entre otros) como a factores ambientales (precipitaciones, clima, entre otros), pero a la fecha con los datos disponibles, no es posible señalar cual o cuales son los factores que determinan el comportamiento de este parámetro.

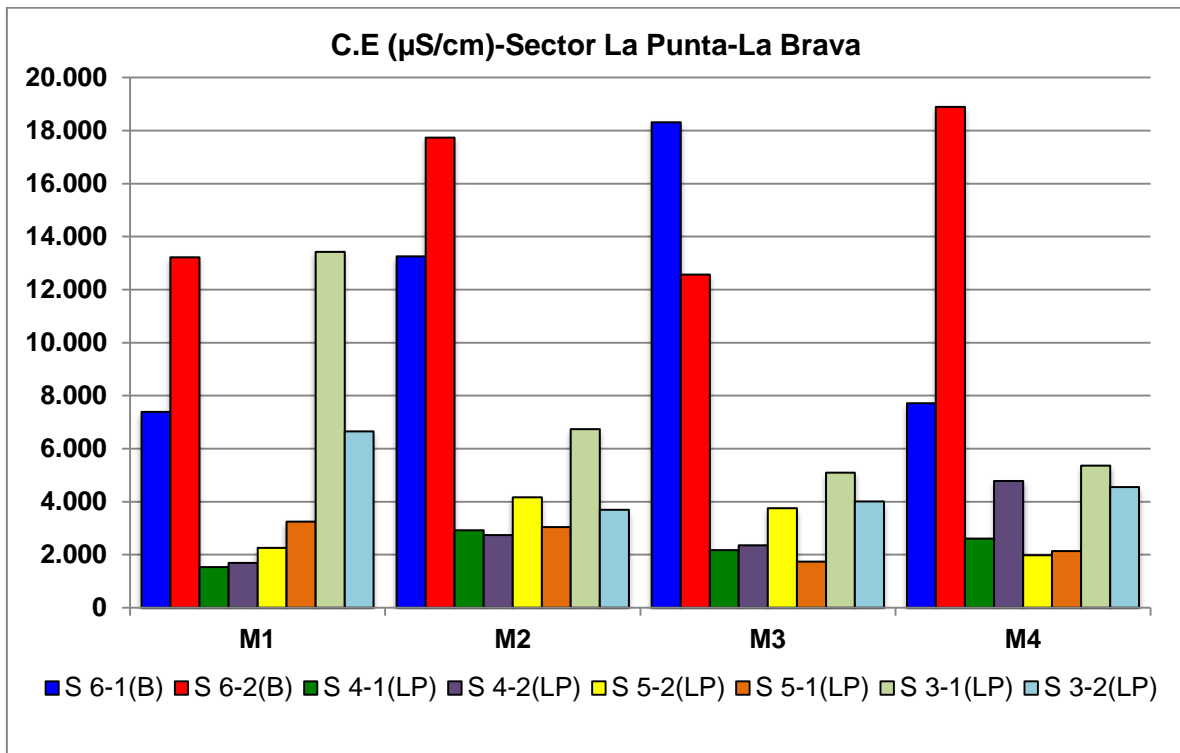
12.4.3.4 Conductividad Eléctrica

Para el sector de la Punta-La Brava, en los puntos S 6-1, S 4-1 y S 4-2, tanto en M2, M3 y M4 los valores son mayores a M1 entre 325 a 10.925 $\mu\text{S/cm}$. (4,4 a 182,8%), en el punto S 5-2, en M2 y M3 las concentraciones son superiores a M1 entre 1.900 y 1.490 $\mu\text{S/cm}$. (84,1 y 65,9%) e inferior en M4 en 281 $\mu\text{S/cm}$. (12,4%). En cambio, para S 6-2 tanto en M2 como M4

los valores de C.E. son superiores en 4.520 y 5.670 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (34,2 y 42,9%) respecto a M1, e inferior en 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$. para M3 (4,9%) (**Figura N° 12-37**).

Finalmente, en los puntos S 5-1, S 3-1 y S 3-2, tanto en M2 como M3 y M4, los valores determinados para la C.E. son inferiores a M1, en estos puntos la disminución de la C.E. fluctúa entre 210 a 8.330 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (6,5 y un 62,0%).

Figura N° 12-37. Resultados C.E. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava

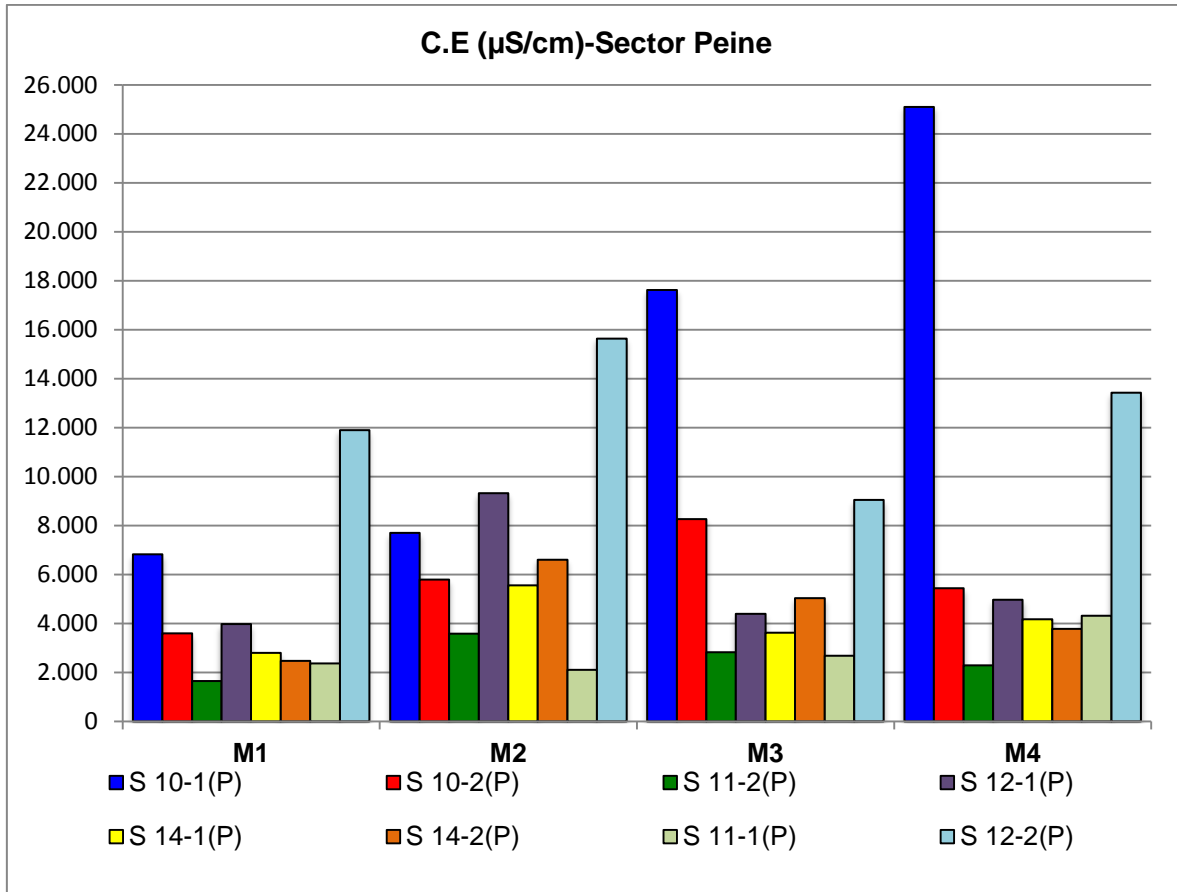


Para el sector de La Punta y La Brava, aun cuando la C.E., no presenta un comportamiento similar en términos de concentración entre puntos de muestreo para los diferentes monitoreos, si lo hace en término de tendencia y que en general, aquellos puntos que presentan las mayores concentraciones en M1, lo hacen en los restantes monitoreos, y las fluctuaciones en la concentración en general no exceden los 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, equivalente a un 16,4% de la concentración máxima de sales determinada para este sector.

En el sector de Peine, los Puntos S 10-1, S 10-2, S 11-2, S 12-1, S 14-1 y S 14-2, en los monitoreos 2, 3 y 4, las concentraciones son mayores a M1, los que se caracterizan por un amplio rango de valores que fluctúan entre 880 a 18.280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (12,9 a 268,0%). En cambio en el punto S 11-1 en M2 la concentración es inferior a M1 en 261 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (11,1%), mientras que en M3 y M4, ésta es mayor, la cual es baja (319 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) en M3, es decir 13,5% y alta (1.949 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) en M4, equivalente a 82,5%. Finalmente, en el punto S 12-2 tanto en M2

como M4, las concentraciones son mayores a M1, en 3.740 y 1.530 $\mu\text{S/cm}$. (31,5 y 12,9%) y en M3 ésta es inferior en 3.850 $\mu\text{S/cm}$. (24,0%), ver **Figura N° 12-38**.

Figura N° 12-38. Resultados C.E. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.



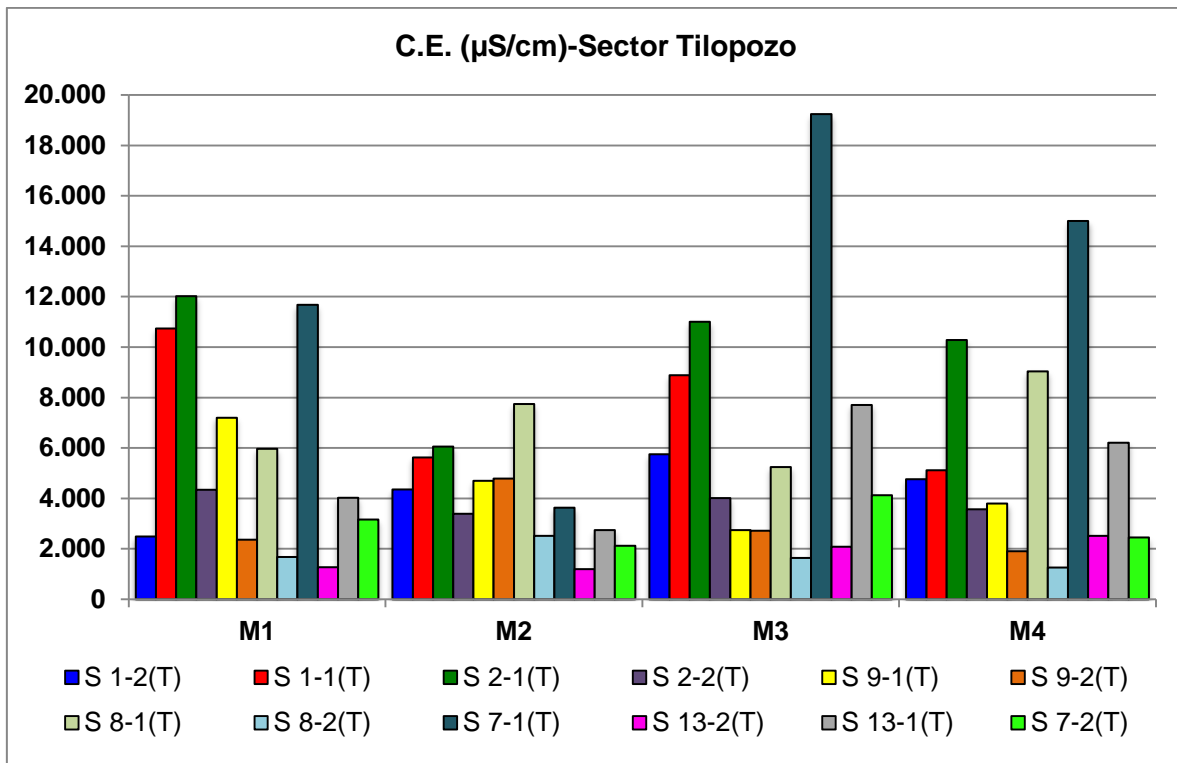
Al igual que para el sector de La Punta y La Brava, en este sector la C.E. presenta el mismo comportamiento en términos de concentración y tendencia, es decir, no existe una similitud de los valores entre los monitoreos, los cuales varían respecto a M1 como también entre ellos, lo mismo ocurre entre los puntos. Destacando que los puntos que presentan las mayores concentraciones en M1, son los mismos en M2, M3 y M4, y las fluctuaciones de las concentraciones de un mismo punto son muy amplias.

En el sector de Tilopozo, sólo en el punto S 1-2 en los monitoreos 2, 3 y 4 las concentraciones son superiores a M1 entre 1.860 a 3.260 $\mu\text{S/cm}$. (74,7 a 130,9%), y en los puntos S 1-1, S 2-2 y S 9-1, los valores determinados en M2, M3 y M4 son inferiores a M1, variación entre 330 a 5.960 $\mu\text{S/cm}$. (7,6 a 61,9%). En S 9-2 los valores de M2 y M3 son superiores a M1 en 3.740 y 1.530 $\mu\text{S/cm}$. (102,5 y 14,8%) y en M4 ésta es inferior en 2.850 $\mu\text{S/cm}$. (19,3%), ver **Figura N° 12-39**.

Mientras que, que en el punto S 8-1, los valores determinados en M2 y M4 son superiores a M1 en 1.780 y 3.070 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (29,9 y 51,5%) e inferior en M3 en 2.850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (12,1%), y en S 8-2, sólo para M2 la concentración es mayor a M1 en 839 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (50,2%) y en los monitoreos restantes ésta es inferior en 3.740 y 1.530 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (2,3 y 24,5%).

En este mismo sector, y tal como se observa en la **Figura N° 12-39**, para los puntos S 7-1, S 13-2 y S 13-1, las concentraciones en M2 son inferiores a M1 entre 81 y 8.040 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (6,4 y 68,9% y mayores en M3 y M4 en un rango que varía entre 810 a 7.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (28,5 a 97,6%). Finalmente, para el punto S 7-2, la variación en la C.E. es menor en M2 y M4 en 1.040 y 710 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (32,9 y 22,5%), y superior en M3 en 960 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (30,4%), respecto a los valores de M1.

Figura N° 12-39. Resultados C.E. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.



En este sector la C.E. presenta una importante variación en términos de concentración tanto entre los puntos como entre los monitoreos, y al igual que en los otros sectores se mantiene la tendencia general que los puntos de mayores concentraciones determinados en M1, son los mismos en M2, M3 y M4, y la fluctuaciones de las concentraciones de un mismo punto entre monitoreos son significativas.

La conductividad eléctrica de los suelos depende de diversos factores, tanto antrópicos como naturales. Entre los primeros, destacan principalmente los relacionados con la actividad agrícola (calidad agua riego, fertilización, entre otros) y en los segundos, se pueden

mencionar la meteorización de rocas o material parental, niveles freáticos elevados, situación topográfica, calidad de las aguas superficiales y calidad química de las precipitaciones.

Para el área de estudio, no existen factores antrópico del tipo agrícola que afecten la cantidad y tipo de sales solubles presentes en el suelo, sólo se puede mencionar el manejo de las aguas subterráneas como factor antrópico relevante. Siendo los de mayor importancia los factores de origen natural.

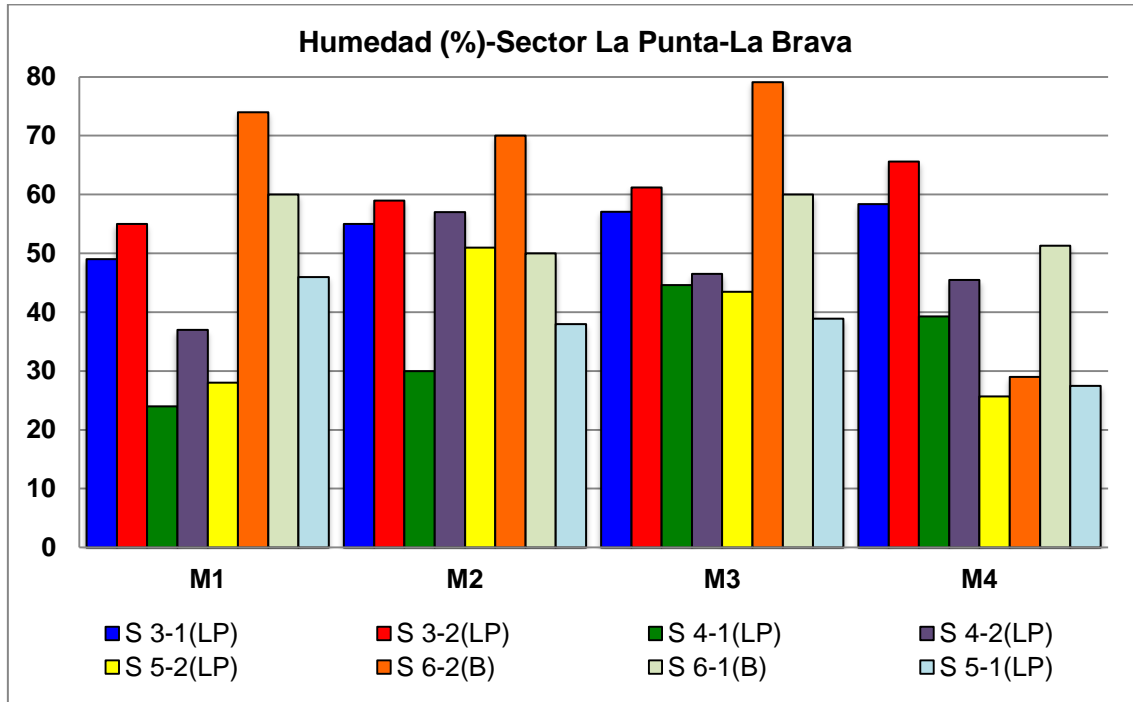
En general y considerando la proximidad de los puntos de muestreo, la mayoría de los factores que determinan la C.E., no son relevantes en la variación observada en los puntos de muestreo, por lo que ésta, se puede atribuir a dos situaciones una es la disponibilidad de agua tanto en superficie como en el perfil, y la segunda es la evaporación y evapotranspiración. Sin embargo, con la información disponible a la fecha no es posible señalar que estos factores son los únicos responsable de la variación de la CE, tanto entre puntos de muestreo como en un mismo perfil.

12.4.3.5 Humedad

En el sector de La Punta-La Brava, el contenido de humedad del suelo aumenta entre 4 a 20,6% (7,3 a 85,8%) en los puntos S 3-1, S 3-2, S 4-1 y S 4-2, para los monitoreos 2, 3 y 4, respecto a M1,. Mientras que, para S 5-2, el aumento se observa en M2 y M3 en 23 y 15,5% (82,1 y 55,4%) y la disminución en M4 en 2,3% (8,2%) comparado con M1 (ver, **Figura N° 12-40**).

En el punto S 6-2 la humedad aumenta en M3 en 5,1% (6,9%), disminuyendo en M2 y M4 en 4 y 455 (5,4 y 60,8%), respecto a M1. Finalmente, en los puntos de muestreo S 6-1 y S 5-1, la humedad de los suelos disminuye en M2, M3 y M4 respecto a M1, disminución que fluctúa entre 7,1 y 18% (14,5 y 40,2%). Destacando que el punto S 6-1 en M3, no presentó variación en la humedad respecto a M1.

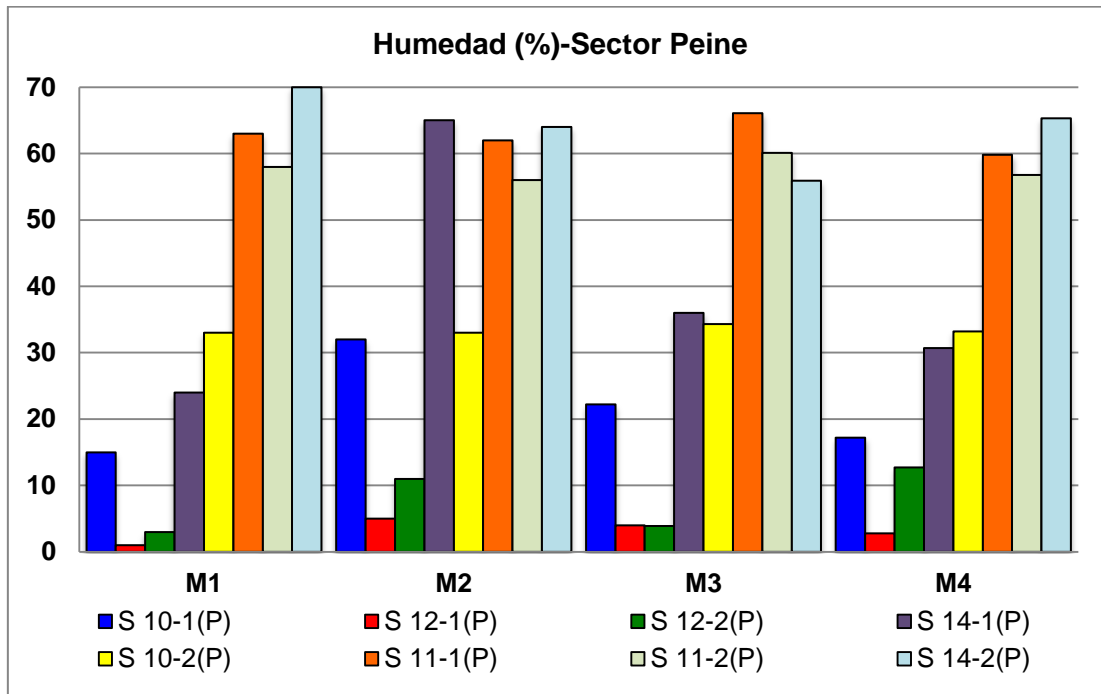
Figura N° 12-40. Resultados Humedad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.



Tal como se observa en la **Figura N° 12-40**, el porcentaje de humedad para los mismos puntos en los diferentes monitoreos es variable y no existe una correlación directa entre ellos, lo mismo sucede al comparar los resultados de los diferentes monitoreos con M1. Sin embargo, se puede observar que en general los puntos de mayor porcentaje de humedad son los mismos en M1, M2 y M3 y no así en M4.

En el sector de Peine, el contenido de humedad del suelo aumenta en los puntos S 10-1, S 12-1, S 12-2 y S 14-1, para los monitoreos M2, M3 y M4, respecto a M1, este aumento lo hace entre 0,9 a 41% (14,7 y 400,0%). Mientras que, para S 10-2, el aumento se observa en M3 y M4 en 1,3 y 0,2% (3,9 y 0,6%) y no existiendo variación en M2 (ver, **Figura N° 12-41**), al comparar los resultados con M1.

En los puntos de muestreo S 11-1 y S 11-2, la humedad de los suelos es mayor en M3 respecto a M1, aumentando en 3,1 y 2,1% (4,9 y 3,6%), y disminuye en M2 y M4 entre 1 a 3,2% (1,6 y 5,1%). Finalmente, en el punto S 14-2 la humedad disminuye en M2, M3 y M4 entre 6 y 14,1% (6,7 a 20,1%), respecto a M1. (ver, **Figura N° 12-41**).

Figura N° 12-41. Resultados Humedad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.

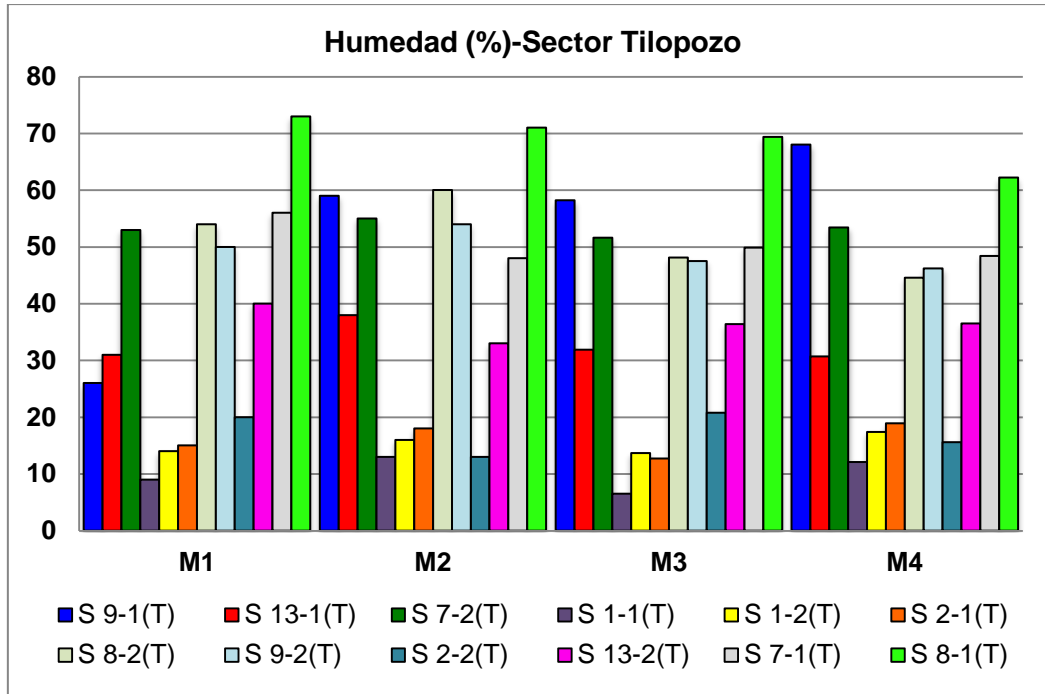
Tal como se observa en la **Figura N° 12-41**, el porcentaje de humedad para los mismos puntos en los diferentes monitoreos es variable y no existe una correlación directa entre ellos, lo mismo sucede al comparar los resultados de los diferentes monitoreos con M1. Sin embargo, se puede observar que en general los puntos de mayor porcentaje de humedad son los mismos en M1, M2 y M3 y M4.

Sólo el punto de muestreo S 9-1 en el sector de Tilopozo, la humedad presenta valores superiores para M2, M3 y M4 variación entre 32,2 a 42% (126,9 a 161,5%), respecto a M1. Mientras que, en S 13-1 la humedad aumenta en un 0,3 a 7% (1,0 a 22,6 %) en M2 y M3, disminuyendo en 0,3 (1,0%) en M4, comparado con M1. En cambio, en los puntos S 7-2, S 1-1, S 1-2 y S 2-1, el aumento en la humedad se observa en M2 y M4 en un rango entre 0,4 a 3,9% (0,8 a 44,4%), mientras que en M3 la disminución lo hace entre 0,3 a 2,5% (2,1 a 27,8%), ver, **Figura N° 12-42**.

En los puntos S 8-2 y S 9-2, la humedad aumenta en M2 en 6 y 4% (11,1 y 8,0%), la cual disminuye para M3 y M4 entre 2,5 a 9,4% (5,0 y 17,4%), respecto a M1. En cambio, en el punto S 2-2, el aumento de la humedad se observa en M3 en 0,8% (4,0%) y disminuye en 7 y 4,4% (35,0 y 22,0%) en M2 y M4, respecto a M1.

Finalmente, en los puntos de muestreo S 13-2, S 7-1 y S 8-1, la humedad del suelo disminuye entre 2 a 10,8% (2,7 a 17,5%) en M2, M3 y M4, respecto a M1.

Figura N° 12-42. Resultados Humedad. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.



Tal como se observa en la **Figura N° 12-42**, el porcentaje de humedad para los mismos puntos en los diferentes monitoreos es variable y no existe una correlación directa entre ellos, lo mismo sucede al comparar los resultados de los diferentes monitoreos con M1. Sin embargo, se puede observar que en general los puntos de mayor porcentaje de humedad son los mismos en M1, M2 y M3 y M4.

Respecto al contenido de humedad del suelo, existen diversos factores que lo condicionan, destacando entre estos, profundidad del nivel freático, el cual puede estar regulado por diversos factores entre los cuales se pueden indicar: napa subterránea, tipo de suelo (textura, estructura) y presencia de estrato cementado. Otros factores corresponden a la evapotranspiración, evaporación, agua superficial, precipitaciones, entre otros.

También es importante señalar que la época de medición es fundamental en los resultados de este parámetro, ya que si se realiza en verano, el contenido de humedad tiende a ser menor, a diferencia si se efectúa en invierno, donde este debería ser mayor, excepto si ocurre algún fenómeno natural que modifique las condiciones ambientales del área, lo cual es habitual en la zona debido a las lluvias estivales o al fenómeno denominado vulgarmente “Invierno Boliviano”.

A la fecha, no existe un comportamiento similar en los contenidos de humedad en los suelos entre los monitoreos, fluctuando en un amplio rango (0 a 400%), tanto en un aumento como

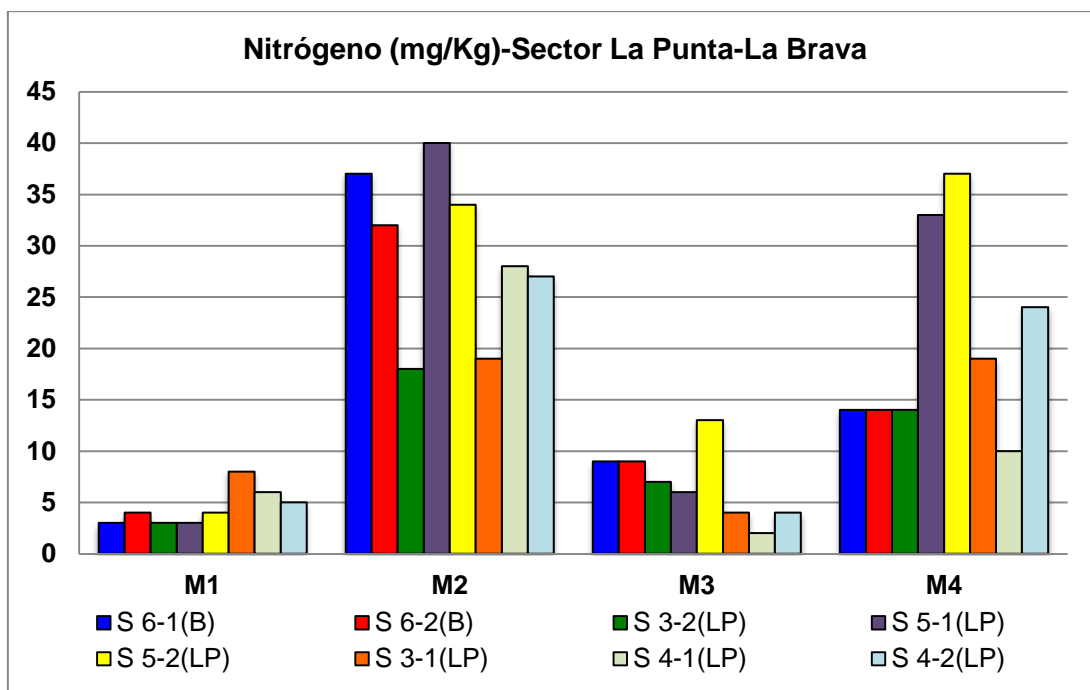
disminución de la humedad, y considerando la localización espacial de los puntos, solo es posible indicar que los factores determinantes corresponderían a posición del nivel freático, precipitaciones y fecha de muestreo. Sin embargo, respecto a este último punto, debería existir similitud de los resultados entre M1 y M3 como también M2 y M4, lo cual no se observa.

12.4.3.6 Nutrientes

a) Nitrógeno

La concentración de nitrógenos disponible determinada para M2, M3 y M4, en los puntos de muestreo S 6-1, S 6-2, S 3-2, S 5-1 y S 5-2, presentan un aumento significativo respecto a M1, esta variación fluctúa entre 3 a 37 mg/kg. (125,0 a 1.233,3%). Mientras que, los puntos S 3-1, S 4-1 y S 4-2, el aumento se verificó en M2 y M4 valores que fluctúan entre 4 y 22 mg/kg (66,7 y 440%), respecto a M1, y en M3 se observa una disminución del nitrógeno, entre 1 y 4 mg/kg. (20,0 y 66,7%), ver **Figura N° 12-43**.

Figura N° 12-43. Resultados Nitrógeno. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.



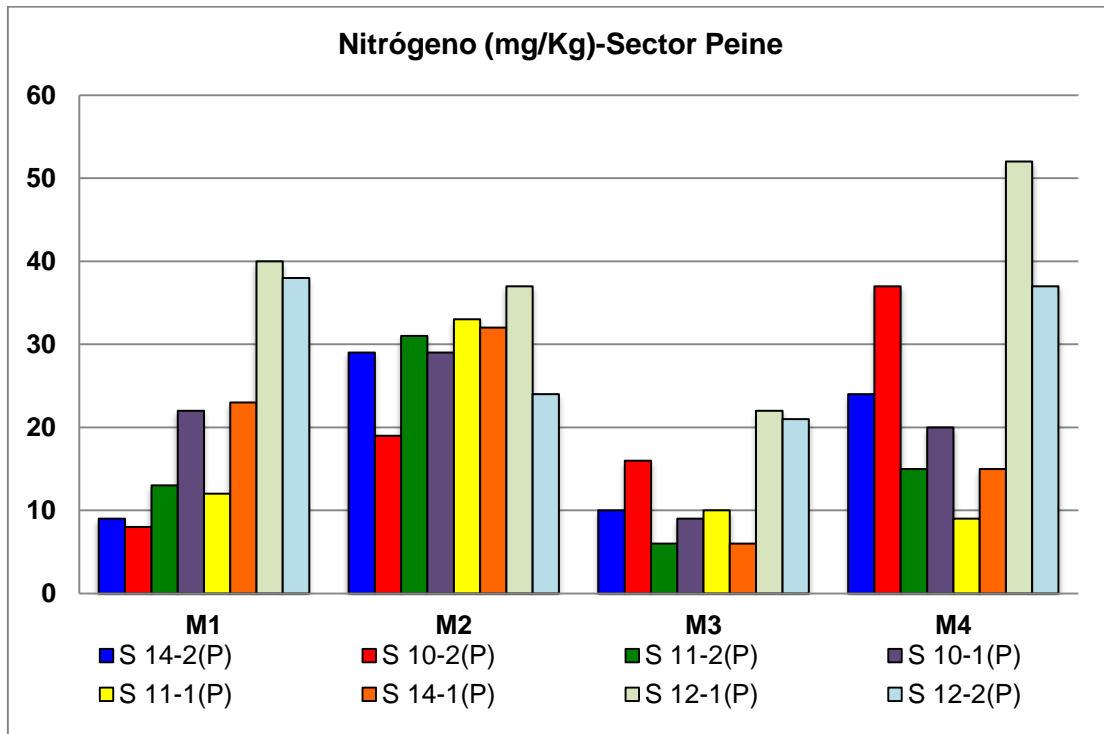
Tal como se observa en la **Figura N° 12-43**, en los monitoreos M2, M3 y M4 en la mayoría de los puntos de muestreo, la concentración de nitrógeno disponible aumenta entre 4 a 37 mg/kg. y la disminución es entre 1 a 4 mg/kg, sólo en tres puntos del total, esto respecto a M1.

En los monitoreos realizados en invierno (M1 y M3) el nitrógeno disponible se presenta en menores concentraciones respecto a los realizados en verano (M2 y M4), aun cuando en M4, en la mayoría de los puntos la concentración determinada es menor a M2, pero mayor a M1 y M3 (ver, **Figura N° 12-43**).

En el sector de Peine, en los puntos de muestreo S 14-2 y S 10-2, el nitrógeno disponible es mayor, tanto para M2 como M3 y M4, resultados comparados con M1, variación que se presenta en el rango de 1 a 29 mg/kg. (11,1 a 222,2%). En cambio, en el punto S 11-2 el aumento en el nitrógeno disponible se presenta en M2 y M4 en 18 y 2 mg/kg. (138,5 y 15,4%), disminuyendo en 7 mg/kg. (53,8%) para M2, resultados respecto a M1 (ver, **Figura N° 12-44**).

Para los puntos S 10-1, S 11-1 y S 14-1, el nitrógeno aumenta en M2 entre 7 y 21 mg/kg. (31,8 a 175,0%) y disminuye en M3 y M4 entre 2 a 13 mg/kg. (9,1 a 73,9%) respecto a M1, y en el punto S 12-1 el aumento se produce en M4 en 12 mg/kg (30,0%) y la disminución en M2 y M3 entre 3 y 18 mg/kg. (7,5 y 45,0%). Finalmente, en el punto S 12-2 tanto en M2 como M3 y M4, el nitrógeno disponible disminuye a valores entre 1 a 17 mg/kg (2,6 a 44,7%) respecto a M1, ver **Figura N° 12-44**.

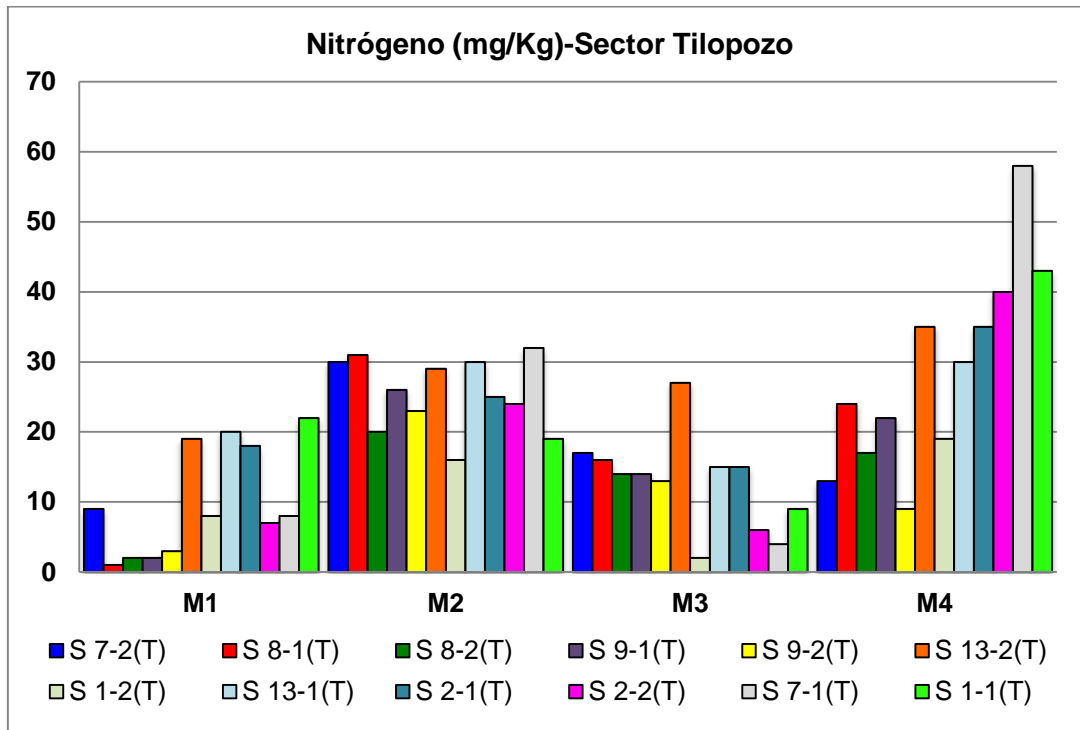
Figura N° 12-44. Resultados Nitrógeno. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.



Para este sector la concentración de nitrógeno disponible, varía entre monitoreos y entre los puntos de muestreo, no se observa una correlación entre los resultados (**Figura N° 12-44**).

En el sector de Tilopozo, el nitrógeno disponible es mayor en M2, M3 y M4, respecto a M1, para los puntos S 7-2, S 8-1, S 8-2, S 9-1, S 9-2 y S 13-2, el cual aumenta entre 4 a 30 mg/kg (42,1 y 3.000%). En cambio, en los puntos S 1-2, S 13-1, S 2-1, S 2-2 y S 7-1, el aumento en la concentración de nitrógeno se verifica en M2 y M4 en un rango entre 7 a 50 mg/kg (38,9% y 625,0%), mientras que en M3 la disminución del nitrógeno se presenta entre 1 a 6 mg/kg (14,3 y 75,0%).

Finalmente para el punto S 1-1, el aumento del nitrógeno se da en M4 en 21 mg/kg (95,5%), disminuyendo entre 3 y 13 mg/kg (13,6 y 59,1%) en M2 y M3, respecto a M1 (ver **Figura N° 12-45**).

Figura N° 12-45. Resultados Nitrógeno. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.

Para este sector no se observa una correlación del nitrógeno disponible entre los puntos de muestreo en los diferentes monitoreos, pero se observa que las mayores concentraciones se presentan en M2 y M4 (monitoreo estival), y las menores en los monitoreos invernales, siendo M1 en general el más bajo.

Respecto a los resultados entre los monitoreos para el área de estudio tanto en La Punta-la Brava como Tilopozo, se observa que las mayores concentraciones se dan en los muestreos estivales, relación que no se detecta en Peine. También, es necesario señalar la gran variabilidad de los valores entre los puntos para los diferentes monitoreos.

A la fecha y con los datos recopilados no es posible definir con precisión los factores que afectan el contenido de nitrógeno, dado que son muchos los que intervienen en este proceso, destacando: clima (temperatura, precipitaciones, radiación), estacionalidad, vegetación, topografía, orientación de la pendiente, tipo de suelo, material parental, presencia de microorganismos, entre otros.

Sin embargo, es necesario destacar que la mayoría de estos factores son irrelevantes dado la proximidad de los puntos de muestreo, excepto época de medición y precipitaciones, y en menor importancia la variación espacial del tipo de suelo –la cual se puede presentar, incluso

en puntos muy cercanos- por lo que con la información disponible a la fecha no es factible aún emitir conclusiones que expliquen la variación del contenido de nitrógeno en los diferentes puntos de muestreo.

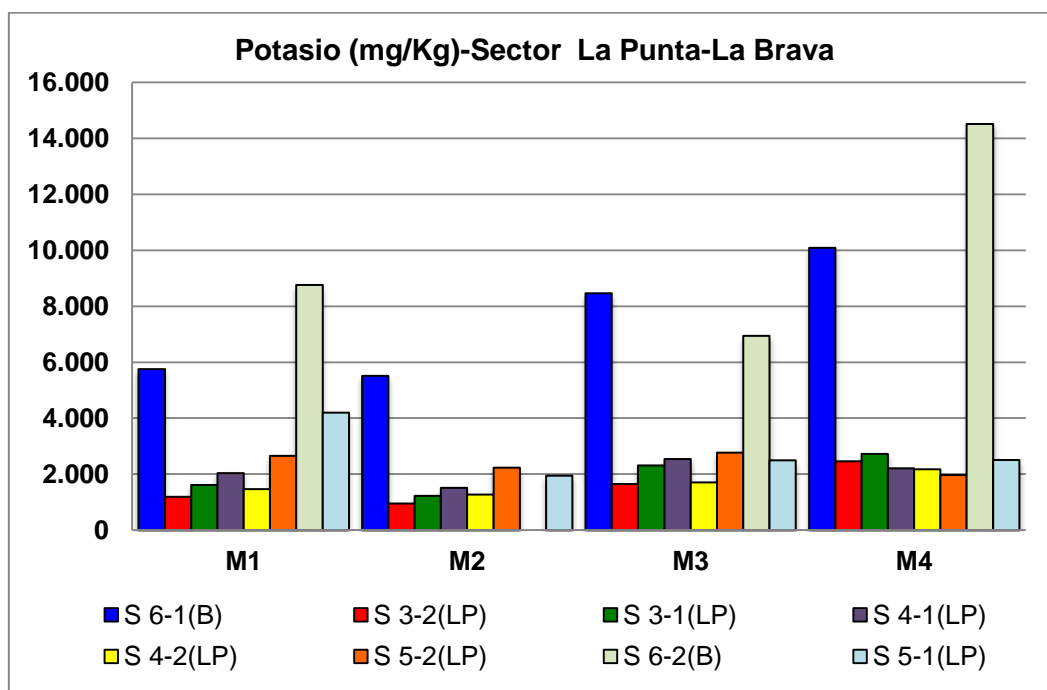
b) Potasio

En los puntos S 6-1, S 3-1, S 3-2, S 4-1 y S 4-2, la concentración de potasio disponible determinada para M3 y M4 es superior a los valores obtenidos para M1, variación que se presenta en el rango entre 176 a 4.340 mg/kg. (8,7 a 106,0%), e inferior en M2 entre 198 a 525 mg/kg. (4,2 a 25,8%). Mientras que en el punto S 5-2 sólo para M3 la concentración de este macroelemento es superior a M1 en 105,6 mg/kg (4,0%) e inferior en 422 y 687 mg/kg. (15,9 y 25,8%) en M2 y M4, ver **Figura N° 12-46**.

En cambio, en el punto de muestreo S 6-2 el potasio aumento su concentración en M4 en 5.758 mg/kg. (65,7%) y disminuyó en M3 en 1.823,2 mg/kg (20,8%) considerando los valores de M1, respecto a este punto de muestreo es necesario señalar que debido a problemas con la muestra (volumen), no fue posible determinar el potasio para M2.

Finalmente, en el punto S 5-1, se observa una disminución del potasio tanto en M2 como M3 y M4, respecto a los valores determinados en M1, esta disminución lo hace entre 2.251 a 1.693 mg/kg. (40,3 y 53,6%).

Figura N° 12-46. Resultados Potasio. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.

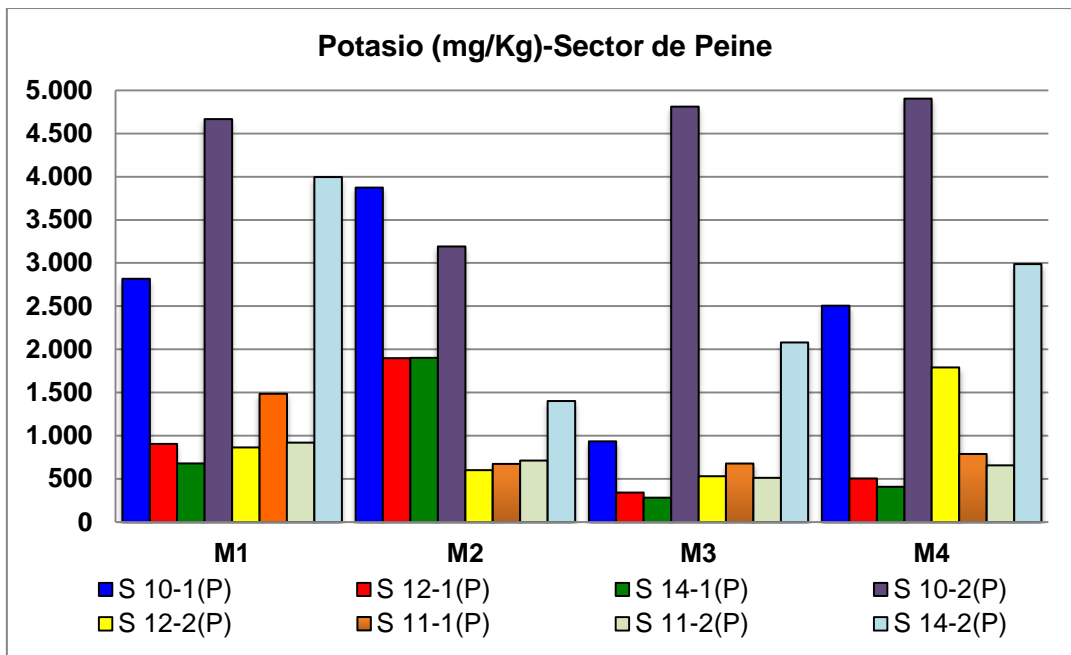


En términos generales el potasio disponible para este sector, presenta los mayores valores en los mismos puntos (S 6-1, S 6-2 y S 5-1) y en los restantes la concentración se encuentra en el rango de los 900 y 3.000 mg/kg, siendo similares su valores en M2 y M3, respecto a M1, en cambio en M4 el rango en el cual se distribuyen los valores es menor y en general más alto que M1 (ver, **Figura N° 12-46**).

En los puntos de muestreo S 10-1, S 12-1 y S 14-1 correspondiente al sector de Peine, la concentración de potasio disponible es mayor en M2 respecto a los valores obtenidos en M1, variación que fluctúa entre 992 a 1.223 mg/kg. (37,5 y 180,6%), mientras que, en M3 y M4 la disponibilidad de potasio disminuyó entre 270 a 1.880,8 mg/kg. (11,0 y 66,8%). En cambio, en el punto S 10-2, el aumento en el potasio se presenta en M3 y M4 entre 143,1 y 236 mg/kg (3,1 y 5,1%), disminuyendo en M2 en 1.476 mg/kg. (31,6%), respecto a los valores de M1, ver **Figura N° 12-47**.

En el punto de muestreo S 12-2, sólo en M4 la concentración de potasio fue mayor en 927 mg/kg. (107,2%) respecto a M1 y es inferior en M2 y M3 en 265 y 336 mg/kg (30,6 y 38,8%). Finalmente, en los puntos S 11-1, S 11-2 y S 14-2, tanto en M2 como M3 y M4, este macroelemento disminuye entre 209 a 2.593 mg/kg. (22,7 a 64,9%), respecto a la concentración de potasio en M1.

Figura N° 12-47. Resultados Potasio. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.

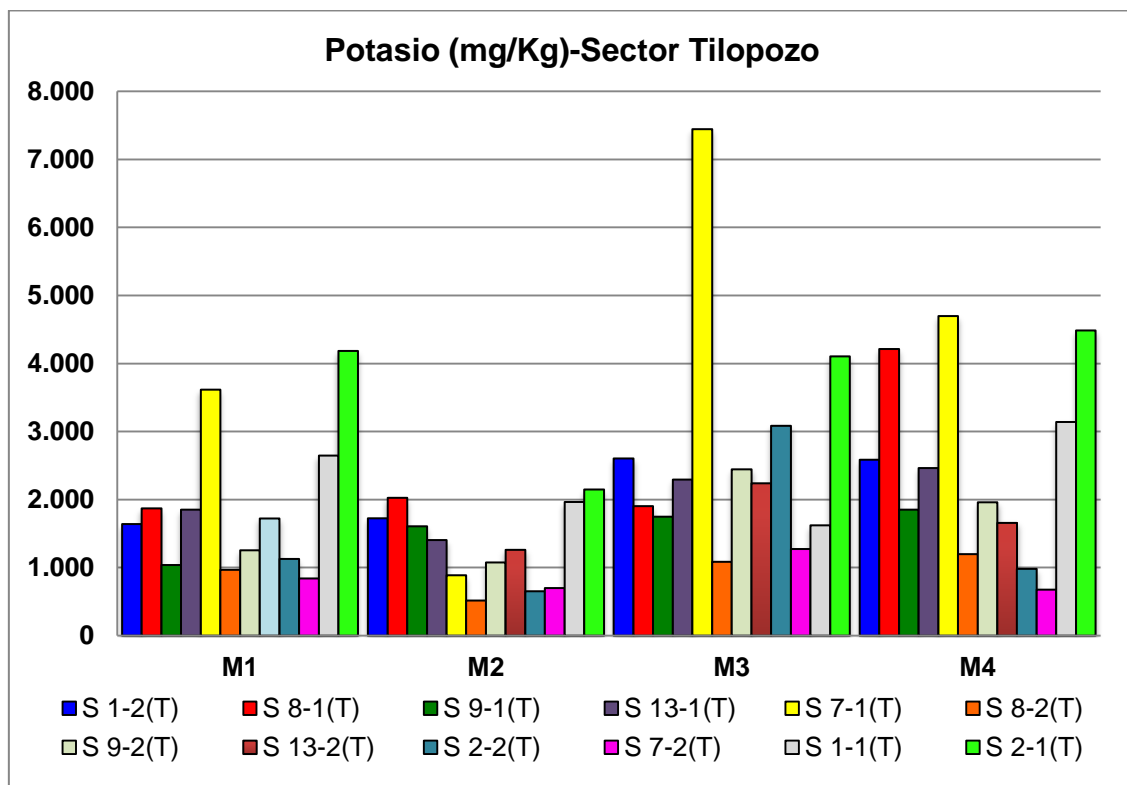


Para el sector de Peine, los resultados de los M2, M3 y M4 no presentan correlación con M1 y los valores de los puntos de muestreo presentan una variación significativa entre los diferentes monitoreos (ver, **Figura N° 12-47**).

Para el sector de Tilopozo, el potasio disponible es mayor en los puntos S 1-2, S 8-1 y S 9-1, para M2, M3 y M4, respecto a M1, aumentó entre 86 a 2.343 mg/kg. (1,7 y 125,3%). En cambio, en los puntos S 13-1, S 7-1, S 8-2 y S 9-2, el aumento en la concentración de potasio se verifica en M3 y M4 en un rango entre 113,7 a 3.826,3 mg/kg. (11,7 a 105,7%), mientras que en M2 la disminución del potasio es entre 179 y 2.731 mg/kg. (14,3 y 75,5%), ver, **Figura N° 12-48**.

En los puntos de muestreo S 13-2, S 2-2 y S 7-2, la concentración de potasio disponible aumenta en M3 en valores que fluctúan entre 433,5 a 1.955,8 mg/kg (30,0 a 173,2%) respecto a M1, y disminuye entre 65 a 478 mg/kg. (3,8 a 42,3%) en M2 y M4. Finalmente, para los puntos S 1-1 y S 2-1, el aumento del nitrógeno se verifica en M4 en 304 y 493 mg/kg. (18,6 y 7,3%), valores que disminuyen entre 80 a 2.038 mg/kg (1,9 a 48,7%) en M2 y M3, respecto a los valores de M1.

Figura N° 12-48. Resultados Potasio. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.



Para el sector de Tilopozo, los resultados de los M2, M3 y M4 no presentan correlación con M1 y los valores de los puntos de muestreo presentan una variación significativa entre los diferentes monitoreos (ver, **Figura N° 12-48**).

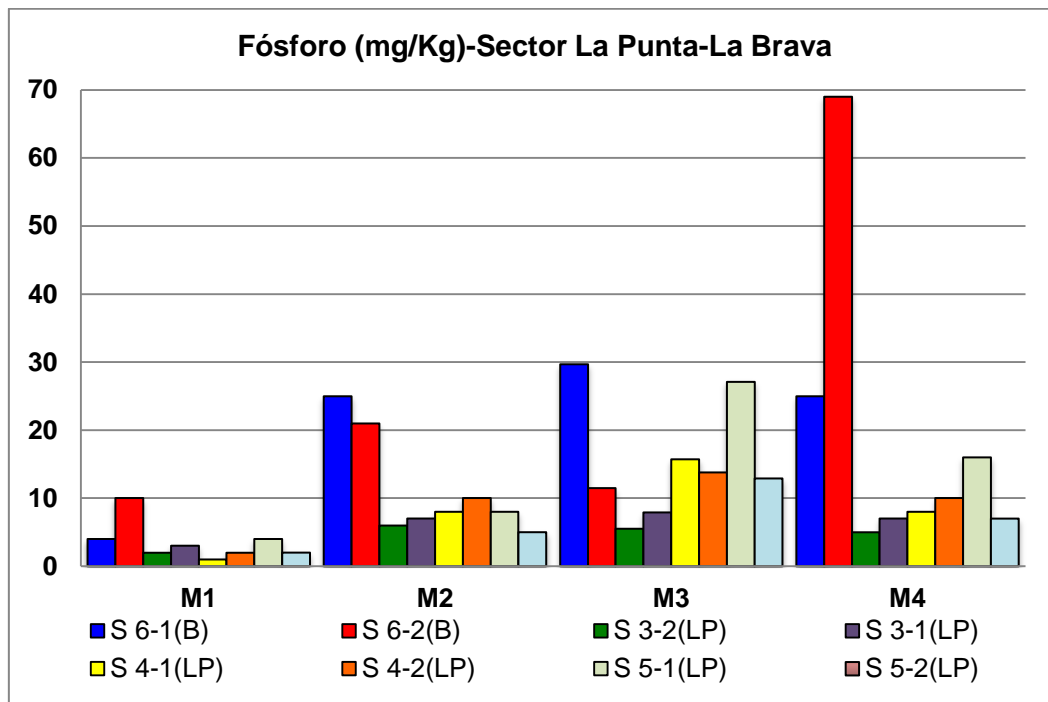
En cuanto a obtener conclusiones que permitan explicar esta variación, con los antecedentes disponibles, no es factible aún, por cuanto la disponibilidad de potasio en el suelo es multifactorial, destacando entre estos factores: tipo de material parental, meteorización,

minerales, textura del suelo, tipo de arcilla, tipos de suelo (fijadores), pH, lixiviación, relación con otros elementos, entre otros, por lo que se requieren mayores datos para determinar si la variación es constante o sólo efecto de la época y precipitaciones.

c) Fósforo

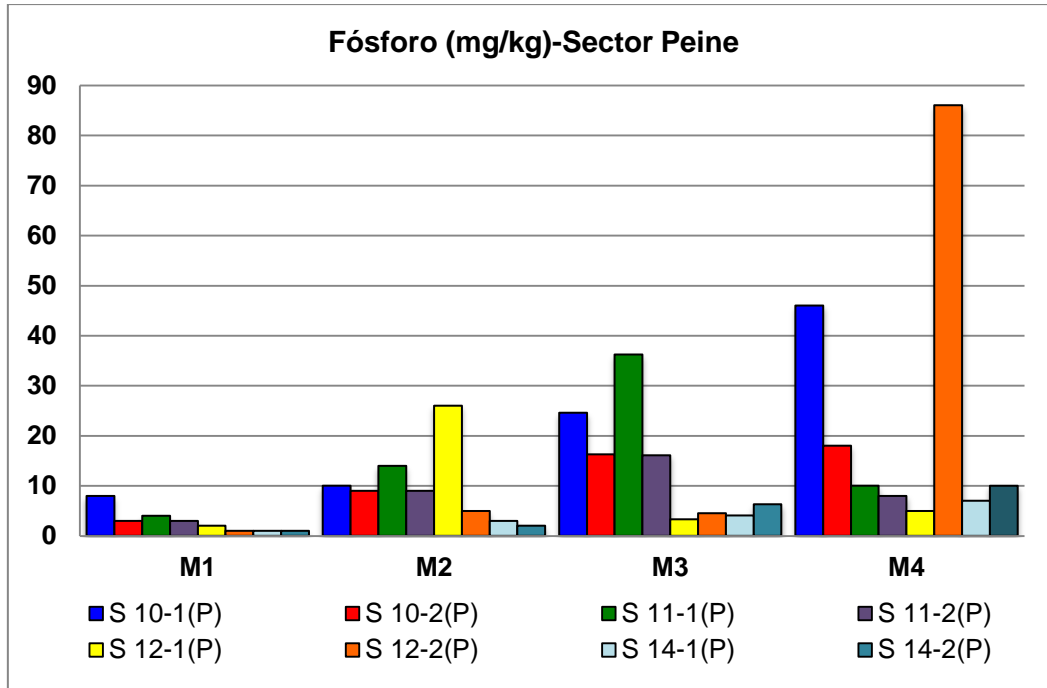
En el sector de La Punta-La Brava, en la totalidad de los puntos de muestreo la concentración de fósforo disponible para M2, M3 y M4 es mayor respecto a las determinadas para M1, esta variación fluctúa entre 1,5 a 59 mg/kg. (15 % a 1.470%) (ver, **Figura N° 12-49**).

Figura N° 12-49. Resultados Fósforo. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.



Para el sector de la punta-La Brava, los resultados de los M2, M3 y M4 no presentan correlación con los determinados en M1 y las concentraciones de los puntos de muestreo, presentan una variación significativa entre los diferentes monitoreos (ver, **Figura N° 12-49**).

En el sector de Peine, en el 100% de los puntos de muestreo la concentración de fósforo tanto para M2 como M3 y M4 es superior a M1, variación que fluctúa entre 1 a 85 mg/kg. (25,0 a 8,500%), ver, **Figura N° 12-50**.

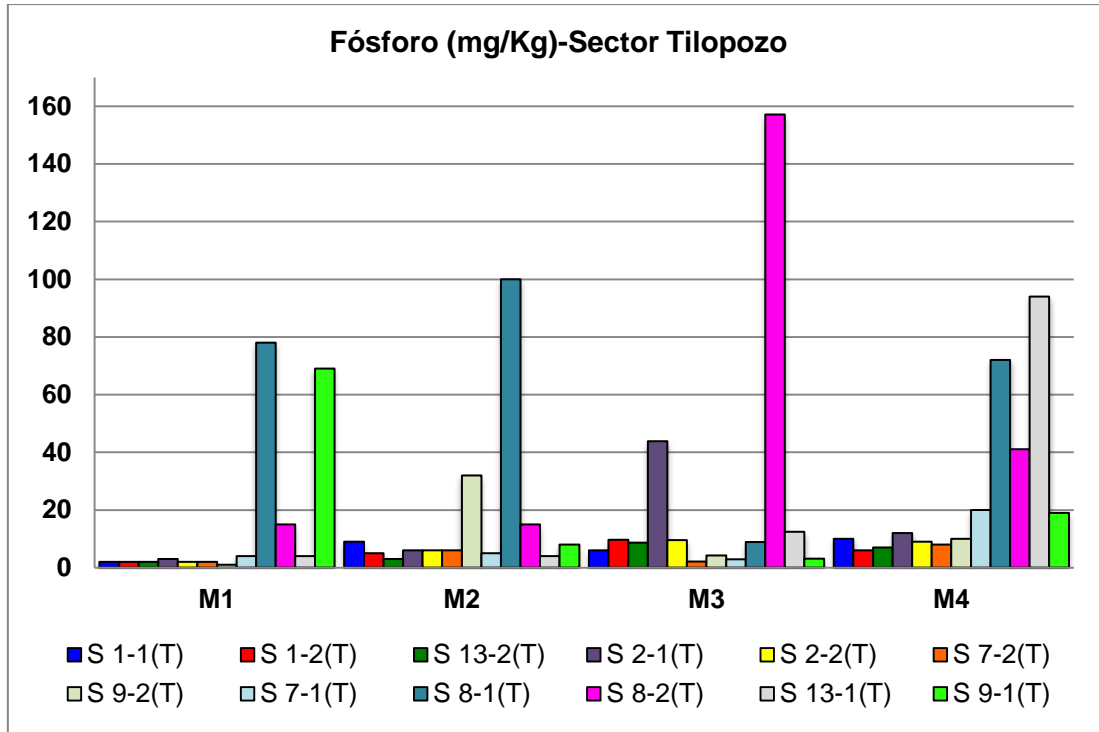
Figura N° 12-50. Resultados Fósforo. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.

Para el sector de Peine, los resultados de los M2, M3 y M4 no presentan correlación con M1 y los valores de los puntos de muestreo presentan una variación significativa entre los diferentes monitoreos (ver, **Figura N° 12-50**).

En el sector de Tilopozo, el fósforo disponible presenta valores superiores para M2, M3 y M4, respecto a M1, en los puntos S 1-1, S 1-2, S 2-1, S 2-1, S 2-2, S 7-2, S 9-2 y S 13-2, concentración que aumenta entre 0,1 a 40,8 mg/kg. (5,0 a 3.100%). Mientras que, en el punto S 7-1, el aumento en la concentración de fósforo se observa en M2 y M4 entre 1 y 16 mg/kg. (25 y 400,0%), mientras que en M3 la disminución del fósforo lo hace en 1,1 mg/kg. (27,5%), ver, **Figura N° 12-51**.

En el punto S 8-1, la concentración de fósforo disponible aumenta en M2 en 22 mg/kg. (28,2%) y disminuye para M3 y M4 entre 69,1 y 6 mg/kg. (88,6 y 7,7%), respecto a M1. En cambio, para los puntos S 8-2 y S 13-1, el aumento del fósforo se observa en M3 y M4 entre 8,4 a 142,1 (173,3 a 2.250,0%), valores que no presentan variación en M2 respecto a M1.

Finalmente, en el punto de muestreo S 9-1 la concentración de fósforo disponible disminuye entre 50 a 65,9 mg/kg. (72,5 a 95,5%) en M2, M3 y M4, respecto a M1.

Figura N° 12-51. Resultados Fósforo. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.

Para el sector de Tilopozo, los resultados de los M2, M3 y M4 no presentan correlación con M1 y los valores de los puntos de muestreo presentan una variación significativa entre los diferentes monitoreos (ver, **Figura N° 12-51**).

Basado en la información disponible, no es posible determinar qué factor o factores están influyendo en la variación del contenido de fósforo disponible en los puntos de muestreo, aun cuando la disponibilidad de este macroelemento en el suelo es multifactorial, entre los cuales se pueden señalar tipo de suelo y material parental, clima, erosión, pH, materia orgánica y humedad del suelo y considerando la distribución espacial de los puntos la mayoría de los factores no son relevantes, pero cobra importancia fundamentalmente la humedad del suelo, ya que esta variable esta función de la época de medición, como también las precipitaciones, tanto en la variación de los puntos como entre los monitoreos.

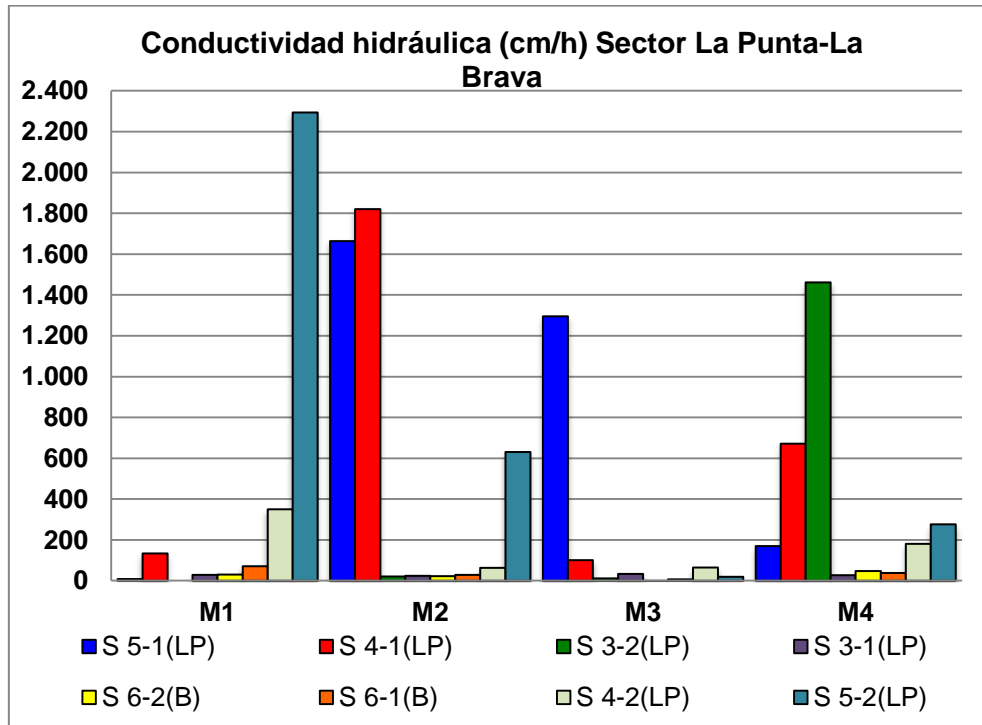
12.4.3.7 Conductividad Hidráulica o Permeabilidad

Para el sector de La Punta-La Brava, la permeabilidad en el sector de La Punta, representada por los puntos S-4 y S-5, presenta para el primer horizonte permeabilidades entre 134,6 cm/h para invierno 2016 (M1); llegando hasta 1820,9 cm/h en invierno 2017 (M3). En el estrato inferior, es muy variable, desde un mínimo 64,1 cm/h en verano 2017 (M3) hasta 2.294 cm/h obtenido en el verano 2016 (M1). Se observa una disminución para el punto S5-1, desde la campaña de verano 2017 (1.663,5 cm/h) bajando hasta 169 cm/h en verano 2018.

Para el Sector La Brava (S6), se tiene la mínima de 0,2 cm/h en el horizonte inferior (S6-2) con valor de 48,1 cm/h en verano 2018. Ver, **Figura N° 12-52**.

La velocidad de infiltración en el punto S 3-1 fue levemente mayor para M3 con 33,5 cm/h. a la determinada en M1, de 29,2 cm/h, e inferior en 17,1 y 6,2 cm/h para M2 y M4 respectivamente, pero en general han sido muy similares en las 4 campañas.

Figura N° 12-52. Resultados Conductividad Hidráulica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector La Punta-La Brava.



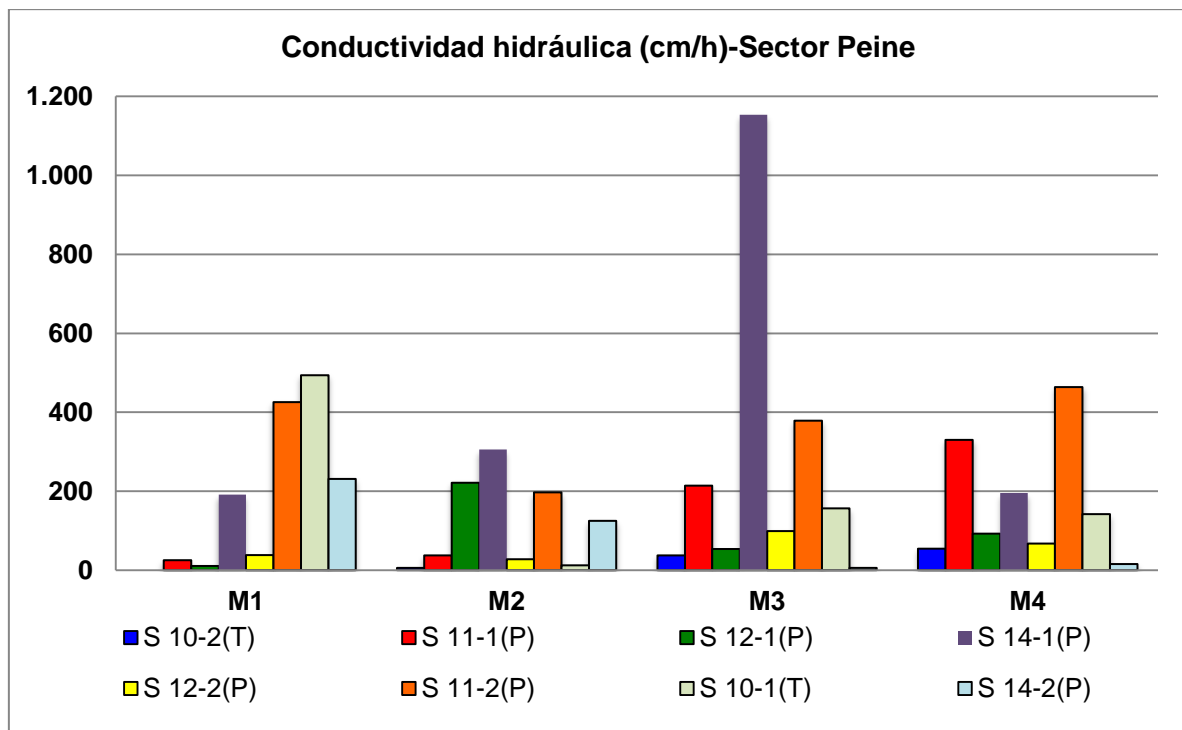
Tal como se observa en la **Figura N° 12-52**, no existe una correlación de los resultados entre M2, M3 y M4 respecto a M1, como también entre los monitoreos, la situación en muy

variable. Situación similar se presenta para los puntos de muestreos, observándose fuertes variaciones para un mismo punto en los diferente monitoreo.

Para el sector de Peine, punto mas alejado S-14, presenta permeabilidades de suelo que varían para el horizonte superior S14-1 entre 191,3 cm/h hasta 1.153,3 cm/h, registrada esta máxima en la campaña de invierno 2017. Para el inferior S 14-2, son menores, llegando una mínima de 6 cm/h, para la misma campaña de invierno 2017 (M3). Para los puntos de muestreo S 10-2, S 11-1, S 12-1 se presentan una velocidad de infiltración mayor en M2, M3 y M4 respecto a M1, aumentando entre 4,3 a 962 cm/h. Mientras que, en el punto S 12-2, la velocidad de infiltración fue mayor en 60,7 y 28,9 cm/h. En el punto S 11-2 la permeabilidad fue superior en M4 tan sólo 38,4 cm/h. comparado con los resultados obtenidos en M1, con valores muy similares, promedio 366 cm/h.

Finalmente para el punto S 10-1, la permeabilidad para M2, M3 y M4 es inferior a la determinada en M1 (493,8 cm/h), registrando 141,8 cm/h en M4. ver, **Figura N° 12-53**.

Figura N° 12-53. Resultados Conductividad Hidráulica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Peine.



Tal como se aprecia en la **Figura N° 12-53**, no existe una correlación entre los resultados para M2, M3 y M4 respecto a M1, como también cada monitoreo. Condición similar se

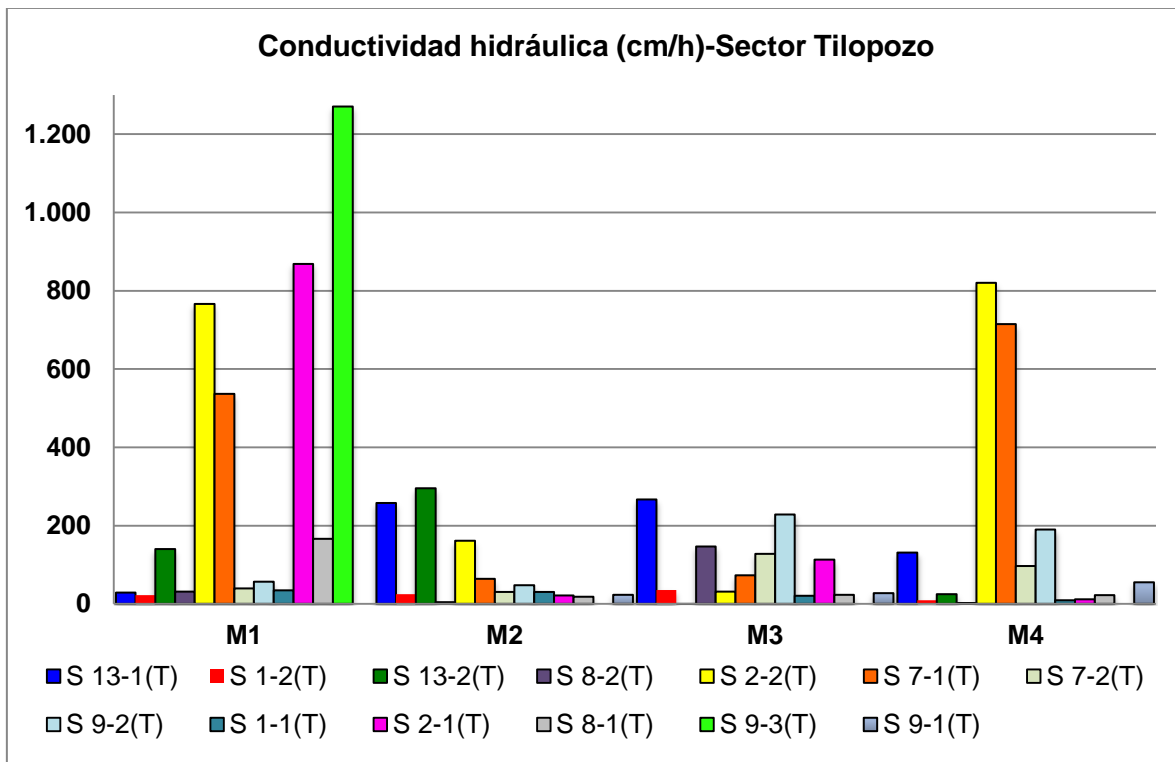
presenta para los puntos de muestreos, determinándose fuertes variaciones en la velocidad de infiltración para un mismo punto en los diferente monitoreos.

En el sector de Tilopozo, para los monitoreos 2, 3 y 4, en el punto S 13-1, la velocidad de infiltración es mayor a M1, aumento que fluctúa entre 102,5 y 237,8 cm/h. , y en el punto de muestreo S 1-2, la permeabilidad fue mayor para M2 y M3 en 2,7 y 13,2 cm/h. (12,3 y 60,0%) e inferior para M4 en 12,5 cm/h. (131,6%), respecto a los resultados de M1.

En cambio, en el punto S 8-2, la velocidad de infiltración es mayor en M3 en 115,4 cm/h. e inferior en M2 y M4 en 27 cm/h y 29,9 cm/h. al comparar los resultados con M1, y en el punto S 13-2, la permeabilidad es mayor en M2 en 154,9 cm/h. e inferior en M3 y M4 en 139,3 y 115,5 cm/h. ver, **Figura N° 12-54**.

La permeabilidad de los puntos S 2-2 y S 7-1, es mayor sólo en M4, velocidad que aumenta entre 54,1 y 178,1 cm/h. e inferior en M2 y M3 en 463,8 cm/h y 735,4 cm/h. respecto a M1. En cambio, para los puntos S 7-2 y S 9-2, la velocidad de infiltración es mayor en M3 y M4, aumentando entre 56,8 cm/h a 171,7 cm/h. y menor para M2 entre 9,8 y 9 cm/h. (24,6 y 16%) comparado con los resultados de M1 (ver, **Figura N° 12-54**).

Figura N° 12-54. Resultados Conductividad Hidráulica. Monitoreos M1, M2, M3 y M4. Sector Tilopozo.



Tal como se aprecia en la **Figura N° 12-54**, no existe una correlación entre los resultados para M2, M3 y M4 respecto a M1, como también entre cada monitoreo. Condición que se presenta para los diferentes puntos de muestreos, determinándose fuertes variaciones en la velocidad de infiltración para un mismo punto en los diferente monitoreos.

Dado que la permeabilidad de los suelos, se encuentra en función de variados factores, como la densidad del suelo, textura, estructura, poros, contenido inicial de agua, presencia de costras, grietas y coloides, y profundidad del perfil, como también factores externos al suelo, como es el caso de cobertura de la vegetación y pendiente, los cuales deben ser analizados para poder determinar cambios en ellos y que puedan afectar los resultados, por lo que no es posible con los antecedentes disponibles, explicar la variabilidad de la permeabilidad para estos suelos.

12.4.3.8 Nivel Freático

En la **Tabla N° 12-8**, se indica la profundidad medida desde la superficie del suelo, en la cual se presenta el nivel freático en los monitoreos históricos.

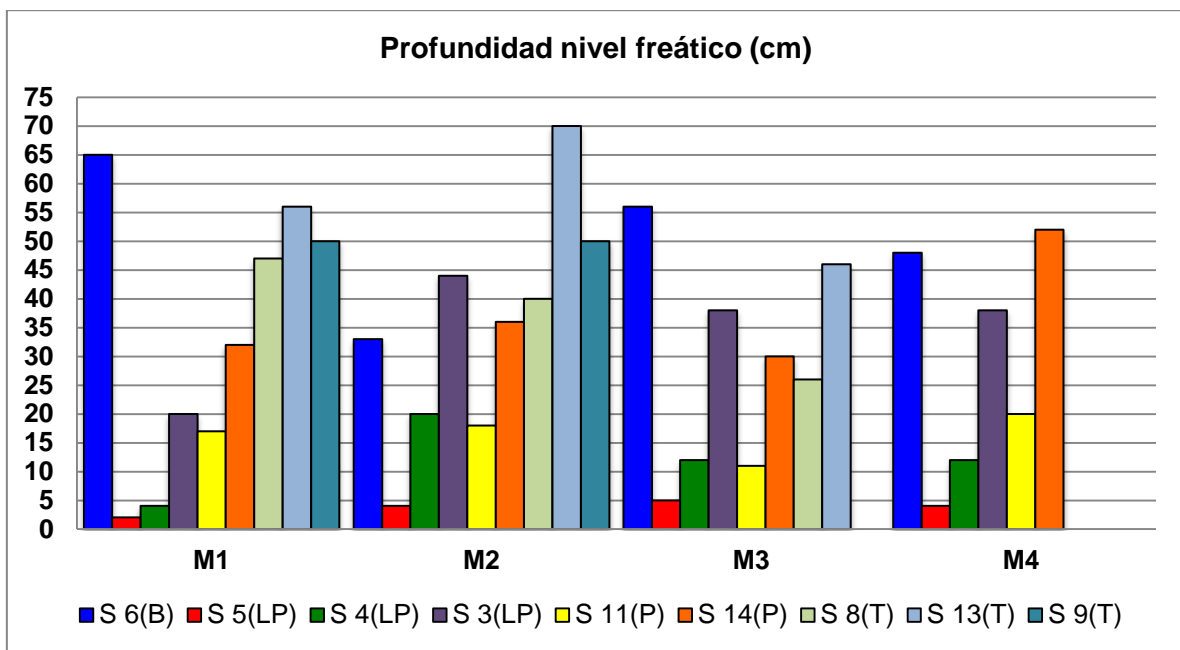
Es necesario señalar que aquellos puntos en los cuales no se indica presencia de nivel freático, no implica necesariamente que éste no exista, ya que es factible que en estos puntos, éste se pueda presentar a mayor profundidad de la prospectada para esta componente de suelos.

Tabla N° 12-8. Profundidad Nivel Freático. Monitoreos 1, 2, 3 y 4.

Sector	Código Original Punto Muestreo suelo (PMB, 2015)	ID punto de muestreo final de suelo	Nivel freático (cm)			
			M1	M2	M3	M4
Tilopozo	VT6	S 1			---	---
Tilopozo	VT5	S 2			---	---
La Punta	VLP3	S 3	20	44	38	38
La Punta	VLP2	S 4	4	20	12	12
La Punta	VLP1	S 5	2	4	5	4
La Brava	VLB2	S 6	65	33	56	48
Tilopozo	VT1	S 7			---	---
Tilopozo	VT2	S 8	47	40	26	---
Tilopozo	VT3	S 9	50	50	---	---
Peine	VTM1	S 10			---	---
Peine	VB01	S 11	17	18	11	20
Peine	VB02	S 12			---	---
Tilopozo	VT4	S 13	56	70	46	---
Peine	VB03	S 14	32	36	30	52

En lo referente a los niveles freáticos durante el monitoreo 1, se detectaron 9 puntos de muestreo con el nivel freático a profundidad de trabajo, este número permanece constante en M2, disminuyendo a 8 para M3 y 6 para M4, lo que implica una disminución de un 11% para M3 y un 33% para M4 (ver, **Figura N° 12-55** y **Tabla N° 12-8**).

Figura N° 12-55. Profundidad nivel freático. Sectores La Punta-La Brava, Peine y Tilopozo.



En cuanto a la profundidad del nivel freático, sólo para el punto S 6, el nivel freático se presentó a menor profundidad tanto en M2 como en M3 y M4, respecto a M1. En cambio, para los puntos S 5, S 4 y S 3, el nivel freático se presentó a mayor profundidad en M2, M3 y M4, respecto a M1 (ver, **Figura N° 12-55**).

Para los puntos S 11 y S 14, tanto en M2 como M4 el nivel freático se detectó a mayor profundidad, y en M3 éste se presentó más superficial. Mientras que para el punto S 8, el nivel freático se detectó en M2 y M3, presentándose más superficial que M1, y no siendo detectado a profundidad de trabajo en M4.

En el punto S 13, el nivel freático sólo se detectó en M2 y M3, en el primero a mayor profundidad y en el segundo más superficial, no encontrándose a profundidad de trabajo en M4. Finalmente, en el punto S 9, sólo se observó nivel freático en M1 y M2 a profundidad similar y no siendo detectado a profundidad de trabajo en M3 y M4.

12.4.4 Límites considerados en la evaluación de Suelo o Sustrato

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 desarrolla 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.

12.5 En relación con Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)

Los resultados señalan que tanto para el monitoreo de invierno 2017 como para el monitoreo de verano 2018, los parámetros físicos y químicos analizados en los tres sectores de estudio estuvieron en general dentro de los rangos determinados para estos sistemas según el marco de referencia utilizado (Plan de Manejo Biótico). Aun así, en algunos parámetros se observan valores fuera del rango de variación mínimo-máximo respecto a los registros recopilados en la Línea de Base de dicho PMB. Cabe mencionar que la calidad natural del agua superficial de la cuenca del Salar de Atacama, está fuertemente influenciada por la litología que es rica en sales y metales, la edafología interviene de manera considerable en las características de salinidad de las aguas y que en la cuenca se encuentran yacimientos de bórax, litio, sodio y potasio, lo que muestra que es muy rica en sales que intervienen en el aumento de la conductividad específica, cloruros y sulfatos (CADE-IDEPE Consultores, 2004).

El sistema de lagunas del Sector Peine se caracterizó 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. La conductividad mostró un marcado incremento desde laguna Salada hacia laguna Interna, además de variaciones temporales con mayores valores en verano 2018, alcanzando los 72.920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en I-17, correspondiente a una salinidad de 36 g/kg. Por otra parte las lagunas de ese sector presentaron un marcado carácter básico, con un pH por sobre un valor de 8, alcanzando las 9,3 unidades en laguna Interna en verano 2018, esto en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados.

El Sector La Punta y La Brava, se caracterizó 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,

registrándose mayores valores en verano de 2018 para estas variables. Se observó un marcado incremento en conductividad y salinidad desde la laguna La Punta hacia La Brava, alcanzando los 129.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en LB-2, correspondiente a una salinidad de 63 g/kg en verano de 2018. En La Brava, las mayores diferencias se distinguen en la estación LB-3, punto voluntario de medición ubicado en la desembocadura de un afluente a Laguna La Brava, registrando menor valor en aquellos parámetros vinculados a conductividad y salinidad. La Punta y La Brava, presentaron valores alcalinos de pH por sobre un valor de 8, esto en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados. En este sistema, el oxígeno disuelto también presentó concentraciones bajas, principalmente en La Brava, lo cual se relaciona con las altas temperaturas y salinidades registradas, que generan una menor solubilidad del oxígeno en el agua.

Los valores obtenidos en el sector de Tilopozo, muestran un sistema con menor conductividad eléctrica, salinidad y cloruro que los otros sectores de estudio y un pH entre neutro y alcalino, condición esperable dada las características propias de estas estaciones de sistema de vegas. Las estaciones TB-1 y TB-3 correspondieron a pozas profundas y TB-2 una laguna somera en invierno que se transformó en un pajonal hídrico en verano por la menor cantidad de agua encontrada.

Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de levantamiento de datos en el año 2015 para la elaboración del PMB de la Adenda 5, por lo que los desvíos con respecto a dichos datos, pueden deberse a la variación estacional. Los resultados descritos para las estaciones del sector Peine y del sector La Punta y La Brava, tanto para invierno 2017 como verano 2018, presentan valores sobre el máximo registrado para la línea base (PMB), para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total. En el caso de la materia orgánica y COT, están relacionados directamente con actividad biológica y aunque los sedimentos son relativamente ricos en materia orgánica, gran parte de esa materia orgánica es aparentemente recalcitrante a la degradación microbiana anaeróbica. El alto contenido de fósforo puede deberse a la misma razón. Cabe señalar que el potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras.

Los análisis granulométricos de la línea base en verano 2015 (PMB), indican que los tipos de grano medio para este sector estuvieron entre limo y arena muy gruesa con grados de selección *Muy pobremente seleccionado*, el cual corresponde a un rango mayor de tamaño de grano medio a lo encontrado en cada uno de los sectores estudiados, los que se encontraron entre *arena muy fina* y *arena media*.

Para el caso de las comunidades biológicas, en general mostraron valores dentro de los registros esperados de acuerdo a los estudios previos.

Las comunidades de microalgas, Fitobentos y Fitoplancton en general presentaron valores de riqueza de géneros y abundancia dentro o por sobre estos registros históricos de las campañas invierno y verano de línea de base contempladas en el Plan de Manejo Biótico, y valores de riqueza dentro

Para los invertebrados, zoobentos y zooplancton, los valores tanto de abundancia como de riqueza, en su mayoría corresponden al rango determinado por los estudios anteriores o muestran valores superiores a estos registros.

Dentro de los invertebrados, destaca el caracol de la Familia Hydrobiidae, *taxa* que de acuerdo a los estudios anteriores corresponde a *Heleobia atacamensis*, al menos para el Sector Tilopozo, esta es una especie clasificada como En Peligro Crítico de acuerdo a la legislación vigente. Esta familia se registró en los tres sectores estudiados, situación que podría ampliar el rango de distribución de *Heleobia atacamensis*.

Las plantas vasculares acuáticas (macrófitas) registradas corresponden a *taxa* detectados en los estudios previos, y que no están clasificados en alguna categoría de conservación. En esta componente, se destaca la diferencia que presentaron las estaciones de la vega de Tilopozo respecto de las estaciones de Peine y La Punta y La Brava. En relación a las lagunas fue detectado el género *Ruppia*, taxón típico de ambientes salobres e hidrófito y las helófitas también de ambientes salobres *Sarcocornia fruticosa*, *Puccinellia frigida* y *Triglochin concinna*. En tanto, en las vegas se observaron especies de ambientes dulces a salobres como *Zannichellia palustris*, *Juncus balticus*, *Distichlis spicata* y *Schoenoplectus californicus*.

Si bien, este estudio no contempló la evaluación de fauna íctica, ésta fue registrada por observación directa solamente en Sector Tilopozo, en las estaciones TB-1, TB-2 y TB-3 durante invierno y en TB-1 y TB-2 durante verano. Cabe señalar que no se realizó capturas de individuos, ni se efectuó pesca eléctrica, en ninguna de las estaciones de monitoreo. Las observaciones corresponden a individuos del género *Gambusia*, un pequeño pez originario del hemisferio norte que ha sido introducido en distintos lugares del planeta con el fin de ayudar en el control de mosquitos o zancudos que son vectores de enfermedades. No tiene algún grado de amenaza a su conservación de acuerdo a la legislación vigente.

12.5.1 Límites considerados en la evaluación de Limnología (Biota acuática, calidad de aguas y sedimentos)

En la RCA 21/2016 del proyecto, queda establecido como niveles o límites comprometidos para esta componente, la “Mantención dentro de su variación histórica”. Para las variables físicas y químicas de agua y sedimentos, se estableció como límite los valores mínimos y máximos registrados en el Plan de Manejo Biótico, de esta manera se puede comparar lo

observado durante la etapa previa a la etapa de construcción del proyecto (LB- PMB), con los resultados obtenidos en los monitoreos realizados posteriormente hasta la fecha. Para las comunidades biológicas se aplica el mismo criterio.

Cabe destacar que el sector Tilopozo no cuenta con antecedentes de monitoreo, dentro del PMB, por lo que sólo se pueden realizar comparaciones entre monitoreos y lo adecuado es que sea entre los mismos periodos estacionales (invierno 2016 y 2017; verano 2017 y 2018).

La elección de mínimos y máximos permite capturar la variación anual e interanual (idealmente) registrada a lo largo de los monitoreos incorporados en el Plan de Manejo Biótico. Así, se pueden detectar posibles anomalías en los parámetros, o variaciones en relación al registro previo, que requieran poner especial atención a la componente de estudio.

Dentro de los parámetros de química de agua, el PMB cuenta con 5 campañas de estudio previas, realizadas respectivamente en septiembre de 2008, septiembre 2013, abril 2014, julio 2014 y enero 2015. Si bien no fueron evaluados exactamente los mismos parámetros en todas ellas, la mayoría de los parámetros escogidos para el monitoreo cuentan con al menos dos valores como antecedente, exceptuando Carbonato, Bicarbonato y Amonio, y Ortofosfato que cuentan solo con el registro de febrero de 2015. Esta información es clave a la hora de dar seguimiento y evaluar en relación a los antecedentes existentes, ya que la variación histórica establecida, en algunos casos corresponde sólo a uno o dos datos.

Para los parámetros de química de sedimentos solo se cuenta con los antecedentes obtenidos durante la campaña de febrero de 2015, esta situación dificulta la comparación de los resultados de los monitoreos, debido a que esta única campaña no ofrece una visión de la variación anual que podrían presentar los parámetros con el paso de las distintas estaciones del año. Así, un resultado fuera del rango Mínimo-Máximo establecido podría deberse a una variación natural y no necesariamente a un efecto del proyecto.

Para el caso del fitobentos y fitoplancton, el análisis comparativo entre línea de base y monitoreo se consideró la comparación de la riqueza de géneros y la abundancia total con los rangos de variación (mínimo y máximo) de la línea de base contemplados en el Plan de Manejo Biótico. Para ello se consideró los periodos de septiembre 2008, 2013, y julio 2014 como periodo de invierno y los periodos de abril 2014 y febrero 2015 como periodo de verano. Estos datos fueron comparados con lo detectado en las respectivas campañas de invierno 2017 y verano 2018. Por último, a modo de comparación en el contexto del monitoreo se considerará lo detectado en invierno 2016 y verano 2017.

Cabe destacar que las unidades de concentración de abundancia del fitobentos y fitoplancton en las campañas de línea de base que se reportaron en algunos casos fueron

distintas y no comparables, por lo que se procedió a homogeneizar las unidades de concentración a cel/cm² para el fitobentos y a cel/mL en el fitoplancton. En relación a las riquezas del fitobentos y fitoplancton, como se reportaron las microalgas entre campañas de LB y monitoreo en distintos niveles de resolución taxonómica, para hacerlas comparables en el tiempo se llevaron todas las microalgas a nivel de géneros, para de esta manera contabilizar el número de géneros por campañas (riqueza), en un nivel de resolución taxonómica de mayor precisión.

Respecto al zooplancton y el zoobentos, el análisis comparativo entre la línea de base y los monitoreos de invierno 2017 y verano 2018, consideró como rangos de variación (mínimo y máximo) los valores extremos de riqueza de *taxa* y abundancia total por estación, obtenidos en la línea de base del Plan de Manejo Biótico. Para ello se consideraron todas las estaciones de los sectores de Peine y de La Punta y La Brava, respectivamente, muestreadas en las campañas de Septiembre 2008, Septiembre 2013, Abril 2014, Julio 2014 y Febrero 2015, períodos donde hubo capturas y registros de organismos zooplanctónicos y zoobentónicos.

12.5.2 Calidad de agua

En general, los registros de parámetros de calidad de agua en el Sector de Peine para invierno de 2017 y verano 2018, estuvieron dentro de los rangos determinados para este sistema según el marco de referencia utilizado (Plan de Manejo Biótico). Este sistema de lagunas se caracterizó 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. La conductividad mostró un marcado incremento desde laguna Salada hacia laguna Interna, además de variaciones temporales con mayores valores en verano 2018, alcanzando los 72.920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en I-17, correspondiente a una salinidad de 36 g/kg. Según el Sistema de Venecia de 1959 (*The Venice System for the Classification of Marine Waters According to Salinity*), las aguas pueden discriminarse en aguas dulces (con valores de salinidad total <0,5 g/L), aguas oligohalinas (0,5 a 4 g/L), mesohalinas (4 a 18 g/L), polihalinas (18 a 30 g/L), euhalinas (30-40 g/L, el promedio del agua de mar oceánica tendría un valor de 34,9 g/L) y aguas hipersalinas (>40 g/L) (Ribera, 2016), por lo que el agua encontrada en el sistema de Peine corresponde a aguas euhalinas.

Por otra parte, las lagunas del sector de Peine presentaron un marcado carácter básico, con un pH por sobre un valor de 8, alcanzando las 9,3 unidades en laguna Interna en verano 2018, esto en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados. Para el caso del Carbonato (con valores bajo el límite de detección de análisis) y el Bicarbonato (con valores dentro del rango de la LB), el PMB solo cuenta con valores correspondientes a la campaña de verano de 2015, por lo que tales referencias deben

considerarse con cautela. Respecto al oxígeno disuelto, las concentraciones en general fueron bajas, siendo incluso menores al límite inferior registrado en la línea base en S-5 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna), en verano de 2018, lo cual se relaciona con las altas temperaturas registradas, que genera una menor solubilidad del oxígeno en el agua. Otro parámetro a considerar fue el sulfato, que registró altos valores de concentración tanto en invierno como en verano, incrementándose de laguna Salada a laguna Interna.

Los registros obtenidos durante ambos monitoreos para las estaciones de La Punta y La Brava, estuvieron en general dentro de los rangos determinados para este sistema según el marco de referencia utilizado (Plan de Manejo Biótico). Cabe mencionar los valores fuera de los límites del PMB de salinidad en las estaciones de laguna La Brava en verano 2018, los cuales si se condicen con las altas conductividades registradas en esta campaña, sin embargo, tales conductividades no se encuentran fuera del amplio rango establecido para ese parámetro en el PMB. Es importante señalar las bajas concentraciones de oxígeno disuelto registradas, de las cuales en varias estaciones se encontraron bajo el mínimo establecido en la línea base. Respecto a las concentraciones de Bicarbonato (sobre el Max LB) y Carbonato (bajo el Min LB), el PMB solo cuenta con valores correspondientes a una campaña, por lo tanto las desviaciones respecto a este registro podrían deberse a oscilaciones que ocurren de forma natural. Altos valores, por sobre el máximo establecido en la línea base, se registraron para el cloruro y el sulfato en laguna La Brava y para todas las estaciones del Sector La Punta-La Brava en el caso del Nitrato.

En La Brava, las mayores diferencias se distinguen en la estación LB-3, punto voluntario de medición ubicado en la desembocadura de un afluente a Laguna La Brava, registrando menor valor en aquellos parámetros vinculados a conductividad y salinidad. Sin embargo, este sistema lagunar se caracterizó 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, registrándose mayores valores en verano de 2018 para estas variables. Se observó un marcado incremento en conductividad y salinidad desde la laguna La Punta hacia La Brava, alcanzando los 129.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en LB-2, correspondiente a una salinidad de 63 gr/Kg en verano de 2018. Según el sistema de Venecia de 1959, esta agua se clasifica como hipersalina (>40 g/L) (Ribera, 2016), lo que está en concordancia con los estudios de Farías *et al.* (2014) y Fernandez *et al.* (2016), quienes especifican que las condiciones ambientales dadas en la laguna La Brava se caracterizan por (1) una alta radiación solar debido a una menor presión barométrica a gran altura, (2) fluctuaciones extremas de la temperatura, típica de los ambientes desérticos, (3) cambios extremos en la salinidad debido a la evaporación neta que produce agua hipersalina y (4) altas concentraciones de litio, boro y arsénico.

Por otra parte las lagunas La Punta y La Brava, presentaron valores alcalinos de pH por sobre un valor de 8, esto en concordancia con los altos valores de bicarbonato y alcalinidad total registrados. En este sistema, el oxígeno disuelto también presentó concentraciones

bajas, principalmente en La Brava, lo cual se relaciona con las altas temperaturas registradas, que genera una menor solubilidad del oxígeno en el agua. En el caso del nitrato, se obtuvieron valores por sobre el máximo registrado en la línea base del PMB, siendo mayores en verano de 2018, lo cual puede estar relacionado con una mayor actividad fotosintética o nivel trófico del sistema. Otro parámetro a considerar fue el sulfato, que registró altos valores de concentración tanto en invierno como en verano, incrementándose desde laguna La Punta a La Brava.

En un contexto geoquímico, cabe señalar que el Salar de Atacama comprende dos unidades principales en su territorio: un núcleo y una zona marginal. El núcleo (1.100 km² y 900 m de espesor) consiste en un haluro poroso (90%) impregnado con una salmuera de cloruro de sodio rica en litio, potasio, magnesio y boro, la cual ocupa los intersticios del haluro. La zona marginal del Salar que rodea el núcleo, consiste en sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos, especialmente yeso (Alonso y Risacher 1996). En el caso de la laguna La Brava se encuentra ubicada en la zona marginal (Farías *et al.*, 2014), al igual que laguna La Punta y las lagunas Salada, Saladita e Interna del sistema de Peine. Esto concuerda con las altas concentraciones de sulfato encontradas en ambos sistemas. Cabe mencionar que las mayores conductividades, salinidades y concentraciones de sulfato, se registraron en las estaciones más cercanas al núcleo del salar (LB-1 y LB-2 en La Brava e I-17 en Interna), en concordancia con lo descrito anteriormente.

Los valores obtenidos en el sector de Tilopozo, muestran un sistema con menor conductividad eléctrica (entre 4.210 y 4.455 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (2 gr/Kg) y cloruro (913 a 961 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 8,1), con valores de alcalinidad total y de bicarbonato entre 367 y 379 mg/L. Las altas temperaturas en general estuvieron acorde con la baja profundidad de estos cuerpos de agua (13,8 a 25,6 °C). 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, a diferencia de TB-2, como es el caso de los altos registros de Clorofila “a” y turbiedad en verano de 2018.

Cabe mencionar que la mayor concentración de Clorofila “a” registrada en este sector (en los dos monitoreos realizados) junto a algunas variables con concentraciones elevadas como son el nitrógeno total (NTK), nitrógeno amoniacal, el nitrato y el fósforo total, puede estar relacionado con una mayor actividad fotosintética en zonas someras de baja profundidad.

12.5.3 Calidad de sedimentos

Es importante destacar, que en el caso del sedimento, sólo se efectuó una campaña de levantamiento de datos en el año 2015 para la elaboración del PMB de la Adenda 5, por lo que los desvíos con respecto a dichos datos, pueden deberse a la variación natural de los sistemas.

Los resultados descritos para las estaciones del sector Peine (laguna Salada, Saladita e Interna), tanto para invierno 2017 como verano 2018, presentan valores sobre el máximo registrado para la línea base (PMB), para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total. En el caso de la materia orgánica y COT, están relacionados directamente con actividad biológica, dado por los subproductos orgánicos e inorgánicos de microorganismos halofílicos, 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. Cabe señalar que el potencial redox presentó características reductoras en todas las estaciones y en ambas campañas (invierno 2017 y verano 2018), con valores incluso menores a los registrados en invierno 2016 y verano 2017, respectivamente, conservando la condición de ambientes de características reductoras. Esto se relaciona directamente con que los sedimentos de esta zona marginal del Salar (que rodea el núcleo), corresponden a sedimentos salinos delgados que son ricos en sulfatos, especialmente yeso (Alonso y Risacher 1996).

Respecto al análisis granulométrico del sector de Peine, los sedimentos mostraron que el diámetro medio de grano obtenido en Laguna Salada y Laguna Saladita, correspondió a *arena fina* y en laguna Interna a *arena media*, tanto en invierno 2017 como en verano 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 y Saladita y *arena media* en Laguna Interna. Los análisis granulométricos de la línea base en verano 2015 (PMB), indican que los tipos de grano medio para este sector estuvieron entre limo (0,018 mm) y arena fina (0,230 mm), con grados de selección entre *Pobrementemente seleccionado* a *Muy pobrementemente seleccionado*, lo cual si bien es similar para las lagunas Salada y Saladita, no se ajusta totalmente a lo encontrado en la laguna Interna. Tal desviación de los resultados respecto a dicha campaña de LB, podrían deberse a un mayor flujo de agua en laguna Interna en las últimas campañas, permitiendo la ocurrencia de fracciones sedimentarias de mayor tamaño (arena media).

Los resultados descritos para las estaciones de La Punta y La Brava, muestran valores sobre el máximo registrado para la línea base (PMB), para los parámetros de carbono orgánico

total (COT), materia orgánica y fósforo total, en ambas campañas de monitoreo (mayor en el invierno en el caso del fósforo). Tales características del sedimento se relacionan con la actividad biológica, dado por los subproductos orgánicos e inorgánicos de microorganismos halofílicos. A su vez, el potencial redox en todas las estaciones presentó características reductoras con valores negativos, incluso menores a los registrados en invierno 2016 y verano 2017, respectivamente, 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 la granulometría, en laguna La Punta los diámetros medios de grano obtenidos correspondieron a *arena fina* y *arena muy fina*, tanto en invierno 2017 como en verano 2018, con un grado de selección *Muy pobremente seleccionado*. Para el caso de laguna La Brava, el diámetro medio de grano correspondió a *arena gruesa* y *arena media* en invierno 2017 y a *arena media* y *arena fina* en verano 2018, con grados de selección de *Pobremente seleccionado* a *Muy pobremente seleccionado*. Tales diferencias estacionales en La Brava, pueden estar relacionadas con la dinámica sedimentaria del sector asociado al flujo de agua, que si este disminuye, permite la ocurrencia de fracciones sedimentarias de menor tamaño (arena fina). Ahora bien, los análisis granulométricos de la línea base en verano 2015 (PMB), indican que los tipos de grano medio para este sector estuvieron entre limo (0,05 mm) y arena muy gruesa (1,1 mm), con grados de selección *Muy pobremente seleccionado*, el cual corresponde a un rango mayor de tamaño de grano medio a lo encontrado en las lagunas La Punta y La Brava, tanto en invierno 2017 como en verano 2018.

En las estaciones del sector Tilopozo también se registraron altos valores para los parámetros de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y fósforo total, este último alcanzando los 669,90 mg/Kg en la estación TB-2 en verano 2018, además de importantes concentraciones de Nitrógeno Total Kjeldahl en el sector tanto en invierno 2017 como en verano 2018. Por su parte el potencial redox presentó características reductoras en invierno 2016, verano 2017 e invierno 2017. En verano 2018 se observa un cambio en la condición de sedimentos de características reductoras a ambientes que favorecen reacciones de oxidación, ya que se registraron valores positivos en el potencial redox. Esto puede estar relacionado con la lejanía del sector de Tilopozo al núcleo del Salar permitiendo condiciones menos sulfatadas en los sedimentos y más oxidativas. Cabe mencionar que los registros de carbono orgánico total y materia orgánica en general fueron más bajos en TB-2, esto relacionado con que esa estación está ubicada a una zona inundada (vega) constituyendo un pajonal hídrico de baja profundidad. 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 fue de *arena fina* a *arena media* en verano 2018 y de *arena muy fina* a *arena fina* en invierno 2017.

12.5.4 Biota acuática

En general las comunidades analizadas mostraron valores de riqueza y abundancia similares o distintas del rango de variación mínimo y máximo establecidos en el Plan de Manejo Biótico.

- Fitobentos

Dentro de los sistemas estudiados, el ensamble de microalgas bentónicas muestra una estructura y composición variable temporal y espacialmente. Tales variaciones estarían moduladas principalmente por la alta heterogeneidad resultante de las tasas diferenciales de evaporación entre verano e invierno, lo que resulta en cambios en salinidad, contenido de oxígeno, temperatura (entre otros) en el subsistema acuático, variaciones en los niveles del agua las cuales son variables relevantes para el desarrollo de este grupo (Díaz-Quiroz & Rivera-Rondon, 2004). Su importancia ecológica, al igual que el fitoplancton, radica en ser productores primarios en el ecosistema, sosteniendo en parte la diversidad de invertebrados y la avifauna que se alimentan de los microorganismos que componen el fitobentos y el fitoplancton (Wetzel, 2001).

En general, para los tres sistemas estudiados (Peine, La Punta y La Brava, y vegas de Tilopozo) se reportó la alta frecuencia y dominancia en el fitobentos de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas). En tanto, respecto de los géneros frecuentes y dominantes reportados i.e. *Denticula*, *Haloroundia*, *Halamphora*, *Nitzschia* y *Navicula* (de estas últimos géneros solo algunas especies), todas correspondieron a taxones halófilos encontrados en ambientes salinos y en algunos casos endémicos (que se distribuye a un ámbito geográfico reducido) (Maidana & Seeligmann 2015; Rivera & Cruces 2009).

En relación a las variaciones obtenidas para el fitobentos en riqueza de géneros y abundancia total en los 3 sistemas, es probable que tengan relación con las variaciones estacionales dadas entre invierno y verano (muestreo post lluvias), por ejemplo con las profundidades que según el caso de cada estación de muestreo aumentó o disminuyó. Además de los efectos de escala mayor asociada a la evaporación y concentración de salinidad en estos sistemas que también evidencian diferencias estacionales (Cepeda-Pizarro 2013).

Para el análisis comparativo entre línea de base y monitoreo del fitobentos y fitoplancton, se considerará la comparación de la riqueza de géneros y la abundancia total con los rangos de

variación (mínimo y máximo) de la línea de base (en adelante LB) contemplados en el Plan de Manejo Biótico. Para ello se utilizará la data de los periodos de septiembre 2008, 2013, y julio 2014 como periodo de invierno y los periodos de abril 2014 y febrero 2015 como periodo de verano. Estos datos serán comparados con lo detectado en las respectivas campañas de invierno 2017 y verano 2018. Por último, a modo de comparación en el contexto del monitoreo se considerará lo detectado en invierno 2016 e invierno 2017 y verano 2017 con verano 2018.

Respecto del fitobentos, en el **sector Peine** el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en invierno 2017 estuvo contenido dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 3; Max 9) en invierno 2017 versus (Min 2; Max 14) en periodos de invierno LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia total detectada en invierno 2017, estuvo por sobre el rango observado en la línea de base. Rango (Min 5.965; Max 179.421) en invierno 2017 versus (Min 13; Max 6.787) en periodos de invierno LB (**Tabla N° 9-18**).

El rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en verano 2018 estuvo contenido dentro del observado en la línea de base. Rango (Min 4; Max 10) en verano 2018 versus (Min 6; Max 14) en periodos de verano LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia total detectada en verano 2018, estuvo contenida dentro del rango observado en la línea de base. Rango (Min 347; Max 2.404) en verano 2018 versus (Min 77; Max 3.409) en periodos de verano LB (**Tabla N° 9-40**).

Respecto del rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre invierno 2016 e invierno 2017 para el fitobentos del sector Peine, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 13; Max 21) en invierno 2016 versus (Min 3; Max 9) en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2017. Rango (Min 30.479; Max 80.128) en invierno 2016 versus (Min 5.965; Max 179.421) en invierno 2017.

En tanto, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron registros similares en verano 2017. Rango (Min 2; Max 14) en verano 2017 versus (Min 4; Max 10) en verano 2018. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 22.068; Max 105.333) en verano 2017 versus (Min 77; Max 3.409) en verano 2018.

Por otra parte, durante invierno 2017 el fitobentos presentó en este sector, una diversidad y equidad mayor en las estaciones S-5 y S-9, ambas de la Laguna Salada. En cambio, la menor diversidad y equidad fue observada en la estación SA-25 de la Laguna Saladita y en

la estación I-17 de la Laguna Interna. En verano 2018, en tanto, la diversidad y equidad fue mayor en las estaciones S-9 y SA-25, ubicadas en la laguna Salada y Saladita, mientras que, en la estación de Interna (I-17) se registraron los menores valores de dichos parámetros.

Respecto a los géneros que presentaron la mayor representatividad, se observó que *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula* (todas diatomeas) presentaron las mayores dominancias en la campaña de invierno 2017, al igual que en la línea de base para periodos de invierno. En la línea de base además se observó la alta dominancia de la diatomea *Achnanthes*. En relación a los periodos de verano de línea de base y verano 2018, la mayor representatividad solo coincidió para la diatomea *Nitzschia*, ya que las diatomeas *Amphora* y *Rhopalodia* dominaron además en verano 2018 y *Navicula* y *Denticula* dominaron también en la línea de base.

En el sector **La Punta y La Brava**, para la riqueza de géneros, en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo invierno 2017 y línea de base (periodos de invierno), se observó registros menores de riqueza y abundancia en invierno 2017 respecto de la línea de base. Respecto de la campaña de monitoreo verano 2018 y la línea de base (periodos de verano), se observaron registros similares de riqueza de géneros y abundancias totales.

El rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en invierno 2017 estuvo contenido dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 3; Max 7) en invierno 2017 versus (Min 5; Max 17) en periodos de invierno LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en invierno 2017 fue mayor a lo observado en la línea de base. Rango (Min 3.646; Max 74.201) en invierno 2017 versus (Min 16; Max 2.673) en periodos de verano LB (**Tabla N° 9-19**).

El rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en verano 2018 estuvo contenido dentro del observado en la línea de base. Rango (Min 4; Max 11) en verano 2018 versus (Min 9; Max 13) en periodos de verano LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en verano 2018 estuvo contenida dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 759; Max 2.737) en verano 2018 versus (Min 132; Max 6.187) en periodos de verano LB (**Tabla N° 9-41**).

Respecto del rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 4; Max 11) en verano 2018 versus (Min 9; Max 21) en verano 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 45.927; Max 2.347.949) en verano 2017 versus (Min 759; Max 2.737) en verano 2018.

En términos comparativos en periodo de monitoreo invierno 2016 versus invierno 2017, se observaron mayores registros de riqueza de géneros por estación y abundancia total para invierno 2016. En tanto, entre verano 2017 versus verano 2018, los registros de la riqueza de géneros y abundancias totales fueron similares entre verano 2017 y verano 2018.

Respecto del rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre invierno 2017 e invierno 2016, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 15; Max 22) en invierno 2016 versus (Min 3; Max 7) en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 30.479; Max 80.128) en invierno 2016 versus (Min 3.646; Max 74.201) en invierno 2017.

Por otra parte, durante invierno 2017 el fitobentos presentó en este sector, una diversidad y equidad mayor en las estaciones LP-24 de la Laguna La Punta y LB-3 de la Laguna La Brava. En cambio, la menor diversidad y equidad fue observada en las estaciones LB-1 y LB-2 de la Laguna La Brava. En verano 2018, en tanto, la diversidad y equidad fue mayor en las estaciones de la Laguna La Punta (LP-24 y LP-23), mientras que, en la estación de LB-1 de la Laguna la Brava, se registraron los menores valores de dichos parámetros.

Respecto a los géneros, se observó que *Nitzschia* y *Mastogloia* presentaron las mayores dominancias en la campaña de invierno 2017, mientras que *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula* (todas diatomeas) presentaron las mayores dominancias en la línea de base para periodos de invierno. En relación a los periodos de verano de línea de base y verano 2018, se observaron diferencias en las representatividades, la que coincidió solo para la diatomea *Denticula*. En verano 2018 además dominaron las diatomeas *Nitzschia* y *Mastogloia*.

El Sector **vegas de Tilopozo** no presenta antecedentes de línea de base para fitobentos, por lo tanto su seguimiento y variación fue evaluada en relación a la campañas de monitoreo anterior considerando el mismo periodo estacional.

Los registros de riqueza de géneros entre invierno 2016 e invierno 2017 presentaron diferencias, observándose mayores valores en invierno 2016. En tanto, para las abundancias los registros en ambos periodos de invierno fueron similares. En verano 2017 y verano 2018 para la riqueza de géneros y abundancia total por estación, se encontraron mayores registros en verano 2017.

Al respecto, para el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 11; Max 12) en invierno 2016 versus (Min 3; Max 6) en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre invierno 2016 e

invierno 2017, fueron similares. Rango (Min 32.466; Max 108.899) en invierno 2016 versus (Min 11.064; Max 117.068) en invierno 2017.

Para el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 9; Max 14) en verano 2017 versus (Min 2; Max 6) en verano 2018. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 5.709; Max 12.480) en verano 2017 versus (Min 30; Max 626) en verano 2018.

En la campaña de invierno 2017 y verano 2018, los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitobentos fueron mayores en la estación TB-2. Por último, en ambas campañas la clase más importante en esta comunidad corresponde a Bacillariophyceae.

Las dominancias en fitobentos cambiaron entre periodos estacionales (invierno y verano) y entre mismos periodos estacionales en el sector vegas de Tilopozo. Por otra parte, entre estaciones de muestreo también fueron observadas diferencias entre microalgas dominantes. En invierno 2016 y verano 2017 se observó una alta predominancia de cianófitas (*Gomphosphaeria* y *Oscillatoria*) y zygnematoficea (*Mougeotia*) en las estaciones de las vegas.

Para ambos monitoreos así como para la línea de base, la dominancia en el sector fue mayoritariamente para la Clase Bacillariophyceae, resultado coherente para este tipo de sistemas acuáticos donde las diatomeas (Bacillariophyceae) son altamente predominantes (Stevenson et al.1996).

- Fitoplancton

Dado que las microalgas fitoplanctónicas están constituidas por géneros y especies similares a las microalgas bentónicas presentan respuestas biológicas y una estructura y composición variable temporal y espacialmente, moduladas por las mismas forzantes que afectan a los ensambles fitobentónicos i.e. evaporación, salinidad, contenido de oxígeno y temperatura, tal como fue explicado para el fitobentos. Por otra parte su importancia ecológica también es similar a la explicada para el fitobentos ya que corresponde de la misma manera a productores primarios dentro de los sistemas acuáticos.

En general para los tres sistemas estudiados (Peine, La Punta y La Brava, y vegas de Tilopozo se reportó la alta frecuencia y dominancia de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas). En tanto, respecto de los géneros frecuentes y dominantes reportados i.e. *Denticula*, *Haloroundia*, *Halamphora*, *Nitzschia* y *Navicula* (de estas últimos géneros solo algunas especies), todas correspondieron a taxones halófilos encontrados en ambientes

salinos y en algunos casos endémicos (que se distribuye a un ámbito geográfico reducido) (Maidana & Seeligmann 2015; Rivera & Cruces 2009).

En relación a las variaciones obtenidas para el fitoplancton en riqueza de géneros y abundancia total en los 3 sistemas, es probable que tengan relación con las variaciones estacionales dadas entre invierno y verano (muestreo post lluvias), por ejemplo con las profundidades que según el caso de cada estación de muestreo aumentó o disminuyó. Además de los efectos de escala mayor asociada a la evaporación y concentración de salinidad en estos sistemas que también evidencian diferencias estacionales (Cepeda-Pizarro 2013).

En el **Sector Peine** la riqueza de géneros de fitoplancton, en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo invierno 2017 y línea de base (periodos de invierno), se observaron registros similares de riqueza y abundancia total. De la misma manera, entre la campaña de monitoreo verano 2018 y la línea de base (periodos de verano), se observaron registros similares de riqueza de géneros y abundancias totales.

El rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en invierno 2017 estuvo contenido dentro del observado en la línea de base. Rango (Min 5; Max 12) en invierno 2017 versus (Min 4; Max 14) en periodos de invierno LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia total detectada en invierno 2017, estuvo contenida dentro del rango observado en la línea de base. Rango (Min 49; Max 756) en invierno 2017 versus (Min 90; Max 5.280) en periodos de invierno LB (**Tabla N° 9-21**).

En tanto, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en verano 2018 estuvo contenido dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 3; Max 11) en verano 2018 versus (Min 6; Max 14) en periodos de verano LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia total detectada en verano 2018, estuvo contenida dentro del rango observado en la línea de base. Rango (Min 5; Max 711) en verano 2018 versus (Min 90; Max 8.121) en periodos de verano LB (**Tabla N° 9-43**).

En términos comparativos en periodo de monitoreo invierno 2016 versus invierno 2017, se observaron registros similares de riqueza de géneros y abundancia total. En tanto, entre verano 2017 versus verano 2018, la riqueza de géneros fueron mayores en verano 2017, en tanto, los registros de abundancia total de verano 2018 fueron mayores a los obtenidos en verano 2017.

Respecto del rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 10; Max 16) en invierno 2016 versus (Min 5; Max 12) en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre invierno 2016 e

invierno 2017, se encontraron registros similares. Rango (Min 80; Max 245) en invierno 2016 versus (Min 49; Max 756) en invierno 2017.

En tanto, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 11; Max 17) en verano 2017 versus (Min 3; Max 11) en verano 2018. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2018. Rango (Min 78; Max 165) en verano 2017 versus (Min 5; Max 711) en verano 2018.

Por otra parte, durante invierno 2017 el fitoplancton presentó una diversidad mayor en las estaciones S-9 y S-10, ubicadas en la laguna Salada y Saladita respectivamente. Para la equidad se observaron los mayores registros en las estaciones de la laguna Salada (S-10 y S-5). Por otro lado, los menores valores de diversidad y equidad fueron observados en las estaciones de Saladita (SA-25), e Interna (I-17). En verano 2018, en tanto, la diversidad y equidad fue mayor en las estaciones S-5 y S-9, ubicadas en la laguna Salada, mientras que, en la estación de Saladita (SA-25) se registraron los menores valores de dichos parámetros.

Respecto a los géneros que presentaron las mayores representatividades, se observó que *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula* (todas diatomeas) presentaron las mayores dominancias en la campaña de invierno 2017, de la misma manera en la línea de base. En relación a los periodos de verano, línea de base y verano 2018, las mayores representatividades fueron para las diatomeas *Nitzschia*, aff. *Nitzschia* y *Cymbellonitzschia* en cambio para la línea de base fueron para las diatomeas *Denticula* y *Amphora*.

En el **sector La Punta y La Brava**, para la riqueza de géneros, en el contexto comparativo entre campaña de monitoreo invierno 2017 y línea de base (periodos de invierno), se observó registros similares de riqueza y abundancia en invierno 2017 respecto de la línea de base. Respecto de la campaña de monitoreo verano 2018 y la línea de base (periodos de verano), también se observaron registros similares de riqueza de géneros y abundancias totales.

El rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en invierno 2017 estuvo contenido dentro del observado en la línea de base, (Min 6; Max 8) en invierno 2017 versus (Min 6; Max 14) en periodos de invierno LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en invierno 2017 estuvo contenida dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 35; Max 610) en invierno 2017 versus (Min 76; Max 4.905) en periodos de invierno LB (**Tabla N° 9-22**).

En tanto, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado en verano 2018 estuvo contenido dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 2; Max 12) en

verano 2018 versus (Min 6; Max 12) en periodos de verano LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para la abundancia detectada en verano 2018 estuvo contenida dentro de lo observado en la línea de base. Rango (Min 8; Max 189) en verano 2018 versus (Min 24; Max 10.110) en periodos de verano LB (**Tabla N° 9-44**).

En términos comparativos en periodo de monitoreo invierno 2016 versus invierno 2017, se observaron mayores registros de riqueza de géneros por estación y abundancia total para invierno 2016. En tanto, entre verano 2017 versus verano 2018, los registros de la riqueza de géneros y abundancias totales fueron similares entre verano 2017 y verano 2018.

Respecto del rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 6; Max 16) en invierno 2016 versus (Min 6; Max 8) en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre invierno 2016 e invierno 2017, presentaron registros similares. Rango (Min 32; Max 213) en invierno 2016 versus (Min 35; Max 610) en invierno 2017.

En tanto, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre verano 2017 y verano 2018, presentaron registros similares. Rango (Min 7; Max 14) en verano 2017 versus (Min 2; Max 12) en verano 2018. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre verano 2017 y verano 2018, presentaron registros similares. Rango (Min 87; Max 644) en verano 2017 versus (Min 8; Max 189) en verano 2018.

Por otra parte, durante invierno 2017 el fitoplancton presentó en este sector, una diversidad y equidad mayor en las estaciones LP-24 de la Laguna La Punta y LB-3 de la Laguna La Brava. En cambio, la menor diversidad y equidad fue observada en las estaciones LB-1 y LB-2 de la Laguna La Brava. En verano 2018, en tanto, la diversidad y equidad fue mayor en las estaciones de la Laguna La Punta (LP-24 y LP-23), mientras que, en la estación de LB-1 de la Laguna la Brava, se registraron los menores valores de dichos parámetros.

Respecto a los géneros, se observó que *Nitzschia* y *Mastogloia* presentaron las mayores dominancias en la campaña de invierno 2017, mientras que *Denticula*, *Nitzschia* y *Navicula* (todas diatomeas) presentaron las mayores dominancias en la línea de base para periodos de invierno. En relación a los periodos de verano de línea de base y verano 2018, se observaron diferencias en las representatividades, la que coincidió solo para la diatomea *Denticula*. En verano 2018 además dominaron las diatomeas *Nitzschia* y *Mastogloia*.

El Sector **vegas de Tilopozo** no presenta antecedentes de línea de base para fitoplancton, por lo tanto su seguimiento y variación fue evaluada en relación a la campañas de monitoreo anterior considerando el mismo periodo estacional.

Los registros de riqueza de géneros y la abundancia total entre invierno 2016 e invierno 2017 presentaron diferencias, observándose mayores valores en invierno 2016. En verano 2017 y verano 2018 para la riqueza de géneros por estación, se encontraron mayores registros en verano 2017. En cambio, para la abundancia total se observaron mayores registros en verano 2018.

Al respecto, para el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 11; Max 13) en invierno 2016 versus (Min 3; Max 5) en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2016. Rango (Min 232; Max 4.778) en invierno 2016 versus (Min 1; Max 325) en invierno 2017.

En tanto, para el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de géneros detectado entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2017. Rango (Min 6; Max 14) en verano 2017 versus (Min 4; Max 9) en verano 2018. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de abundancia total detectada entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2018. Rango (Min 49; Max 2.575) en verano 2017 versus (Min 5; Max 37.700) en verano 2018.

En la campaña de invierno 2017 y verano 2018, los valores de diversidad y equidad en la comunidad de fitoplancton fueron mayores en las estaciones TB-1 y TB-2. Por último, en ambas campañas la clase más importante en esta comunidad corresponde a Bacillariophyceae.

Las dominancias en fitobentos cambiaron entre los periodos estacionales invierno y verano y entre mismos periodos estacionales (invierno 2016 e invierno 2017; verano 2017 y verano 2018) en el sector vegas de Tilopozo. Por otra parte, entre estaciones de muestreo también fueron observadas diferencias entre microalgas dominantes.

En invierno 2017 se observó una alta predominancia de la zygmatoficea *Mougeotia*, y las diatomeas *Nitzschia* y *Navicula*, cianófitas (*Gomphosphaeria* y *Oscillatoria*) y (*Mougeotia*) en las estaciones de las vegas. Estas representatividades fueron distintas a las detectadas en la campaña invierno 2016, en las que dominaron los géneros la cianoficea *Anabaena* y de la diatomea *Amphora*. En verano 2018, las diatomeas *Nitzschia*, *Denticula* y *Amphora* presentaron las mayores representatividades. Estas representatividades fueron distintas a las detectadas en la campaña verano 2017, en las que dominaron los géneros *Denticula*, *Cocconeis* y *Fragilaria*.

Para ambos monitoreos así como para la línea de base, la dominancia en el sector fue mayoritariamente para la Clase Bacillariophyceae, resultado coherente para este tipo de sistemas acuáticos donde las diatomeas (Bacillariophyceae) son altamente predominantes (Stevenson et al.1996).

- Zoobentos

En la comunidad zoobentónica, la abundancia y riqueza registradas se encuentran dentro de lo esperado e incluso con valores más altos en algunas estaciones, de acuerdo a los datos de línea base.

Los valores de riqueza y abundancia son mayores en la campaña de invierno por sobre la de verano debido a mejores condiciones de disponibilidad de agua debido al invierno altiplánico, con excepción de Tilopozo que mostró una especie más en verano que en invierno.

En el Sector Peine los *taxa* dominantes corresponden a Harpacticoidea en ambas campañas de muestreo, con un marcado repunte de Ceratopogonidae, en ambos casos los valores más altos corresponden a invierno. Se registró una mayor riqueza tanto en la campaña de invierno como verano con valores máximos de 5 y 4 especies respectivamente, en relación con los registros de la línea base que fue máximo 3 especies en ambos casos. Cabe mencionar que los *taxa* más abundantes fueron Harpacticoidea (270.132 ind/m² invierno 2017– 158.125 ind/m² verano 2018) y Ceratopogonidae (14.868 ind/m² invierno 2017 – 875 ind/m² verano 2018), valores muy por sobre los demás *taxa* (mínimo 125 ind/m² – máximo 658 ind/m²). No se observa una relación de mayor o menor abundancia y riqueza en las estaciones que pueda obedecer a variables de calidad de agua o sedimentos propios del lugar de muestreo.

En el Sector La Punta y La Brava se registró una mayor riqueza tanto en la campaña de invierno como verano con valores máximos de 5 y 4 especies respectivamente, esto en relación con los registros de la línea base. En ambas campañas la estación LP-23 fue la que registró la mayor riqueza de especies mientras que LP-24 y LB-2 fueron las que menor riqueza presentaron. Los valores de riqueza fueron mayores que los observados en los monitoreos.

Los *taxa* dominantes corresponden a Harpacticoidea en la campaña de invierno seguida por Cochliopidae, mientras que en verano la dominancia la tuvo Cochliopidae junto a Harpacticoidea.

Cabe mencionar que los *taxa* más abundantes fueron Harpacticoidea (31.842 ind/m² invierno 2017– 24.125 ind/m² verano 2018) y Cochliopidae (11.316 ind/m² invierno 2017 – 31.625

ind/m² verano 2018), valores muy por sobre los demás *taxa* (mínimo 132 ind/m² – máximo 6.184 ind/m²).

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.

Las 5 estaciones del sector La Punta-La Brava están divididas en 2 grupos, La Punta con 2 estaciones y La Brava con 3 estaciones, entre las cuales destacan las similitudes de riqueza y por sobre todo de abundancia de las estaciones LP-23, LP-24 y LB-1. Éstas se localizan en la orilla de 2 lagunas pequeñas de similares condiciones, siendo las 2 primeras de características más similares. Mencionar que cuando LP-23 registra presencia de Harpacticoida, LP-24 no, y cuando LP-23 muestra altos valores de Cochliopidae, LP-24 muestra valores mucha más bajos. Esto podría tener relación con parámetros como COT, P, MO y Nitrógeno Total en sedimentos, los cuales presentan altas variaciones entre ambas estaciones.

En el Sector Tilopozo, sólo se registró presencia de zoobentos en las estaciones TB-1 y TB-2 en las campañas de invierno y verano respectivamente, mientras que la estación TB-3 sólo registró Cochliopidae en verano. Éstas difieren en que se localizan en diferentes sistemas lóticos en los cuales los parámetros de Temperatura, Clorofila "a" y Sulfato (SO₄-2) estarían provocando estas diferencias, siendo la temperatura al parecer el factor determinante.

Se registró una mayor riqueza en la campaña de verano con 3 especies a diferencia de invierno con 2, siendo Chironomidae la especie común ambas campañas. En el caso de Cochliopidae se registró solo en verano en la estación TB-2 con una abundancia menor en relación a la registrada en La Punta – La Brava. Los *taxa* dominantes corresponden a Ceratopogonidae y Oligochaeta respectivamente, mientras que en verano la dominancia la tuvo Cochliopidae junto a Harpacticoida. La información levantada muestra una mayor riqueza y abundancia en verano.

- Zooplancton

La comunidad de zooplancton en el Sector Peine, registró en general valores de abundancia y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, excepto por casos puntuales como en S-9 (laguna Salada) e I-17 (laguna Interna) en invierno 2017, donde se sobrepasó en abundancia total dado por copépodos Harpacticoidea. 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 halófila, 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 y riqueza dentro del rango establecido por la línea base del PMB, excepto en LP-23 (La Punta) en invierno y verano y LB-1 (La Brava) en invierno 2017, donde se sobrepasó en abundancia total. En este sistema se observó que en invierno 2017 dominaron los copépodos Harpacticoidea (principalmente en La Brava) y copépodos ciclopoidea, mientras que en verano 2018 dominaron *Boeckella sp.* y *Artemia franciscana* con larvas nauplio en ambos *taxa* (principalmente en La Punta). Cabe mencionar que en ambas campañas, *Boeckella sp.* solo se encontró en laguna La Punta, 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 campañas de invierno 2017 y verano 2018 fueron distintas. Mientras que en invierno dominaron copépodos ciclopoideos 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 en el Plan de Monitoreo Biológico, por lo que los resultados no se compararon con la Línea Base.

El amplio gradiente de salinidad encontrado en lagos y lagunas del norte de Chile, permite reconocer una correlación bastante fuerte entre la riqueza de especies y la salinidad. Tal correlación es inversa: a mayor valor de salinidad, un menor número de especies está presente (De los Ríos-Escalante, 2010). En general, las riquezas de *taxa* fueron bajas en todos los sistemas descritos y en ambas campañas de monitoreo.

- Plantas vasculares acuáticas (Macrófitas)

En la campaña de invierno 2017, fueron detectadas 5 especies en los tres sectores estudiados, las que correspondieron a las hidrófitas *Ruppia filifolia* y *Zannichellia palustris* y a las helófitas *Schoenoplectus (Scirpus) californicus*, *Juncus balticus* y *Sarcocornia fruticosa*. En cambio, en la campaña de verano 2018, fueron detectadas ocho especies, las que correspondieron a *R. filifolia* y *Z. palustris* y a las helófitas *S. californicus*, *J. balticus*, *S. fruticosa*, las gramíneas *Puccinellia frigida* y *Distichlis spicata*, y por último *Triglochin concinna*. 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 2017 y verano 2018, 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 no mayores a un 40% y 77%, de cobertura en invierno y verano respectivamente. Esta especie siempre estuvo sumergida y distribuida en el centro o en las orillas de las lagunas. Por otra parte, 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 2018 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 dentro de los ojos de agua de las estaciones TB-1 y TB-3. Además de la presencia de la helófito emergente *Schoenoplectus californicus* observada en TB-1 y TB-3 y *Juncus balticus* en las vegas presentes en TB-1 y TB-2 y *Distichlis spicata* en la estación TB-1. Cabe 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 vegetal en TB-1 y TB-3. Además de servir de ambientes refugiales y de desove para invertebrados y peces.

El rango de variación mínimo y máximo de riqueza de especies detectado en invierno 2017 y verano 2018 estuvo contenido dentro del observado en la línea de base. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para coberturas (%), no se tienen registros de línea de base respecto de este parámetro.

En detalle, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de especies detectado en invierno 2017 estuvo contenido dentro del observado en la línea de base. Rango (Min 1; Max 2) en invierno 2017 versus (Min 1; Max 3) en periodos de invierno LB. Respecto del rango de variación mínimo y máximo para coberturas (%), no se tienen registros de línea de base respecto de este parámetro (**Tabla N° 9-30**).

Por otro lado, el rango de variación mínimo y máximo de riqueza de especies detectado entre invierno 2016 e invierno 2017, se encontraron mayores registros en invierno 2017. Respecto del rango de variación mínimo y máximo de riqueza de especies detectado entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron mayores registros en verano 2018.

Para el rango de variación mínimo y máximo para coberturas detectada entre invierno 2016 e invierno 2017 y entre verano 2017 y verano 2018, se encontraron registros similares para ambos periodos estacionales.

En específico las plantas vasculares acuáticas encontradas en invierno 2016 y verano 2017 corresponden a las especies *R. filifolia* y *Z. palustris*. En los sectores de Peine y La Punta y La Brava, las plantas vasculares acuáticas aparecen ocasionalmente en parches de hidrófitas con baja cobertura (*R. filifolia*), mientras que en el Sector de vegas de Tilopozo, aparece *Z. palustris*. En cambio, en invierno 2017 en el sector Peine se registraron parches de *R. filifolia* con coberturas entre un 25% y 30%. En el sector La Punta-La Brava parches de *R. filifolia* con coberturas de >5% y 40% y presencia de *Sarcocornia fruticosa*. En tanto, en el sector vegas de Tilopozo se registran 3 especies: *Z. palustris* con coberturas del 100%, en tanto, para *Schoenoplectus californicus* y *Juncus balticus* solo se reportó la presencia.

En la campaña de verano 2018 en el sector Peine se registraron parches de *R. filifolia* con coberturas entre un 37% y 77%. En el sector La Punta-La Brava parches de *R. filifolia* con coberturas entre 20% y 27% en LP-23, LP-24 y LB-3, además de *Sarcocornia fruticosa* con un 53%, *Puccinellia frigida* con un 7% en la estación LP-23 y *Triglochin concinna* entre 7% y 20% en las estaciones LP-3 y LB-2. En tanto, en el sector vegas de Tilopozo se registraron 4 especies: *Z. palustris* (33% en TB-1) y presencia en TB-3, *Schoenoplectus californicus* (33% y 100% en TB-1 y TB-3), *Distichlis spicata* (7% en TB-1) y *Juncus balticus* (27% y 100% en TB-1 y TB-2).

Cabe destacar que, las diferencias encontradas respecto de los registros de riquezas y abundancias entre monitoreo y LB se debió principalmente a que este componente ha sido submuestreado entre las distintas campañas de muestreo. Por otro lado, respecto de las plantas vasculares acuáticas relacionadas con este tipo de subsistemas existe escasa información ecológica. La mayoría son estudios florísticos taxonómicos del norte de Chile.

12.6 En relación con Área de Lagunas

12.6.1 Análisis de la validación del modelo de clasificación de la cobertura de cuerpos de agua

En general, el modelo de clasificación presentó un ajuste confiable para todos los sistemas lagunares, con valores entre 0,45 y 0,91 del índice *Kappa* para el periodo de 2016, y entre 0,50 y 0,83 para el periodo 2017 desde imágenes Pleiades 1A (AR) (Tabla N°12-9), donde los mayores ajustes se presentan en Peine, debido a la fisonomía de este sistema lagunar, mostrando una mayor definición de los cuerpos de agua, por sus características de topografía y tipo de sustrato, ya que se encuentra total o parcialmente delimitado por una diferencia de nivel de costra salina; por lo tanto, las respuestas espectrales son más claras, facilitando la determinación de umbrales de los parámetros del modelo y la clasificación final.

En cuanto al valor *Kappa* más bajo que corresponde a La Punta y La Brava 0,50 (AR) y 0,50 (L8) en agosto de 2017, puede explicarse por una menor precisión en la definición de la cobertura de cuerpos de agua estimada dentro de los sectores en estudio. Estos valores más bajos en el ajuste del modelo se deben principalmente a que este sistema lagunar muestra un gradiente de la laguna que conforma un ecotono de vegetación, el cual condujo a una estimación menos precisa de los límites de la superficie de agua proveniente principalmente de los parámetros NDVI y NIR. No obstante, los valores del índice *Kappa* son confiables.

El ajuste de los modelos en 2016 y 2017 a partir de Pleiades-1A y Landsat 8 por sistema lagunar, fue mayor desde Pleiades-1A, con una diferencia máxima de 0,24 en el índice *Kappa*, determinada en el caso de Peine en diciembre 2017, en tanto para La Punta y La Brava la diferencia máxima fue de 0,20 en diciembre de 2017. Estas variaciones menores, se justifican por la mayor resolución espacial en el caso de Pleiades-1A (2 m), logrando distinguir con mayor precisión aquellos cuerpos de agua, que desde imágenes Landsat (30 m), que por su resolución dificulta la interpretación de éstos.

La variación del índice *Kappa* del monitoreo 2017 respecto del monitoreo 2016, corresponde a valores entre +0,03 (La Punta y La Brava) y -0,24 (Peine), desde Landsat 8.

Tabla N°12-9. Consolidado de índices *Kappa* de validación del modelo de clasificación para imágenes Pleiades 1-A y Landsat 8.

Tipo de imagen	Fecha monitoreo	Indicadores de monitoreo	Sistema Lagunar	
			La Punta y La Brava	Peine
PLEIADES 1A -AR	Agosto 2016	Superficie (ha)	47,4	74,1
		Índice <i>Kappa</i>	0,45	0,89

Tipo de imagen	Fecha monitoreo	Indicadores de monitoreo	Sistema Lagunar	
			La Punta y La Brava	Peine
	Diciembre 2016	Superficie (ha)	40,9	50,2
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,82</i>	<i>0,91</i>
	Agosto 2017	Superficie (ha)	48,1	74,6
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,50</i>	<i>0,86</i>
	Diciembre 2017	Superficie (ha)	48,6	74,1
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,73</i>	<i>0,83</i>
LANDSAT 8 - MR	Agosto 2016	Superficie (ha)	62,6	114,7
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,47</i>	<i>0,83</i>
	Diciembre 2016	Superficie (ha)	55,0	110,3
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,62</i>	<i>0,83</i>
	Agosto 2017	Superficie (ha)	38,2	104,6
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,50</i>	<i>0,74</i>
	Diciembre 2017	Superficie (ha)	39,3	75,3
		<i>Índice Kappa</i>	<i>0,54</i>	<i>0,59</i>

Fuente: Elaboración Propia.

12.6.2 Análisis de comparación con registros históricos de línea de base

El análisis comparativo de las superficies de cuerpos de agua determinadas para el segundo año de monitoreo 2017 con respecto a los registros históricos se presenta en la **Tabla N°12-10**.

En términos generales, el valor promedio anual de las superficies lagunares correspondientes al monitoreo 2017, para el sector de La Punta y La Brava (+14,5 ha, 30,1%) y Peine (+9,5 ha, 12,8%), superan los valores mínimos y promedios histórico de cada sector. Se observa además que los valores de las superficies estimadas para invierno 2017 y verano 2017 están por sobre los mínimos históricos en ambos sistemas lagunares, correspondiente a 31,6 ha en La Punta y La Brava y 48,9 ha en Peine.

Como se menciona anteriormente, las diferencias señaladas respecto a la situación de línea base, se pueden atribuir a varios factores, entre los que se cuentan: i) variabilidad estacional intranual ii) variabilidad estacional interanual, dado que ambas condiciones tienen directa

relación con la recarga del acuífero en cada periodo; iii) robustecimiento de la metodología del procesamiento de las imágenes, que favorece la mayor definición de las respuestas espectrales de las diferentes coberturas, y iv) validación en terreno con precisión centimétrica, cuya contribución corresponde a la depuración de los límites de los cuerpos de agua, lo que implica la calibración del modelo de clasificación en función de lo observado en terreno.

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos con imágenes de alta resolución (Pleiades 1A), se señala que los valores de promedio anual 2017 para ambos sistemas lagunares, superan los valores de promedios históricos, al igual que los valores desde imágenes de media resolución (Landsat 8).

Se observa además que los valores obtenidos en invierno 2017 superan los valores mínimos históricos desde imágenes de alta y media resolución, al igual que en verano 2017 desde imágenes de alta resolución.

Tabla N°12-10. Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades 1A y Landsat 8) y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5 RWL, 2015).

Tipo de imagen	Sistema Lagunar	Superficies de registros históricos (Adenda5 RWL, 2015)			Superficies sistemas lagunares – Monitoreos Año 2017					
		Promedio (ha)	Máximo (ha)	Mínimo (ha)	Invierno 2017		Verano 2017		Promedio anual (2017)	
					ha	m ²	ha	m ²	ha	m ²
Superficies Pleiades 1A de alta resolución	LP-LB	33,8	35,0	31,6	48,1	481.106,9	48,6	486.228,7	48,4	483.667,8
	PE	64,8	73,6	48,9	74,6	746.230,2	74,1	740.682,1	74,3	743.456,2
Superficies Landsat 8 de media resolución	LP-LB	33,8	35,0	31,6	38,2	381.694,8	39,3	393.277,1	38,7	387.486,0
	PE	64,8	73,6	48,9	104,6	1.045.919,1	75,3	753.463,9	90,0	899.691,5

Dónde: PB: La Punta y La Brava y PE: Peine.

Fuente: Elaboración Propia

12.6.3 Análisis de comparación entre el monitoreo de 2016 y 2017

En términos generales, para el sector de La Punta y la Brava, al término del segundo año de monitoreo y en relación a los resultados desde Pleiades 1-A, se puede observar que el promedio anual 2017 de las superficies lagunares ha aumentado en 4,2 ha con respecto al

anterior; como también se observan variaciones estacionales al alza con +0,7 ha para agosto (invierno 2017), y de +7,8 ha en diciembre (verano 2017). Para imágenes Landsat, el promedio anual 2017 muestra una disminución de 20,0 ha, y variaciones estacionales de -24,4 ha en invierno 2017 y -15,6 ha en verano 2017 (**Figura N°10-7** y **Figura N°10-8**).

Respecto del sector de Peine, los resultados desde Pleiades 1A, muestran que la superficie promedio anual 2017 representa 12,2 ha por sobre el promedio anual 2016, con incremento de +0,5 ha en la superficie de invierno (agosto 2017) y de 23,9 en verano (diciembre 2017). En contraposición, desde imágenes Landsat 8, la superficie promedio anual 2017 muestra un descenso respecto del mismo valor 2016, al igual que los valores estacionales, correspondientes a -10,2 ha en agosto (invierno 2017) y -34,9 ha en diciembre (verano 2017).

En síntesis, se observa una tendencia al incremento en los resultados de las imágenes de alta resolución, tanto en los promedios anuales, como en las variaciones estacionales. Sin embargo, los resultados de las imágenes Landsat 8, presentan disminuciones, tanto en los promedios como en las variaciones se relacionan principalmente con la menor resolución de Landsat 8 (30 m) respecto de las imágenes Pleiades 1A, conllevando con ello la incorporación de zonas húmedas cuando no correspondía o viceversa, efecto que se ajusta en las imágenes de alta resolución, producto del robustecimiento del modelo y la validación en terreno.

12.6.4 Análisis de límites considerados en el seguimiento de los cuerpos de agua

De acuerdo a lo expresado en la sección 10.1.2. *Parámetros utilizados para caracterizar el estado y seguimiento de los cuerpos de agua*, y según el análisis comparativo de las superficies de cuerpos de agua por sistema lagunar presentado en este reporte, se obtuvo que las superficies de los cuerpos de agua se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos, considerando el criterio indicado en la RCA N°21/2016, donde se señala que “durante la fase de operación y cierre del proyecto la superficie cubierta por lagunas debe mantener sus límites sobre el mínimo histórico”, lo que se puede observar en los registros históricos presentados y en los resultados del monitoreo de periodo 2016 -2017, hasta la fecha.

Cabe destacar que el actual monitoreo, describe los cuerpos de agua en fase de operación del Proyecto al término del segundo año de monitoreo, el cual conservó los ajustes metodológicos respecto de la línea de base presentada en la Adenda 5 del Proyecto RWL (2015) y muestra los resultados del ajuste de las superficies lagunares de invierno y verano, que conllevó a la calibración del modelo de clasificación durante el primer año de monitoreo, lo que responde al mejoramiento en la precisión global y congruencia con los datos de terreno.

12.7 En relación con Nivel Freático de Lagunas

12.7.1 Criterios considerados en la evaluación.

Como fuera mencionado para esta componente, el compromiso de medir los niveles freáticos en puntos asociados en las Lagunas, quedó comprometido en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico”, en el Capítulo 4.2.7 “Criterios para detección de cambio de estado ecológico”, en donde se establece necesario que: *“que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan en el rango de los valores registrados históricamente por sector.”*

En las Figuras presentadas en el capítulo de resultados de esta variable, se observa gráficamente la variación temporal de niveles desde el año 2013 a la fecha, incluyendo las reportadas en el año 1 y las reportadas en este informe, de abril 2017 a marzo 2018. Los valores de línea base corresponden hasta Octubre de 2015, después de ello, el titular siguió midiendo mensualmente en los puntos de manera de robustecer la serie histórica y no perder la continuidad.

Es importante señalar que, los valores de niveles en los puntos, corresponden a los mismos registros del Plan de Seguimiento Hídrico, ya que estos 5 puntos, son parte de los dos planes de seguimiento, del Hídrico y del Biótico.

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

De la variación temporal del **Sistema La Punta-La Brava**, los niveles registrados en el tiempo reflejan la variación estacional de sus niveles, con una amplitud máxima de alrededor de los 10 cm en promedio, los cuales son mayores entre mayo a septiembre y disminuyen en la época de verano, siendo las mínimas entre enero y marzo, en los distintos años.

Para el período de análisis (Abril 2017 a Marzo 2018), los niveles promedios para los puntos BA-05, BA-07 y BA-16 se presentan por sobre los niveles mínimos de línea base, y con tendencias estables respecto de la variación cíclica natural existente en los puntos medidos. Ver valores en **Tabla N° 12-11**.

En el caso del **Sistema Lagunar Peine**, la variación estacional es menos marcada, aumentando sus niveles como respuesta a las precipitaciones que acontecen (marzo 2015, marzo y junio 2017), sin embargo siguen registrándose los valores menores en verano y los mayores en invierno. Se puede observar, el alza de nivel puntual en Marzo de 2017, lo cual,

basado en los registros y reportes de precipitaciones de la estación Albemarle³⁰, sería respuesta del sistema producto de las abundantes lluvias ocurridas en la época, marcadas por el invierno altiplánico.

De la misma manera que para los puntos de La Punta –La Brava, los puntos BA-21 y BA-22 presentan valores de niveles promedios que se encuentran entre los valores registrados de línea base.

La siguiente tabla presenta los valores mínimos y máximos de Línea Base para ambos sistemas, y el promedio anual del último año.

Tabla N° 12-11. Valores³¹ Mínimos, Máximos y Promedio de la Serie

Punto	Sector Sistema Lagunar	Período LB (m s.n.m) (Abr 2013 - Oct 2015)		Abril 2017-Mar 2018 (m s.n.m)
		Mínimo LB	Máximo LB	Promedio
BA-05	LP-LB	2.300,15	2.300,21	2.300,17
BA-07	LP-LB	2.299,99	2.300,12	2.300,02
BA-16	LP-LB	2.300,85	2.300,91	2.300,86
BA-21	Peine	2.300,07	2.300,19	2.300,12
BA-22	Peine	2.300,27	2.300,31	2.300,28

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo indicado bajo el criterio de análisis para la evaluación de la condición de cambio del estado ecológico de los ecosistemas, se señala que: “Se establece como criterio de mantención del estado ecológico, que las variables de estado se mantengan dentro del registro de línea de base, esto es que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan en el rango de los valores registrados históricamente por sector.” (Ref. Cap. 4.2.7 pág. 417 del Anexo 2 Adenda 5). Dada dicha premisa, los valores promedio registrados a la fecha para el último año de medición, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente y se presentan por sobre los valores mínimos registrados en línea base.

12.8 En relación con el Estado Ecológico del Sistema

De acuerdo al numeral 4.2.7 “Criterios para detección de cambio de estado ecológico”, comprometido en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico” (PMB), en donde se señala textualmente que “se establece como criterio de mantención del estado ecológico, que las variables de estado se mantengan dentro del registro de línea de base, esto es que los valores medidos anualmente en promedio, se mantengan en el rango de los valores registrados históricamente por sector.” Al respecto, en este acápite corresponde al análisis de este punto en específico.

³⁰ Albemarle, entregó Informe Anual N°2 del PSAH en marzo 2018, con toda la información hídrica de sus componentes, a través de Comprobante SMA Cód. 68267 de fecha 29 de marzo 2018. Datos en Anexo A Planilla Variables Meteorológicas (1970-2017).pdf. del PSAH N°2.

³¹ Ver todos los datos y registros en Anexo Niveles Freáticos de este Informe Anual N°2 PMB,

La evaluación de la condición del estado ecológico, se presenta por sector de manera independiente, para Sector Peine y Sector La Punta-La Brava, mediante análisis de tendencia. El Sistema La Punta- La Brava, está constituido por las Lagunas La Punta y La Brava y por las Vegas de Tilopozo. El Sistema Peine, lo constituyen las Lagunas Salada, Saladita e Interna.

De acuerdo a lo señalado en el PMB, se indica que se entenderá como un cambio en tendencia según la evaluación realizada después de 3 años consecutivos (periodos), respecto su comportamiento previo de línea de base o registros históricos. Las variables que quedaron establecidas para evaluar el estado ecológico son: (1) niveles freáticos, (2) superficies de lagunas y (3) cobertura vegetal.

Sin perjuicio de que aún no se está posterior al tercer año de monitoreo, se presenta el análisis del comportamiento de estas variables a la fecha.

A continuación, se presenta el detalle de análisis para cada componente, por cada uno de los dos sistemas lagunares en cada variable establecida.

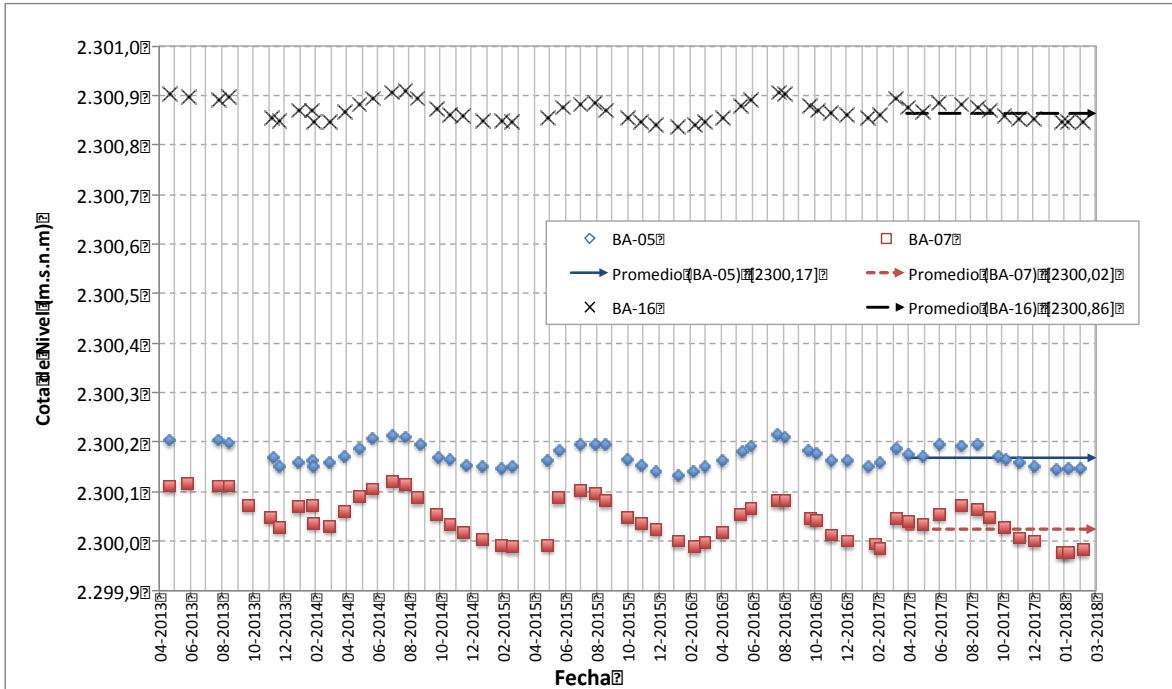
12.8.1 Sistema La Punta – La Brava

12.8.1.1 Niveles Freáticos

En la **Figura N° 12-56**, se observa gráficamente la variación temporal de niveles medidos en los puntos BA-05, BA-07 y BA-16, desde el año 2013 a la fecha, valores históricos, incluyendo las reportadas hasta marzo de 2018, que contiene la variación en el tiempo y los promedios del período actual.

De acuerdo a lo indicado bajo el criterio de análisis para la evaluación de la condición de cambio del estado ecológico de los ecosistemas, los valores promedio registrados a la fecha para el último año de medición, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, presentándose sobre los mínimos en el sector La Punta y La Brava (**Tabla N°12-12**).

Figura N° 12-56. Variación de niveles en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava, hasta marzo de 2018



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12-12. Valores mínimos, máximos y promedio de la serie, sector Tilopozo – La Punta y La Brava.

Punto	Sector Sistema Lagunar	Período LB (m s.n.m) (Abr 2013 - Oct 2015)		Abril 2016-Mar 2017 (m s.n.m)	Abril 2017-Mar 2018 (m s.n.m)
		Mínimo LB	Máximo LB	Promedio	Promedio
BA-05	LP-LB	2.300,15	2.300,21	2.300,17	2.300,17
BA-07	LP-LB	2.299,99	2.300,12	2.300,04	2.300,02
BA-16	LP-LB	2.300,85	2.300,91	2.300,88	2.300,86

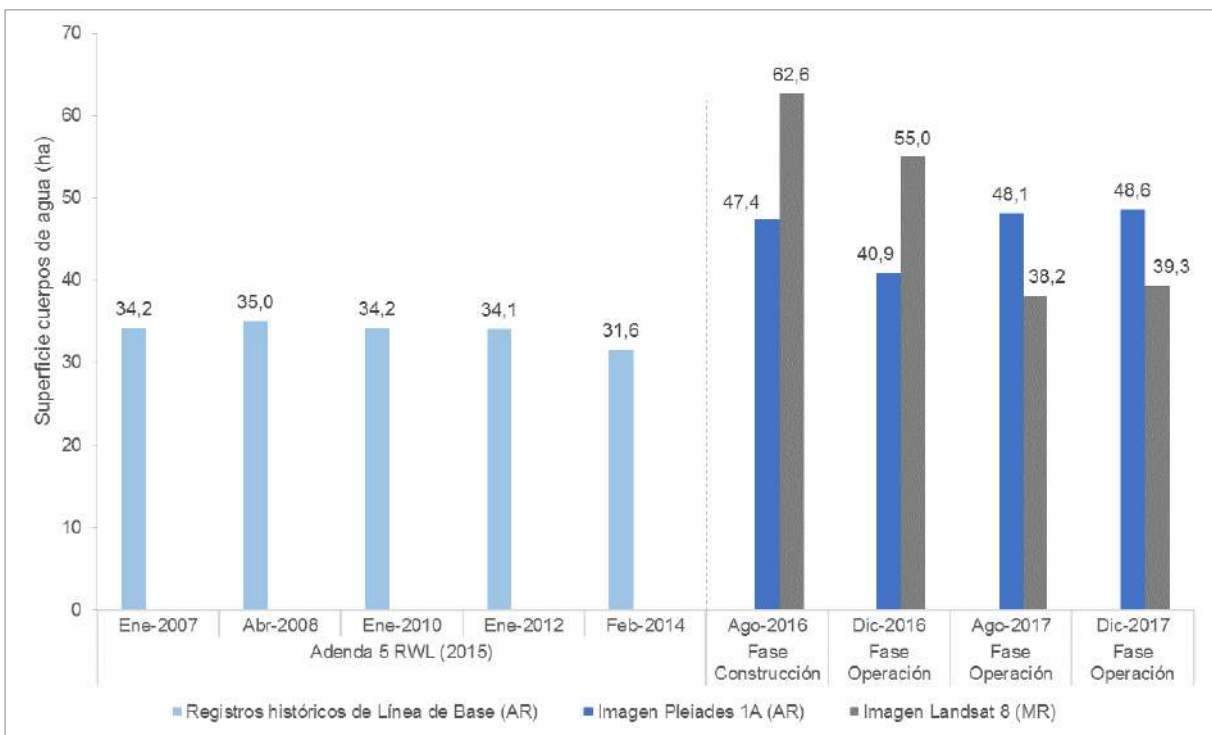
Fuente: Elaboración propia

12.8.1.2 Superficie de Lagunas

Para el primer año de monitoreo, los resultados obtenidos en el invierno de 2016 en base a las imágenes de alta resolución, corresponden a 47,4 ha, en tanto la superficie de verano 2016 es de 40,9 ha en el sector de La Punta y La Brava. Para el segundo año de monitoreo, la superficie de invierno de 2017 es de 48,1 ha y para verano corresponde a 48,6 ha; en consecuencia, en ambos periodos los valores de superficies lagunares se encuentran por sobre el mínimo histórico (31,6 ha).

La **Figura N° 12-57** muestra la comparación gráfica y numérica de las superficies con los registros históricos de este sector, que incluyen las reportadas en el primer año de monitoreo (invierno y verano de 2016).

Figura N° 12-57. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta y La Brava.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

12.8.1.3 Vegetación

12.8.1.3.1 Flora y Vegetación – Transectas

Las transectas que se incluyen en este sector, corresponden a T10, T11, T12, T13, y desde la T18 hasta la T31 (**Anexo de Vegetación y Flora**).

De acuerdo con las condiciones generales de la vegetación, se observa una similitud entre los resultados obtenidos en MB0 y monitoreos estacionales del primer año de estudio (M1 y M2). Las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo, son las que desarrollan mayor cobertura vegetal: las formaciones de *Schoenoplectus californicus* y algunas transectas con formaciones de herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, además de algunas transectas localizadas en cercanías a cuerpos de agua, en el sector de La Punta.

Por otro lado, en M3 las formaciones que continúan presentando menor cobertura vegetal, son las transectas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo, en formaciones de herbazal de *Distichlis spicata*, en un matorral de *Tessaria absinthioides*, y la transecta localizada en La Brava en un herbazal de *Triglochin concinna*. En todas estas transectas se observó un sustrato con menor contenido de humedad (no saturado) a excepción del herbazal de *T. concinna*, muchas veces en sustratos altamente salinos (herbazales de *D. spicata* y *J. balticus*).

Con respecto a la comparación de los valores históricos de la línea de base del proyecto (año 2014) con los monitoreos M1 a M4, se observa que en la formación de *Distichlis spicata* las coberturas seguirían siendo similares al considerar la cobertura de la especie dominante dentro de un rango del 20 a 30%. En la formación de *Schoenoplectus californicus* a nivel de formación los valores son indicadores de una alta cobertura de la vegetación históricamente (igual o cercanas al 100%) y las diferencias se observan a nivel de especie. Diferente es el análisis en las formaciones de *Sarcocornia fruticosa*, donde se observan valores menores en los monitoreos (M3 y M4) con respecto a los históricos de 2014 y 2015, no obstante sería importante precisar que los resultados no son estrictamente en la misma ubicación, por lo mismo para el caso de la especie *Sarcocornia* ésta se desarrolla en vegetación parchosa y por lo mismo es importante tener varias transectas para ser comparables y en este caso solo existía un punto de línea base comparable con las transectas de monitoreo (**Anexo de Vegetación y Flora**).

12.8.1.3.2 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – método de imágenes satelitales (NDVI)

De acuerdo a los registros mínimos y máximos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat para sectores de Tilopozo – La Punta y La Brava, las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos históricos señalados en la **Tabla**

N°12-13, y también por sobre el valor mínimo histórico, al igual que las superficies estimadas en base a imágenes de alta resolución.

Tabla N°12-13. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Tilopozo – La Punta y La Brava.

Sector	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		VALORES HISTÓRIOS DESDE LANDSAT		VALORES HISTÓRICOS DESDE ALTA RESOLUCIÓN	
	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Superficie COT con vegetación Verano - 2018 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2018	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)
Tilopozo - La Punta y La Brava	2.727,90	613,2	2.706,40	422,8	202	1.580	113,6	343,3

Fuente: Elaboración propia Cedrem Consultores. Datos Registros históricos PMB-RWL 2015.

De acuerdo al resumen de registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, mediante herramientas de teledetección (Tabla 5.3 del Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), en la **Tabla N° 12-4**, se presentan las superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, y su comparación respecto de los datos históricos y de línea de base. Respecto a esta formación vegetal, para el sector de Tilopozo y La Punta y La Brava, ésta supera la superficie mínima y se encuentra dentro del rango de los registros históricos, además se observa que ocurrió un incremento de la superficie desde el periodo anterior.

Tabla N° 12-14. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de *Schoenoplectus californicus*, en relación a los registros históricos de alta resolución, sector Tilopozo - La Punta y La Brava.

SECTOR	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		REGISTROS HISTÓRICOS	
	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	Superficie mínima (ha)	Superficie máxima (ha)
Tilopozo - La Punta y La Brava	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	28	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i>	7,9	26	59,2
	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>	5,1	Vega de <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	30,2	26	59,2
Total Tilopozo - La Punta y La Brava		33,1		38,1		

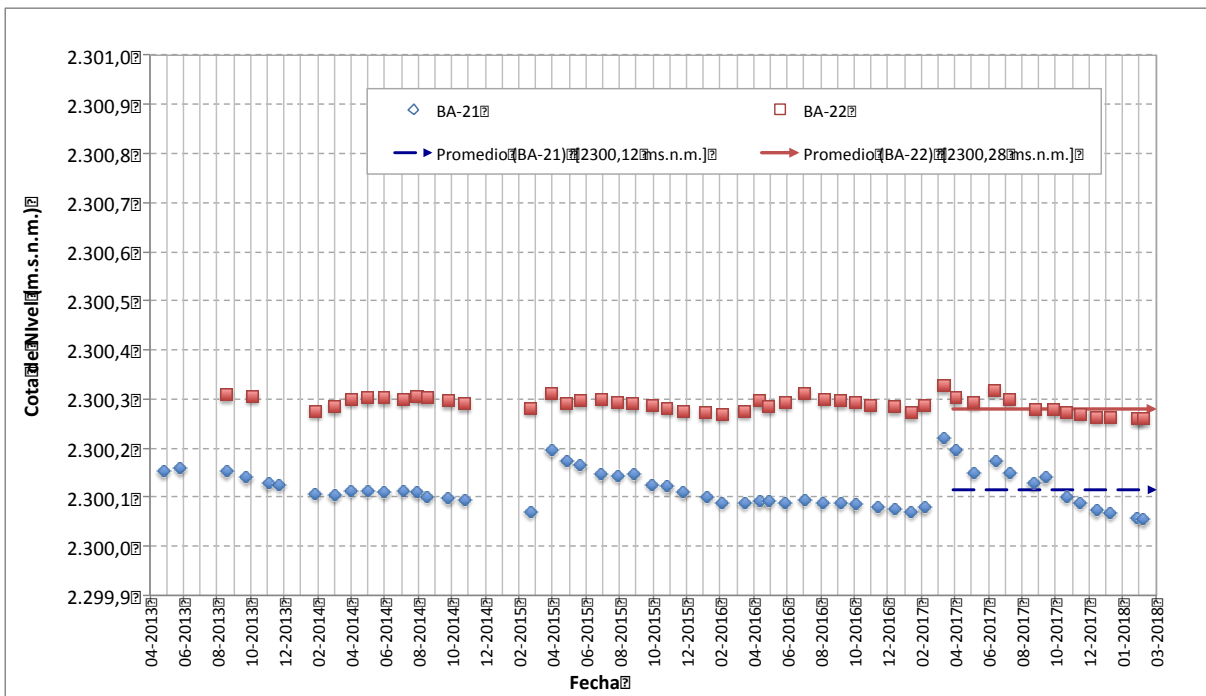
12.8.2 Sistema Peine

12.8.2.1 Niveles Freáticos

En la **Figura N° 12-58**, se observa gráficamente la variación temporal de niveles medidos en los puntos BA-21 y BA-22, desde el año 2013 a la fecha, correspondiente a los valores históricos, hasta los niveles reportados en marzo de 2018.

De acuerdo a lo indicado bajo el criterio de análisis para la evaluación de la condición de cambio del estado ecológico de los ecosistemas, los valores promedio registrados a la fecha para el último año de medición, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente para este sector (**Tabla N°12-15**).

Figura N° 12-58. Variación de niveles en el Sistema Lagunar Peine, hasta marzo de 2018



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12-15. Valores mínimos, máximos y promedio de la serie, sector Peine.

Punto	Sector Sistema Lagunar	Período LB (m s.n.m) (Abr 2013 - Oct 2015)		Abril 2016-Mar 2017 (m s.n.m)	Abril 2017-Mar 2018 (m s.n.m)
		Mínimo LB	Máximo LB	Promedio	Promedio
BA-21	Peine	2.300,07	2.300,19	2.300,10	2.300,12
BA-22	Peine	2.300,27	2.300,31	2.300,28	2.300,28

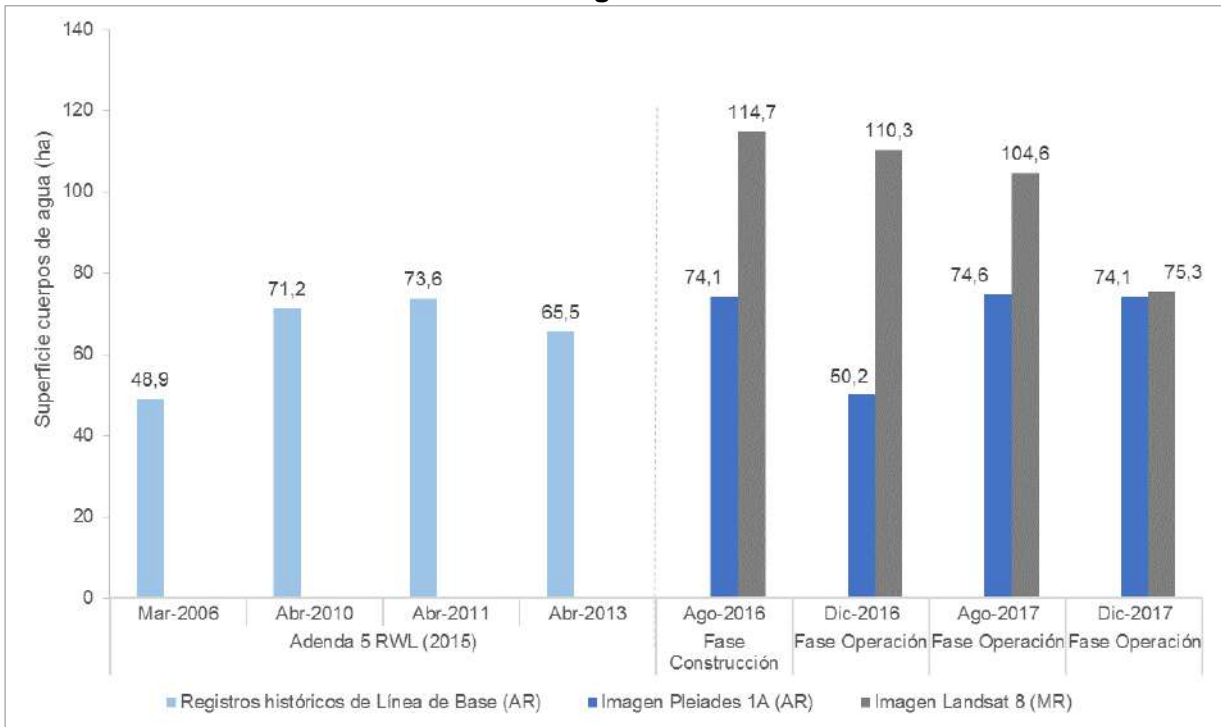
Fuente: Elaboración propia

12.8.2.2 Superficie de Lagunas

Para el primer año de monitoreo, los resultados obtenidos en el invierno de 2016 en base a las imágenes de alta resolución, corresponden a 74,1 ha, en tanto la superficie de verano 2016 es de 50,2 ha en el sector de Peine. Para el segundo año de monitoreo, la superficie de invierno de 2017 es de 74,6 ha y para verano 2017 corresponde a 74,1 ha; en consecuencia, en ambos periodos los valores de superficies lagunares se encuentran por sobre el mínimo histórico (48,9 ha).

La **Figura N°12-59**, muestra la comparación gráfica y numérica de las superficies con los registros históricos de este sector, que incluyen las reportadas en el primer año de monitoreo (invierno y verano de 2016).

Figura N°12-59. Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine.



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

12.8.2.3 Vegetación.

12.8.2.3.1 Flora y Vegetación – Transectas

Las transectas que se incluyen en este sector corresponden desde T01 hasta T09 (**Anexo de Vegetación y Flora**).

De las condiciones generales de la vegetación en este sector, es posible señalar una similitud entre los resultados obtenidos en MB0 y monitoreos estacionales del primer año de estudio (M1 y M2). Las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo, son las que desarrollan mayor cobertura vegetal, como la formación de *Schoenoplectus californicus*.

Por otro lado, en M3 las formaciones que continúan presentando menor cobertura vegetal en este sector es una transecta localizada en un matorral de *Tessaria absinthioides*. En todas estas transectas se observó un sustrato con menor contenido de humedad (no saturado), y en sustratos de textura terrosa o costra salina terrosa (matorral de *T. absinthioides*), localizados más al borde del salar de Atacama. En adición, las transectas donde se registró la mayor cobertura muerta corresponden a dos transectas en el sector de Peine, en un herbazal de *Schoenoplectus californicus* (T02; 36,0%) y en un herbazal de *D. spicata* (T08; 33,2%), seguido de las formaciones de *D. spicata* y *T. absinthioides* con mayor registro de cobertura muerta en varias de sus transectas (entre 10 y 20% aproximadamente).

Al considerar los resultados de M4, se observan fluctuaciones en la cobertura por especies y por transecta en todas las formaciones, no entregando una tendencia. Sí es importante mencionar, que el herbazal de *S. californicus* continúa siendo la formación vegetal con mayor cobertura (cerca o sobre el 100%), aunque se observó vegetación muerta en algunas de sus transectas donde no había sido registrado anteriormente (en M1, M2 y M3) y a la vez una disminución de la cobertura vegetal con respecto a M3. Por otra parte, las formaciones de *D. spicata* y *T. absinthioides* siguen siendo las que registran menores valores de cobertura vegetal, y así mismo mayor cobertura muerta, alcanzando un máximo de cobertura muerta en una transecta de cada formación. Estos comportamientos podrían relacionarse con recambio natural del sistema y a la reducida precipitación caída en la zona.

Con respecto a la comparación de los valores históricos de la línea de base del proyecto (año 2014) con los monitoreos M1 a M4, se observa que en la formación de *Distichlis spicata* las coberturas seguirían siendo similares al considerar la cobertura de la especie dominante dentro de un rango del 20 a 30%. En la formación de *Schoenoplectus californicus* a nivel de formación los valores son indicadores de una alta cobertura de la vegetación históricamente (igual o cercana al 100%) y las diferencias se observan a nivel de especie. Diferente es el análisis en las formaciones de *Tessaria absinthioides*, donde se observan valores menores en los monitoreos (M3 y M4) con respecto a los históricos de 2014 y 2015, no obstante sería importante precisar que los resultados no son estrictamente en la misma ubicación, desarrollándose como vegetación parchosa y por lo mismo es importante tener varias

transectas para ser comparables y en este caso solo existía un punto de línea base comparable con las transectas de monitoreo (**Anexo de Vegetación y Flora**).

12.8.2.3.2 Distribución y cobertura de la vegetación azonal – método de imágenes satelitales (NDVI)

De acuerdo a los registros mínimos y máximos propuestos para monitoreo de vegetación, a partir de imágenes Landsat para sectores de Peine, las superficies de vegetación activa se encuentran dentro de los rangos históricos señalados en la **Tabla N° 12-16**, y también por sobre el valor mínimo histórico, al igual que las superficies estimadas en base a imágenes de alta resolución.

Tabla N° 12-16. Superficies de vegetación activa (NDVI) en relación a los registros históricos de Landsat y alta resolución para el sector Peine.

Sector	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		VALORES HISTÓRIOS DESDE LANDSAT		VALORES HISTÓRICOS DESDE ALTA RESOLUCIÓN	
	Superficie COT con vegetación Verano - 2017 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2017	Superficie COT con vegetación Verano - 2018 (ha)	Superficie vegetación activa (ha), Verano - 2018	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)	Superficie min. (ha)	Superficie máx. (ha)
Peine	2.990,90	677,1	2.989,00	496,1	310	1.919	157,7	242,8

Fuente: Elaboración propia. Datos Registros históricos PMB-RWL 2015.

De acuerdo al resumen de registros máximos y mínimos propuestos para monitoreo de vegetación, mediante herramientas de teledetección (Tabla 5.3 del Anexo 2, Adenda 5 RWL, 2015 - Apéndice B), en la **Tabla N° 12-17**, se presentan las superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, y su comparación respecto de los datos históricos y de línea de base. Respecto a esta formación vegetal, el sector de Peine presenta un valor menor al mínimo histórico en ambos periodos y en orden decreciente, lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en el último periodo.

Tabla N° 12-17. Superficies de vegetación activa (NDVI) en formaciones vegetales de vegas de *Schoenoplectus californicus*, en relación a los registros históricos de alta resolución, sector Peine.

SECTOR	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		REGISTROS HISTÓRICOS	
	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	Superficie mínima (ha)	Superficie máxima (ha)
Peine	Vega de	20,3	Vega de	7,4	22,6	23

SECTOR	INFORME ANUAL I		INFORME ANUAL II		REGISTROS HISTÓRICOS	
	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	FORMACIÓN VEGETAL	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACTIVA (ha)	Superficie mínima (ha)	Superficie máxima (ha)
	<i>Schoenoplectus californicus</i>		<i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Baccharis juncea</i>			
			Vega de 3 <i>Schoenoplectus californicus</i> , <i>Baccharis juncea</i> y <i>Distichlis spicata</i>	4,5		
Total Peine		20,3		11,9		

13 CONCLUSIONES.

13.1 En relación con Flora y Vegetación

A continuación, se presentan las principales conclusiones del segundo año de monitoreo del Plan de Seguimiento Biótico, PMB, de Albemarle. Las conclusiones se presentan de manera ordenada por subcomponente, siguiendo la línea de presentación de este informe.

En relación con Flora y Vegetación

En cuanto a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), el monitoreo anual 2018 describe 33 formaciones vegetales, que se observan en ambas temporadas y que corresponden a las formaciones comprometidas en el PMB, aumentando la cantidad de formaciones descritas en el primer monitoreo anual (31).

Las principales variaciones se observan en la cobertura y composición de especies dentro de las formaciones que implica el ajuste de los límites de las formaciones en algunos casos, y el cambio en la dominancia de especies en otros, que representan diferencias no biológicas y que reorganizan la configuración de las unidades en estudio.

El ajuste realizado producto del monitoreo de verano de 2017, detalla variaciones que fueron confirmadas en terreno, validando los hallazgos de línea de base, en algunos casos, y robusteciendo la información base para monitoreos siguientes en base a una escala más detallada (1:2.000), como se observa en el monitoreo de verano de 2018 respecto del monitoreo de invierno 2017, en que las formaciones, ya delimitadas y ajustadas, pueden ser comparadas reflejando con mayor claridad las variaciones estacionales.

En el Monitoreo de invierno (agosto 2017; M3), las formaciones vegetales caracterizadas corresponden a las mismas observadas en el Monitoreo Base 0, y conservan las características fisiológicas y de composición de especies determinadas como condición inicial de la vegetación en la etapa pre operacional del proyecto. Estas son: herbazal de *Schoenoplectus californicus*, herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Distichlis spicata*, herbazal de *Triglochin concinna*, matorral de *Sarcocornia fruticosa* y matorral de *Tessaria absinthioides*.

En el Monitoreo de verano (marzo 2018; M4), las formaciones vegetales caracterizadas siguen siendo las mismas observadas en el Monitoreo 3, y conservan las características fisiológicas y de composición de especies determinadas como condición inicial de la vegetación en la etapa pre operacional del proyecto.

Las conclusiones en cuanto a las condiciones generales de la vegetación del área de estudio, indican una similitud entre los resultados obtenidos en MB0 y monitoreos estacionales del primer año de estudio (M1 y M2). Las comunidades con mayor contenido de humedad del suelo, son las que desarrollan mayor cobertura vegetal: las formaciones de *Schoenoplectus californicus* y algunas transectas con formaciones de herbazal de *Juncus balticus*, herbazal de *Triglochin concinna* y matorral de *Sarcocornia fruticosa*, además de algunas transectas localizadas en cercanías a cuerpos de agua, en los sectores La Punta y Aguas de Quelana.

Por otro lado, en M3 las formaciones que continúan presentando menor cobertura vegetal, son las transectas localizadas principalmente en el sector de Tilopozo, en formaciones de herbazal de *Distichlis spicata*, en un matorral de *Tessaria absinthioides* y en el herbazal de *Juncus balticus*, y adicionalmente dos transectas localizadas en el sector de Peine en un matorral de *T. absinthioides*, y la transecta localizada en La Brava en un herbazal de *Triglochin concinna*. En todas estas transectas se observó un sustrato con menor contenido de humedad (no saturado) a excepción del herbazal de *T. concinna*, muchas veces en sustratos altamente salinos (herbazales de *D. spicata* y *J. balticus*), y en sustratos de textura terrosa o costra salina terrosa (matorral de *T. absinthioides*), localizados más al borde del salar de Atacama. No obstante, las transectas donde se registró la mayor cobertura muerta corresponden a dos transectas en el sector de Peine, en un herbazal de *Schoenoplectus californicus* (T02; 36,0%) y en un herbazal de *D. spicata* (T08; 33,2%), seguido de las formaciones de *D. spicata* y *T. absinthioides* con mayor registro de cobertura muerta en varias de sus transectas (entre 10 y 20% aproximadamente).

Al considerar los resultados de M4, se observan fluctuaciones en la cobertura por especies y por transecta en todas las formaciones, no entregando una tendencia. Sí es importante mencionar, que el herbazal de *S. californicus* continúa siendo la formación vegetal con mayor cobertura (cercanas o sobre el 100%), aunque se observó vegetación muerta en algunas de sus transectas donde no había sido registrado anteriormente (en M1, M2 y M3) y a la vez una disminución de la cobertura vegetal con respecto a M3. Por otra parte, las formaciones

de *D. spicata* y *T. absinthioides* siguen siendo las que registran menores valores de cobertura vegetal, y así mismo mayor cobertura muerta, alcanzando un máximo de cobertura muerta en una transecta de cada formación.

Con respecto a la comparación de los valores históricos de la línea de base del proyecto (año 2014) con los monitoreos M1 a M4, se observa que en la formación de *Distichlis spicata* las coberturas seguirían siendo similares al considerar la cobertura de la especie dominante dentro de un rango del 20 a 30%. En la formación de *Schoenoplectus californicus* a nivel de formación los valores son indicadores de una alta cobertura de la vegetación históricamente (igual o cercanas al 100%) y las diferencias se observan a nivel de especie. Diferente es el análisis en las formaciones de *Sarcocornia fruticosa* y *Tessaria absinthioides*, donde se observan valores menores en los monitoreos (M3 y M4) con respecto a los históricos de 2014 y 2015, no obstante sería importante precisar que los resultados no son estrictamente en la misma ubicación, por lo mismo para el caso de la especie *Sarcocornia* ésta se desarrolla en vegetación parchosa y por lo mismo es importante tener varias transectas para ser comparables y en este caso solo existía un punto de línea base comparable con las transectas de monitoreo.

En cuanto al análisis de distribución y cobertura de la vegetación azonal mediante el método de extracción de valores de NDVI, se concluye que la superficie de vegetación activa para los sectores de 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 monitoreo de verano de 2017, como el de verano de 2018.

En cuanto a los resultados de alta resolución, la superficie de vegetación activa para los sectores de los sectores Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine, superan los valores mínimos históricos en ambos monitoreos. En cuanto a Soncor, la superficie de vegetación activa se encuentra en el límite Oeste del sistema, por lo que sus valores fueron ajustados en base a lo observado en terreno durante el monitoreo de verano de 2017, por lo que, Por otra parte, en todos los sectores, al comparar las superficies de vegetación activa del monitoreo de verano de 2017 con el de verano de 2018, éste último presenta valores menores que el anterior.

En cuanto a las formaciones de vega (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, el sector de Tilopozo – La Punta y La Brava supera la superficie mínima y se encuentra dentro del rango de los registros históricos en ambos periodos. El sector de Peine muestra un valor menor al mínimo histórico y al periodo de verano de 2017 (20,3 ha) lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en el último periodo.

13.2 En relación con Fauna Vertebrados

El área de estudio se divide en tres sectores: a) La Punta y La Brava; b) Peine (lagunas Salada, Saladita e Interna, además de 2 puntos de ambientes terrestres), ambos sectores ambientes de humedales; y c) Tilopozo (en su mayoría ambientes terrestres, con excepción de un ambiente de humedal, el humedal pajonal). A su vez, en estos sectores se delimitaron 6 ambientes de fauna: área desprovista de vegetación (costra salina), herbazal, humedal salar, humedal pajonal, matorral y quebrada.

En total, considerando el total acumulado para las cuatro campañas (de invierno 2016 a verano 2018), la riqueza es de 45 especies de vertebrados, con 1 especie de anfibio, 2 especies de reptiles, 35 especies de aves y 7 especies de mamíferos. Los tres sectores presentan una riqueza que varía entre 27 especies en el sector de Tilopozo, a 19 especies en el sector de La Punta y La Brava, aunque la composición es muy diferente: en los sectores que contienen ambientes de humedal salar dominan las aves acuáticas, y en aquellos que contienen ambientes terrestres, los mamíferos.

A la escala de similitud de los ambientes (con mayor sentido biológico que la división de sectores) se forman dos grandes agrupaciones: los dos sistemas acuáticos de humedal salar, y el humedal pajonal con los restantes ambientes terrestres.

En cuanto a la caracterización de la fauna detectada:

De acuerdo a su origen geográfico, 3 de las especies registradas son endémicas de Chile, en tanto que otras 41 especies son nativas, y finalmente, 1 especie es catalogada como introducida.

De las 45 especies de fauna detectadas, 17 (37,8%) se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación: 8 especies se encuentran en categoría de conservación listadas en el reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98 MINAGRI); otras 6 especies se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies del MINSEGPRES (D.S. N° 75/2005, que fue remplazado por el D.S. N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, y decretos posteriores); en tanto que las 3 especies restantes se encuentran clasificadas en alguna de las categorías de conservación no oficiales definidas por Rottmann & López-Callejas (1992) o Cofré & Marquet (1999).

Del total de 17 especies en categoría de conservación, 11 se consideran amenazadas, es decir, en las categorías En Peligro, Vulnerable y Casi amenazada. Por su parte, 6 especies se catalogan sin amenaza (precautorias). El desglose de las categorías de conservación de las 17 especies es el siguiente:

- **Anfibios (1 especie):** catalogada “sin amenaza”, en categoría Preocupación menor, *Rhinella spinulosa* (sapo espinoso).
- **Reptiles (2 especies):** catalogada “bajo amenaza”, en categoría En peligro, *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián); catalogada “sin amenaza”, en categoría Rara, *Liolaemus constanzae* (lagartija de Constanza).
- **Aves (8 especies):** catalogada “bajo amenaza”, en categoría Vulnerable: *Oressochen melanopterus* (piuquén), *Chroicocephalus serranus* (gaviota andina), *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Fulica gigantea* (tagua gigante), *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), *Phoenicoarrus jamesi* (parina chica) y *Phoenicopterus chilensis* (Flamenco chileno). Catalogada “sin amenaza”, en categoría Insuficientemente conocida, *Falco femoralis* (halcón perdiguero).
- **Mamíferos (6 especies):** catalogada “bajo amenaza”, en categoría Vulnerable, *Lama guanicoe* (guanaco) y *Ctenomys fulvus* (tuco-tuco de Atacama), y en categoría Casi amenazada, *Puma concolor* (puma). Catalogada “sin amenaza”, en categoría Preocupación menor, *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo); y en categoría Sin prioridad inmediata, *Abrothrix andinus* (ratón andino) y *Phyllotis xanthopygus* (ratón orejudo amarillento).

Ninguna de las especies registradas se considera Monumento Natural.

Del total de especies, 4 corresponden a especies de baja movilidad, 2 a especies de movilidad media, y 39 a especies con alta movilidad. En relación a las especies especialistas de hábitat, 17 especies se consideran especialistas, como por ejemplo el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*; en ambientes de humedal), la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*, en borde de salar) y 15 aves (asociadas a ambientes de humedal).

Finalmente, en cuanto al Índice de Riesgo, destaca la presencia de 1 especie clasificada con un índice de riesgo máximo (*Liolaemus fabiani*, Lagartija de Fabián), en tanto que otras 7 se encuentran clasificadas con un riesgo alto, 8 se encuentran clasificadas con un riesgo medio, y por último 28 se encuentran clasificadas con un riesgo bajo. A la única especie introducida (el burro), no le fue asignado un índice de riesgo.

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 la campaña de verano 2018 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, y al igual que en los reptiles, 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.

Considerando las abundancias totales por ambiente (y estandarizadas por transecto), en el caso de los reptiles, la mayor abundancia relativa se registró en el ambiente de humedal pajonal, variando entre 1,0 a 4,0 individuos/transecto (verano 2018 y verano 2017, respectivamente), seguido por el humedal salar (con 0,8 a 2,5 ind/transecto), la quebrada (1,0 ind/transecto, sólo en invierno 2016), el herbazal (0,5 ind/transecto, sólo en verano) y el matorral (con 0,4 ind/transecto, sólo en verano), mientras que los otros ambientes no registraron ejemplares. Para las aves, y para todas las campañas, claramente la mayor abundancia relativa se encuentra en el ambiente de humedal salar, variando entre 24,5 ind/transecto (en verano 2017) a 38,7 ind/transecto (en invierno 2016), seguido por la quebrada (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), el matorral, con 13,5 ind/transecto (aunque sólo en verano 2018); mientras que los ambientes con menor abundancia fueron el herbazal (1,5 ind/transecto) y el área desprovista de vegetación costra salar, sin registro de ejemplares.

En el caso de los micromamíferos trampeados, y para el total de campañas, de las 2 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 los ambientes en que se encontró, con 1 a 11 ejemplares), entre 0,8% (en el ambiente herbazal y humedal pajonal, en verano 2018) a 11,7% (en la quebrada, en verano 2018). En cambio, el ratón andino fue registrado en 4 ambientes, variando entre un IDR de 0,8% a un 5,0% (en el ambiente de quebrada). En los ambientes área desprovista de vegetación costra salar y humedal salar, no hubo capturas en las campañas.

Comparando con los valores y criterios especificados en el plan de seguimiento ambiental, en general, a las distintas escalas de análisis (cualitativo y cuantitativo) y comparaciones con la línea de base (campañas previas), las variaciones observadas en las campañas de monitoreo, 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 la Línea de Base que en el monitoreo (ej. mayor riqueza de especies, mayores valores de abundancia absoluta, mayor número de flamencos), con amplias variaciones estacionales naturales (mayor abundancia en invierno que en verano), 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), mientras que analizando al 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, con menores valores en el monitoreo que en la Línea de Base (lo que está dado particularmente por la parina chica).

13.3 En relación con Tapetes Microbianos

Los monitoreos invierno 2016, verano 2017, invierno 2017 y verano 2018 corresponden a las primeras campañas de monitoreo del subcomponente tapetes microbianos, y en consecuencia, a los primeros registros al respecto. Este seguimiento quedó comprometido en la Adenda 5 del EIA, justamente con el fin de ir generando información de base para esta variable y que permita conocer su comportamiento en el tiempo.

Los resultados del registro de tapetes microbianos en los sistemas lagunares: Sector Peine conformada por Laguna Salada, Laguna Saladita y Laguna Interna; Sector La Punta-La Brava: Laguna La Brava, Laguna La Punta y Tilopozo, en las cuatro campañas realizadas, indican que en la primera campaña invierno 2016 el 75% de los puntos de monitoreo presentó tapetes microbianos, sin embargo, en las campañas siguientes verano 2017 (M2), invierno 2017 (M3), y verano 2018 (M4) solamente el 68% de los puntos presentó estas comunidades microbianas, lo anterior es solamente por la presencia de Tapetes en punto TP-2 del sector de Tilopozo, el cual sólo se registró en la campaña M1 de invierno 2017.

En relación a la estructura de pigmentación en tapetes microbianos según la aproximación propuesta de macrozonas, se observa el predominio de tres macrozonas para todas las campañas de monitoreos. Estas corresponden a macro-zonas: Sub-superficial, Intermedia, y Profunda. En los sistemas, que presentan tapetes con tres macrozonas, la macrozona Sub-superficial presenta frecuentemente capas de color verde y naranja, las macrozonas siguientes presentan capas pigmentadas cuyas frecuencias varían por sector (Peine, La Punta-La Brava) y entre puntos de monitoreo de un mismo sector. Las capas más frecuentes al respecto son capas de color rosado en la zona Intermedia y capas de color café en la zona Profunda.

De los cambios importantes detectados en la estratificación de capas pigmentadas de tapetes microbianos en los puntos de monitoreo, destaca Laguna Salada por la desaparición de capas pigmentadas en la zona Profunda de los tapetes microbianos. Junto a esto, es importante destacar la continuidad de tapetes microbianos registrados como nuevos en verano 2017 (M2) en el sedimento de Laguna Saladita, estación SA-25, la cual previamente (M1) solo había registrado tapetes superficiales. Al respecto, en M3 y M4 se observa continuidad de una capa subsuperficial de color verde, localizada en el sedimento no consolidado del sistema.

Respecto a la presencia de microbialitos y evaporitas, en las cuatro campañas se sugiere la presencia de microbialitos en el Sector La Punta - La Brava, en la estación LB-1 y la estación LP-23. Respecto a las evaporitas, se sugiere la presencia en M3 y M4 para el Sector Peine en Laguna Interna (I-11).

En relación al espesor de tapetes en el Sector Peine, se registraron los máximos valores de espesor durante las 4 campañas particularmente en Laguna Salada. El valor más alto en relación a las 4 campañas realizadas para el sector fue registrado en invierno 2016 y correspondió a 30 mm (Laguna Salada). En verano 2017 los valores de espesor máximo fluctuaron de 5 a 25 mm. En invierno de 2017 los valores fluctuaron de 7 a 28 mm, y en verano 2018 fluctuaron de 9 a 25 mm.

Respecto al espesor de tapetes en el Sector La Punta- La Brava, en las 4 campañas, el máximo valor se registró en Laguna La Brava en M2 (20 mm) y en Laguna La Punta en M4 (20 mm). En M1 los valores de espesor máximo fluctuaron de 5 a 17 mm y respecto a M3, los valores oscilaron entre 10 y 17 mm.

Considerando las cuatro campañas realizadas a la fecha, se distinguen 2 tipos de morfología de tapetes microbianos principalmente: 1) Tapetes de superficie plana, uniformemente bien estructurados, estratificados y pigmentados, característicos de laguna Salada. 2) Tapetes menos laminados, de menor espesor, convexos/esferoidales, con apariencia y textura de tipo coriácea (semejante al cuero), los cuales predominan en Laguna La Brava.

13.4 En relación con Suelo o Sustrato

Los suelos del área de estudio, corresponden a tipo entisol, es decir, suelos con escaso o nulo desarrollo pedogenético, de origen mayoritariamente depositacional, tanto eólico como por transporte de flujos de agua (aluvional recientes).

Para el sector de La Punta-La Brava, en particular La Brava, predominan las texturas medias, en cambio para La Punta lo hacen las texturas medias, moderadamente gruesas y gruesas. Las texturas medias, gruesas y muy gruesas son dominantes en los suelos del sector de Peine y con una menor participación se presentan las texturas muy finas y moderadamente fina. Finalmente para Tilopozo los suelos son de texturas dominantes media, moderadamente gruesas y con una menor participación las texturas moderadamente finas.

En lo que dice relación con la topografía, la mayoría de los suelos son planos a moderadamente inclinados, sin pedregosidad y/o rocosidad superficial. En lo que dice relación con la erosión, en la totalidad del área ésta es no aparente, y en general los suelos del área son de Capacidad de Uso VII³² y VIII.³³

³² Capacidad de Uso VII, son suelos con limitaciones severas que los hacen inadecuados para cultivos y su uso fundamental es pastoreo y forestal (CIREN, 1996)

Para el área los niveles de materia orgánica varían desde porcentajes inferiores a 0,1% hasta un 21,3%. En la mayoría de los puntos de muestreo los valores de materia orgánica se encuentran bajo el 5%. Los puntos de menor porcentaje de materia orgánica, se asocian a sectores sin cobertura vegetal, o cuando esta existe, es del tipo arbustiva, pero asociadas a suelos de texturas gruesas o con alto contenido de sales, tanto en superficie como en el perfil.

Los puntos con mayor porcentaje de materia orgánica, se presentan en general en áreas con abundante cobertura vegetal, principalmente del tipo herbácea y alto contenido hídrico (humedal), excepto para el punto situado en La Brava (S6-2) el cual durante el Monitoreo 1, 2 y 3, presentó un alto valor de materia orgánica, donde a pesar de no presentar vegetación superficial, el contenido de materia orgánica en profundidad es muy alto, lo que se podría deber a la presencia en profundidad de abundantes restos vegetales, lo que se puede atribuir a antiguas vegas enterradas por fenómenos naturales. Sin embargo, para el Monitoreo 4, el valor obtenido fue inferior a 1%, lo cual se condice con la condición ambiental, no existiendo aún explicación a esto.

El pH del área de estudio, varía entre 7,9 y 9,19, caracterizándose por una variación tanto entre los sectores, como también dentro del mismo sector e incluso en el perfil de suelo. En términos generales, los valores de pH no presentan un comportamiento similar. Esta variación se podría deber a diversos factores, destacando la época de medición, materia orgánica y otros factores que determinan el pH de los suelos.

La concentración de sales solubles para el área, varía entre 3.150 y 112.772 mg/kg, dependiendo el sector. Se observa una importante variación de los valores de los puntos de muestreo entre monitoreos, En general los menores valores se observaron en M1, luego M2 y los valores más altos se presentan en M4.

Para el área de estudio y considerando los 4 monitoreos la conductividad eléctrica varía entre 1.189 y 25.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los suelos no salino, como extremadamente salinos son muy escasos para el área, en ella predominan principalmente los suelos ligeramente salinos, salino y muy salinos.

Específicamente, para el área y dada la proximidad de los puntos de muestreo, la mayoría de los factores ambientales no son relevantes en la variación de la conductividad, la cual se puede atribuir fundamentalmente a la época de monitoreo, como también a variaciones de la humedad del perfil de suelo o el agua libre en superficie, la cual puede aumentar o disminuir la lixiviación de la sales, como también llevar las sales a la superficie por capilaridad, generando cambio en la concentración en el perfil a profundidad de muestreo.

³³ Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal, y su uso está limitados solamente para la visa silvestre, recreación o protección de hoya hidrográficas (CIREN, 1996).

La permeabilidad para el área de estudio varía entre 0,2 cm/h (punto S6-2 laguna La Brava en invierno 2017) a 1461,9 cm/h (en S3-2 verano 2018) pero que considerando las 4 campañas hasta la fecha, se tiene valores de velocidad de sustratos de hasta 2.294 cm/h, indicado por punto de Laguna La Punta (S5-2), presentando un comportamiento muy variable en el área,. En general las mayores velocidades de conductividad hidráulica para los sustratos (entre horizontes de 0 a 80 cm) se presentan en La Punta-La Brava y en algunos puntos de Peine, y los menores mayoritariamente en Tilopozo, como también en el sector de Peine (S 10-2, S 11, S 12, y S 14).

En el área de estudio, la humedad varía entre 1% y 79,1% y en términos generales la tendencia de los valores de humedad, estos se mantienen similares entre los monitoreos.

Respecto al nitrógeno disponible, en el área la concentración de este macroelemento varía entre 1 a 58 mg/kg. En general, los menores valores se presentan en el monitoreo 3, luego el 1, correspondiendo ambos a muestreos invernales, mientras que en los estivales (M2 y M4) las concentraciones son mayores. Sin embargo, no existe similitud entre los valores de los puntos de muestreo para estos monitoreos.

En cuanto al potasio disponible y de acuerdo a los resultados de los monitoreos, en el área se presentan valores muy variables, tanto a nivel de sector como también de punto de muestreo, valores que se presentan entre 284,1 y 14.521 mg/kg. Sin embargo, los mayores valores se presentan en el sector La Brava y los valores más alto se presentan en el monitoreo 4, de verano 2018.

El contenido de fósforo disponible para el área presenta valores entre 1 y 157,1 mg/kg. No se observa una similitud entre los valores de los puntos de muestreo entre los monitoreos, no se observa tendencia similar en base a la estacionalidad.

Para el área de estudio tanto en M1 como en M2, se detectó nivel freático a profundidad de trabajo en 9 puntos, número que descendió a 8 en M3 y a 6 en M4 y en general los niveles se encuentran a mayor profundidad en los monitoreos recientes en comparación a los primeros.

En general, al comparar los resultados de los monitoreos, se observa variaciones tanto entre los sectores como en los puntos de una misma localidad o sector e incluso en un mismo punto. Lo anterior, debido a la existencia de múltiples y sinérgicos factores, que hacen variar la disponibilidad, presencia y/o concentración de los distintos parámetros, tales como: clima, temperatura, humedad, precipitaciones, cobertura vegetal, etc.

13.5 En relación con Limnología

Para calidad de agua, con los resultados obtenidos del segundo año de monitoreo, se puede señalar que no existen cambios en los parámetros evaluados que puedan ser asociados al proyecto. Si bien, hay algunas diferencias en calidad de agua, respecto a los registros de Línea Base, éstas pueden deberse a cambios naturales, a registros propios de la variación natural del sistema, sobre todo considerando que algunos rangos fueron establecidos con una sola campaña (enero de 2015). Es parte del monitoreo mantener bajo vigilancia los distintos parámetros en las siguientes evaluaciones.

El análisis calidad de sedimentos contó con solo un monitoreo previo como referencia, lo que en parte podría explicar las diferencias encontradas entre el actual registro y dicho monitoreo, como parte de la variación natural.

Los análisis granulométricos realizados en invierno 2017 y verano 2018, indican que se obtuvieron tamaños de grano medio entre *arena muy fina* y *arena media*, lo que corresponde a un rango más acotado de tamaño de grano medio que el estimado en la línea base (sólo verano 2015) el cual estuvo entre limo y arena muy gruesa.

En cuanto a las comunidades biológicas, en general se detectaron abundancias y riquezas dentro del rango establecido previamente en la línea de base e incluso algunos valores superiores al registro de línea base que considera antecedentes de campañas de invierno y verano.

Los *taxa* encontrados corresponden a lo descrito en los estudios previos y se mantiene la presencia de la especie amenazada en categoría “En peligro Crítico”, *Heleobia atacamensis*.

Los resultados de este monitoreo no muestran cambios de importancia con respecto a los estudios previos, ni vinculados a la operación del proyecto. Sin embargo, la continuidad de estas evaluaciones irá evidenciando patrones naturales o detectando eventuales cambios en los sistemas en estudio.

13.6 En relación con Área Lagunas

Las campañas de 2016 -2017 corresponden al primer y segundo año de monitoreo del PMB luego de haber sido aprobado el proyecto RWL, a través de la **RCA N°21 de febrero 2016** y que presenta una **medición y análisis de superficies cubierta por lagunas de este período, en etapa de operación del Proyecto**.

Para el primer año de monitoreo, los resultados obtenidos en el invierno de 2016 en base a las imágenes de alta resolución, corresponden a 47,4 ha en el sector de La Punta y La Brava y 74,1 ha en el sector Peine. Así mismo, para el verano de 2016, la superficie estimada es para La Punta y La Brava es de 40,9 ha y de 50,2 ha para Peine.

En cuanto al segundo año de monitoreo, los resultados a partir de imágenes de alta resolución para invierno de 2017 fueron 48,1 ha para La Punta y la Brava y 74,6 ha para el sector Peine. En tanto, para verano de 2017 los resultados son 48,6 ha para La Punta y La Brava y 74,1 ha para Peine.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, las superficies calculadas en el monitoreo 2017, las superficies cubierta por lagunas se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos, considerando el criterio indicado en la RCA N°21/2016, donde se señala que *“durante la fase de operación y cierre del proyecto la superficie cubierta por lagunas debe mantener sus límites sobre el mínimo histórico”*, lo que se puede observar en los registros históricos presentados y en los resultados del monitoreo de periodo 2016 -2017.

Las diferencias señaladas respecto a la situación de línea base, se pueden atribuir a varios factores, entre los que se cuentan: i) variabilidad estacional intranual, ii) variabilidad estacional interanual, dado que ambas condiciones tienen directa relación con la recarga del acuífero en cada periodo, iii) robustecimiento de la metodología del procesamiento de las imágenes, que favorece la mayor definición de las respuestas espectrales de las diferentes coberturas, y iv) validación de los puntos de muestreo de la clasificación supervisada, cuya contribución corresponde a la depuración de los límites de los cuerpos de agua, prevaleciendo el registro de validación en terreno, en lo que dice relación con la clasificación final del recubrimiento de suelo, por sobre el resultado del modelo, lo que implica la calibración de la clasificación en función de lo observado por los especialistas y lo registrado por los instrumentos de alta precisión.

Dentro de las variaciones estacionales interanuales se puede mencionar que las precipitaciones de 2017 con respecto a las de 2016, presentan un aumento en su promedio anual en cinco de las siete estaciones que circundan el área de estudio³⁴; lo que se traduce en variaciones sobre el 94%. Los promedios de 2018 a la fecha (mayo - junio) establecen que hay una baja en las precipitaciones con respecto al año anterior de entre un 15% y un

³⁴ Estaciones pluviométricas: San Pedro de Atacama, Toconao Pueblo, Toconao Quebrada 4, Camar, Socaire, Talabre, y Peine; con datos entregado por la DGA (Dirección general de aguas) en junio de 2018.

178%, lo que podría derivar en que el aporte pluviométrico no será incidente en la modelación del sistema. Estas variaciones estacionales, si bien son parte de otros factores que, en conjunto, aportan al volumen de los cuerpos de agua, están en directa relación con las aguas superficiales de origen esporádico, aledaños a las lagunas permanentes, y con ello al aumento o disminución de las superficies ocupadas por estos recubrimientos. Este fenómeno se ha visto reflejado en las hectáreas de ocupación de los cuerpos de agua, sobreestimando en primera instancia, pero logrando la calibración del modelo con la incorporación de datos de campo y la determinación de umbrales de datos que no consideren la esta ocupación estacional.

Complementariamente, se considera que los modelos obtenidos presentan un ajuste considerable en la mayoría de los sectores, por lo que se propone seguir utilizando el método ATCOR dada su ventaja comparativa en términos de remoción del efecto de la dispersión en la radiación proveniente de la atmósfera y de utilizar los parámetros espectrales sumados en el presente estudio (NDVI en Pleiades-1A y Landsat 8, y la transformada *Tasseled Cap*, *Wetness* en Landsat 8).

13.7 En relación con Nivel Lagunas

Del monitoreo de niveles en los 5 puntos comprometidos como parte del Plan de Manejo Biótico, en los Sistemas de Lagunas: 3 puntos La Punta-La Brava, y 2 puntos en Peine, se puede concluir que:

- Los valores promedio registrados a la fecha, para cada uno de los puntos de monitoreo, para el período abril 2017 a marzo 2018, se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente, y se presentan por sobre los valores mínimos y bajo los valores máximos registrados en línea base.
- Los niveles para el Sistema La Punta La Brava, representado por los puntos BA-05, BA-07 y BA-16, y para los puntos del Sistema Peine, BA-21 y BA-22, presentan tendencias estables y cíclicas en el tiempo.
- Considerando los niveles de las lagunas, que es una de las variables que permiten evaluar el estado de evolución del cambio ecológico de los sistemas, se puede inferir que, de acuerdo a los niveles observados en este período abril 2017-marzo 2018, no se perciben cambios respecto de lo indicado en la evaluación del proyecto como línea de base.

13.8 En relación con el Estado Ecológico del Sistema

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

Respecto de la variación temporal del Sistema La Punta-La Brava, los niveles registrados en el tiempo reflejan la variación estacional de sus niveles, con una amplitud máxima de alrededor de los 10 cm en promedio, los cuales son mayores entre mayo a septiembre y disminuyen en la época de verano, siendo las mínimas entre enero y marzo, en los distintos años. Para los dos periodos de análisis (abril 2016 a marzo 2017 y abril 2017 a marzo 2018), los niveles promedio para los puntos registrados en este sistema se presentan por sobre los niveles mínimos de línea base, y con tendencias estables respecto de la variación cíclica natural existente en los puntos medidos.

En el caso del Sistema Lagunar Peine, la variación estacional es menos marcada, aumentando sus niveles como respuesta a las precipitaciones que acontecen (marzo 2015, marzo y junio 2017), sin embargo, siguen registrándose los valores menores en verano y los mayores en invierno. Se puede observar, el alza de nivel puntual en marzo de 2017, lo cual, basado en los registros y reportes de precipitaciones de la estación Albemarle, sería respuesta del sistema producto de las abundantes lluvias ocurridas en la época, marcadas por el invierno altiplánico. De la misma manera que el sistema descrito anteriormente, los registros del sistema lagunar Peine presentan valores de niveles promedios que se encuentran dentro del rango de valores registrados en línea base.

Por lo tanto, para los periodos de abril 2016 a marzo 2017 y abril 2017 a marzo 2018, los valores promedio de niveles freáticos se mantienen dentro del rango de los valores registrados históricamente y se observan también por sobre los valores mínimos y bajo los valores máximos registrados en línea base. Otro aspecto importante es que no se perciben cambios respecto de lo indicado en la evaluación del proyecto como línea de base.

En cuanto a superficies lagunares, para el primer año de monitoreo, los resultados obtenidos en el invierno de 2016 en base a las imágenes de alta resolución, corresponden a 47,4 ha en el sector de La Punta y La Brava y 74,1 ha en el sector Peine. Así mismo, para el verano de 2016, la superficie estimada es para La Punta y La Brava es de 40,9 ha y de 50,2 ha para Peine.

En cuanto al segundo año de monitoreo, los resultados a partir de imágenes de alta resolución para invierno de 2017 fueron 48,1 ha para La Punta y la Brava y 74,6 ha para el sector Peine. En tanto, para verano de 2017 los resultados son 48,6 ha para La Punta y La Brava y 74,1 ha para Peine.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, las superficies calculadas en el monitoreo 2017, las superficies cubierta por lagunas se encuentran dentro de los límites de seguimiento establecidos, considerando el criterio indicado en la RCA N°21/2016, donde se señala que “durante la fase de operación y cierre del proyecto la superficie cubierta por lagunas debe mantener sus límites sobre el mínimo histórico”, lo que se puede observar en los registros históricos presentados y en los resultados del monitoreo de periodo 2016 -2017.

Respecto a las formaciones vegetales, el análisis de flora y vegetación indica que en ambos monitoreos (M3 y M4) se observan, en general, las mismas características de estructura de las formaciones, composición de especies dominantes y fisonomía. Sin embargo, se verifica un aumento de la cobertura de la formación en una transecta y la disminución en dos transectas de acuerdo a los rangos de cobertura por estrato dominante de la COT; algunas diferencias con respecto a las características físicas del suelo en donde se desarrollan estas formaciones vegetales, principalmente en la salinidad que disminuyó el rango en el monitoreo de verano en el matorral de *T. absinthioides*; y algunas diferencias en la riqueza registrada entre monitoreos, donde en verano se registra una especie adicional en cuatro transectas (T20, T13, T03 y T12) y al contrario, se observa una especie adicional en invierno en las transectas T21 y T11.

Referente a la composición y coberturas registradas en las campañas de invierno (M3) y verano (M4), se observa que el herbazal de *Schoenoplectus californicus* localizado en el sector de Tilopozo y Peine, presenta en los monitoreos la mayor cobertura absoluta de toda el área de estudio, tanto en su especie dominante como en las transectas (seis) definidas en esta formación. Por otra parte, las especies acompañantes presentes en las transectas *Baccharis juncea*, *Lycium humile*, *Nitrophila atacamensis* y *Puccinellia frigida* en general mantienen similares sus coberturas en M4, con respecto a M3, con algunas diferencias observadas en un matorral de *Sarcocornia fruticosa* donde disminuye en M4 la cobertura promedio de las especies *N. atacamensis* y *P. frigida* y el aumento de la cobertura promedio *B. juncea* en M4 en el herbazal de *S. californicus*.

La cobertura absoluta por transecta, en M3 y M4 los mayores valores se observan en el herbazal de *Schoenoplectus californicus*. En cuanto a los valores de menor cobertura absoluta por transecta (menor al 10%), en M3 destacan tres transectas en herbazales de *Distichlis spicata*, dos transectas en un herbazal de *Juncus balticus*, dos transectas en un matorral de *Tessaria absinthioides*, y una transecta en un herbazal de *Triglochin concinna*. En M4, se mantienen el número de transectas por formación entre los valores más bajos (<10%) y se agrega una cuarta transecta en el herbazal de *D. spicata*. En general, la cobertura muerta (absoluta) se registra para todas las formaciones estudiadas, presentando algunas diferencias entre monitoreos y entre transectas.

Con respecto a la riqueza de especies, en general se mantienen los registros desde M3 a M4, presentando algunas diferencias en pocas transectas. En M4 se registra una especie más en cuatro transectas (T03, T13, T20 y T12) y, al contrario, en M3 se registra una especie adicional en T21 y T11 con respecto a M4.

En los valores de cobertura promedio por subsector, se observa una diferencia de un 69,6% registrado en M3 a 62,5% en M4 en Peine, correspondiente al subsector con mayor cobertura vegetal promedio, en contraste del subsector La Brava con la menor cobertura promedio de 3,6%, pero que se mantiene en ambos monitoreos. Los otros subsectores presentan algunas diferencias en sus coberturas promedio de M3 a M4, pero se mantienen en un rango de 30 a 40%, aproximadamente.

De acuerdo a la comparación histórica entre monitoreos, en general solo el herbazal de *Schoenoplectus californicus* mantiene similares las coberturas vegetales de M3 con respecto a la cobertura total de la vegetación o a nivel de especie y en la cobertura de rastrojos con respecto a la condición inicial determinada para la primera fase pre operacional de este estudio en el Monitoreo Base 0. Asimismo, en M4 la tendencia de la especie *Schoenoplectus californicus* continúa, alcanzando la mayor cobertura absoluta, aunque ninguna con un 100% como se había registrado en monitoreos anteriores. Este herbazal exhibe una disminución en la cobertura de sus especies presentes y al mismo tiempo un aumento en la cobertura muerta medida por medio de rastrojos o individuos de apariencia muerta. Estas diferencias se atribuyen al criterio de clasificación de los individuos vivos y muertos aplicado en terreno, ya que en épocas de estiaje ciertas plantas son más sensibles a la respuesta hídrica y se secan en las temporadas de invierno esperando rebrotar en las épocas más húmedas, por lo tanto, estas diferencias no se consideran una consecuencia de algún tipo de cambio en la disponibilidad de suministro hídrico o de tipo ambiental en la zona, aunque en el M4 de verano la disminución continúa observándose. Cabe señalar que se está aún en el segundo año de monitoreo, y todos los análisis que se entregan es una manera de ir viendo como se comporta el sistema, sin que sean elementos concluyentes aún.

Por otro lado, en general se observa una disminución en las coberturas de vegetación viva para las otras formaciones vegetales, comparando los resultados de MB0 y M3 MB0 a M4. Aunque también destacan algunas diferencias que se presentaron al comparar la variación interanual y no solo la variación que ha ocurrido directamente desde MB0 a los monitoreos M3 y M4.

Es importante mencionar, que durante el periodo de enero a marzo 2018, en el sector específico del proyecto, estación Albemarle y Peine, no presentaron precipitaciones, que son habituales para la condición de verano, invierno altiplánico.

El herbazal de *Juncus balticus* presenta una recuperación en la cobertura vegetal en el último año de monitoreo (M3 y M4) con respecto al descenso que se había reflejado en M2 al comparar la condición inicial en MB0, algo similar ocurre para cuatro de las ocho transectas del herbazal de *Distichlis spicata*, donde en el último monitoreo (M4) se observa un aumento de la cobertura vegetal de la transecta, con respecto a lo registrado en MB0.

Entre los valores que disminuyeron su cobertura por formación en M4, se puede mencionar que en el matorral de *Tessaria absinthioides* se verifica una disminución de la cobertura

absoluta en las seis transectas donde domina esta especie desde MB0 a M3 y de M3 a M4, asimismo ocurre en las cuatro transectas del herbazal de *Juncus balticus* donde disminuye la cobertura en M3 con respecto a MB0, pero se observa un aumento en la cobertura en M4 con respecto a M3.

Por último, cabe señalar que con las diferencias de cobertura entre monitoreos no se puede indicar una tendencia. Si bien se observan disminuciones de cobertura en M3 y M4 con respecto a MB0, una pérdida de cobertura reflejada tanto a nivel de algunas especies o en algunas transectas, son un parámetro para seguir observando la condición estacional, sobre todo porque en el último monitoreo de verano algunas transectas aumentaron su cobertura con respecto al de invierno (M3), por lo que es importante evaluar y seguir comparando estos resultados con los siguientes monitoreos.

En cuanto al análisis de distribución y cobertura de la vegetación azonal mediante el método de extracción de valores de NDVI, se concluye que la superficie de vegetación activa para los sectores de 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 monitoreo de verano de 2017, como el de verano de 2018.

En cuanto a los resultados de alta resolución, la superficie de vegetación activa para los sectores de los sectores Tilopozo – La Punta y La Brava y Peine, éstos superan los valores mínimos históricos en ambos monitoreos. Por otra parte, en ambos sectores, al comparar las superficies de vegetación activa del monitoreo de verano de 2017 con el de verano de 2018, éste último periodo presenta valores menores que el anterior.

En cuanto a las formaciones de vega (herbazal) de *Schoenoplectus californicus*, el sector de Tilopozo – La Punta y La Brava supera la superficie mínima y se encuentra dentro del rango de los registros históricos en ambos periodos. El sector de Peine muestra un valor menor al mínimo histórico y al periodo de verano de 2017 (20,3 ha) lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en el último periodo.

En general, las variables de estado evaluadas en base a lo señalado en el Anexo 2 de la Adenda 5, “Plan de Manejo Biótico” (PMB) mantienen sus valores sobre los mínimos históricos, salvo en la superficie de vegetación activa a partir del índice NDVI, donde las formaciones de vega (herbazal) de *Schoenoplectus californicus* en el sector de Peine, para el periodo de verano de 2018, presentan un valor menor al mínimo histórico y al periodo de verano de 2017, lo que puede estar relacionado con la menor cantidad de precipitaciones en este último periodo.

14 REFERENCIAS

14.1 Flora y Vegetación

- ANEXO 2, ADENDA 5 EIA, APÉNDICE B. DEL PROYECTO RWL 2015. “*Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua*”. Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”. Rockwood Lithium Limitada - CEA, Centro de Ecología Aplicada. Región de Antofagasta, 10-2015.
- AHUMADA, M. y L. Faúndez. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión Altiplánica (SVAHT). Santiago, Chile: Unidad de Asuntos Públicos Corporativos, Servicio Agrícola y Ganadero, 2009.
- BLACKMAN, G. E. (1935). *A study by statistical methods of the distribution of species in grassland associations*. Annals of Botany, 49(196), 749-777.
- CEDREM Consultores & RWL. Informe ejecutivo. Monitoreo de flora y vegetación: Seguimiento de transectas de vegetación azonal en el salar de Atacama para el Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”, Rockwood Lithium. Santiago, Chile, 2016a.
- CEDREM Consultores & RWL. Informe ejecutivo. Determinación espacio temporal de cuerpos de agua en Salar de Atacama para el Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”, Rockwood Lithium. Santiago, Chile, 2016b.
- CHANDER G., B. Markham, D. Helder. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sensing of Environment, Volume 113, Issue 5, 893-903 pp. 2009.
- CHUVIECO E. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. España: Ariel Ciencia. 594 pp. 2002.
- CONAF, Corporación Nacional Forestal, Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), Universidad Austral de Chile (UACH), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y Universidad Católica de Temuco (UCT). Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Santiago, Chile. 1999.
- CONAF, Corporación Nacional Forestal. Guía de Evaluación Ambiental. Criterios para la participación de CONAF en el SEIA. Santiago, Chile. 2014.

- DEGANO, C. (1999). Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* (Hook. et Arn.) DC. a la salinidad. Rev. Brasil. Bot. Sao Paulo, 22, 357-363.
- ETIENNE, M. & Prado, C. Descripción de la vegetación mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras (COT). Conceptos y Manual de uso práctico. [Publicaciones Misceláneas N° 10]. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Escuela de Agronomía. 1982
- FONT QUER, P. Diccionario de Botánica. Barcelona-Buenos Aires, España-Argentina. 1965.
- GAJARDO, R. Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria, 1994.
- GODRON, M., P. Daget & L. Emberger. Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Paris, France: Centre National de la recherche scientifique. 1968.
- GONZAGA, C. (2014). Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador. Universidad Nacional de La Plata, Ecuador.
- GOODALL, D. W. (1952). Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. Australian Journal of Biological Sciences, 5(1), 1-41.
- GREIG-SMITH, P. (1983). *Quantitative plant ecology* (Vol. 9). Univ of California Press.
- JULIÁ, C., Montecinos, S. y Maldonado, A. Características climáticas de la región de Atacama, Capítulo 3 en Libro Rojo de flora nativa y de los sitios prioritarios para la conservación: Región de Atacama. Eds. F.A. Squeo, G. Arancia y J.R. Gutierrez. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena Chile. 2008. 3: 25-42.
- LAMOLDA H. Estudio de la influencia de las correcciones a imágenes Landsat ETM+ en la obtención de propiedades de cubiertas vegetales. Tesis de pregrado para optar a la titulación en ingeniero técnico en topografía. Universidad Politécnica de Madrid. 124 pp. 2008.
- LUEBERT, F y P. Pliscoff. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 2006. 316 pp.
- MMA, Ministerio de Medio Ambiente, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Dirección General de Aguas (DGA). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. Santiago, 2011.
- MUELLER-DUMBOIS, D y H. ElleMBERG. Aims and methods of vegetation ecology. John Willey, Nueva York, 1974. 547 p.

- RAHMAN, M y A. Islam. *NDVI derived sugarcane area identification and crop condition assessment*. University of Rajshahi Bangladesh, Dept. of Geography and Environmental Studies, 1995.
- RAMSAR. Documento informativo Ramsar No. 1. Ramsar, Iran, 1971. Consultado en septiembre de 2016 del sitio web: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
- SATELLITE IMAGING Corporation. Características espaciales y espectrales del satélite Pleiades – 1A. Consultado en agosto de 2016 del sitio web: <http://www.satimagingcorp.com>
- TUCKER, J. *Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation*. Remote Sensing of the Environment 8 (2), 127-150 pp. 1979.
- WOENSBY, C. E. (1973). Modified step-point system for botanical composition and basal cover estimates. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, 26(4), 302-303.

14.2 Fauna Vertebrados Terrestres

Artículos científicos y capítulos de libros

- Araya, B. & Millie, G. (1998). *Guía de campo de las aves de Chile* (8ª. Ed.). Santiago, Chile: Universitaria.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. (1996). *Ecology: Individuals, Populations and Communities* (3ª. Ed.). Oxford, UK: Blackwell Science.
- Benavides, E., Ortiz, J.C. & Formas, J.R. (2002). A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Northern Chile. *Herpetológica*, 58(2), 210-220.
- Centro de Ecología Aplicada (CEA, 2015) Plan de Manejo Biótico. Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Informe técnico.
- Cei, J.M. (1962). *Batracios de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones de la Universidad de Chile.
- Clements, F.E. (1905). *Research Methods in Ecology*. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska Publishing Company.

- Cofré, H. & Marquet, P. (1999). Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: An assessment. *Biological Conservation*, 88, 53-68.
- Cuevas, C. & Formas, R. (2002). *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe, norte de Chile (Leptodactylidae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 75(1), 245-258.
- De la maza, M. & Bonacic, C. (Eds.) (2014). *Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile*. Santiago, Chile: Ediciones UC.
- Díaz-Páez, H. & Ortiz, J.C. (2003). Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 509-525.
- Donoso-barros, R. (1966). *Reptiles de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones de la Universidad de Chile.
- Glade, A. (Ed.) (1993). *Libro Rojo de los vertebrados terrestres de Chile*. Santiago, Chile: CONAF.
- Iriarte, A. (2008). *Mamíferos de Chile*. Barcelona, España: Lynx Edicions.
- Iriarte, A. & Jaksic, F. (2012). *Los carnívoros de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones Flora & Fauna y CASEB.
- Iriarte, A., Lagos, N. & Villalobos, R. (2011). *Los Mamíferos de la Región de Antofagasta*. Santiago, Chile: Ediciones Flora & Fauna Chile Limitada.
- Jaramillo, A. (2005). *Aves de Chile*. Barcelona, España: Lynx Edicions.
- Johnson, A.W. & Goodall, J.D. (1965). *The birds of Chile and Adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Perú, Volume I*. Buenos Aires, Argentina: Platt Establecimientos Gráficos.
- Magurran, A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, EEUU: Springer Netherlands.
- Mann, G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile (marsupiales, quirópteros, edentados y roedores). *Gayana zoológica*, 40, 1-342.
- Martínez, D. & González, G. (2005). *Las aves de Chile. Nueva guía de campo*. Santiago, Chile: Ediciones del naturalista.

- Muñoz-Pedrerros, A. (2010). *Huellas y signos de mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile: Ediciones CEA.
- Muñoz-Pedrerros, A. & Yáñez, J. (2009). *Mamíferos de Chile* (2ª. Ed.). Valdivia, Chile: Ediciones CEA.
- Núñez, H., Maldonado, V. & Pérez, R. (1997). Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. *Noticiario mensual Museo Nacional de Historia Natural*, 329, 12-19.
- Pincheira-Donoso, D. & Núñez, H. (2005). *Las especies chilenas del género Liolaemus. Taxonomía, sistemática y evolución*. Santiago, Chile: Atenas.
- Pincheira-Donoso, D., Scolaro, J.A. & Sura, P. (2008). *A monographic catalogue on the systematics and phylogeny of the South American iguanian lizard family Liolaemidae (Squamata, Iguania)*. Auckland, NZ: Magnolia press.
- PMB 2015, Anexo 2, Adenda 5 EIA, Apéndice B Proyecto RWL 2015. “Plan de Manejo Biótico”. Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Informe técnico. Rockwood Lithium Limitada - CEA, Centro de Ecología Aplicada.
- Podani, J. (2000). *Introduction to the exploration of multivariate biological data*. Leiden: Backhuys.
- Rottman, J. & López-Callejas, M.V. (1992). *Estrategia Nacional de Conservación de Aves. Serie Técnica 1*. Santiago, Chile: SAG, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables.
- Rudran, R., Kunz, T.H., Southwell, C., Jarman, P. & Smith, A.P. (1996). Chapter 6. Observational techniques for nonvolant mammals. En D.E. Wilson, F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran & M.S. Foster (Eds.), *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals* (pp.81-104). Washington, DC, EEUU: Smithsonian.
- Spotorno, A.E. & Patton, J.L. (2015). Superfamily Chinchilloidea Bennett. En J.L. Patton., U.F.J, Pardiñas. & G, D'Elía (Eds.), *Mammals of South America. Volume 2: Rodents* (pp.762-783). Chicago, IL, EEUU: [s.n].
- Utrera, A. (2004). Metodología para evaluar sensibilidad de hábitat basada en el recurso fauna silvestre. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 22, 56-72.
- Vidal, M. & Labra, A. (2008). *Herpetología de Chile*. Santiago, Chile: ScienceVerlag.

Servicios Públicos, Convenciones, Leyes y Decretos

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (2009). *Minuta Prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna*. Santiago, Chile: Autor.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (1988). *Libro Rojo de los vertebrados terrestres de Chile*. Santiago, Chile: Autor.

Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (30 de junio de 2006). Declara Monumento Natural a las especies de fauna silvestre huemul, chinchilla costina, chinchilla cordillerana, cóndor, picaflor de Arica y picaflor de Juan Fernández. Decreto Supremo N° 2 de 2006 (D.S. N°02/2006 MINAGRI). *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (27 de febrero de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Decreto Supremo N° 33 de 2011 (D.S. N°33/2011 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (11 de abril de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Decreto Supremo N° 41 de 2011 (D.S. N°41/2011 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (11 de abril de 2012.). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Decreto Supremo N° 42 de 2011 (D.S. N°42/2011 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (11 de febrero de 2013). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. Decreto Supremo No. 19 de 2012 (D.S. N°19/2012 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (25 de julio de 2013). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Decreto Supremo No. 19 de 2012 (D.S. N°13/2013 MMA). Gobierno de Chile. *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (29 de agosto de 2014). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo proceso.

Decreto Supremo N° 52 de 2014 (D.S. N°52/2014 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (04 de diciembre de 2015). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, undécimo proceso. Decreto Supremo N° 38 de 2015 (D.S. N°38/2015 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (30 de septiembre de 2016). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, duodécimo proceso. Decreto Supremo N° 16 de 2016 (D.S. N°16/2016 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (16 de marzo de 2017). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo tercer proceso. Decreto Supremo N° 6 de 2017 (D.S. N°6/2017 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL). (4 de octubre 1967). Convención para la protección de la flora, la fauna y las bellezas escénicas naturales de América. Firmado en Washington el 12 de Octubre de 1940, promulgada por Decreto Supremo No.531 de 1967 (D.S. N°531/1967 MINREL). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL). (12 de diciembre 1981). Promulga el convenio sobre la conservación de especies migratorias de la fauna salvaje. Decreto Supremo N°868 de 1981 (D.S. N°868/1981 MINREL). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (9 de marzo de 1994). Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente (Santiago, Chile), Ley 19.300 (Modificada por Ley 20.417 MINSEGPRES, 2010). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (7 de diciembre de 2002). Reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental (Santiago, Chile). Decreto Supremo N° 95 de 2002 (D.S. N°95/2002 MINSEGPRES). (Modificado por el Decreto Supremo N°40 de 2012; D.S. N°40/2012 MMA). *Diario oficial de la República de Chile.*

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (11 de mayo de 2005). Reglamento para la clasificación de especies silvestres (Santiago, Chile). Decreto Supremo N° 75 de 2005 (D.S. N°75/2005 MINSEGPRES). (Modificado por el

Decreto Supremo N°29 de 2012; D.S. N°29/2012 MMA). *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (24 de marzo de 2007). Aprueba y oficializa nómina para el primer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 151 de 2007 (D.S. N°151/2007 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (30 de junio de 2008). Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 50 de 2008 (D.S. N°50/2008 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (30 de junio de 2008). Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 51 de 2008 (D.S. N°51/2008 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile*.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). (7 de mayo de 2009). Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Decreto Supremo N°23 de 2009 (D.S. N°23/2009 MINSEGPRES). *Diario oficial de la República de Chile*.

Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas. (1971). Ponencia presentada en Oficina de Normas Internacionales y Asuntos Legales Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Ramsar, Iran.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012a). *La ley de caza y su reglamento*. (Ley N°19.473 y D.S. N°5/1998 MINAGRI). Santiago, Chile: Autor.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012b). *Guía de Evaluación Ambiental: componente fauna silvestre*. Santiago, Chile: Autor.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2016). *Guía de Evaluación Ambiental Componente Fauna Silvestre D-PR-GA-01*. Santiago, Chile: Autor

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2015). *Guía para la descripción de los componentes Suelo, Flora y Fauna de ecosistemas terrestres*. Santiago, Chile: Autor.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2012). *Categorías y criterios de la lista roja de la UICN*. Gland, Suiza: Autor.

14.3 Tapetes microbianos

- BOUCHEZ T, Blioux AL, Dequiedt S, et al. 2016. Molecular microbiology methods for environmental diagnosis. *Environ Chemistry Lett* 14(4):423-441.
- DEMERGASSO C, Casamayor EO, Chong G, et al. 2004. Distribution of prokaryotic genetic diversity in athalassohaline lakes of the Atacama Desert, Northern Chile. *FEMS Microbiol Ecol* 48:57–69
- DEMERGASSO C, Escudero L, Casamayor E, et al. 2008. Novelty and spatio-temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama). *Extremophiles* 12: 491–504
- DORADOR C, Vila I, Imhoff JF, et al. 2008. Cyanobacterial diversity in Salar de Huasco, a high altitude saline wetland in northern Chile: an example of geographical dispersion? *FEMS Microbiol Ecol* 64:419–432.
- DORADOR C, Meneses D, Urtuvia V, et al. 2009. Diversity of Bacteroidetes in high-altitude saline evaporitic basins in northern Chile. *J Geophys Res* 114:G00D05
- DORADOR C, Fink P, Hengst M, et al. 2018. Microbial community composition and trophic role along a marked salinity gradient in Laguna Puillar, Salar de Atacama, Chile. doi: 10.1007/s10482-018-1091-z
- DREES KP, Neilson JW, Betancourt JL, et al. 2006. Bacterial community structure in the hyperarid core of the Atacama Desert, Chile. *Appl Environ Microbiol* 72(12):7902–7908.
- DUPRAZ C, Reid P, Braissant O, et al. 2009. Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. *Earth-Sci. Rev.* 96, 141–162.
- FARÍAS ME, Contreras M, Rasuk MC, et al. 2014. Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile. *Extremophiles* 18,311–329.
- FARIAS ME, Rasuk MC, Gallagher KL. 2017. Prokaryotic diversity and biogeochemical characteristics of benthic microbial ecosystems at La Brava, a hypersaline lake at Salar de Atacama, Chile. *PloS One* 12(11):e0186867
- FARIAS ME, Contreras M. 2017. Guía para la Conservación y Seguimiento de Ecosistemas Microbianos. Centro de Ecología. Proyecto “Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Andinos”, código BIP N° 30126735-0

- FRIGAARD N, Dahl C. 2009. Sulfur Metabolism in Phototrophic Sulfur Bacteria. *Adv Microb Physiol* 54:104-200
- GREEN SJ, Blackford C, Bucki P, et al. 2008. A salinity and sulfate manipulation of hypersaline microbial mats reveals stasis in the cyanobacterial community structure. *ISME J* 2:457–470
- GUERRERO MC. y DE Wit R. 1992. Microbial mats in the inland saline lakes of Spain. *Limnetica* 8: 197-204.
- HARRIS JK, Caporaso JG, Walker JJ, et al. 2013. Phylogenetic Stratigraphy in the Guerrero Negro Hypersaline Microbial Mat, *ISME J.* 7(1):50–60.
- KONHAUSER K. 2007. *Introduction to Geomicrobiology*. Blackwell Science. Australia. 425pp.
- KUNIN V, Raes J, Harris KJ, et al. 2008. Millimeter-scale genetic gradients and community-level molecular convergence in a hypersaline microbial mat. *Mol. Syst. Biol.* 4, 198–203.
- LYNCH RC, King AJ, Farías ME, et al. 2012. The potential for microbial life in the highest-elevation (>6000 m.a.s.l.) mineral soils of the Atacama region. *J Geophys Res Biogeosciences* 117:G02028.
- MAIER RM, Drees KP, Neilson JW, et al. 2004. Microbial life in the Atacama Desert. *Science* 306(5700):1289–1290.
- NAVARRO-GONZALEZ R, Rainey FA, Molina P, et al. 2003. Mars-like soils in the Atacama Desert, Chile, and the dry limit of microbial life. *Science* 302(5647): 1018–1021.
- RENAUT RW. 1993. Morphology, distribution, and preservation potential of microbial mats in the hydromagnesite-magnesite playas of the Cariboo Plateau, British Columbia, Canada. *Hydrobiologia*, 267(1-3): 75-98.
- RIDING R. y Awramik, S.M. 2000. *Microbial Sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 331pp.
- RODRÍGUEZ-ARANDA P. y Sanz-Montero ME. 2015. Tapices microbianos: los organismos que fabrican estromatolitos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(2), 208.
- STIVALETTA N, Barbieri R, Cevenini F, et al. 2011. Physicochemical Conditions and Microbial Diversity Associated with the Evaporite Deposits in the Laguna de la Piedra (Salar de Atacama, Chile). *Geomicrobiol J* 28 (1):83–95.
- STIVALETTA N, Barbieri R, Billi D. 2012. Microbial colonization of the salt deposits in the driest place of the Atacama Desert (Chile). *Orig Life Evol Biosph* 42(2-3):187–200

- THAR R, Kühl M. 2001. Motility of *Marichromatium gracilein* response to Light, oxygen, and sulfide. *Appl Environ Microbiol* 67(12):5410-5419.
- VAN GEMERDEN, H. 1993. Microbial mats: A joint venture. *Mar. Geol.* 113: 3–25.
- VISSCHER PT. 1998. Formation of lithified micritic laminae in modern marine stromatolites (Bahamas): The role of sulfur cycling. *Am Mineralogist* 83:1482–1493.
- VISSCHER PT, Stolz JF. 2005. Microbial mats as bioreactors: Populations, processes, and products. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.* 219, 87–100.
- WARREN J. 2011. Evaporitic source rocks: mesohaline responses to cycles of “famine or feast” in layered brines. *Int. Assoc. Sedimentol. Spec.* 43, 315–392.
- WIERZCHOS J, Ascaso C, McKay CP. 2006. Endolithic Cyanobacteria in Halite Rocks from the Hyperarid Core of the Atacama Desert. *Astrobiology* 6(3):415-22.
- WIERZCHOS J, Cámara B, de Los RA, et al. 2011. Microbial colonization of Ca-sulfate crusts in the hyperarid core of the Atacama Desert: implications for the search for life on Mars. *Geobiology* 9(1):44–60.

14.4 Suelo o Sustrato

American Public Health Association, 2012. American Water Works Association & Water Environment Federation. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 22 nd Edition. 2510 B. Laboratory Method.

American Public Health Association, 2005. American Water Works Association & Water Environment Federation. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 21 nd Edition. 4500 B. Electrometric Method.

Bernier, R. 2000. Técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo, fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas. INIA Remehue

CADE-IDEPE, 2004. Cuenca Salar de Atacama: Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. MOP, Dirección General de aguas.

CIREN, 1996. Descripción de suelos. Materiales y símbolos.

CNA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Determinación de nitrógeno disponible, extraíble en KCl

CNA, 2007. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 5.0 of.2007. Ministerio de Agricultura.

CNA, 2007. Método de análisis de lodos y de suelos. Método 4.0 pH. Ministerio de Agricultura.

INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 7.1 Oxidación con dicromato en medio ácido y determinación colorimétrica del cromato reducido.

INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 6.1 determinación de fósforo disponible.

INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 4.1 determinación de potasio disponible.

Rioja Molina, A. (2002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., España.

U.S.D.A. 2012. Field book for describing and samplly soils. Versión 3.0.

SAG 2007. Protocolo de métodos de análisis para suelo y lodos. Determinación de textura.

Sierra C. Y Rojas, C. 1985. La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. INIA.

Sierra, C., Céspedes, R. y Osorio, A. 2001. Caracterización de la salinidad de los suelos y aguas del valle del río Copiapo. INIA.

Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. SCS. U.S. Dep. Agric. Handb. 18. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. (<http://soils.usda.gov/technical/manual/>).

www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/NITRATOS%20Y%20SALARES.pdf

14.5 Limnología

- Alonso, H. & Risacher, F. (1996) Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino. *Revista Geológica de Chile* 23:113–122.
- Araya, J.M. & L. Zúñiga. (1985). Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. *Boletín Limnológico de Chile*, UACH 110 p.
- Biese, W.A. (1947). Revisión de los moluscos terrestres y de agua dulce provistos de concha de Chile. Parte II, Familia Amnicolidae (continuación). *Boletín del Museo de Historia Natural* 23: 63-77.
- Bertrand, H. (1995). Les insectes aquatiques d'Europe. *Encyclopédie Entomologique*. Volume II: Trichoptères, Lepidoptères, Diptères, Hyménoptères. Paul Lechevalier Editeur (Paris). 543 pp.
- Blott, S.J. & Pye, K. (2001). Gradstat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1237-1248.
- CADE-IDEPE Consultores. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama. Dirección General de Aguas (DGA). Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. 141 pp.
- Cepeda-Pizarro, J. (2013). Variabilidad temporal de algunos parámetros físicos e hidroquímicos de un prado húmedo alto-andino del norte-centro de Chile. *Idesia (Arica)*, 31(2), 89-97. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000200013>
- Collado, G.A. & Méndez, M.A. (2011). Estrategias reproductivas y tipos de desarrollo en especies endémicas del género *Heleobia* Stimpson, 1865 (Caenogastropoda: Cochliopidae) de Chile. *Amici Molluscarum (Número especial)*: 67-71.
- De los Ríos-Escalante, P. R. (2010). Crustacean Zooplankton Communities in Chilean Inland Waters. *Crustaceana Monographs*, 12, 109.
- De Los Ríos-Escalante, P., Adamowicz, S. & Witt, J. (2010). Aquatic fauna in the driest desert on earth: first report on the crustacean fauna of the Loa river (Atacama desert, Antofagasta region, Chile). *Crustaceana* 83(3): 257-266.
- Díaz-Quiroz, C., & Rivera-Rondon, C. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26(2), 381–394.

- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M., Hubbart, M. & Nieto, C. (2006). Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America. PENSOF, Sofia, Moscow. 646 pp.
- Fariás, M. E., Contreras, M., Rasuk, M. C., Kurth, D., Flores, M. R., Poiré, D. G., Novoa, F. & Visscher, P. T. (2014). Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile. *Extremophiles*, 18(2), 311–329.
- Fernandez, A., Rasuk, M., Visscher, P., Contreras, M., Novoa, F., Poire, D., Patterson, M., Ventosa, A. & Farias, M. (2016). Microbial diversity in sediment ecosystems (evaporites domes, microbial mats, and crusts) of Hypersaline Laguna Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1–18.
- Fernández, H. R. & Dominguez, E. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán - Facultad de Ciencias Naturales y Instituto Miguel. Lillo. 282p.
- González, E. & Watling, L. (2003). Two new species of *Hyaella* from Lake Titicaca, and redescrptions of four others in the genus (Crustacea: Amphipoda). *Hydrobiologia* 497: 181–204.
- Javor, B., (1989). *Hypersaline Environments: Microbiology and Biogeography*. Springer-Verlag Berlin, Germany, 328 pp.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, G. Fischer, Jena.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. (1991). Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, G. Fischer, Jena *Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 2/3: Stuttgart, Gustav Fischer Verlag*
- Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula sensu stricto*, 10 genera sepa-rated from *Navicula sensu lato Frustulia*. In: H Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe (Vol. 2)* ARG Gantner Verlag, Ruggell. 526 p.
- Lopretto, E. & G. Tell. (1995). *Ecosistemas de Aguas Continentales. Tomo III. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. 1401 p.*
- Lugo-Ortiz, C.R. & W.P. McCafferty. (1995). Three distinctive new genera of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) from SouthAmerica. *Annals Limnologie* 31: 233-243.

- Lugo-Ortiz, C.R. & McCafferty. (1999). Revision of South American species of Baetidae (Ephemeroptera) previously placed in Baetis Leach and Pseudocloeon Klapálek. *Ann Limnol* 35:257-262.
- Maidana, Nora I, & Seeligmann, Claudia T. (2015). Diatomeas (Bacillariophyceae) en humedales de altura de la Provincia de Catamarca (Argentina): III. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(4), 447-466.
- Merrit, R.W. & K.W. Cummins. (1996). An introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company. 862 pp.
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V., Rivera, P. & Orellana, M. (1982-1983). Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales; con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción Vol. 1, Cyanophyceae, 1982; Vol. 2, Chrysophyceae-Xanthophyceae, 1982; Vol. 3, Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae, 1982 ; Vol. 4, Bacillariophyceae, 1982; Vol. 5 (partes 1 y 2), Chlorophyceae, 1983.
- Parra, O. O., & Bicudo, C. E. . (1996). Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática. (Universidad de Concepción, Ed.).
- Philippi, R.A. (1860). Reise durch die Wueste Atacama auf Befehl der chilenischen Regierung im Sommer 1853–54. Halle: E. Anton. 192 + 62 pp., 28 láminas.
- PMB. (2015). Anexo 2, Adenda 5 RWL. Plan de Manejo Biótico. Informe consolidado de Líneas bases. Ecosistemas Terrestres y Ecosistemas Acuáticos Continentales. Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”, Rockwood Lithium - CEA. Santiago, Chile, octubre 2015.
- Pennak, R.W. (1989). Fresh-water invertebrates of the United States. Third Edition. John Wiley & Sons, New York, New York.
- Pereira, I. & O. Parra. (1984). Algas filamentosas dulceacuícolas de Chile I. Algas bentónicas de la Región de Concepción. *Gayana Bot.* 41 (3/4): 201-224.
- Prescot, G.W. (1970). How to to know the fresh-water algae. Brown company publishers. Dubuque, Iowa.
- Ribera, F. (2016). Salinidad y aguas subterráneas. In FCIHS (Ed.), Hidrogeología emergente. 50 Aniversario CIHS. (pp. 97–110). FCIHS.

- Rivera, P. (1983). A guide for references and distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28' S and 58°S. *Bibliotheca Diatomologica*, Band 3. J. Kramer, Vaduz. 386 p.
- Round, F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. (1996). *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 p.
- Rumrich, U., H. Lange-Bertalot & M. Rumrich. (2000). Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Feuerland. En: H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia Diatomologica* Vol. 9, 673 p., A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C. & Ortega, H. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural, Ed.). Lima.
- Santibáñez, F., Roa, P. & P Santibáñez (2008). El medio físico. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos. CONAMA.
- Simonsen, R. (1987). Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. J. Cramer, Berlin & Stuttgart, 1: 525 pp, 2: 597, 3: 619.
- Stevenson J, M. Bothwell & R. Lowe. (1996). *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystem*. Academic Press. Pp 753.
- Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Wetzel, R.G. & Likens, E.(1991). *Limnological analyses*. Springer–Verlag. New York, USA.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*, Third Edition. Academic Press.

14.6 Área de las Lagunas

- Anexo 2, Adenda 5 EIA, Apéndice B, Proyecto Rockwood Lithium 2015. Determinación espacio temporal de la vegetación azonal y cuerpos de agua. Estudio de Impacto Ambiental - Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”. Rockwood Lithium Limitada - CEA, Centro de Ecología Aplicada. Región de Antofagasta, 10-2015.
- Anexo 3, Adenda 5 EIA, Proyecto Rockwood Lithium 2015. Plan de seguimiento ambiental y Plan de alerta temprana de los recursos hídricos. Estudio de Impacto Ambiental -

Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”. Rockwood Lithium – SGA. Region de Antofagasta.

CHANDER G., B. Markham, D. Helder, 2009. *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sensing of Environment*, Volume 113, Issue 5, 893-903 pp.

CHUVIECO, E. 2006. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Editorial Ariel, Barcelona, España.

CONGALTON, R. G., ODERWALD, R. G. & MEAD, R. A. 1983. *Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 49: 1671-1678.

CONGALTON, R. G. 1991. *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment*, 37: 35-46.

Cornellà, O., Salas, J., Aravena, R., Guzmán, E., Guimerá, J., Tore, C., Von Igel, W., Henríquez, A, Fock, A. Hidrogeología de los sistemas lagunares del margen E del Salar de Atacama. XII Congreso Geológico Chileno. Santiago, 22-26 de noviembre, 2009.

CRIST, E. P. AND CICONE R.C. 1984. *Application of the Tasseled Cap concept to simulated Thematic Mapper data, Photogrammetric, Eng. Remote Sens* Vol. 50(3), 343-352.

CRIST, E. P., LAURIN, R. AND CICONE, R.C. 1986. *Vegetation and soils information contained in transformed Thematic Mapper data. In Proceedings of IGARSS' 86 Symposium*, 1465- 70.

DGA, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación. Análisis de los mecanismos de evaporación y evaluación de los recursos hídricos del Salar de Atacama. Santiago, 2014.

FLORES CARTAGENA, D. 2002. Identificación y Análisis de Cambios en Bofedales de la Cordillera Occidental y del Altiplano de Bolivia. Tesis Maestría en Ciencias, Conservación de Cuencas.

HERNÁNDEZ, H. J. Apuntes de clases de SIG y Percepción Remota. Magíster en áreas silvestres y conservación de la naturaleza. Universidad de Chile. 2005.

HUDSON, W. D. & RAMM, C. W. 1987. *Correct formulation of the Kappa coefficient of agreement. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 53: 421-422.

- KAUTH, R. J., & THOMAS, G. S. (1976). *The tasseled cap a graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen in Landsat. In Proceedings of the symposium on machine processing of remotely sensed data, LARS, Purdue University, West Lafayette, IN (pp. 441 - 451).*
- LANDIS J, KOCH G, 1977: *The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics* 1977; 33:159-74.
- LAMOLDA H. Estudio de la influencia de las correcciones a imágenes Landsat ETM+ en la obtención de propiedades de cubiertas vegetales. Tesis de pregrado para optar a la titulación en ingeniero técnico en topografía. Universidad Politécnica de Madrid. 124 pp. 2008.
- MMA, Ministerio de Medio Ambiente, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Dirección General de Aguas (DGA). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. Santiago, 2011.
- ORTIZ, C., ARAVENA, R., BRIONES, E., SUAREZ, F., TORE, C. & MUÑOZ, J.F., 2014. *Sources of surface water for the Soncor ecosystem, Salar de Atacama basin, northern Chile. Hydrological Sciences Journal*, 59 (2), 336 – 350.
- RCA N°21/2016. Resolución exenta N°21, Antofagasta, 2016. Calificación ambiental del Proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramientos de Sistema de Pozas de Evaporación Solar, en el Salar de Atacama”.
- RWL, Rockwood Lithium. 2017b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE N°21/2016), Monitoreo Año II, diciembre de 2017.
- RWL, Rockwood Lithium. 2017a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE N°21/2016), Monitoreo Año II, agosto de 2017.
- RWL, Rockwood Lithium. 2016b. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE N°21/2016), Monitoreo Año I, diciembre de 2016.
- RWL, Rockwood Lithium. 2016a. Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama. Plan de Seguimiento Ambiental Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE N°21/2016), Monitoreo Año I, agosto de 2016.

WANG, Q., LI, P., CHEN, X., 2012. *Retrieval of soil salt content from an integrated approach of combining inversed reflectance model and regressions: an experimental study.* IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 50, 3950–3957.

XU, HANQIU, 2007. *Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery.* International Journal of Remote Sensing, 27:14, 3025-3033.

14.7 Nivel Freático en Lagunas

PMB, 2015. Anexo 2, Adenda 5 RWL. Plan de Manejo Biótico,. Informe consolidado de Líneas bases. Ecosistemas Terrestres y Ecosistemas Acuáticos Continentales. Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, Región de Antofagasta”, Rockwood Lithium - CEA. Santiago, Chile, octubre 2015.

15 ANEXOS

El conjunto de Anexos asociados al Informe Anual N°2 del Plan de Manejo Biótico, se entregan separados y de forma individual al presente documento.