

Informe de seguimiento ambiental – Campaña N° 16 – abril  
2022

# Proyecto Cambios y Mejoras en la Ope- ración Minera del Salar de Atacama Región de Antofagasta

Informe de seguimiento ambiental – Campaña N° 16 – abril 2022  
geob.sqmsl738.scc001.rev0. Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
0	Nombre	XN – CI	XN	IZ	Informe PSA 2022 Rev. (0)
	Fecha	25.11.2022	25.11.2022	25.11.2022	

## Contenido

1	Resumen .....	30
1.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	30
1.2	Monitoreo de la Vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero .....	31
1.3	Monitoreo de la flora vascular .....	32
1.4	Monitoreo de Algarrobos .....	33
1.4.1	Ejemplares de Algarrobos, ubicados en el área del pozo Camar 2 .....	33
1.4.2	Fisiología de Algarrobos.....	34
1.4.3	Biomasa de Algarrobos.....	35
1.5	Monitoreo de fauna .....	36
1.5.1	Reptiles.....	37
1.5.2	Aves .....	37
1.5.3	Mamíferos .....	37
1.6	Monitoreo de la biota acuática .....	38
1.6.1	Medio biótico .....	38
1.6.2	Medio abiótico .....	38
2	Introducción .....	40
3	Objetivos.....	42
4	Materiales y métodos.....	44
4.1	Área de estudio.....	44
4.2	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	46
4.2.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	46
4.2.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales .....	47
4.2.3	Metodologías de muestreo, medición y análisis.....	48
4.2.4	Análisis de la imagen satelital .....	49
4.2.5	Segmentación, clasificación y atribución de la vegetación .....	51
4.2.6	Materiales y equipos utilizados .....	52
4.2.7	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	52
4.3	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero .....	53

4.3.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	53
4.3.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales .....	54
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	54
4.3.4	Materiales y equipos utilizados .....	56
4.3.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	56
4.4	Monitoreo de la flora vascular .....	56
4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	56
4.4.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales .....	58
4.4.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	58
4.4.4	Materiales y equipos utilizados .....	61
4.4.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	61
4.5	Monitoreo de Algarrobos .....	61
4.5.1	Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2 .....	61
4.5.2	Fisiología de Algarrobos.....	66
4.5.3	Biomasa de Algarrobos.....	70
4.6	Monitoreo de fauna .....	73
4.6.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	73
4.6.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales .....	84
4.6.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	85
4.6.4	Materiales y equipos utilizados .....	90
4.6.5	Fechas de muestreo .....	90
4.7	Monitoreo de biota acuática.....	90
4.7.1	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	90
4.7.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales .....	94
4.7.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	95
4.7.4	Materiales y equipos utilizados .....	98
4.7.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	99
5	Resultados .....	100
5.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	100
5.1.1	Análisis de las caracterizaciones de terreno .....	100

5.1.2	Superficie de las formaciones vegetacionales mediante imágenes satelitales .....	109
5.2	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero .....	111
5.2.1	Especies dominantes .....	111
5.2.2	Cobertura vegetal.....	112
5.2.3	Vitalidad.....	113
5.2.4	Porcentaje de copa viva.....	114
5.2.5	Estado fenológico .....	114
5.3	Monitoreo de la flora vascular .....	115
5.3.1	Riqueza y frecuencia de flora .....	115
5.3.2	pH del sustrato .....	118
5.3.3	Salinidad del sustrato (Conductividad eléctrica) .....	123
5.4	Monitoreo de Algarrobos .....	127
5.4.1	Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2 .....	127
5.4.2	Fisiología de Algarrobos.....	132
5.4.3	Biomasa de Algarrobos.....	136
5.5	Monitoreo de fauna .....	143
5.5.1	Riqueza y caracterización de especies.....	143
5.5.2	Abundancia.....	144
5.6	Monitoreo de biota acuática.....	152
5.6.1	Medio Abiótico .....	152
5.6.2	Medio Biótico.....	163
6	Discusión.....	190
6.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	190
6.1.1	Análisis de las caracterizaciones en terreno .....	190
6.1.2	Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	195
6.2	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero .....	200
6.2.1	Especies dominantes .....	200
6.2.2	Cobertura vegetal.....	201
6.2.3	Vitalidad.....	204
6.2.4	Porcentaje de copa viva.....	206

6.2.5	Estado fenológico .....	209
6.3	Monitoreo de la flora vascular .....	211
6.3.1	Riqueza y frecuencia de flora .....	212
6.3.2	pH del sustrato .....	229
6.3.3	Salinidad del sustrato (Conductividad eléctrica) .....	242
6.4	Monitoreo de Algarrobos .....	251
6.4.1	Ejemplares de Algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2 .....	251
6.4.2	Fisiología de Algarrobos.....	264
6.5	Monitoreo de fauna .....	266
6.5.1	Transectos para la evaluación de reptiles .....	267
6.5.2	Transectos para la evaluación de aves en ambientes terrestres .....	268
6.5.3	Censos para la evaluación de aves en ambientes acuáticos .....	278
6.5.4	Trampas Sherman para la evaluación de micromamíferos .....	288
6.5.5	Estaciones de atracción olfativa para la evaluación de macromamíferos .....	291
6.6	Monitoreo de biota acuática.....	294
6.6.1	Medio Abiótico .....	294
6.6.2	Medio Biótico.....	332
6.6.3	Consideraciones .....	385
7	Conclusiones.....	385
7.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	385
7.2	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero .....	387
7.3	Monitoreo de la flora vascular .....	388
7.4	Monitoreo de Algarrobos .....	389
7.4.1	Ejemplares de Algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2 .....	389
7.4.2	Fisiología de Algarrobos.....	390
7.4.3	Biomasa de Algarrobos.....	390
7.5	Monitoreo de fauna .....	391
7.6	Monitoreo de biota acuática.....	393
8	Referencias .....	395
8.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales .....	395

8.2	Monitoreo de la vegetación de la zona de conexión vegetación – acuífero .....	396
8.3	Monitoreo de la flora vascular .....	396
8.4	Monitoreo de Algarrobos .....	397
8.5	Monitoreo de ejemplares de Algarrobo, ubicados en el área del pozo Camar 2 .....	397
8.6	Fisiología de Algarrobos.....	398
8.7	Biomasa de Algarrobos.....	399
8.8	Monitoreo de fauna .....	401
8.9	Monitoreo de biota acuática.....	405

## Tablas

Tabla 2-1.	Componentes ambientales y fechas de medición reportados en el periodo 2022 .....	41
Tabla 4-1.	Vértices del Área de estudio.....	44
Tabla 4-2.	Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84, 19S). .....	46
Tabla 4-3.	Rangos de cobertura utilizados en las descripciones vegetacionales .....	48
Tabla 4-4.	Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.....	48
Tabla 4-5.	Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas. ....	49
Tabla 4-6.	Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico. ....	49
Tabla 4-7.	Fechas de muestreo vegetación. ....	53
Tabla 4-8	Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, 19 S). ....	53
Tabla 4-9.	Rangos de cobertura utilizados en las descripciones vegetacionales .....	55
Tabla 4-10.	Criterios utilizados para clasificar estado vital de las plantas. ....	55
Tabla 4-11.	Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas. ....	56
Tabla 4-12.	Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico. ....	56
Tabla 4-13.	Fechas de monitoreo de la vegetación. ....	56
Tabla 4-14.	Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).....	57
Tabla 4-15.	Fechas de muestreo Flora .....	61
Tabla 4-16.	Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 19S). ....	62
Tabla 4-17.	Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas. ....	64

Tabla 4-18. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas. ....	64
Tabla 4-19. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico. ....	64
Tabla 4-20. Categorías de daño para la evaluación de individuos de algarrobo .....	65
Tabla 4-21. Fechas de monitoreo de ejemplares de Algarrobo. ....	66
Tabla 4-22. Ubicación de los árboles y su ubicación respecto del cauce (coordenadas fueron tomadas en el sistema de coordenadas geográfico mundial WGS84). ....	67
Tabla 4-23. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de transectos para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 19S). ....	74
Tabla 4-24. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S). ....	80
Tabla 4-25. Parámetros y metodologías según clase .....	84
Tabla 4-26. Fechas de muestreo Fauna. ....	90
Tabla 4-27. Sectores evaluados en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2022 (Datum WGS84,19K). ....	90
Tabla 4-28. Parámetros utilizados en la caracterización y evolución de las variables ambientales. ..	94
Tabla 4-29. Fechas de muestreo Biota acuática .....	99
Tabla 5-1. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Brea. ....	101
Tabla 5-2. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo - Ojalar. ....	102
Tabla 5-3. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo. ....	102
Tabla 5-4. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho. ....	102
Tabla 5-5. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de pradera de Grama salada. ....	102
Tabla 5-6. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Káuchal. ....	103
Tabla 5-7. Categoría de vitalidad registrada en las zonas de vegetación escasa (ZVE). ....	103
Tabla 5-8. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea. ....	104
Tabla 5-9. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo – Ojalar. ....	104
Tabla 5-10. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo. ....	105
Tabla 5-11. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho. ....	105



Tabla 5-12. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada. ..	105
Tabla 5-13. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Káuchal.....	106
Tabla 5-14. Categoría de copa viva registrada en las zonas de vegetación escasa (ZVE). .....	106
Tabla 5-15. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea. ....	107
Tabla 5-16. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo – Ojalar .....	107
Tabla 5-17. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo. ....	108
Tabla 5-18. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Káuchal.....	108
Tabla 5-19. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho.....	108
Tabla 5-20. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada. ..	108
Tabla 5-21. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada. ..	109
Tabla 5-22. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. ...	110
Tabla 5-23. Especies dominantes y acompañantes en los monitoreos de enero y abril de 2022 ...	112
Tabla 5-24. Puntos de muestreo en la Zona de conexión vegetación – acuífero. por categoría de cobertura de la vegetación. Campañas enero y abril de 2022. ....	113
Tabla 5-25. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas enero-abril de 2022.....	113
Tabla 5-26. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas enero-abril de 2022. ....	114
Tabla 5-27. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2022.....	115
Tabla 5-28. Riqueza de flora en la campaña 2022 .....	116
Tabla 5-29. Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama .....	117
Tabla 5-30. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama.....	117
Tabla 5-31. Frecuencia de las especies durante la campaña 2022.....	118
Tabla 5-32. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA.....	119
Tabla 5-33. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA. ....	119
Tabla 5-34. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC. ....	120

Tabla 5-35. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC.....	120
Tabla 5-36. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA.....	123
Tabla 5-37. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA. ....	124
Tabla 5-38. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora.....	124
Tabla 5-39. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC. ....	125
Tabla 5-40. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo.....	127
Tabla 5-41. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2. ....	129
Tabla 5-42. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.	130
Tabla 5-43. Fenología en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.....	131
Tabla 5-44. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. ....	132
Tabla 5-45. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) medido en abril de 2022.....	132
Tabla 5-46. Potencial hídrico de ramilla en mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en abril de 2022.....	133
Tabla 5-47. Potencial hídrico de ramilla en pre alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en abril del 2022. ....	134
Tabla 5-48. Conductancia estomática (gs) medido en abril de 2022.....	135
Tabla 5-49. Conductancia estomática (gs) fuera del área de estudio, medido en abril 2022.....	135
Tabla 5-50. Frecuencia del Número de individuos, vástagos promedio, altura media (Hm), área basal acumulado (G) y área de copa promedio (Acopa), según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Prosopis</i> . ....	137
Tabla 5-51. Modelos de estimación de biomasa aérea según sus componentes, se presentan las variables predictoras, coeficientes, la especie para al cual fue creada y la fuente bibliográfica de la cual se obtuvo el modelo. ....	139
Tabla 5-52. Biomasa promedio (kg, peso seco) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Prosopis</i> . ....	141
Tabla 5-53. Comparación entre las existencias en biomasa calculadas para los 50 árboles de la Serie A, medidas durante los años 2020 y 2022. ....	143
Tabla 5-54. Estado de conservación y singularidades de fauna observadas en la campaña 2022.	143
Tabla 5-55. Abundancia de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. ....	145

Tabla 5-56. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama. ....	146
Tabla 5-57. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio.....	148
Tabla 5-58. Abundancia de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama.....	150
Tabla 5-59. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> (zorro) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa.....	151
Tabla 5-60. Índice de visitas de <i>Lycalopex culpaeus</i> (zorro culpeo) y <i>Lycalopex griseus</i> (zorro chilla) captadas por trampas cámara.....	152
Tabla 5-61. Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua de importancia limnológica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	153
Tabla 5-62. Estadígrafos de la Temperatura (°C) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	154
Tabla 5-63. Estadígrafos de la Temperatura del sedimento (°C) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	155
Tabla 5-64. Estadígrafos del pH medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	157
Tabla 5-65. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	158
Tabla 5-66. Estadígrafos de la Salinidad del agua (PSU) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	159
Tabla 5-67. Estadígrafos del Oxígeno disuelto (mg/L) medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	160
Tabla 5-68. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del sedimento (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	161
Tabla 5-69. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	162
Tabla 5-70. Clorofila-a bentónica y planctónica medidas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	163
Tabla 5-71. Estadígrafos de la Clorofila-a fracción planctónica (µg/L) medida en los distintos sistemas .....	165
Tabla 5-72. Estadígrafos de la Clorofila-a fracción bentónica (mg/m <sup>2</sup> ) medida en los distintos sistemas .....	166
Tabla 5-73. Estadígrafos de la Abundancia total (cél/cm <sup>3</sup> ) del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	167

Tabla 5-74. Estadígrafos de la Riqueza total (cél/cm <sup>3</sup> ) del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	171
Tabla 5-75. Estadígrafos de la Abundancia total (cél/L) del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	172
Tabla 5-76. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	176
Tabla 5-77. Estadígrafos de la Abundancia total (ind/m <sup>2</sup> ) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	177
Tabla 5-78. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	181
Tabla 5-79. Estadígrafos de la variación de los valores del índice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	182
Tabla 5-80. Estadígrafos de la Abundancia total (ind/L) del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	184
Tabla 5-81. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	187
Tabla 5-82. Presencia de Vegetación acuática (Macrófitas) presentes en el área de estudio. ....	189
Tabla 6-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el borde este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2022 .....	195
Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2020-2022 .....	197
Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2022 según cada informe de monitoreo.....	198
Tabla 6-4. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de enero 2007 - 2022 .....	200
Tabla 6-5. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de abril 2007 - 2022 .....	201
Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022.....	202
Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022.....	205
Tabla 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022 .....	207

Tabla 6-9: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022 .....	210
Tabla 6-10. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2022. ....	214
Tabla 6-11. Frecuencia de especies en el transecto N° 1 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	220
Tabla 6-12. Frecuencia de especies en el transecto N° 2 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	221
Tabla 6-13. Frecuencia de especies en el transecto N° 3 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	222
Tabla 6-14. Frecuencia de especies en el transecto N° 4 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	223
Tabla 6-15. Frecuencia de especies en el transecto N° 5 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	224
Tabla 6-16. Frecuencia de especies en el transecto N° 6 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	225
Tabla 6-17. Frecuencia de especies en el transecto N° 7 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022 .....	226
Tabla 6-18. Prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre dos muestras para las variables Riqueza y Frecuencia de flora .....	227
Tabla 6-19. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2022 para Riqueza y Abundancia de flora.....	228
Tabla 6-20. Resultado de la prueba de White para los transectos con tendencia estadística .....	229
Tabla 6-21. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo .....	236
Tabla 6-22. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2022 con cada año anterior .....	236
Tabla 6-23. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2022 para el pH.....	237
Tabla 6-24. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 29 puntos con tendencia significativa .....	240
Tabla 6-25. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo .....	248
Tabla 6-26. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la CE de 2022 con cada año anterior .....	249

Tabla 6-27. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2022 para la Salinidad (CE).....	250
Tabla 6-28. Vitalidad de la población de Algarrobos. Campañas 2006 – 2022.....	253
Tabla 6-29. Copa viva de la población de Algarrobo. Campañas 2006 – 2022.....	255
Tabla 6-30. Fenología de los ejemplares de <i>Algarrobo</i> en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022.....	257
Tabla 6-31. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 – 2022.....	258
Tabla 6-32. Potencial hídrico de pre-alba y potencial hídrico de mediodía medidos entre 2017 y 2022 en árboles en el Área de Estudio.....	266
Tabla 6-33. Abundancia promedio de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2022.....	267
Tabla 6-34. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2022.....	269
Tabla 6-35. Indicadores generales de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2022.....	273
Tabla 6-36. Indicadores generales de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2022.....	275
Tabla 6-37. Número de individuos de aves registradas a través de censos en ambientes acuáticos en los periodos 2020-2022.....	279
Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.....	294
Tabla 6-39. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura* (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.....	296
Tabla 6-40. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	297
Tabla 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	298
Tabla 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.....	300
Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.....	301
Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	302

Tabla 6-45. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine. ....	304
Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	305
Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	306
Tabla 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	308
Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	309
Tabla 6-50. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.....	311
Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.....	312
Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	314
Tabla 6-53. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	315
Tabla 6-54. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	317
Tabla 6-55. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	318
Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	319
Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	321
Tabla 6-58. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Puilar. ....	322
Tabla 6-59. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Soncor. ....	324
Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana. ..	325
Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Peine. ....	326

Tabla 6-62. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Puilar.....	327
Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Soncor.....	328
Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana....	329
Tabla 6-65. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Peine.....	331
Tabla 6-66. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	333
Tabla 6-67. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	334
Tabla 6-68. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	335
Tabla 6-69. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	337
Tabla 6-70. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	338
Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor. ....	339
Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	341
Tabla 6-73. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	342
Tabla 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.....	343
Tabla 6-75. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.....	345
Tabla 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana. ....	346
Tabla 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	347
Tabla 6-78. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	349



Tabla 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	350
Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	351
Tabla 6-81. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	353
Tabla 6-82. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm <sup>3</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	354
Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm <sup>3</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	355
Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm <sup>3</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	357
Tabla 6-85. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm <sup>3</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	358
Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	359
Tabla 6-87. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	361
Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	362
Tabla 6-89. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	363
Tabla 6-90. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.....	365
Tabla 6-91. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2026 en el sector de Soncor.....	366
Tabla 6-92. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	367
Tabla 6-93. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	368
Tabla 6-94. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	369
Tabla 6-95. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	371

Tabla 6-96. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	372
Tabla 6-97. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	373
Tabla 6-98. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	375
Tabla 6-99. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	376
Tabla 6-100. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana. ....	378
Tabla 6-101. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m <sup>2</sup> ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine. ....	379
Tabla 6-102. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar. ....	380
Tabla 6-103. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor. ....	381
Tabla 6-104. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.....	383
Tabla 6-105. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.....	384

## Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio y sus vértices. ....	45
Figura 4-2. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama. ....	47
Figura 4-3. Vegetación en mosaico y su representación cartográfica. Ejemplo de pradera de <i>Distichlis spicata</i> .....	52
Figura 4-4. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero .....	54
Figura 4-5. Ubicación de los transectos de flora en el área de estudio. ....	58
Figura 4-6. Ejemplo de toma de muestras de suelo de la empresa Algoritmos SPA.....	59
Figura 4-7. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados.....	63
Figura 4-8. Ubicación puntos de medición variables fisiológicas.....	68

Figura 4-9. a) Ubicación de la población en Salar de Atacama. b) Vista área general de la población, en rojo se indican la ubicación de cada uno d ellos individuos. Imagen Bing (Bing Maps aerial imagery; fecha indeterminada).....	71
Figura 4-10 Ubicación de los puntos de muestreo de transectos y censos.....	76
Figura 4-11. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. vista A .....	77
Figura 4-12. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio vista B .....	78
Figura 4-13. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio vista C .....	79
Figura 4-14. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio vista D .....	80
Figura 4-15. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Soncor.....	82
Figura 4-16. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana .....	83
Figura 4-17. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Peine. ....	84
Figura 4-18. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Soncor y Puilar. ....	92
Figura 4-19. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Aguas de Quelana. ....	93
Figura 4-20. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Peine. ....	94
Figura 4-21. Instrumentos y muestreo monitoreo biota acuática. Campaña abril 2022.....	99
Figura 5-1. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama....	101
Figura 5-2. Proporción de porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.....	104
Figura 5-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. ....	107
Figura 5-4. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. ....	111
Figura 5-5. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetación.....	112
Figura 5-6. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de vitalidad de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2022. ....	113
Figura 5-7. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por porcentaje de copa viva. Campañas de enero y abril de 2022.....	114

Figura 5-8. Participación de las categorías fenológicas en los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero en las Campañas de enero y abril de 2022.....	115
Figura 5-9. Regresión lineal entre los datos de pH obtenida entre laboratorios.....	121
Figura 5-10. Comparación del pH obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo. ....	122
Figura 5-11. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios. ....	125
Figura 5-12. Comparación de la CE obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo. ....	126
Figura 5-13. Vitalidad previa de los individuos desaparecidos .....	128
Figura 5-14. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.....	129
Figura 5-15. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. ....	130
Figura 5-16. Fenología en los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.....	131
Figura 5-17. Presencia de daño en los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.....	132
Figura 5-18. Representación gráfica de los valores de Temperatura medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	154
Figura 5-19. Representación gráfica de los valores de Temperatura del sedimento* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	156
Figura 5-20. Representación gráfica de la variación de los valores de pH* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	157
Figura 5-21. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica* del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	158
Figura 5-22. Representación gráfica de la variación de los valores de Salinidad* del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	159
Figura 5-23. Representación gráfica de la variación de los valores de Oxígeno disuelto* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	160
Figura 5-24. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	162
Figura 5-25. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	163
Figura 5-26. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	165
Figura 5-27. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción bentónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	166
Figura 5-28. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia total del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	168

Figura 5-29. Abundancia total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	168
Figura 5-30. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Puilar. ....	169
Figura 5-31. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Soncor. ....	169
Figura 5-32. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Aguas de Quelana. ....	170
Figura 5-33. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Peine. ....	170
Figura 5-34. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza del Fitobentos* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	171
Figura 5-35. Riqueza total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	172
Figura 5-36. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total* del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	173
Figura 5-37. Densidad total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	173
Figura 5-38. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Puilar. ....	174
Figura 5-39. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Soncor. ....	174
Figura 5-40. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Aguas de Quelana. ....	175
Figura 5-41. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Peine. ....	175
Figura 5-42. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza* del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	176
Figura 5-43. Riqueza total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	177
Figura 5-44. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia* del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	178
Figura 5-45. Densidad total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	178
Figura 5-46. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Puilar. ....	179
Figura 5-47. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Soncor. ....	179
Figura 5-48. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Aguas de Quelana. ....	180
Figura 5-49. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Peine. ....	180
Figura 5-50. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza* del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	181

Figura 5-51. Riqueza total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	182
Figura 5-52. Representación gráfica de la variación de los valores del índice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) * del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	183
Figura 5-53. Índice de Shannon Weiner determinado en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	183
Figura 5-54. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia* total del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	184
Figura 5-55. Densidad total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	185
Figura 5-56. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Puilar. ....	185
Figura 5-57. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Soncor. ....	186
Figura 5-58. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Aguas de Quelana. ....	186
Figura 5-59. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Peine. ....	187
Figura 5-60. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza* del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	188
Figura 5-61. Riqueza total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	188
Figura 6-1. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006 – 2022. ....	191
Figura 6-2. Proporción del porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 – 2022. ....	193
Figura 6-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos. Campañas 2006 – 2022. ....	194
Figura 6-4. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2022 ....	197
Figura 6-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022.....	204
Figura 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022.....	206
Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022 .....	209

Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022.....	211
Figura 6-9. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Campañas 2006 – 2022 .....	219
Figura 6-10. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Riqueza en 2022 .....	229
Figura 6-11. pH según Algoritmos y mediciones ambientales SPA 2022. ....	230
Figura 6-12. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores.....	232
Figura 6-13. Rangos históricos de pH versus valor reportado en 2022 .....	235
Figura 6-14. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de pH en 2022 .....	241
Figura 6-15. Conductividad Eléctrica según Algoritmos y mediciones ambientales SPA para el año 2022 .....	243
Figura 6-16. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.....	244
Figura 6-17. Rangos históricos de conductividad eléctrica y las mediciones reportado en 2022....	247
Figura 6-18. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022 .....	253
Figura 6-19. Tendencia de la Copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022 .....	256
Figura 6-20. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022 .....	257
Figura 6-21. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 – 2022.....	259
Figura 6-22. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo en el año 2022 .....	259
Figura 6-23. Modificación de los escurrimientos superficiales en el sector de Camar.....	261
Figura 6-24. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022 .....	261
Figura 6-25. Número de ejemplares en la categoría normales y vigorosos, desaparecidos por año de monitoreo y su relación con las precipitaciones en la zona.....	262
Figura 6-26. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) en la estación Peine (DGA), para el periodo 2007 – 2022 .....	263
Figura 6-27. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) y número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022 .....	263

Figura 6-28. Estado vital de los algarrobos en el periodo 2006 y 2022 (actual) en el sector de Camar	264
Figura 6-29. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 – 2022.	276
Figura 6-30. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 – 2022 ....	277
Figura 6-31. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 – 2022	278
Figura 6-32. Abundancia de especies de flamencos en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2022 (año 2020 no censado).	280
Figura 6-33. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2022.	281
Figura 6-34. Abundancia de flamencos en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.	285
Figura 6-35. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022	286
Figura 6-36. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 – 2022.	287
Figura 6-37. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en el sistema lacustre Peine. Campañas 2006 – 2022.	288
Figura 6-38. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2022	289
Figura 6-39. Abundancia de micromamíferos por tipo de hábitat. Campañas 2006 – 2022.	290
Figura 6-40. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2022	291
Figura 6-41. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 – 2022	292
Figura 6-42. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 – 2022.	293
Figura 6-43. Registros positivos de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> en estaciones olfativas. Campañas 2007 – 2022.	293
Figura 6-44. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.	295
Figura 6-45. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.	296
Figura 6-46. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.	298



Figura 6-47. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	299
Figura 6-48. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022 .....	300
Figura 6-49. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	302
Figura 6-50. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022. ....	303
Figura 6-51. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022. ....	304
Figura 6-52. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	306
Figura 6-53. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	307
Figura 6-54. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	308
Figura 6-55. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	310
Figura 6-56. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	312
Figura 6-57. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	313
Figura 6-58. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022 .....	314
Figura 6-59. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022. ....	315
Figura 6-60. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	317
Figura 6-61. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	319
Figura 6-62. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	320
Figura 6-63. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	321

Figura 6-64. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2009 – 2022.....	323
Figura 6-65. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2022.....	324
Figura 6-66. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2009 – 2022.....	325
Figura 6-67. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento* medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 – 2022.....	326
Figura 6-68. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua intersticial* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2009 – 2022.....	328
Figura 6-69. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2022.....	329
Figura 6-70. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2009– 2022.....	330
Figura 6-71. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial* medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 – 2022.....	331
Figura 6-72. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	333
Figura 6-73. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	335
Figura 6-74. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	336
Figura 6-75. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	337
Figura 6-76. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	339
Figura 6-77. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	340
Figura 6-78. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	341
Figura 6-79. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	342
Figura 6-80. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia* total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	344

Figura 6-81. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia* total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	345
Figura 6-82. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia* total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	347
Figura 6-83. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	348
Figura 6-84. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	349
Figura 6-85. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	351
Figura 6-86. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	352
Figura 6-87. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza* total del fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	353
Figura 6-88. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	355
Figura 6-89. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	356
Figura 6-90. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia* total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	357
Figura 6-91. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	359
Figura 6-92. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	360
Figura 6-93. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	361
Figura 6-94. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.....	362
Figura 6-95. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.....	364
Figura 6-96. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia* total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.....	365
Figura 6-97. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia* total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.....	366

Figura 6-98. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022. ....	368
Figura 6-99. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia* total del Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022. ....	369
Figura 6-100. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022. ....	370
Figura 6-101. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022. ....	371
Figura 6-102. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022. ....	373
Figura 6-103. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza* total del Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022. ....	374
Figura 6-104. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia* total del Zoobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022. ....	376
Figura 6-105. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia* total del Zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022. ....	377
Figura 6-106. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia* total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022. ....	378
Figura 6-107. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia* total del Zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022. ....	380
Figura 6-108. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022. ....	381
Figura 6-109. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza* total del Zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022. ....	382
Figura 6-110. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022. ....	383
Figura 6-111. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022. ....	385

## Anexos

Anexo 1. Responsables y participantes del seguimiento ambiental

Anexo 1.2. Documentos de respaldo, monitoreo dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos

Anexo 2. Distribución y abundancia de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama

Anexo 2.1. Base de datos vegetacional del Borde Este del Salar de atacama

Anexo 3. Base de datos monitoreo zona de conexión vegetación - acuífero

Anexo 4. Base de datos florística de terreno

Anexo 4.1. Certificados de análisis y toma de muestras de suelo

Anexo 4.2. Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales e informe de análisis de metodología de monitoreo CE y pH

Anexo 4.3. Certificado Laboratorio Agroanálisis

Anexo 5. Base de datos monitoreo de Algarrobos en el Sector del pozo Camar 2

Anexo 5.1. Registro fotográfico de Algarrobos en el sector del pozo Camar 2

Anexo 5.2. Fisiología de Algarrobos

Anexo 5.3. Biomasa de Algarrobos

Anexo 6. Permiso sectorial de captura de fauna

Anexo 6.1. Fotografías de fauna silvestre

Anexo 6.2. Catastro y abundancia de vertebrados

Anexo 7. Certificados de laboratorio

Anexo 7.1. Permiso de pesca

Anexo 7.2. Composición taxonómica y clorofila-a

Anexo 7.3. Resultados de análisis estadísticos de Biota acuática

Anexo 7.4. Registro fotográfico de los sitios de muestreo de Biota acuática

Anexo 7.5. Certificados de acreditación y calibración de equipos de Biota acuática

## 1 Resumen

### 1.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Se monitorea la superficie cubierta con vegetación del Borde Este del Salar de Atacama mediante un mapa anual de vegetación, el cual se elabora utilizando el método de la cartografía de ocupación de tierras (COT). Para estos fines, se captura una imagen satelital de alta resolución en el mes de abril y se describen en terreno 99 muestras, establecidas en la RCA N° 226/2006. La campaña para describir las 99 muestras fue llevada a cabo principalmente en abril de 2022, completando su totalidad en el mes de mayo. Sobre estas muestras se evalúa la cobertura, además de la vitalidad, copa viva y etapa fenológica. Adicionalmente, se aumenta el periodo de análisis descrito con anterioridad a una frecuencia trimestral, de acuerdo con lo estipulado en la acción 14 del Plan de Cumplimiento aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) mediante la Res. 38/RoI F-041-2016 en agosto 2022. Sin embargo, los resultados de estas mediciones se entregarán a partir del informe de monitoreo ambiental N° 17 correspondiente al año 2023.

Con respecto a la vitalidad, se determinó que un 85,9% de las muestras fueron clasificadas en la categoría normal, seguidos por la categoría débil (9,1%). Estos resultados son consistentes con lo observado históricamente, en vista que mayoritariamente las muestras se han presentado en dichas categorías.

Las mediciones de terreno de copa viva en el periodo 2022 mostraron una mayor proporción en la categoría 50-75%, con un 42,5% de las muestras, siendo el máximo observado a la fecha. Le siguió la categoría 25-50%, con un 32,3% de las muestras; y con un 11,1% las categorías 5-25% y 75-100%.

Por último, las mediciones en terreno correspondiente al estado fenológico de la vegetación en el periodo 2022 indican que se mantiene los estados de crecimiento vegetativo y fructificación como los más frecuentes durante la evaluación histórica.

Los resultados obtenidos en el 2022 indican que, la superficie cubierta con vegetación en el área de estudio alcanzó las 14.076,19 ha. El matorral de *Tessaria absinthioides* (brea) continúa siendo el tipo vegetacional predominante en el área, ocupando el 52,29% de la superficie cubierta por vegetación (equivalente a 7.359,95 ha), seguido por la pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada), ocupando el 15,89% y el matorral de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar) ocupando un 12,65% de la superficie con vegetación (2.236,96 ha y 1.780,87 ha respectivamente). En cuarto lugar, se ubica la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo - Totorá - Suncho), ocupando el 9,97% del área con vegetación (1.403,46 ha).

El matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal) y el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (Rica rica - Pingo pingo) son los tipos vegetacionales con la menor ocupación de superficie, tal como ha ocurrido en las mediciones de los años previos. Para el periodo reportado (2022) estos tipos abarcan 858,53 ha (6,1%) y 436,42 ha (3,1%) respectivamente.

La pradera de *Cistanthe sp.* (Lukupa) no surgió en el presente año, probablemente, debido a que su expresión se relacionaría con la ocurrencia de intensas precipitaciones durante el invierno altiplánico, condición que no sucedió en el 2022.

La superficie total cubierta con vegetación, así como la superficie de los objetos de protección (Matorral de Brea y Pradera de Junquillo – Totorá – Suncho) del monitoreo actual se encuentran dentro de las magnitudes observadas en los periodos anteriores.

A partir de las variables medidas en este monitoreo es posible indicar que la vegetación del Borde Este se encuentra dentro de los rangos históricos y no se aprecian efectos no esperados sobre la vegetación.

## 1.2 Monitoreo de la Vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

La presente sección entrega los resultados del monitoreo realizado a la vegetación en la zona de conexión con el acuífero. Para estos fines, se evalúan las especies dominantes, la cobertura por especie, la vitalidad, copa viva y etapa fenológica sobre 19 muestras fijas de matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea) en los meses de enero y abril, de acuerdo con lo establecido en la RCA 226/2006.

A partir de las muestras históricas, se verifica que la composición de especies entre los monitoreos de enero y abril se mantiene relativamente constante, con la presencia de *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis*, siendo *T. absinthioides* la más frecuente, registrándose en la mayor parte de los puntos de monitoreo, seguido de *D. spicata* y en menor proporción por *A. atacamensis*.

Se verifica que las coberturas más frecuentes en el tiempo corresponden a las categorías muy abierto y abierto. En la comparación de frecuencia entre meses, se verifica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los periodos. En este periodo reportado (2022), las frecuencias dominantes siguieron las proporciones históricas.

Históricamente, en el mes de enero se describe una mayor proporción de muestras en niveles mayores de copa viva que en abril. En efecto, las categorías 25-50% y 50-75% de recubrimiento presentan proporciones prácticamente iguales en el mes de enero. Mientras que, en abril, domina la categoría 25-50% de recubrimiento. Para el periodo 2022, se cumple parcialmente estas condiciones, al verificarse en abril una mayor proporción en la categoría 50-75% de cobertura.

Los registros obtenidos en enero y abril de 2022 indican que la vitalidad más frecuente es la categoría Normal (11 y 15 muestras, respectivamente) y en menor medida, la categoría débil (8 y 3 muestras, respectivamente), lo que se encuentra dentro de los rangos observados históricamente.

Históricamente, el promedio de muestras en la etapa de floración ha sido predominantes en el mes de enero, mientras que, en abril predomina la fructificación. Ese antecedente resulta consistente con lo observado en el presente monitoreo (2022), al verificarse que las plantas en el mes de enero se encontraron principalmente en la etapa de Floración (63,2% del total de registros); Mientras que en abril se identificó que el 42,1% de los registros se encuentra en la fase fructificación.

Según las variables monitoreadas, se aprecia que la vegetación en la zona de conexión acuífero se encuentra dentro de los rangos históricos.

### 1.3 Monitoreo de la flora vascular

El monitoreo de la flora del borde este del salar de Atacama se realiza mediante el monitoreo de siete transectos orientados de este a oeste dispuestos sobre la franja de vegetación presente en el sector. Cada uno de los siete transectos poseen un número variable de puntos de muestreo, los que se ubican sistemáticamente cada 300 m entre sí, llegando a un total de 75. En cada punto de muestreo se levantan cinco parcelas de 4 m<sup>2</sup>, lo que representa un total de 375 parcelas para la caracterización de la flora.

En cada punto de muestreo se registra la frecuencia y la riqueza de especies (dentro y fuera de parcela) y, además, se obtienen muestras de suelo para la caracterización del sustrato, midiendo en laboratorio la conductividad eléctrica (salinidad) y el pH del suelo.

La caracterización química del sustrato (pH y salinidad) consideró la toma y análisis de muestras por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) Algoritmos y mediciones ambientales SpA. y, adicionalmente, el análisis por el laboratorio Agroanálisis UC, el cual se realiza de forma complementaria para dar cumplimiento al análisis histórico de las variables.

Durante la actual campaña de monitoreo, se aplicó por cuarto año consecutivo el Protocolo de Análisis de Tendencias de Variables Ambientales para observar el comportamiento del pH, CE, Riqueza y Abundancia de especies en los transectos de flora. Dicho protocolo corresponde a la acción 46 del programa de cumplimiento aprobado por la SMA mediante la Res. 34/Rol F-041-2016 en agosto 2021, el que busca: 1) Asegurar la detección de cambios a nivel de la abundancia y riqueza de especies para cada transecto definido en la línea base y para el área de estudio en general, y 2) Detectar cambios de las variables microambientales (pH y salinidad) a nivel de sustrato en cada transecto y su relación con las mediciones efectuadas sobre la flora.

La riqueza florística identificada durante las prospecciones de terreno en el borde este del Salar de Atacama se ha mostrado relativamente estable entre las campañas 2006 – 2022, registrándose aumentos, principalmente de especies herbáceas, debido a episodios de lluvia en el altiplano. Esta condición se pudo observar en el monitoreo 2019, periodo en el que registró un total de 35 especies, correspondiente al máximo histórico. Esta situación estaría directamente relacionada con las intensas precipitaciones estivales, que representan a la máxima precipitación desde que se realiza el Plan de Seguimiento (212 mm según la estación Camar de la DGA).

En la presente campaña se detectó una riqueza de 15 especies, de las que 13 se observaron dentro de los puntos de monitoreo y dos (2) se registraron fuera de ellos, a través de colectas libres. Estos 15 taxa se agruparon en 10 familias donde Chenopodiaceae presenta la mayor cantidad de registros. Según hábito de crecimiento, se observa que predomina, el hábito arbustivo y hierba perenne, mientras que el origen biogeográfico de las especies fue mayoritariamente nativo (en 11 taxa) y endémico (en dos taxa).

Cabe destacar que, se detectó en los transectos a *Nitrophila atacamensis*, especie bajo la categoría de amenaza “En Peligro” conforme con el D.S. N° 23/2015 del Ministerio de Medio Ambiente, de acuerdo con el proceso de Clasificación de Especies Silvestres (RCE).

Las especies más frecuentes en los puntos de muestreo corresponden a *Tessaria absinthioides* registrada en 31 puntos de muestreo (41,3% del total), *Distichlis spicata*, presente en 21 puntos de muestreo (28% del total) y *Atriplex atacamensis* registrado en siete puntos de monitoreo (9,3% del total).



La caracterización química del sustrato según la entidad ETFA para el periodo 2022 indica que el pH en los puntos de muestreo varía entre las categorías Ligeramente ácido a muy fuertemente alcalino, con mayor frecuencia en el rango Fuertemente alcalino. En cuanto a la salinidad (conductividad eléctrica), se observan suelos No salinos hasta suelos Fuertemente salinos, concentrándose en esta última categoría.

El protocolo de tendencia aplicado sobre las muestras normalizadas de pH (Anexo 4.2) indicó que el periodo 2022 no difiere de la serie histórica y sólo dos (2) muestras continúan con tendencia en el monitoreo actual (pH del punto TF1 con tendencia significativa a la baja y TF7 con tendencia significativa al alza), pero siempre manteniéndose en las categorías de pH alcalinas, las que se consideran normales para un salar (Luzio, 2010).

El Protocolo de tendencias aplicado sobre la conductividad eléctrica con muestras normalizadas determinó que el monitoreo actual no difiere de la serie histórica, ya que sólo el 6,6% de las muestras (equivalentes a 5 puntos de muestreo) presenta una tendencia significativa. De esta manera, se descartó un efecto sostenido en el tiempo.

De acuerdo con los antecedentes recopilados, las variables microambientales (pH y salinidad) no parecen tener una relación estrecha con la riqueza y frecuencia de la flora vascular, dado que las especies que componen el borde este del salar de Atacama se encontrarían adaptadas a las condiciones de extrema salinidad. Los resultados de ese monitoreo sugieren que la vegetación está ligada principalmente a la disponibilidad hídrica en cada sitio.

Considerando que en las campañas de monitoreo 2006 – 2022 la riqueza y frecuencia de la flora vascular se presentan estables y no muestran cambios relacionados a las variaciones del pH y conductividad eléctrica, es que se puede afirmar que no se verifican efectos del Proyecto sobre la flora vascular del área de estudio.

## 1.4 Monitoreo de Algarrobos

### 1.4.1 Ejemplares de Algarrobos, ubicados en el área del pozo Camar 2

Los 71 algarrobos ubicados en los sectores adyacentes al pozo de bombeo Camar 2 (actualmente desmantelado) son monitoreados mediante la evaluación de la vitalidad y el porcentaje de copa viva, tal como lo establece la RCA 226/2006 y adicionalmente, evaluados respecto a su etapa fenológica y daños producidos por agentes externos mediante categorías semicuantitativas. Como complemento y en consideración del Programa de Cumplimiento aprobado en Res. Ex. N° 38/ROL F-041-2016, se lleva a cabo un monitoreo mensual asociado a la Acción 24, del PdC, que incorpora nuevas variables a nivel de seguimiento ambiental, las que describe detalladamente la Acción 23 del PdC que complementa el monitoreo de los algarrobos que son objeto de seguimiento ambiental conforme la RCA N° 226/2006 y han sido detalladas en este capítulo, con la finalidad de entregar información más exacta sobre la población de los algarrobos en la quebrada de Camar, poder mitigar la afección progresiva de algarrobos con la toma de decisiones idóneas y oportunas, para contener los efectos negativos que pudiesen surgir en el transcurso del tiempo.

Las mediciones realizadas entre 2006–2022 indican que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 12 fueron desprendidos por escorrentías superficiales en temporadas previas a la campaña actual; en particular la del

año 2019, que produjo la pérdida de 8 de los 12 individuos desprendidos. De los restantes ejemplares, en el periodo 2022 se identificaron 29 ejemplares vivos (con vitalidad entre muy débil a crecimiento normal) y 30 ejemplares sin estructuras vegetativas o identificados como secos.

En relación con la proporción de copa viva, se observó que el número de ejemplares sin copa alcanzó 30 individuos (misma cantidad presentada en el año 2020 y 2021), correspondiente al 50,8% del total. Respecto a aquellos individuos que sí presentaron follaje este año (49,2% de los algarrobos), nueve (9) lo hicieron con un porcentaje de copa entre 75–100%, seis (6) con <5%, cinco (5) con 5–25%, cinco (5) con 50–75% y cuatro (4) con copa 25 – 50%.

Desde el punto de vista fenológico, en el monitoreo 2022, 29 individuos (49,2% del total) presentaron crecimiento vegetativo y 30 la etapa de senescencia (50,8% del total), no identificándose ejemplares con las etapas de floración o fructificación, condición normal, considerando que históricamente no ha sido habitual observar ejemplares con flores y/o la presencia de frutos en el mes de abril.

Por otra parte, todos los ejemplares con algún grado de vitalidad en el periodo (49,2% del total), presentaron daño producto del ramoneo de burros silvestres.

El aumento de los ejemplares secos o senescentes en el tiempo podría estar relacionado con la modificación natural de la red de drenaje en el 2008, la que produjo una reactivación de cauces de escurrimiento superficial en el lóbulo sur del abanico y un progresivo abandono del sistema de cauces en el sector norte y centro de la población de algarrobos (Hidroestudios, 2020), siendo estos últimos, los que han evidenciado mayor detrimento de la vitalidad y la disminución de proporción de copa viva (%). Adicionalmente, la población de algarrobos se ha visto afectada, según lo monitoreado y fotografiado por el constante ramoneo de burros asilvestrados (daño mecánico), impactando en parte a los individuos vivos en el sector, además a lo largo de los años donde se ha evaluado esta variable (2017 a la fecha), se han registrado entre el 50% y el 100% de los individuos con este tipo de daño, lo cual representa una variable importante y que está relacionada con el libre pastoreo de los burros. Así mismo, el sector a través del tiempo ha registrado la ocurrencia de aluviones, los que han llegado a desprender algunos ejemplares debido a la escorrentía. Por otra parte, pudieron existir efectos asociados a variables antrópicas como por ejemplo la presencia actual de una tubería de agua superficial en el sector y la infraestructura asociada al pozo Camar- 2, la que actualmente se encuentra desmantelada.

## 1.4.2 Fisiología de Algarrobos

El presente informe tiene por objetivo caracterizar el estado fisiológico de la población de los algarrobos que se encuentran en la Quebrada de Camar y que son parte del seguimiento ambiental. Todo esto en marco y con la finalidad de dar seguimiento a la Acción 23 de Plan de Cumplimiento aprobado en RES. EX. N° 38/ROL F-041-2016 y viene a complementar el Plan de Seguimiento Ambiental Biótico en el marco de la RCA 226/2006, los individuos de objeto de análisis, corresponden a los individuos identificados como la Serie A de los cuales, se analizó el potencial hídrico y la conductancia estomática en pre-alba y medio día, la población fuera del área de estudio, que actúa como control, corresponde a individuos de la serie B.

Para dar cumplimiento con el objetivo propuesto, se realizó en el mes de abril 2022, una campaña de medición de variables fisiológicas asociadas al estado hídrico de los algarrobos presentes en la Quebrada de Camar en el Salar de Atacama. Se trabajó con una muestra de 18 individuos de algarrobo pertenecientes a la serie A y que están distribuidos en los sectores reconocidos como cauce norte/centro-sur, en torno al pozo de extracción Camar-2. Complementariamente, se tomaron muestras en cuatro (4) ejemplares pertenecientes a la serie B, y que se encuentran ubicados hacia el Este de los individuos objeto de estudio.

La campaña estuvo asociadas al estado hídrico de algarrobo en la Quebrada de Camar en el Salar de Atacama. Se trabajó con 18 individuos de algarrobo distribuidos en el Área de Estudio, en torno al pozo de extracción Camar-2, ubicados sobre dos cauces (cauce norte/centro-sur).

En abril de 2022:

- No se observó efecto del cauce para la variable potencial hídrico en pre-alba, alcanzando un valor promedio para los árboles en estudio de -2,74 MPa.
- No se observó efecto del cauce para la variable potencial hídrico en mediodía, alcanzando un valor promedio para los árboles en estudio de -3,60 MPa.
- Se observó un efecto del cauce para la variable conductancia estomática, alcanzando un valor más bajo en el cauce norte de 144,9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Adicionalmente, al comparar los algarrobos del área en estudio con individuos más grandes y de buena disponibilidad hídrica (fuera del área de estudio), se observa un mayor potencial hídrico en mediodía y una conductancia estomática más alta, lo que sería resultado de su mejor estado hídrico mantenido en el tiempo.

### 1.4.3 Biomasa de Algarrobos

El presente informe tiene por objetivo estudiar y analizar las variables dendrométricas de la población de los algarrobos que se encuentran en la Quebrada de Camar que conforman las series A,B,C y D de lo cual 71 ejemplares correspondientes a la serie A, son parte del seguimiento ambiental. Todo esto en marco y con la finalidad de dar seguimiento a la Acción 23 de Plan de Cumplimiento aprobado en RES. EX. N° 38/ROL F-041-2016 y viene a complementar el Plan de Seguimiento Ambiental Biótico en el marco de la RCA 226/2006. Se realizó una comparación entre los datos obtenidos en el 2020 y 2022.

Dicho eso, se estimaron las existencias y cambios en biomasa aérea por componente de una población de árboles del género *Prosopis* (algarrobo) ubicada en las inmediaciones del Pozo Camar 2, en el Borde Este del Salar de Atacama, Región de Antofagasta, a partir del uso de funciones alométricas de biomasa por componentes e información sobre el crecimiento diamétrico de la población.

La estimación de la biomasa aérea por componente se realizó a partir de un censo de la población realizado en abril de 2022, donde a 186 individuos se le midieron variables dendrométricas, las cuales fueron incorporadas en modelos de regresión considerando sus características de hábito de crecimiento y vitalidad.

La biomasa aérea total de la población estudiada (individuos vivos + secos) alcanza a 4.632,0 kg, con un valor promedio por individuo de 24,9 kg, donde los individuos vivos y secos representa el 94,7 y el 5,3 %, respectivamente. La biomasa se acumula mayoritariamente en el componente ramas (51,9 %), le siguen en orden de magnitud, el componente fuste (39,0 %) y hojas (9,1 %).

Para la Serie A, el año 2020 se midieron un total de 52 árboles (29 vivos y 23 secos) en el mes de noviembre, alcanzando una biomasa aérea total de 923,7 kg, en donde la biomasa aérea calculada de árboles vivos y secos fue de 646,4 kg y 277,3 kg respectivamente (Cruz y Tapia, 2021). En cambio, el año 2022, el monitoreo, se realizó en el mes de abril y la muestra se incrementó a 56 árboles (34 vivos y 22 secos), alcanzando una biomasa aérea total de 1.024,3 kg en donde la biomasa aérea calculada de árboles vivos y secos fue de 783,0 kg y 241,3 kg respectivamente.

Entre los años 2020 y 2022, la biomasa aérea de la Serie A presenta un aumento para las componentes Fustes (47,3 kg), Ramas (50,8 kg) y biomasa aérea Total (90,7 kg) y una disminución en la biomasa de Hojas (24,6 kg). Estos valores se encuentran dentro de los límites estadísticos, sin poder diferenciar si la variación corresponde al crecimiento de los árboles estudiados o a los errores estadísticos propios de la medición.

## 1.5 Monitoreo de fauna

El Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) realizado por SQM Salar S.A., consigna para el subcomponente fauna, el monitoreo de los animales silvestres terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama y de la avifauna acuática en los Sistemas Lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, el cual se realiza anualmente, durante el mes de abril, con la finalidad de elaborar un listado faunístico y calcular abundancia de los distintos grupos de fauna. Para cada taxón, la RCA N° 226/2006 presenta una tabla de ubicación de transectos, para reptiles y aves terrestres; Tabla N° 16, definiendo así, los puntos de muestreo a realizar en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Peine. Los hábitats identificados como relevantes para este componente, y en los cuales se establecen estos puntos de muestreo con distintas metodologías son los siguientes: hábitat de Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo, Pajonal, Marginal Salar y Salar, mientras que para las aves acuáticas se consideraron 25 puntos de censo en los distintos cuerpos de agua existentes en los Sistemas Lacustres mencionados anteriormente.

Los resultados de riqueza obtenidos durante el presente monitoreo registran un total de 25 especies<sup>1</sup>, de las cuales 3 corresponden a reptiles, 17 especies de aves y 5 de mamíferos. La totalidad de especies registradas son nativas, de las cuales solo 1 es endémica, es decir, su distribución natural se restringe únicamente a nuestro territorio nacional. De las especies detectadas, 13 especies<sup>2</sup> se encuentran clasificadas alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). De estas, 6 especies se encuentran clasificadas en categorías de conservación de amenaza. Durante la presente campaña, no se detectó la presencia de especies introducidas, pero sí la presencia de una especie doméstica: el burro (*Equus asinus*), el cual no se consideró en los análisis.

<sup>1</sup> El periodo anterior, se reportaron 22 especies.

<sup>2</sup> La temporada de muestreo correspondiente al periodo 2021, solo se reportó 9 especies en alguna categoría.

### 1.5.1 Reptiles

El análisis para la clase Reptilia en el periodo 2022, registra a través de la metodología de transectos, una riqueza de 3 especies, siendo la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) la que presenta la mayor abundancia, siendo registrada en la mayor cantidad de hábitats. Esta especie fue registrada en el hábitat de Brea-Cachiyuyo, Rica rica – Pingo pingo y pajonal. Posteriormente, se encuentran la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*) y la lagartija de la puna (*Liolaemus puna*) las que registraron abundancias menores y fueron en dos hábitats cada una.

### 1.5.2 Aves

En cuanto a las aves, se registró un total de 17 especies durante la campaña de 2022, distribuidas en ambientes terrestres y/o acuáticos.

A través de la metodología de transectos, fue posible registrar 5 especies de aves asociadas a ambientes terrestres. Por otra parte, respecto a la avifauna presente en ambientes acuáticos fue posible detectar mediante censos, la presencia de 13 especies, pertenecientes a los órdenes Anseriformes, Phoenicopteriformes, Charadriiformes y Passeriformes.

### 1.5.3 Mamíferos

Se identificaron 5 especies de mamíferos, de los cuales, 2 corresponden a micromamíferos no fosoriales, 1 micromamífero fosorial y 2 macromamíferos.

Los micromamíferos no fosoriales detectados en la presente campaña fueron *Abrothrix andinus* y *Phyllotis xanthopygus*. Esta última especie fue detectada solo mediante trampas cámara, no siendo considerada dentro del análisis de abundancia. La abundancia de los micromamíferos no fosoriales alcanzó un total de 1 individuo capturado. Por otra parte, se registró el micromamífero fosorial tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), el cual se detectó en Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM, a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones.

En el caso de los macromamíferos, se registró al zorro chilla (*Lycalopex griseus*), zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), y registros indeterminados de zorro (*Lycalopex sp.*). El primero fue detectado en el sector de Vega de Carvajal, en el hábitat de Rica rica-Pingo pingo, mientras que el segundo se registró en el sector Aguas de Quelana, en los hábitats de Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y pajonal. Por su parte, los registros de *Lycalopex sp.* se obtuvieron en los sectores Vega de Carvajal, Aguas de Quelana y Cruce SQM. Estos registros se evidenciaron tanto a través de las estaciones olfativas como mediante trampa cámara. Sin embargo, la identificación a nivel de especie fue posible solo mediante trampa cámara.

## 1.6 Monitoreo de la biota acuática

### 1.6.1 Medio biótico

Todos los sectores prospectados presentaron características típicas de los humedales altoandinos de la zona norte de Chile, con características de sistemas cerrados con una baja a nula escorrentía de sus aguas y correspondientes a lagunas hipersalinas con sustratos formados principalmente limo. Los sistemas muestreados en general presentaron buena calidad de sus aguas, y la presencia de comunidades acuáticas acorde a las características físicas y químicas de este tipo de ecosistemas acuáticos.

Respecto a los parámetros fisicoquímicos de importancia limnológica de la columna de agua y del sedimento determinados en la actual campaña de monitoreo (abril 2022) se puede indicar que la temperatura registrada de manera puntual no mostró diferencias significativas entre los distintos sistemas muestreados y los menores valores de temperatura se registraron en Soncor.

Para el parámetro pH medido en la campaña de abril de 2022, se determinó una baja variabilidad en los valores medidos en cada sistema hidrológico y no se detectaron variaciones significativas en los valores de pH. En cuanto a la conductividad eléctrica presentó alta heterogeneidad principalmente en Aguas de Quelana, aun así, no se detectaron diferencias significativas al comparar este parámetro entre los sistemas. En cuanto al parámetro Oxígeno disuelto se determinó leve heterogeneidad entre algunos de los sitios de estudio y no se detectaron diferencias de los valores de este parámetro entre los distintos sistemas hidrológicos. Por el contrario, la Salinidad fue el único parámetro que mostró que existen diferencias significativas entre los sectores del Salar de Atacama durante la actual campaña de muestreo.

En comparación con los datos históricos, todos los sistemas muestreados presentaron en general condiciones de temperatura bastante variables y valores de pH que permiten la mantención y conservación de la Vida Acuática según la normativa nacional vigente. Históricamente y durante la actual campaña de monitoreo (abril de 2022) la mayor parte de los sitios monitoreados presentaron relativamente bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Por su parte históricamente los parámetros Conductividad eléctrica de agua, del sedimento, del agua intersticial y Salinidad presentaron concentraciones que permiten indicar que en función de estos parámetros el recurso hídrico se cataloga como aguas no aptas para riego por sus características naturalmente hipersalinas. Sin embargo, cabe indicar que las variaciones en las concentraciones de todos los parámetros evaluados durante el año 2022 no tienen una implicancia directa en el desarrollo de la vida acuática, la cual se encuentra altamente adaptada a dichas condiciones extremas de alta variabilidad registradas en el Salar de Atacama.

### 1.6.2 Medio abiótico

Respecto a la variable Clorofila-a durante la campaña de abril de 2022, la clorofila medida en la fracción planctónica y bentónica muestran una alta variabilidad entre los valores medidos en cada sector de monitoreo indicando una heterogeneidad en el sistema respecto a la biomasa, no obstante, no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas en el Salar de Atacama, estos valores se han mantenido históricamente.

En términos del Fitobentos y Fitoplancton, durante el actual periodo (abril 2022) no existieron diferencias en los niveles de Abundancia y Riqueza determinados entre los distintos sistemas y en general, la riqueza presentó una baja variabilidad de estos parámetros entre las estaciones de muestreo de cada sistema hidrológico del área de estudio, presentando una homogeneidad de estos parámetros en toda el área de estudio, a diferencia de la abundancia donde los sectores de Soncor y Quelana presentaron los valores más altos para este parámetro biótico para fitobentos y Peine registró la mayor abundancia de fitoplancton. Sin embargo, la comparación histórica señala diferencias significativas en todos los sectores estudiados tanto en la abundancia, como en la riqueza de estos componentes, cabe señalar que esta diferencia interanual podría verse explicada por la gran variabilidad y dinamismo que presentan los distintos sistemas estudiados que se ve reflejada por la gran heterogeneidad en los valores de los parámetros comunitarios.

Respecto al Zoobentos y Zooplancton, durante la campaña de abril de 2022 se determinó que existe variabilidad espacial respecto a la Abundancia y Riqueza de estos componentes. La variabilidad de la abundancia se detectó principalmente por la mayor abundancia detectada en los sistemas hidrológicos de Puilar para Zoobentos y Aguas de Quelana para Zooplancton. Por su parte, la comparación histórica interanual de todos los parámetros comunitarios de Zoobentos y Zooplancton, indica en su mayoría la existencia de diferencias significativas en todos los sectores estudiados, y como se mencionó, estas grandes diferencias interanuales podrían verse explicadas por la gran variabilidad y dinamismo que presentan los distintos sistemas estudiados en el tiempo, y que se ve reflejada por la gran heterogeneidad en los valores de los parámetros comunitarios que no responden a un patrón específico.

Finalmente, cabe indicar que las comparaciones interanuales entre los distintos periodos de monitoreo para la mayoría de las variables monitoreadas evidenciaron diferencias significativas en sus niveles de concentraciones, abundancias y riquezas, sin embargo, dichas diferencias no han presentado un patrón establecido y responden más bien a diversos factores, tales como momento y hora del muestreo. Además, si bien se detectaron diferencias tanto de aumento o disminución de algunas variables respecto a la data historia, la gran mayoría de los valores determinados en el medio abiótico y biótico se encuentran dentro de los rangos históricos medidos en todos los sectores.

## 2 Introducción

El presente informe expone los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) biótico del Proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Mineral del Salar de Atacama” presentado por SQM Salar S.A. Dicho proyecto fue calificado favorablemente mediante Resolución Exenta N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la región de Antofagasta (en adelante RCA N° 226/2006).

Los componentes ambientales y variables materia del PSA quedaron establecidos en el considerando 10.3 de la RCA N° 226/2006, los que se detallan en el Anexo I (Plan de seguimiento ambiental) de la Adenda N° III del EIA del Proyecto.

El monitoreo de la vegetación y flora se efectúa sobre la base del muestreo periódico del área de estudio principalmente en el mes de abril, debido a que dicha fecha representa el momento de mayor expresión de la vegetación (ver Figura I.5.1 del Anexo I de la Adenda III del EIA). Así mismo, en el mes de abril se efectuará el monitoreo de la Fauna silvestre y de la Biota acuática de los cuerpos lacustres presentes en el área de estudio.

Previo a la operación del proyecto se ejecutaron dos mediciones (noviembre 2005 y abril 2006), por lo que a partir de enero/abril de 2007 y hasta la fecha ha continuado la realización del seguimiento ambiental.

Se establecen las siguientes materias de seguimiento para los componentes Vegetación, Flora, Fauna y Biota acuática, los que se detallan en Tabla 2-1 y corresponden a:

- Monitorear la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales de alta resolución
- Monitorear la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero
- Monitorear la población de Algarrobo, ubicados en el área del pozo Camar 2
- Monitorear la flora vascular presente en el Borde Este del Salar de Atacama
- Monitorear la Fauna silvestre presentes en el Borde Este del Salar de Atacama
- Monitorear la Biota acuática de los principales cuerpos lacustres presentes en el Borde Este del Salar de Atacama

Basado en lo anterior y en conformidad con la RCA N° 226/2006, este informe reporta los resultados de los componentes Vegetación, Flora, Algarrobos, Fauna y Biota acuática del año 2022 siendo el presente informe el equivalente a la campaña operacional N° 16 del Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama.

Además, como refuerzo del seguimiento ambiental PSAB, y según señala el Plan de Cumplimiento, aprobado bajo RES. EX. N° 38/ROL F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, durante este periodo 2022, se incorporaron nuevas variables, asociadas al daño fitosanitario, análisis eco fisiológicos (potencial hídrico y conductancia estomática), análisis de biomasa, daño por ramoneo o de origen antrópico en la Población de Algarrobos, con la finalidad de entregar información exacta respecto al estado de la población de algarrobos de la quebrada de Camar y complementar las ya existentes y anteriormente reportadas, como lo han sido el análisis del estado vital y sanitario de los Algarrobos.



Este informe de seguimiento se elaboró considerando los estándares establecidos en Resolución Exenta 223/2015: Instrucciones generales sobre la elaboración de Plan de seguimientos de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental.

Conforme a lo indicado en la Tabla 2-1, y lo establecido en la RCA N° 226/2006, el presente Informe presenta los resultados de los componentes Vegetación, Flora, Fauna y Biota acuática efectuadas en las fechas y por las instituciones responsables indicados. El detalle de los profesionales que participaron en la toma de datos y elaboración de informes se presenta en el Anexo 1.

Tabla 2-1. Componentes ambientales y fechas de medición reportados en el periodo 2022

Componente ambiental	parámetro de medición	Institución responsable	Fechas de medición
Vegetación	Cobertura vegetal Vitalidad Porcentaje de copa viva Fenología	Geobiota	04 al 13 de abril de 2022 19 al 28 de abril de 2022 19 al 20 de mayo de 2022
Vegetación en la Zona de conexión vegetación - acuífero	Cobertura vegetal Vitalidad Porcentaje de copa viva Fenología	Geobiota	17 al 29 de enero de 2022 04 al 13 de abril de 2022 19 al 28 de abril de 2022
Población de Algarrobos sector Camar 2	Vitalidad Porcentaje de copa viva Fenología Daño (Seguimiento Acción 23) PdC Afectación antrópica y animal Potencial hídrico Conductancia estomática Variables endométricas	Geobiota	20 al 23 de abril de 2022 26 y 28 de abril del 2022 26 al 29 de abril de 2022
Flora	Riqueza y abundancia	Geobiota	05 al 12 de abril de 2022 19 al 28 de abril de 2022
	pH y Salinidad del suelo	Algoritmos	24 al 28 de abril de 2022
Fauna silvestre	Riqueza Abundancia total Abundancia promedio índice de visitas	Geobiota	5 al 11 de abril del 2022 19 al 23 de abril de 2022
Biota acuática	Mediciones abióticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> <li>• pH</li> <li>• Oxígeno disuelto</li> </ul> Medio biótico (riqueza y abundancia): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fitobentos</li> <li>• Fitoplancton</li> <li>• Zoobentos</li> <li>• Zooplancton</li> <li>• Plantas acuáticas</li> </ul>	AquaExpert	12 de abril de 2022 19 al 20 de abril de 2022

### 3 Objetivos

El objetivo general del presente informe de Plan de Seguimiento Ambiental es dar cuenta del estado ambiental y la evolución temporal del componente ambiental flora y vegetación, fauna y biota acuática del Borde este del Salar de Atacama, con la finalidad de verificar que éstos evolucionan según lo proyectado y detectar la ocurrencia de eventuales efectos no previstos del Proyecto, sobre los objetos de protección definidos durante la evaluación del Proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama”, aprobado mediante Resolución de Calificación Ambiental Res. Ex. N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, Región de Antofagasta (en adelante, RCA 226/2006).

De acuerdo con lo establecido en la citada RCA, el objetivo específico del presente informe de Seguimiento Ambiental es:

- Detectar las posibles variaciones en la cobertura de las formaciones vegetales identificadas en el área de estudio del Proyecto durante la descripción de Línea Base (2006) y las campañas de monitoreo previas a la operación; mediante el análisis de imágenes satelitales captadas en abril de cada año, a fin de comparar situaciones equivalentes de desarrollo de la cubierta vegetal.
- Evaluar eventuales variaciones en los polígonos de vegetación que presumiblemente se encuentran en la zona de conexión entre la napa subterránea y el sistema radicular de la formación arbustiva de *Tessaria absinthioides* – *Atriplex atacamensis* (Zona de conexión vegetación-acuífero)
- Detectar eventuales cambios a nivel de abundancia y riqueza de las especies de flora vascular para cada transecto definido en la Línea Base y para el área de estudio y detectar cambios a nivel del sustrato (variables microambientales pH y salinidad) y relacionarlos con las mediciones efectuadas sobre la flora.
- Evaluar el estado vital de los ejemplares de Algarrobos ubicados en el sector del pozo Camar 2, a través de las variables vitalidad y % copa viva. Además, describir el estado fenológico de la población de Algarrobos al momento del monitoreo y detectar daños animales, antrópicos u otros, que estén afectando a la población objeto de estudio.
- Caracterizar el estado fisiológico de la población de los algarrobos de Camar objeto de seguimiento ambiental mediante la medición de variables que permiten determinar el estado hídrico de una muestra de (n = 18) individuos de *Prosopis alba*, distribuidos en las proximidades del pozo Camar-2, y comparar las muestras con los individuos testigos (n = 4) ubicados en la cercanía del pueblo de Camar, en donde la disponibilidad hídrica es favorable.
- Estimar la biomasa de la población de árboles pertenecientes al género *Prosopis* (algarrobo) ubicados en la Quebrada de Camar, en el Borde Este del Salar de Atacama, Región de Antofagasta. Mediante la Búsqueda, análisis y selección de funciones alométricas de biomasa aérea según componente (fuste, ramas, hojas y total) y elaboración de un inventario por componente aéreo, según clase de tamaño de la población (censo).

- Dar cuenta del estado ambiental y la evolución temporal de la fauna en el Borde este del Salar de Atacama, con la finalidad de detectar la ocurrencia de alteraciones en las abundancias de las especies presentes.
- Evaluar el estado ambiental y el funcionamiento biótico de los sistemas lacustres Puillar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine. Con la finalidad de obtener información que determine posibles causas de un deterioro ambiental de los sistemas que son objeto de resguardo y protección.

## 4 Materiales y métodos

### 4.1 Área de estudio

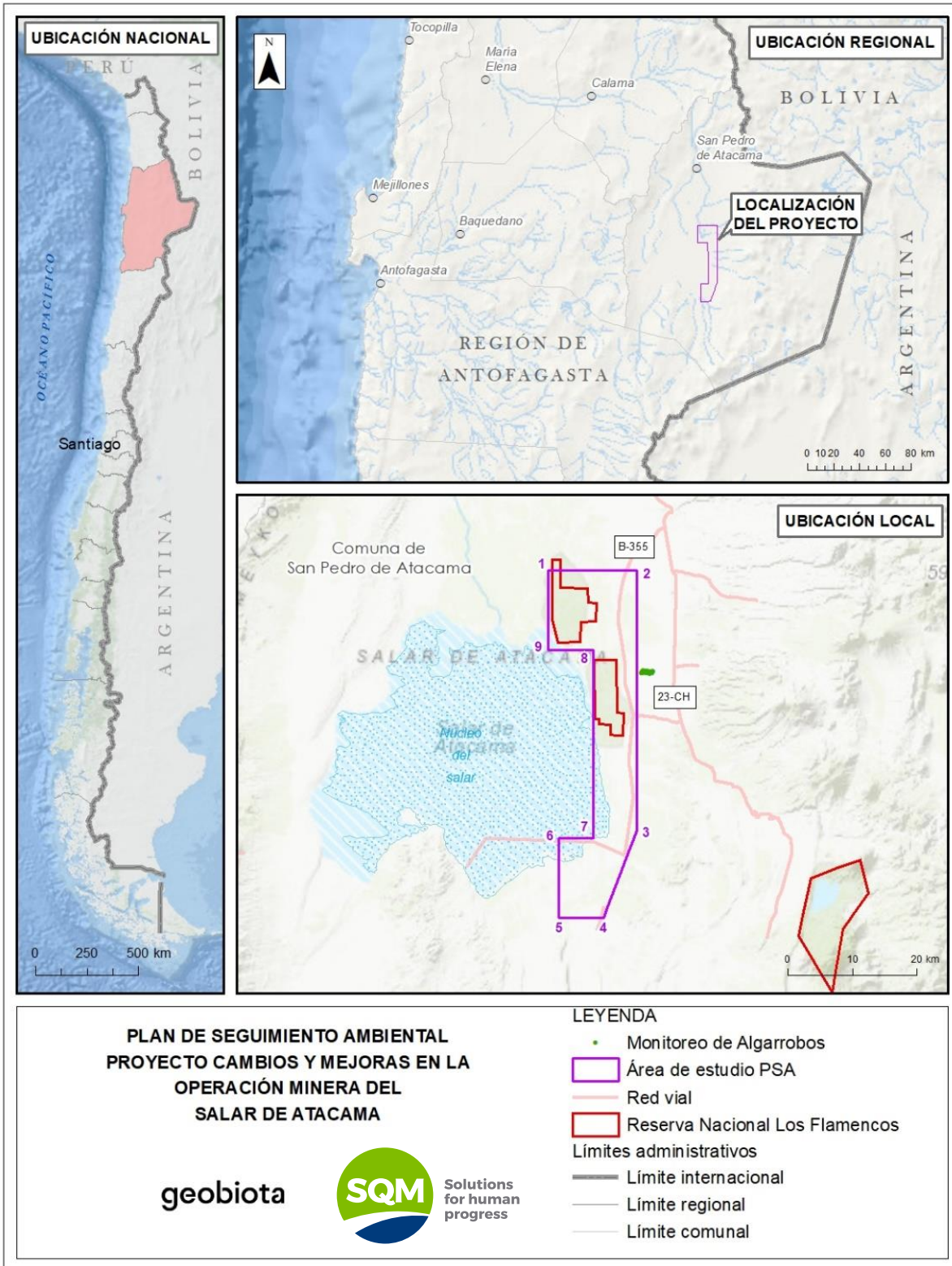
El área de estudio objeto del presente Plan de Seguimiento Ambiental, corresponde a la cuenca endorreica del Salar de Atacama en la región de Antofagasta, específicamente en el Borde Este del Salar, cuya delimitación espacial se realizó en función de las formaciones vegetales y los cuerpos lagunares presentes en los sistemas de interés ambiental. El sector definido como Borde Este está delimitado por los vértices que se muestran en la Tabla 4-1 y se representan espacialmente en la Figura 4-1.

Tabla 4-1. Vértices del Área de estudio.

Vértice	Coordenadas UTM Huso 19 (WGS84)	
	Este	Norte
1	582.808	7.425.804
2	596.515	7.425.821
3	596.515	7.385.560
4	591.414	7.372.165
5	584.453	7.372.165
6	584.459	7.384.418
7	589.807	7.384.416
8	589.811	7.413.519
9	582.811	7.413.519

Las coordenadas difieren de las establecidas en la RCA N° 226/2006 debido a la actualización de Datum, pasando de PSAD56 a WGS84, el cual corresponde al sistema de referencia mundial utilizado actualmente.

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio y sus vértices.



## 4.2 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

### 4.2.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El monitoreo anual de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama mediante imágenes satelitales contempla como base la realización de 99 puntos de monitoreo fijos en el tiempo, los que fueron establecidos en la campaña pre-operacional, efectuada en abril de 2006. La ubicación se estableció en el Anexo V.II de la Adenda III del EIA y se presentan en la Tabla 4-2 y la Figura 4-2. De manera complementaria, se utilizan los 19 puntos de monitoreo de la zona de conexión vegetación-Acuífero (sección 4.3.).

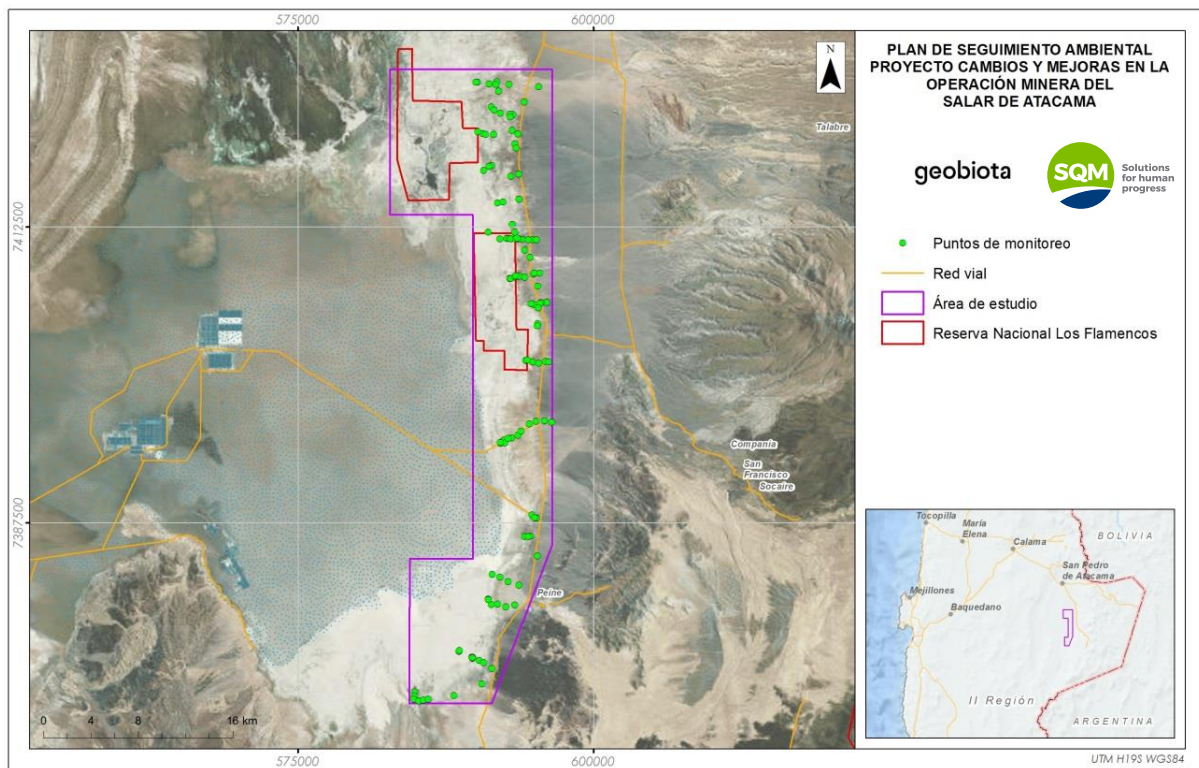
Tabla 4-2. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84, 19S).

Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-01	590.161	7.424.778	N-34	595.130	7.396.082	N-67	590.570	7.373.893
N-02	591.798	7.424.803	N-35	595.838	7.396.132	V-01	590.057	7.424.786
N-03	595.369	7.424.392	N-36	596.454	7.396.030	V-05	592.823	7.424.583
N-04	592.120	7.422.160	N-37	595.174	7.387.889	V-06	591.734	7.424.569
N-05	590.641	7.420.432	N-38	594.765	7.388.166	V-08	594.147	7.423.108
N-06	590.190	7.420.567	N-39	595.001	7.387.921	V-09	591.352	7.422.679
N-07	590.863	7.420.345	N-40	594.658	7.386.363	V-10	591.583	7.422.414
N-08	591.382	7.417.738	N-41	595.232	7.384.683	V-11	593.177	7.422.022
N-09	591.170	7.417.645	N-42	593.690	7.382.222	V-14	593.587	7.420.397
N-10	590.714	7.417.297	N-43	592.745	7.382.539	V-15	591.548	7.420.360
N-11	593.686	7.414.861	N-44	592.063	7.382.925	V-16	593.662	7.416.988
N-12	591.890	7.414.580	N-45	591.439	7.383.150	V-26	592.665	7.411.549
N-13	592.350	7.414.648	N-46	593.325	7.380.555	V-27	592.828	7.411.539
N-14	591.066	7.412.097	N-47	592.567	7.380.399	V-28	593.642	7.411.533
N-15	593.933	7.411.479	N-48	591.362	7.380.602	V-29	592.981	7.411.522
N-16	595.440	7.408.631	N-49	591.087	7.381.045	V-30	593.407	7.411.508
N-17	592.912	7.408.171	N-50	591.103	7.380.989	V-31	592.057	7.411.506
N-18	592.976	7.408.176	N-51	589.717	7.376.135	V-32	594.808	7.411.461
N-19	593.378	7.408.333	N-52	589.757	7.376.124	V-33	594.480	7.411.460
N-20	593.728	7.408.342	N-53	589.745	7.376.071	V-34	595.174	7.411.457
N-21	594.172	7.408.268	N-54	589.743	7.376.089	V-36	594.899	7.408.547
N-22	596.049	7.406.139	N-55	588.620	7.376.634	V-40	593.397	7.408.407
N-23	594.968	7.405.971	N-65	588.634	7.376.709	V-44	595.560	7.406.139
N-24	594.707	7.406.016	N-57	590.313	7.375.868	V-48	594.400	7.401.258
N-25	594.244	7.401.231	N-58	590.691	7.375.667	V-53	595.926	7.401.167
N-26	594.825	7.401.123	N-59	591.382	7.375.196	V-56	596.207	7.401.116
N-27	595.339	7.401.013	N-60	584.875	7.373.209	V-63	593.872	7.395.243
N-28	592.133	7.394.229	N-61	584.826	7.372.866	V-65	593.059	7.394.688
N-29	592.275	7.394.370	N-62	584.812	7.372.573	V-66	592.772	7.394.651

Tabla 4-2. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84, 19S).

Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-30	592.431	7.394.509	N-63	585.228	7.372.439	V-69	592.127	7.394.296
N-31	592.488	7.394.246	N-64	585.613	7.372.525	V-70	594.183	7.386.339
N-32	593.595	7.394.894	N-65	586.030	7.372.590	V-71	594.475	7.386.324
N-33	594.548	7.395.853	N-66	588.189	7.372.910	V-75	591.901	7.380.615

Figura 4-2. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama.



#### 4.2.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Las mediciones para caracterizar el estado y evolución de la vegetación han sido establecidas de acuerdo con lo indicado en la RCA 226/2006.

El monitoreo de la vegetación en el Borde Este considera la estimación de la cobertura de la vegetación medida como superficie, para la detección de posibles variaciones en las formaciones vegetales identificadas en el área de estudio. Para ello, se considera una imagen satelital de alta resolución capturada en el mes de

abril de cada año, con la finalidad de identificar las formaciones, tipos y cobertura en cada una de las unidades vegetacionales.

Además, se evalúa el estado vital y porcentaje de copa verde de las unidades vegetacionales a describir, y adicional a lo exigido en la RCA 226/2006, se monitorea la fenología dominante en cada unidad vegetacional.

Se hace hincapié en que se incorporó un proceso de optimización metodológica, presentado al SEA, mediante carta GMPL 039/2019 (consulta de pertinencia “Optimización de la presentación de cobertura vegetal del Plan de Seguimiento Biótico”), sobre la cual, la autoridad ambiental resolvió mediante Resolución exenta 128/2019. Dicha optimización metodológica tuvo por objeto subsanar las limitaciones metodológicas establecidas en el Plan de Seguimiento Ambiental de la vegetación, aplicando un ajuste a la asignación del tipo vegetacional y a la cobertura de unidades vegetacionales.

### 4.2.3 Metodologías de muestreo, medición y análisis

La metodología y categorías utilizadas para el monitoreo de las formaciones vegetacionales que se desarrollan en el Borde Este del Salar de Atacama se describen a continuación.

#### 4.2.3.1 Prospección vegetacional en terreno

El monitoreo de la cobertura en las formaciones vegetales del área de estudio se realiza aplicando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT). Este es un método cartográfico que permite caracterizar la vegetación presente en un área determinada, estimando las formaciones vegetales, tipos vegetacionales y su cobertura. Las 99 descripciones de terreno contempladas en este monitoreo registran los tipos biológicos presentes en la unidad cartográfica, estimando en forma visual su cobertura, la estratificación en término de altura y las especies dominantes. Las categorías de cobertura se presentan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Rangos de cobertura utilizados en las descripciones vegetacionales

Coberturas	Rangos de cobertura (%)	Código
Densa	75-100	6
Semidensa	50-75	5
Abierta	25-50	4
Muy abierta	10-25	3
Rala	5-10	2
Muy rala	<5	1

Adicionalmente, en cada punto de descripción se registran mediante caracterización visual antecedentes de vitalidad y porcentaje de copa viva (follaje) de acuerdo con las categorías establecidas en la Tabla 4-4 y Tabla 4-5, tal como se estableció en la RCA 226/2006.

Tabla 4-4. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.

Código	Categoría	Descripción
0	Seco	No presenta follaje verde ni estructuras reproductivas de ningún tipo.
1	Muy débil	Presenta escaso follaje verde, sin producción de frutos. Se observa signos de ataque de patógenos.



Tabla 4-4. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.

Código	Categoría	Descripción
2	Débil	Aun cuando presenta follaje verde puede observarse signos leves de ataques de patógenos. No obstante, es capaz de producir algunos frutos.
3	Crecimiento normal	Presenta gran parte de su follaje verde y producción de frutos. Sin signos de patógenos
4	Excepcionalmente vigoroso	Presentan abundancia de follaje y estructuras reproductivas.

El follaje verde (copa viva) corresponde a la proporción de la planta capaz de realizar actividad fotosintética. La pérdida parcial o completa del follaje, en forma sincrónica y fuera de estación, es un fenómeno conocido como “muerte regresiva” (Le Quesne, 2002). Su ocurrencia se asocia a la intervención de un agente abiótico (Ej. disponibilidad de agua), un agente biótico (patógeno) o al efecto combinado de ambos (Ej. el estrés hídrico predispone a las plantas a sufrir ataques de insectos u hongos). Las categorías de porcentaje de copa viva utilizadas se indican a continuación:

Tabla 4-5. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas.

Código	Porcentaje de copa viva
0	0%
1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%

En forma complementaria a lo establecido en la RCA 226/2006, se consideró el registro del estado fenológico de las especies que constituyen la formación, de acuerdo con las categorías que se presentan en la Tabla 4-6. La fenología se refiere a los fenómenos de aparición de tallos y hojas, floración y producción de frutos y semillas. Su ocurrencia guarda relación con las condiciones ambientales y estado vital de la planta.

Tabla 4-6. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.

Código	Estado fenológico
1	Senescente
2	Crecimiento vegetativo
3	Floración
4	Fructificación

#### 4.2.4 Análisis de la imagen satelital

Tal como lo establece la RCA 226/2006, el monitoreo de vegetación se realiza sobre la base de imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución, las que deben ser tomadas específicamente en el mes de abril, en forma concomitante a la toma de datos en terreno.

La RCA 226/2006 además establece que estas imágenes serán captadas mediante el satélite Quickbird en modalidad multispectral (3 bandas en espectro de luz visible y una banda en espectro infrarrojo) y Pancromática (una banda en espectro visible, en rangos de gris). La modalidad multispectral posee una resolución de 2,4 m mientras la imagen pancromática posee una resolución de 0,6 m. Para el caso del monitoreo del periodo 2022, se utilizaron imágenes del satélite Geoeye 1, cuya captura se realizó en el mes de abril. Esta imagen satelital se constituye de una imagen pancromática de resolución 50 cm y una imagen multispectral de 4 bandas con una resolución espacial de 2 m. El cambio de satélite se debe a que el satélite Quickbird capturó su <sup>3</sup>última escena el 17 de diciembre del 2014. En su reemplazo, se han adquirido imágenes que se encuentran en igual estándar de resolución, lo cual no implica un cambio en la metodología establecida para la cuantificación de la vegetación.

Las imágenes adquiridas se encuentran georreferenciadas en el sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, el cual, es el establecido para el muestreo, medición, análisis y/o control establecido según la Resolución 223/2015 de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Previo al uso de imágenes, se procedió a ejecutar el preprocesamiento de la imagen ocupando el método de corrección atmosférica basados en el objeto oscuro (*dark object*) (Chávez, 1996). El principio de este método se basa en que superficies de fuerte absorción (aguas, sombras) deberían presentar una radiancia espectral cercana a cero, pero que en la práctica presentan un valor mayor, atribuido al efecto de la dispersión atmosférica.

A partir de la imagen satelital procesada, se calculó el Índice de Vegetación (NDVI), que permite realzar y representar de manera precisa la actividad fotosintética de las coberturas vegetales. Este índice se basa en el particular comportamiento radiométrico, en el que la hoja sana absorbe la mayor parte de la energía en el espectro de la banda roja (0,6 a 0,7  $\mu\text{m}$ ) y la refleja en el infrarrojo cercano (0,7 a 1,1  $\mu\text{m}$ ), produciéndose un notable contraste espectral entre estas bandas. En los casos que, la vegetación sufre algún tipo de estrés, su reflectividad es inferior en el infrarrojo y mayor en el rojo, siendo menor el contraste entre dichas bandas (Chuvienco, 2002). En consecuencia, cuanto mayor sea el contraste entre la banda infrarroja (IR) y roja (R), mayor vigor vegetal presentará la cubierta observada. Bajos valores de contraste indican una vegetación enferma o senescente, hasta llegar a las cubiertas sin vegetación, que ofrecen un contraste muy pequeño (Chuvienco, 2002).

En el principio físico señalado antes, se fundan una amplia gama de índices de vegetación, y específicamente el NDVI se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{\rho_{IRC}(x, y) - \rho_R(x, y)}{\rho_{IRC}(x, y) + \rho_R(x, y)}$$

Dónde:

$\rho_R$  : Reflectancia en la banda del rojo.

$\rho_{IRC}$  **PIRC** : Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

<sup>3</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/QuickBird>

En el análisis píxel a píxel, los valores del NDVI varían entre -1 y 1. En términos prácticos, se considera que valores sobre 0,1 podrían considerarse como vegetación (Chuvieco, 2002). Sin embargo, este valor es meramente referencial, por cuanto depende directamente a la influencia del suelo de fondo, el cual depende principalmente de la arquitectura del dosel, cobertura vegetal, estado fenológico y estado fitosanitario (Aguilar *et al.*, 2010; Chuvieco, 2002).

En líneas generales, el NDVI se considera un buen estimador de la biomasa, usándose constantemente en la evaluación del contenido de clorofila en la hoja, contenido de humedad en la hoja, productividad neta de la vegetación e índices de área foliar fenología y la cobertura de la vegetación, entre otras (SMA, 2020, Soto *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2018; Wilson y Norman, 2018, Meneses-Tovar, 2011, Aguilar *et al.*, 2010, Chuvieco, 2002).

Es así como en estudios de cobertura de la vegetación se han identificado altas correlaciones entre el valor NDVI y el porcentaje de cubierta verde, lo que resulta lógico dado que ambas variables se vinculan a través de los mecanismos típicos de las plantas (Chuvieco, 2002). Esta afirmación es ratificada en el estudio “Dinámica de la biota terrestre y acuática en el Borde Este del Salar de Atacama” (Geobiota, 2021) donde se encontró que la correlación ( $R^2$ ) entre la cobertura vegetal medida en terreno a través de transectos lineales y los valores NDVI de la serie Landsat N2, alcanza valores entre los 0,7 y 0,87, lo que evidencia la estrecha relación entre la cobertura vegetal y los valores de NDVI.

#### 4.2.5 Segmentación, clasificación y atribución de la vegetación

Con el objeto de identificar eventuales cambios en las coberturas vegetacionales, en una primera etapa se identificaron las unidades vegetacionales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama mediante la imagen satelital. Para estos fines se realizó una segmentación de toda el área de estudio, cuyo proceso consiste en la identificación de unidades homogéneas a partir de criterios de similitud de colores, tonos y texturas de la imagen satelital y del NDVI del periodo de análisis. Mientras que, la clasificación de la vegetación se realizó en base a la información colectada en terreno, la que permitió definir la formación, tipos, especies dominantes y cobertura vegetal. Para estos fines, la RCA contempla el monitoreo de 99 unidades vegetacionales, de manera complementaria, para la elaboración del mapa se incorporaron las descripciones vegetacionales que se realizan en el contexto del monitoreo en zona de conexión vegetación – acuífero (RCA 226/2206), correspondiente a 19 evaluaciones de la vegetación en terreno (sección 2), contabilizando un total de 118 descripciones vegetacionales.

En una etapa posterior, la información vegetal definida a partir de las descripciones de terreno fue generalizada hacia las unidades vegetacionales no cubiertas por el muestreo, utilizando como criterio las similitudes en cuanto a color, grano y textura de las unidades vegetacionales identificadas sobre la imagen satelital. Como resultado de esta etapa, se obtuvo un Mapa de la Vegetación del Borde Este de Salar de Atacama a una escala 1:50.000, con una unidad mínima cartografiada de superficie de 5 ha. Se entenderá por unidad mínima cartografiada, a la unidad espacial de menor superficie que podrá ser representada e identificada adecuadamente en un mapa.

El Mapa de vegetación se presenta en el Anexo 2, el cual evidencia la distribución y representatividad de cada una de las formaciones y tipos vegetacionales, desagregados en las categorías de coberturas presentes

en el Borde Este, permitiendo la caracterización ambiental y la evaluación de cambios de las formaciones vegetacionales presentes.

#### 4.2.5.1 Mosaicos de vegetación

Al interior del área de estudio existen formaciones vegetacionales que se presentan en forma de parches discontinuos y que individualmente pueden cubrir una pequeña superficie. Estos parches de vegetación, conforme a la escala de trabajo y unidad mínima cartografiable definida para este estudio, no podrían ser representados en el Mapa de Vegetación. A fin de lograr una adecuada representación cartográfica de estas formaciones y dar cuenta de la particular condición ecológica en que se desarrollan, dichos parches de vegetación fueron integrados en unidades vegetacionales homogéneas de mayor tamaño, las que fueron designadas como mosaicos vegetacionales, en donde la vegetación presente se inserta en una matriz de suelo desnudo (Figura 4-3).

Figura 4-3. Vegetación en mosaico y su representación cartográfica. Ejemplo de pradera de *Distichlis spicata*



#### 4.2.6 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información en terreno, se utilizaron formularios electrónicos mediante el uso de Tablet, cámaras fotográficas, GPS marca Garmin modelo MAP62, además, para la elaboración de la cartografía se utilizaron imágenes del satélite Geoeye-1.

Tal como lo establece la RCA 226/2006, y como se ha mencionado anteriormente, para la elaboración del mapa de vegetación se utilizó una imagen de alta resolución, capturada el 7 de abril del 2022 a partir del satélite Geoeye-1. Estas imágenes están compuestas por una escena multiespectral que posee una resolución espacial de 2 metros y una resolución espectral de 4 bandas, distribuidas en el rango del azul (450 – 510 nm), verde (510 – 580 nm), rojo (630 – 680 nm) e infrarrojo cercano (770 – 895 nm).

#### 4.2.7 Fechas de muestreo de cada parámetro

El muestreo de la vegetación en los 99 puntos de monitoreo en el Borde Este del Salar de Atacama establecidos en la RCA 226/2006 se realizaron las fechas indicadas en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7. Fechas de muestreo vegetación.

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Vegetación	Borde Este	04 al 13 de abril de 2022 19 al 28 de abril de 2022 19 al 20 de mayo de 2022

Cabe destacar que la campaña 2022 fue planificada en dos terrenos debido a las indicaciones de acceso a los sectores Soncor y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos, establecidas en el Protocolo de ingreso CONAF y la Comunidad Atacameña de Toconao (CAT). Donde se indica el ingreso cuatro veces al mes en un máximo de dos días por semana. Lo que imposibilita la realización de todo el monitoreo en una sola campaña de terreno.

Del mismo modo, el ingreso al territorio de la comunidad de Peine fue otorgado entre los días 9 y 12 de abril, tiempo que no permitió terminar la totalidad de puntos de monitoreo, por lo que se solicitó ingreso a este sector para el día 24 de abril, coincidiendo con la segunda campaña del PSAB.

Adicionalmente, se realizó una campaña complementaria, realizada entre los días 19 y 20 de mayo donde se visitaron cinco unidades de vegetación pendientes de monitoreo de las dos campañas anteriores; las que no pudieron ser visitadas en los terrenos previos dada la priorización del monitoreo de las zonas con restricciones.

## 4.3 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

### 4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

En la Tabla 4-8 se presenta las coordenadas de los puntos de monitoreo de evaluación fijos en el tiempo, donde se presume que ocurre la conexión entre las raíces de la vegetación y la napa de agua subterránea. La distribución de estos puntos de monitoreo se expone en la Figura 4-4.

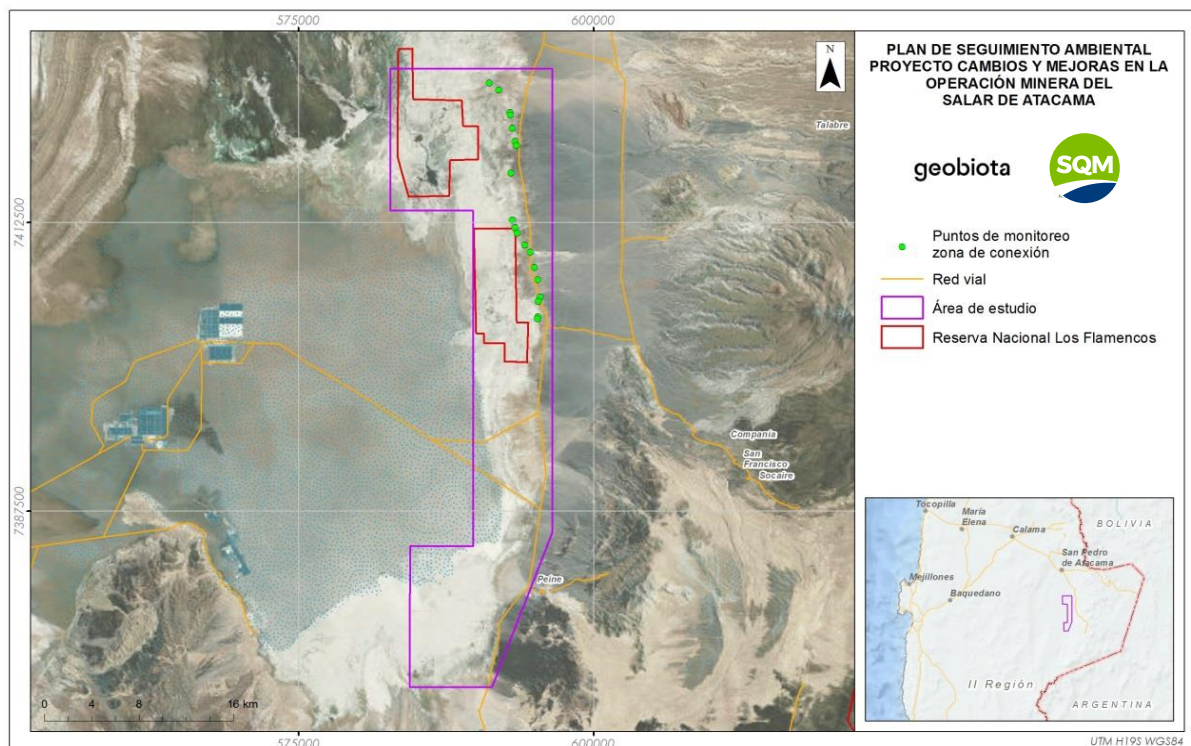
Tabla 4-8 Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, 19 S).

Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte
VA-01	591.179	7.424.641	VA-11	593.540	7.411.577
VA-02	591.956	7.423.997	VA-12	594.171	7.410.567
VA-03	592.911	7.422.070	VA-13	594.613	7.409.968
VA-04	592.942	7.421.834	VA-14	594.974	7.408.612
VA-05	593.100	7.420.694	VA-15	595.268	7.407.541
VA-06	593.347	7.419.542	VA-16	595.477	7.406.063
VA-07	593.455	7.419.201	VA-17	595.328	7.405.678
VA-08	592.981	7.416.814	VA-18	595.259	7.404.365

Tabla 4-8 Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, 19 S).

Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte
VA-09	593.098	7.412.731	VA-19	595.253	7.404.179
VA-10	593.316	7.412.085	-	-	-

Figura 4-4. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero



### 4.3.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Las mediciones para caracterizar el estado y evolución de las variables han sido establecidas de acuerdo con lo expuesto en la RCA 226/2006, en las que se incluye las especies dominantes, cobertura vegetal, porcentaje de copa verde y el estado vital. De forma complementaria a las exigencias de la RCA, se agrega la fenología a las variables a medir.

### 4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

La metodología utilizada para el monitoreo de las formaciones vegetacionales que se desarrollan en la Zona de Conexión vegetación-acuífero del Salar de Atacama corresponde a la Carta de Ocupación de Tierras (COT). Tal como se mencionó en la sección 4.2.3. corresponde a un método cartográfico que permite caracterizar

la vegetación presente en un área determinada, estimando las formaciones vegetales, tipos vegetacionales y su cobertura.

Las 19 descripciones de terreno contempladas en este monitoreo registran los tipos biológicos presentes en la unidad cartográfica, estimando en forma visual su cobertura, la estratificación en término de altura y las especies dominantes.

Para efectos del análisis del monitoreo de la vegetación en la zona de conexión, se consideró como especie dominante a todas las taxas que cuenten con una cobertura igual o superior al 5% dentro de la unidad homogénea. Por otra parte, las especies acompañantes, se miden por tener una cobertura inferior al 5% dentro de la unidad homogénea. Mientras que, las categorías y rangos de cobertura de las formaciones vegetacionales se presentan en la Tabla 4-9.

**Tabla 4-9. Rangos de cobertura utilizados en las descripciones vegetacionales**

Coberturas	Rangos de cobertura (%)	Código
Densa	75-100	6
Semidensa	50-75	5
Abierta	25-50	4
Muy abierta	10-25	3
Rala	5-10	2
Muy rala	<5	1

Las categorías y criterios para la evaluación del estado vital en cada punto de muestreo se indican en la Tabla 4-10, siguiendo lo indicado en la RCA 226/2006.

**Tabla 4-10. Criterios utilizados para clasificar estado vital de las plantas.**

Código	Categoría	Descripción
0	Seco	No presenta follaje verde ni estructuras reproductivas de ningún tipo.
1	Muy débil	Presenta escaso follaje verde, sin producción de frutos. Se observa signos de ataque de patógenos.
2	Débil	Aun cuando presenta follaje verde puede observarse signos leves de ataques de patógenos. No obstante, es capaz de producir algunos frutos.
3	Normal	Presenta gran parte de su follaje verde y producción de frutos. Sin signos de patógenos
4	Excepcionalmente vigoroso	Presentan abundancia de follaje y estructuras reproductivas.

El follaje verde (copa viva) corresponde a la proporción de la planta capaz de realizar actividad fotosintética. La pérdida parcial o completa del follaje, en forma sincrónica y fuera de estación, es un fenómeno conocido como “muerte regresiva” (Le Quesne, 2002). Su ocurrencia se asocia a la intervención de un agente abiótico (Ej. disponibilidad de agua), un agente biótico (patógeno) o al efecto combinado de ambos (Ej. el estrés hídrico predispone a las plantas a sufrir ataques de insectos u hongos). Las categorías de porcentaje de copa vivan utilizadas se indican a continuación:

Tabla 4-11. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas.

Código	Porcentaje de copa viva
0	0%
1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%

En forma complementaria a lo establecido en la RCA 226/2006, se consideró el registro del estado fenológico de las especies que constituyen la formación, de acuerdo con las categorías que se presentan en la Tabla 4-6. La fenología se refiere a los fenómenos de aparición de tallos y hojas, floración y producción de frutos y semillas. Su ocurrencia guarda relación con las condiciones ambientales y estado vital de la planta.

Tabla 4-12. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.

Código	Estado fenológico
1	Senescente
2	Crecimiento vegetativo
3	Floración
4	Fructificación

### 4.3.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información en terreno se utilizaron formularios electrónicos mediante el uso de Tablet, cámaras fotográficas y GPS marca Garmin modelo MAP62.

### 4.3.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Para esta variable, la RCA 226/2006 establece una visita en terreno en enero y abril. El detalle de las fechas de terreno son las siguientes:

Tabla 4-13. Fechas de monitoreo de la vegetación.

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Vegetación	Zona de conexión vegetación-acuífero (enero)	17 al 29 de enero de 2022
	Zona de conexión vegetación-acuífero (abril)	04 al 13 de abril de 2022 19 al 28 de abril de 2022

## 4.4 Monitoreo de la flora vascular

### 4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El monitoreo de flora consiste en un conjunto de siete transectos orientados en sentido Este-Oeste, en los que se dispone un total de 75 puntos de muestreo fijos en el tiempo, ubicados sistemáticamente cada 300



m, sobre cada transecto. La ubicación de los puntos de muestreo fue definida en la RCA 226/2006, la cual se especifica en la Tabla 4-14.

La Figura 4-5 presenta la distribución de los siete transectos de flora en el área de estudio.

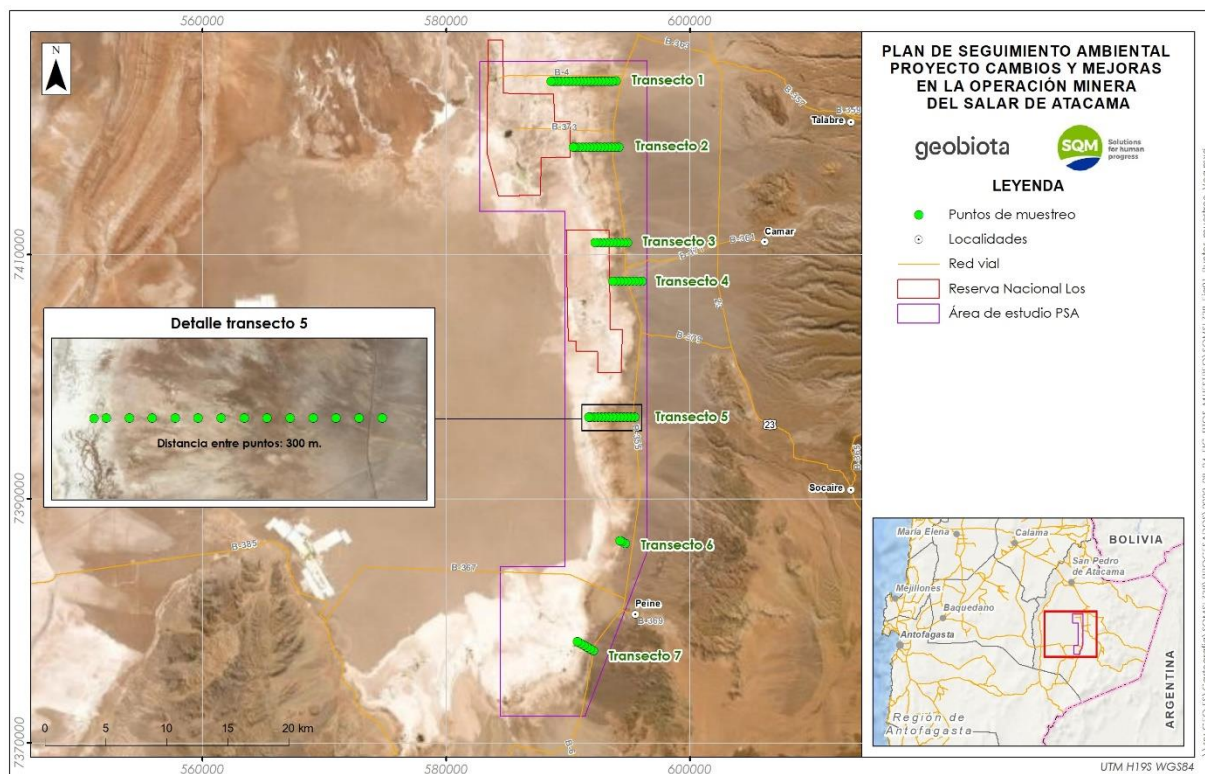
Tabla 4-14. Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
TF-1-01	593.950	7.424.205	TF-2-07	592.388	7.418.785	TF-4-08	593.973	7.407.801
TF-1-02	593.660	7.424.201	TF-2-08	592.088	7.418.785	TF-4-FIN	593.673	7.407.801
TF-1-03	593.358	7.424.201	TF-2-09	591.788	7.418.784	TF-5-01	595.468	7.396.646
TF-1-04	593.058	7.424.201	TF-2-10	591.488	7.418.784	TF-5-02	595.168	7.396.645
TF-1-05	592.758	7.424.201	TF-2-11	591.188	7.418.784	TF-5-03	594.868	7.396.645
TF-1-06	592.458	7.424.201	TF-2-12	590.888	7.418.784	TF-5-04	594.568	7.396.645
TF-1-07	592.158	7.424.201	TF-2-13	590.588	7.418.784	TF-5-05	594.268	7.396.645
TF-1-08	591.858	7.424.201	TF-2-FIN	590.447	7.418.766	TF-5-06	593.968	7.396.645
TF-1-09	591.558	7.424.201	TF-3-01	594.879	7.410.951	TF-5-07	593.668	7.396.644
TF-1-10	591.258	7.424.200	TF-3-02	594.579	7.410.951	TF-5-08	593.367	7.396.644
TF-1-11	590.958	7.424.200	TF-3-03	594.279	7.410.951	TF-5-09	593.067	7.396.644
TF-1-12	590.658	7.424.200	TF-3-04	593.979	7.410.951	TF-5-10	592.767	7.396.644
TF-1-13	590.358	7.424.200	TF-3-05	593.679	7.410.951	TF-5-11	592.467	7.396.644
TF-1-14	590.058	7.424.200	TF-3-06	593.379	7.410.951	TF-5-12	592.167	7.396.644
TF-1-15	589.758	7.424.200	TF-3-07	593.079	7.410.951	TF-5-13	591.867	7.396.644
TF-1-16	589.458	7.424.200	TF-3-08	592.779	7.410.950	TF-5-FIN	591.707	7.396.639
TF-1-17	589.158	7.424.199	TF-3-09	592.479	7.410.950	TF-6-01	594.689	7.386.303
TF-1-18	588.858	7.424.199	TF-3-FIN	592.235	7.410.963	TF-6-02	594.429	7.386.453
TF-1-FIN	588.617	7.424.200	TF-4-01	596.073	7.407.802	TF-6-FIN	594.283	7.386.540
TF-2-01	594.188	7.418.785	TF-4-02	595.773	7.407.802	TF-7-01	592.086	7.377.526
TF-2-02	593.888	7.418.785	TF-4-03	595.473	7.407.802	TF-7-02	591.826	7.377.676
TF-2-03	593.588	7.418.785	TF-4-04	595.173	7.407.801	TF-7-03	591.566	7.377.826
TF-2-04	593.288	7.418.785	TF-4-05	594.873	7.407.801	TF-7-04	591.306	7.377.975
TF-2-05	592.988	7.418.785	TF-4-06	594.573	7.407.801	TF-7-05	591.046	7.378.125
TF-2-06	592.688	7.418.785	TF-4-07	594.273	7.407.801	TF-7-FIN	590.786	7.378.275

Las coordenadas de la tabla corresponden a una conversión de PSAD56 a WGS84 de los puntos señalados en la Tabla 14 de la RCA N° 226/2006, a objeto de dar cumplimiento con los estándares establecidos en los informes de Seguimiento ambiental según la Res. Ex. N° 223/2015 SMA, que dicta instrucciones sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental.

TF:N° de transecto; N°: de punto de muestreo.

Figura 4-5. Ubicación de los transectos de flora en el área de estudio.



#### 4.4.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Para la caracterización del estado y evolución de la flora del Borde Este del Salar de Atacama, la RCA 226/2006 estableció el registro de la riqueza florística y la medición de la frecuencia de especies presentes (Abundancia). Además, se efectúa una caracterización del sustrato, a través de una descripción del suelo y mediciones de salinidad y pH.

#### 4.4.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

El monitoreo de flora considera en cada punto de muestreo, el registro de las especies de flora vascular y su cobertura, de acuerdo con la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1979). Esto permite construir el catálogo de riqueza florística, determinar la frecuencia y evaluar su variación en el tiempo.

Por otra parte, en cada punto de muestreo también se extrae una muestra de suelo para efectuar análisis de pH y conductividad eléctrica, permitiendo evaluar el sustrato en el cual se desarrollan las plantas.

Cada punto de muestreo corresponde a un conglomerado compuesto por cinco parcelas de 4 m<sup>2</sup>, determinando un total de 375 parcelas. Las parcelas se encuentran separadas entre sí por una distancia de 10 m y

dispuestas en forma de “X”. La disposición de los puntos de muestreo permite capturar la variación de la riqueza de especies y su cobertura.

Cabe señalar que, adicionalmente, se registran las especies vegetales observadas fuera del área de muestreo, con el objetivo de conformar un catálogo florístico para toda el área de estudio, tal como lo establece la RCA 226/2006. Sin embargo, al ser registros fuera del área de monitoreo y de manera eventual, no se registra su cobertura.

Ejemplares de especies vegetales que no son reconocidos en terreno son colectados, prensados y herborizados para su posterior identificación en gabinete. La determinación taxonómica de las especies colectadas se realiza en base a bibliografía especializada por la especialista botánica Sra. María Teresa Serra V.

La nomenclatura taxonómica utilizada para la denominación de los taxa registrados, al igual que la caracterización por origen geográfico, hábito de crecimiento y distribución en Chile continental, siguen principalmente al “Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur” (Zuloaga *et al.*, 2008) en su versión en línea (<http://www.darwin.edu.ar/>) y el “Catálogo de las plantas vasculares de Chile” (Rodríguez *et al.*, 2018).

La caracterización del sustrato, a su vez, está asociada a puntos de muestreo en la parcela central. Se realizó la extracción de muestras de suelo por parte de la empresa Algoritmos SpA, autorizada como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) para la toma de muestras de suelo<sup>4</sup>. Las muestras son representativas de la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial). Se realizaron tres perforaciones por punto de muestreo y se tomó una muestra a 45 cm de profundidad en cada una. El tamaño de cada muestra es de 500 gramos aproximadamente (Figura 4-6).

Figura 4-6. Ejemplo de toma de muestras de suelo de la empresa Algoritmos SPA

TF-2-01  
Ubicación WGS84 H19S  
589.192 - 7.418.783



Fuente: Algoritmos Spa.

<sup>4</sup> Código ETFA 015-01, código alcance 27452.

Las muestras de suelo colectadas en terreno fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticas y debidamente rotuladas, para luego ser enviadas para su análisis a la ETFA ALS Life Sciences Chile<sup>5</sup>. Esta institución utiliza el procedimiento basado en Soil and Land Survey Handbook (1992), Method 3A (pH) y Method 4A (conductividad).

De manera complementaria, también se enviaron las muestras al Laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Agroanálisis UC). Este Laboratorio utiliza los métodos expuestos en el documento técnico “Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos de Chile”, publicado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el año 2006 y preparado por la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Es importante señalar que, el Laboratorio Agroanálisis UC corresponde a la entidad que ha ejecutado el análisis de pH y la conductividad eléctrica del suelo desde el año 2012 y se ha optado por mantener este laboratorio, para dar continuidad al análisis histórico de la variable, dado que son datos comparables metodológicamente, permitiendo mantener la trazabilidad histórica del monitoreo.

#### 4.4.3.1 Protocolo de evaluación de tendencias

En el marco de los monitoreos realizados en el Borde Este del Salar de Atacama, desde el año 2012 en adelante, se observó un cambio del comportamiento del pH y salinidad de los suelos, medidas como Conductividad Eléctrica.

Lo anterior implicó que, la SMA formuló cargos a SQM Salar S.A a través de Res. Ex. N° 1/RoI F-041-2016, indicando “*la falta de análisis en consideración a que se constató la afectación significativa de las variables de pH y salinidad*” (Cargo N° 5).

Basado en lo anterior, y en consideración de la falta de una metodología estandarizada que permita identificar oportunamente la ocurrencia de variaciones temporales de los distintos parámetros monitoreados, el Programa de Cumplimiento de SQM comprometió:

- Implementar un protocolo para el análisis de tendencia de las variables ambientales de vegetación y/o variables microambientales”, con el objeto de asegurar la revisión de posibles tendencias en las variables flora, pH y salinidad (conductividad eléctrica).
- En los informes de seguimiento se aplicará un factor de estandarización propuesto en el Apéndice 5.3 del Programa de Cumplimiento, el cual se encuentra en el Anexo 4.2 de este Informe.

El “Protocolo para el análisis de tendencias de variables ambientales” fue entregado en el contexto del programa de cumplimiento que ha sido propuesto por SQM Salar S.A. en el procedimiento F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente<sup>6</sup> y se encuentra adjunto en el Anexo 4.2 de este informe.

En Protocolo de tendencias es un procedimiento metodológico para la evaluación anual e histórica de los monitoreos de pH, salinidad y flora, para lo cual se establecieron una serie de análisis estadístico que pretenden:

---

<sup>5</sup> Código ETFA 029-02, código alcance 5318 (conductividad) y 5319 (pH).

<sup>6</sup> Reporte N° 1, cargado en el Sistema de Seguimiento de Programas de Cumplimiento-SPDC, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

- Comparar los resultados obtenidos en la presente campaña, con los resultados históricos de estas variables
- El estudio de las variables a través del tiempo hasta la actualidad

Tal como lo indica el Programa de Cumplimiento aprobado por la SMA, el protocolo de tendencia se aplicó considerando los factores de estandarización de pH y conductividad, los que se presentaron en el estudio: “Análisis de metodologías de monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH”, el cual se encuentra en el Anexo 4.2, junto al protocolo de tendencias.

#### 4.4.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información se utilizaron formularios digitales disponibles en una Tablet, cámaras fotográficas y GPS marca Garmin modelo MAP62.

Para la extracción de las muestras de suelo se utilizó un barreno a motor de 2 tiempos, pala de plástico, flexómetro, guantes de látex, bolsas con cierre hermético para almacenar la muestra y etiquetas para la rotulación de las muestras.

#### 4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

El muestreo de la flora y suelo se llevó a cabo en las siguientes fechas:

Tabla 4-15. Fechas de muestreo Flora

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Flora	Borde Este	05 al 12 de abril de 2022 19 al 28 de abril de 2022
Suelo	Borde Este	24 al 28 de abril de 2022

### 4.5 Monitoreo de Algarrobos

#### 4.5.1 Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2

##### 4.5.1.1 Ubicación de los ejemplares de monitoreo

El monitoreo de algarrobos (*Prosopis alba*<sup>7</sup>) se realiza sobre 71 ejemplares fijos en el tiempo, correspondientes a los presentados en la Figura I.5.3 y el Anexo V.IV, de la Adenda III del EIA. Para efectos del monitoreo,

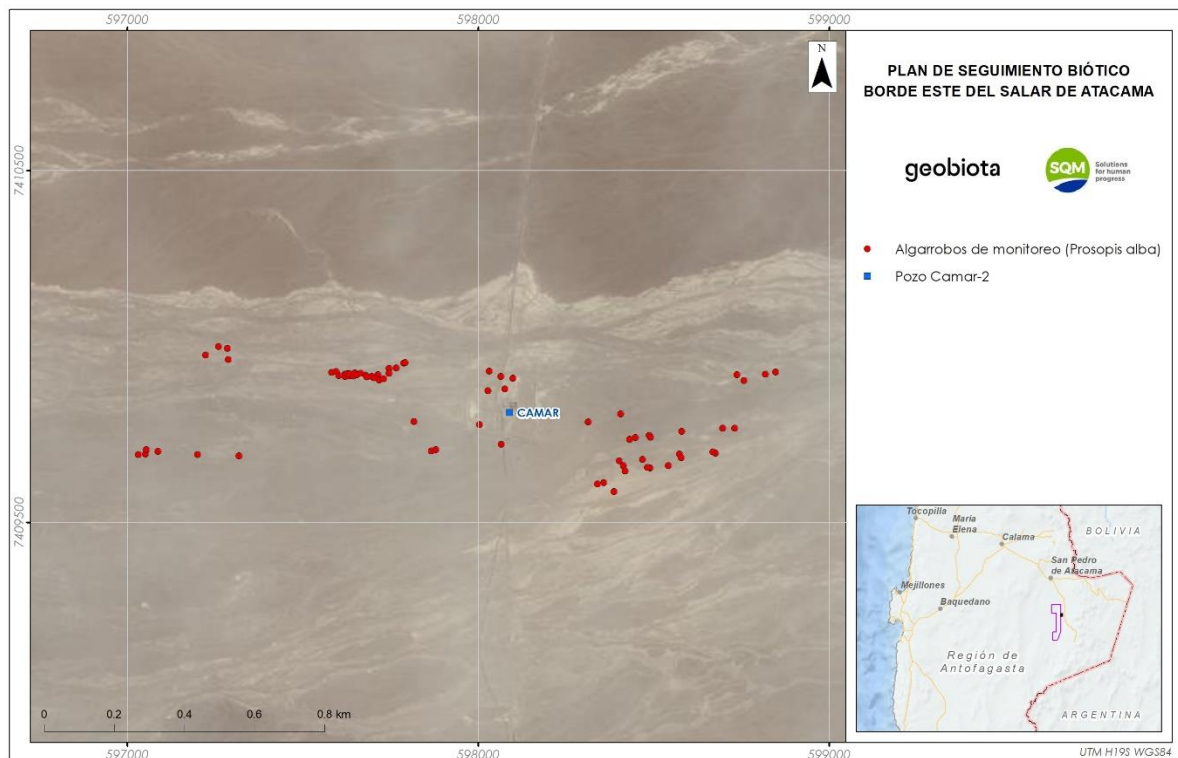
<sup>7</sup> El “Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Prosopis sp.*, sector quebrada Camar, provincia de El Loa, Región de Antofagasta” (2018), estableció que los ejemplares de *Prosopis* ubicados en el lecho aluvional del piedemonte de la quebrada Camar corresponden en su totalidad a *Prosopis alba*. Esta especie está actualmente clasificada como Preocupación Menor (LC), según el D.S. N° 13/2013 del MMA. En el EIA Cambios y mejoras esta especie se había identificado como *Prosopis flexuosa*, especie clasificada como Vulnerable (VU), según el D.S. N° 13/2013 MMA.

cada ejemplar ha sido rotulado con un código identificador, los que se indican en la Tabla 4-16, mientras que su distribución espacial en el área se presenta en la Figura 4-7.

Tabla 4-16. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-01	598.100	7.409.909	A-25	597.655	7.409.919	A-49	598.579	7.409.683
A-02	598.065	7.409.914	A-26	597.665	7.409.923	A-50	598.543	7.409.660
A-03	598.032	7.409.929	A-27	597.679	7.409.918	A-51	598.491	7.409.653
A-04	598.066	7.409.720	A-28	597.683	7.409.912	A-52	598.483	7.409.654
A-05	598.004	7.409.777	A-29	597.747	7.409.936	A-53	598.414	7.409.660
A-06	597.867	7.409.701	A-30	597.788	7.409.952	A-54	598.419	7.409.645
A-07	597.031	7.409.692	A-31	597.792	7.409.953	A-55	598.388	7.409.586
A-08	597.052	7.409.693	A-32	598.738	7.409.919	A-56	598.359	7.409.612
A-09	597.055	7.409.705	A-33	598.759	7.409.902	A-57	598.341	7.409.607
A-10	597.087	7.409.700	A-34	598.819	7.409.920	A-58	598.407	7.409.807
A-11	597.201	7.409.691	A-35	598.848	7.409.926	A-59	597.880	7.409.705
A-12	597.223	7.409.975	A-36	598.732	7.409.766	A-60	597.318	7.409.687
A-13	597.288	7.409.962	A-37	598.698	7.409.766	A-61	597.595	7.409.927
A-14	597.286	7.409.993	A-38	598.677	7.409.695	A-62	597.697	7.409.914
A-15	597.260	7.409.999	A-39	598.670	7.409.699	A-63	597.715	7.409.919
A-16	597.582	7.409.925	A-40	598.574	7.409.693	A-64	597.703	7.409.910
A-17	597.603	7.409.916	A-41	598.469	7.409.677	A-65	597.718	7.409.904
A-18	597.621	7.409.920	A-42	598.403	7.409.674	A-66	597.731	7.409.907
A-19	597.621	7.409.913	A-43	598.432	7.409.734	A-67	597.746	7.409.922
A-20	597.627	7.409.921	A-44	598.449	7.409.740	A-68	597.767	7.409.938
A-21	597.632	7.409.915	A-45	598.488	7.409.746	A-69	598.076	7.409.878
A-22	597.634	7.409.921	A-46	598.492	7.409.741	A-70	598.028	7.409.873
A-23	597.645	7.409.915	A-47	598.581	7.409.758	A-71	597.817	7.409.786
A-24	597.649	7.409.924	A-48	598.314	7.409.784	-	-	-

Figura 4-7. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados.



#### 4.5.1.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

El monitoreo de los individuos de Algarrobo ubicados en el sector del Pozo Camar 2 según la RCA 226/2006, considera la evaluación anual de la vitalidad de los 71 ejemplares y la estimación del porcentaje de copa viva. Cada medición se complementó con un completo registro fotográfico de los ejemplares de algarrobo de manera individual (ver Anexo 5.1) y con mediciones de daño causado por agentes externos y fenología, esto última adicional a lo establecido en la RCA del Proyecto.

#### 4.5.1.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

Para el monitoreo de los ejemplares de Algarrobo, la RCA 226/2006 contempla la evaluación en terreno de la vitalidad y el porcentaje de copa viva (follaje). En forma complementaria a lo establecido en la RCA 226/2006, y como parte de la Acción 24 del PdC, desde el inicio de los monitoreos se ha evaluado el estado fenológico de los ejemplares y desde abril 2017, se registra el nivel de daño causado por agentes externos sobre cada individuo. En complemento y con la finalidad de mitigar la afectación de la población de Algarrobos, desde diciembre de 2021, se realiza toma de datos como variables nuevas, asociadas a la Acción 23 y detalladas en la Tabla 2-1. Cada una de estas variables de monitoreo se detallan a continuación:

### Vitalidad

De acuerdo con lo establecido en la RCA 226/2006, se registra la vitalidad sobre cada ejemplar de algarrobo. La vitalidad es una forma de evaluación del estado sanitario general de los individuos, cuyas categorías de evaluación se presentan en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.

Código	Categoría	Descripción
0	Seco	No presenta follaje verde ni estructuras reproductivas de ningún tipo.
1	Muy débil	Presenta escaso follaje verde, sin producción de frutos. Se observa signos de ataque de patógenos.
2	Débil	Aun cuando presenta follaje verde puede observarse signos leves de ataques de patógenos. No obstante, es capaz de producir algunos frutos.
3	Normal	Presenta gran parte de su follaje verde y producción de frutos. Sin signos de patógenos.
4	Excepcionalmente vigoroso	Presentan abundancia de follaje y estructuras reproductivas.

### Copa viva (follaje verde)

La copa viva (follaje verde) corresponde a la proporción de la planta capaz de realizar actividad fotosintética. La evaluación de esta variable supone que, la pérdida parcial o completa del follaje, en forma sincrónica y fuera de estación, es un fenómeno conocido como “muerte regresiva” (Le Quesne, 2002). Su ocurrencia se asocia a la intervención de un agente abiótico (Ej. disponibilidad de agua), un agente biótico (patógeno) o al efecto combinado de ambos (Ej. el estrés hídrico predispone a las plantas a sufrir ataques de insectos u hongos).

De acuerdo con lo establecido en RCA N° 226/2006, las categorías de porcentaje de copa viva utilizadas se indican a continuación:

Tabla 4-18. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas.

Código	Porcentaje de copa viva
0	0%
1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%

### Fenología

La fenología se refiere a la relación de las manifestaciones temporales periódicas o estacionales de las plantas, tales como la aparición de tallos y hojas, floración y producción de frutos y semillas, con respecto con las condiciones meteorológicas. Las categorías de fenología se presentan en la Tabla 4-19.

Tabla 4-19. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.

Código	Estado fenológico
1	Senescente



Tabla 4-19. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.

Código	Estado fenológico
2	Crecimiento vegetativo
3	Floración
4	Fructificación

Daño por agentes externos.

La prospección del daño por acción de agentes externos es una variable complementaria, incorporada en el año 2017 de acuerdo a las recomendaciones realizadas en el estudio de CRICYT (2018), con el objetivo de identificar individuos afectados por agentes externos, ya sea antrópica o animal en cada temporada de monitoreo. La incorporación de esta variable se basa en las continuas observaciones de daños antrópicos y animal (herbívora), que han dañado en distintos grados a algunos ejemplares de Algarrobo.

Metodológicamente, sobre cada ejemplar se registran evidencias de acciones antrópicas como corta, descepado, extracción de corteza, flores o frutos, entre otros. Así como también daño producido por animales, principalmente ramoneo.

Las categorías utilizadas para la evaluación de daños por agentes externos se presentan en la Tabla 4-20.

Tabla 4-20. Categorías de daño para la evaluación de individuos de algarrobo

Categoría	Daño
Antrópico	Daño producido por acción humana, tales como corta, descepado, extracción de corteza, flores o frutos, para uso artesanal, comercial u forraje para ganado, entre otros.
Animal	Daño producido por acción animal, del tipo ramoneo (producido probablemente por ejemplares de burro silvestre en el Salar de Atacama).
Ambos	Ejemplar observado con ambos tipos de daño (animal y antrópico).
Otro	Ejemplar con signos de daños no atribuible a humanos o animales. Estos pudiesen ser plagas, patógenos o daños estructurales producto de acciones ambientales.

Potencial hídrico y conductancia estomática.

El potencial hídrico se midió en pre-alba (hora de pre-alba 6:50 h) de manera de registrar la capacidad de recuperación hídrica de los árboles durante la noche (Acevedo et al., 1985). Las mediciones se realizaron con una cámara de presión (Scholander et al., 1965) utilizando nitrógeno gaseoso como gas presurizado, en ramillas formadas durante la temporada anterior. Se seleccionaron 2 ramillas por árbol, las que se ubicaron al interior de una bolsa plástica sellada con una capa de papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980). Cada ramilla se cortó, se desarrolló y se introdujo inmediatamente en la cámara de presión para medir su potencial hídrico.

El potencial hídrico en mediodía fue medido para registrar el estado hídrico al momento de mayor demanda de vapor de agua por parte de la atmósfera, debido a la alta radiación y mayor déficit de presión de vapor. Previo a la medición, se eligieron dos ramillas y se envolvieron en bolsas plásticas con papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980) durante 1 hora aproximadamente, para equilibrar el potencial hídrico foliar y xilemático.

Posteriormente se midió el potencial hídrico entre las 12:00 y 14:00 horas, de la misma forma que se describió para la medición de pre-alba.

La transpiración corresponde al flujo de vapor de agua, desde las plantas hacia la atmósfera. Este flujo de vapor de agua ocurre desde los espacios intercelulares de la cavidad subestomática, moviéndose por difusión, a través de los estomas, hacia la atmósfera. Los estomas son poros que están en la cara abaxial de las hojas de algarrobo, cuya apertura responde a condiciones ambientales. La conductancia estomática es un indicador de la apertura de estos, y determina la facilidad con que las hojas transpiran. Si los estomas se cierran, la conductancia estomática disminuirá y el flujo de vapor de agua se reducirá.

La conductancia estomática (gs) es el principal factor limitante para la fotosíntesis y es sensible al estado del agua en la planta. Evaluar con precisión el comportamiento de la conductancia estomática, sobre todo en individuos bajo estrés por déficit de agua, en zonas desérticas o xerofíticas, es esencial para entender el flujo del agua en las especies y serían un indicador de su producción y biomasa. (Doudou Li et al., 2022).

Para su medición se usa un porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01 mide la conductancia estomática de las hojas. Los estomas son pequeños poros ubicados en la parte superior e inferior de una hoja y son los responsables de absorber y expulsar CO<sub>2</sub> y humedad. La conductancia estomática es la velocidad de paso de CO<sub>2</sub> o vapor de agua a través de los estomas y es una función de la densidad, tamaño y grado de apertura de los estomas. El porómetro calibra cada día antes de las mediciones, respecto de las condiciones ambientales presentes en ese momento. Las mediciones se realizan entre las horas de máxima apertura estomática, entre 8:30 y 10:00 horas, en hojas adultas y sanas de exposición Este.

#### 4.5.1.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información se utilizaron formularios electrónicos mediante el uso de Tablet, cámaras fotográficas y GPS marca Garmin modelo MAP62.

#### 4.5.1.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Para esta variable, la RCA N° 226/2006 establece una visita en terreno en el mes de abril:

Tabla 4-21. Fechas de monitoreo de ejemplares de Algarrobo.

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Vitalidad de Algarrobos	Zona aluvial de la quebrada de Camar	20 al 23 de abril de 2022
Daño antrópico y animal	Población de Algarrobos Quebrada de Camar	20 al 23 de abril de 2022
Potencial hídrico y conductancia estomática	Población de Algarrobos Quebrada de Camar	Abril de 2022

## 4.5.2 Fisiología de Algarrobos

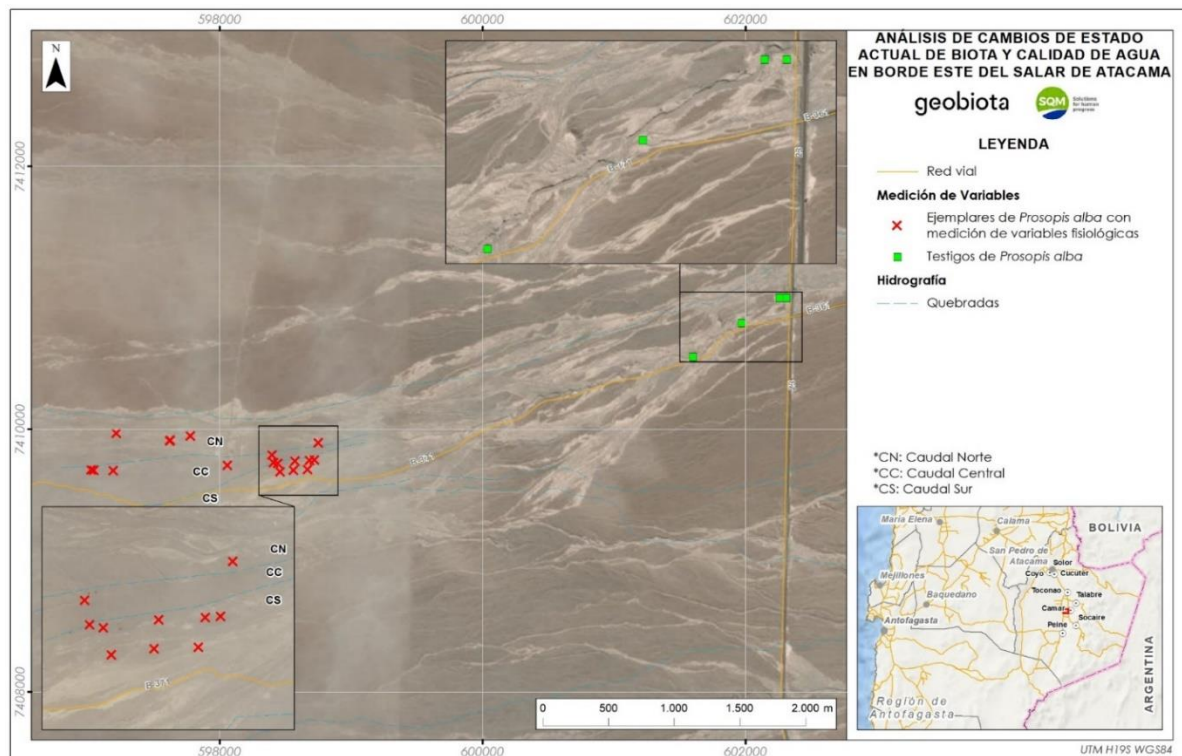
Se realizaron mediciones del estado hídrico en ejemplares de algarrobo ubicados en las proximidades del pozo Camar-2 de la empresa SQM Salar S.A., en el Salar de Atacama, específicamente en la Quebrada de

Camar. Los árboles del Área de Estudio se encuentran a menos de 1,1 km del pozo Camar-2, y se consideró un grupo de 18 árboles. Estos árboles están distribuidos en el cauce norte y centro-sur de la quebrada Camar, como se indican en la Tabla 4-22. Las mediciones fueron realizadas entre los días 26 y 28 de abril de 2022. Cabe destacar, que también se considera un grupo de ejemplares, constituido por cuatro individuos, los cuales corresponden a estaciones testigos (Figura 4-8).

Tabla 4-22. Ubicación de los árboles y su ubicación respecto del cauce (coordenadas fueron tomadas en el sistema de coordenadas geográfico mundial WGS84).

Grupo	Árbol	Coordenada Este	Coordenada Norte	Cauce
Área de Estudio	A04	598063	7409715	Centro-Sur
	A07	597028	7409687	Centro-Sur
	A08	597049	7409688	Centro-Sur
	A11	597198	7409686	Centro-Sur
	A12	597220	7409970	Norte
	A21	597629	7409910	Norte
	A22	597631	7409916	Norte
	A30	597785	7409947	Norte
	A33	598756	7409897	Norte
	A36	598729	7409760	Centro-Sur
	A37	598695	7409761	Centro-Sur
	A38	598674	7409690	Centro-Sur
	A40	598571	7409688	Centro-Sur
	A41	598466	7409672	Centro-Sur
	A43	598429	7409729	Centro-Sur
	A44	598446	7409735	Centro-Sur
	A47	598578	7409753	Centro-Sur
	A58	598404	7409802	Centro-Sur
Fuera del área de estudio	B11	601603	7410548	Testigo
	B17	601972	7410806	Testigo
	B20	602261	7410998	Testigo
	B21	602313	7410998	Testigo

Figura 4-8. Ubicación puntos de medición variables fisiológicas.



#### 4.5.2.1 Equipos disponibles

Variable	Materiales y/o equipos
Potencial hídrico de ramilla	Cámara de presión tipo Scholander. No requiere de calibración.
Conductancia estomática	Porómetro Meter SC-1. Certificado de calibración (Apéndice 1).

#### 4.5.2.2 Medición del estado hídrico de las plantas

Potencial hídrico en pre-alba y mediodía

El potencial hídrico se midió en pre-alba (hora de pre-alba 6:50 h) de manera de registrar la capacidad de recuperación hídrica de los árboles durante la noche (Acevedo et al., 1985). Las mediciones se realizaron con una cámara de presión (Scholander et al., 1965) utilizando nitrógeno gaseoso como gas presurizado, en ramillas formadas durante la temporada anterior. Se seleccionaron 2 ramillas por árbol, las que se ubicaron al interior de una bolsa plástica sellada con una capa de papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980). Cada ramilla se cortó, se desarrolló y se introdujo inmediatamente en la cámara de presión para medir su potencial hídrico.

El potencial hídrico en mediodía fue medido para registrar el estado hídrico al momento de mayor demanda de vapor de agua por parte de la atmósfera, debido a la alta radiación y mayor déficit de presión de vapor.

Previo a la medición, se eligieron dos ramillas y se envolvieron en bolsas plásticas con papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980) durante 1 hora aproximadamente, para equilibrar el potencial hídrico foliar y xilemático. Posteriormente se midió el potencial hídrico entre las 12:00 y 14:00 horas, de la misma forma que se describió para la medición de pre-alba.

#### Conductancia estomática

La transpiración corresponde al flujo de vapor de agua, desde las plantas hacia la atmósfera. Este flujo de vapor de agua ocurre desde los espacios intercelulares de la cavidad subestomática, moviéndose por difusión, a través de los estomas, hacia la atmósfera. Los estomas son poros que están en la cara abaxial de las hojas de algarrobo, cuya apertura responde a condiciones ambientales. La conductancia estomática es un indicador de la apertura de estos, y determina la facilidad con que las hojas transpiran. Si los estomas se cierran, la conductancia estomática disminuirá y el flujo de vapor de agua se reducirá.

La conductancia estomática (gs) es el principal factor limitante para la fotosíntesis y es sensible al estado del agua en la planta. Evaluar con precisión el comportamiento de la conductancia estomática, sobre todo en individuos bajo estrés por déficit de agua, en zonas desérticas o xerofíticas, es esencial para entender el flujo del agua en las especies y serían un indicador de su producción y biomasa. (Doudou Li et al., 2022).

Para su medición se usa un porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01 mide la conductancia estomática de las hojas. Los estomas son pequeños poros ubicados en la parte superior e inferior de una hoja y son los responsables de absorber y expulsar CO<sub>2</sub> y humedad. La conductancia estomática es la velocidad de paso de CO<sub>2</sub> o vapor de agua a través de los estomas y es una función de la densidad, tamaño y grado de apertura de los estomas. El porómetro calibra cada día antes de las mediciones, respecto de las condiciones ambientales presentes en ese momento. Las mediciones se realizan entre las horas de máxima apertura estomática, entre 8:30 y 10:00 horas, en hojas adultas y sanas de exposición. Este.

#### 4.5.2.3 Análisis estadístico

Las variables se analizaron a través de un análisis de varianza considerando como factor fijo la ubicación respecto del cauce al que pertenece. Cuando no se cumplió con el supuesto de normalidad de la varianza, se transformaron los datos, y en caso de persistir se usó un análisis de varianza no paramétrico.

El modelo del análisis de varianza utilizado fue el siguiente,  $N R^2 R^2 A_j CV$  (Anexo 5.2).

#### 4.5.2.4 Unidad experimental

Se utilizaron dos grupos de muestras,  $N=18$  correspondiente a 18 individuos de Algarrobos *Prosopis alba* (Ibañez, 2019). posicionados en las proximidades del pozo Camar 2 y una muestra de  $N = 4$  correspondientes a 4 individuos de la especie Algarrobo *Prosopis alba* (Ibañez, 2019). posicionados fuera del área de estudio. De la muestra  $N=18$  se diferencias geográficamente los individuos correspondientes a los sectores Cause centro sur y Cauce norte.

Para el análisis del potencial hídrico ( $\Psi_{pa}$ ) pre-alba, se consideró una muestra de 17 individuos  $N=17$ .

Las variables se analizaron a través de un análisis de varianza considerando como factor fijo la ubicación respecto del cauce al que pertenece y una muestra total de  $N=18$  para el análisis de grupos individuales. Se realizó un análisis comparativo, entre grupos en donde la muestra contempla un  $N=22$  Anexo 5.2.

Las distintas variables fueron evaluadas por medio de análisis de varianza utilizando el programa estadístico y cuando se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar una prueba de separación de medias, por medio de la prueba DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves); (Di Rienzo et al., 2011), al 5% de probabilidad de error lo que es igual a un nivel de confianza del 95%.

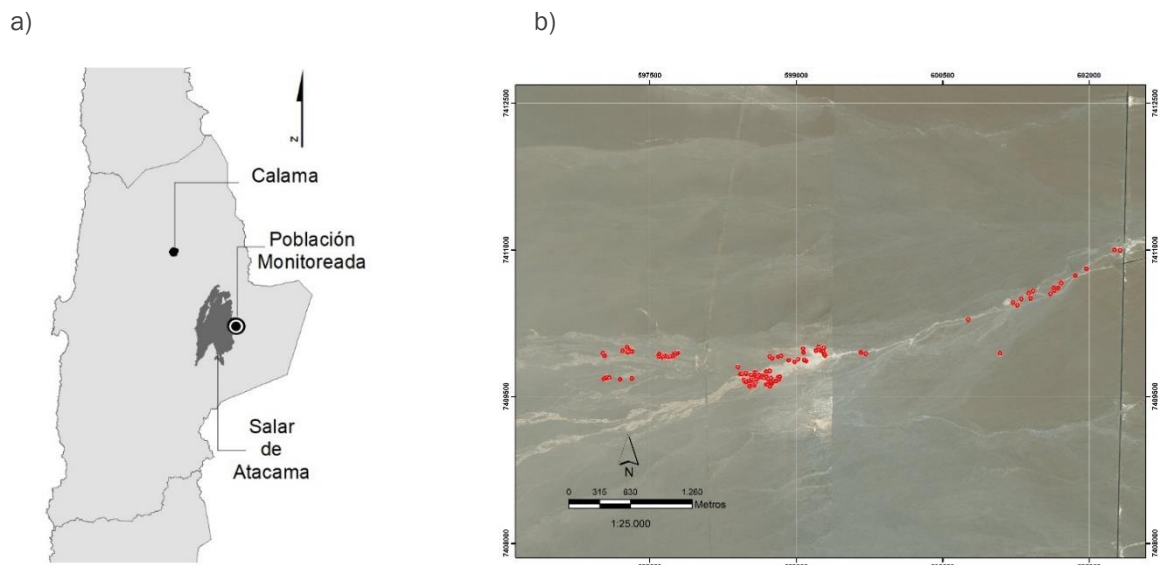
Cuando no se cumplió con el supuesto de normalidad de la varianza, se transformaron los datos a su logaritmo natural.

### 4.5.3 Biomasa de Algarrobos

#### 4.5.3.1 Caracterización de la población

La población perteneciente al género *Prosopis* se ubica en la Comuna de San Pedro de Atacama, Provincia del Loa, Región de Atacama (El detalle de las coordenadas de cada individuo analizado se presentan en el Anexo 5.3), los que corresponden a los árboles de la serie A,B,C y D, distribuidas en la Quebrada de Camar, hasta la carretera CH-23, sin considerar los árboles monitoreados en el sector del pueblo de Camar, de la serie E, debido a que no son parte del Plan de seguimiento ambiental, propuesto en la RCA 226/2006 ni objeto de estudio relacionado al Programa de Cumplimiento. Esta zona está compuesta por árboles de origen natural de diversos tamaños y se encuentra distribuida en una superficie aproximada de 2.100 ha (Figura 4-9). De un área total de estudio del Plan de seguimiento correspondiente a 4.044 ha.

Figura 4-9. a) Ubicación de la población en Salar de Atacama. b) Vista área general de la población, en rojo se indican la ubicación de cada uno de los individuos. Imagen Bing (Bing Maps aerial imagery; fecha indeterminada).



#### 4.5.3.2 Estimación de la biomasa aérea para la población del género Prosopis

Censo en terreno de la población del género Prosopis

Para estimar la biomasa de la población del género Prosopis se realizó un censo de los individuos correspondientes a las series A, B, C y D registrando aquellas variables en terreno más utilizadas por los modelos de regresión reportados por la literatura y que permitieron estimar en forma eficiente la cantidad de biomasa área para estos individuos en particular.

Las variables registradas en terreno y los procedimientos para su relevamiento se encuentran en el Anexo 5.3, entre las variables más importantes se encuentran:

- Diámetro máximo de la copa (mcw). Corresponde al diámetro más largo de la copa del individuo en cm.
- Diámetro de copa a los 90° del mcw (cw90). Corresponde al diámetro que se encuentra a 90° del diámetro más largo medido en cm.
- Altura total (ht). Altura total del individuo en m.

Adicionalmente, y entendiéndolo que no está asociado al seguimiento ambiental, pero si es justo, exponer los datos, para los individuos plurifustales que se registraron para todos los diámetros basales mayores a 2,5 cm las siguientes variables:

- Diámetro basal (db). Diámetro medido en la base del fuste (0,1 m del suelo) en cm.
- Diámetro a la altura del pecho (d1.3). Diámetro medido a 1.3 m del suelo, en cm. (según se presente)

- Largo del vástago (hf). Se debe medir el largo del fuste desde la base hasta el extremo superior en cm.
- Diámetro del fuste más largo (dls). Corresponde al diámetro del fuste más largo medido a los 0,1 m de altura en cm.

Además, se contaron todos los individuos con diámetros basales menores a 2.5 cm, y se les midió la altura individual (cm).

Debido a que los individuos presentaron más de un vástago, la caracterización de la población según la clase diamétrica se realizó utilizando el Diámetro basal equivalente (Dbe), que estima el diámetro que tendría cada árbol si tuviera un único fuste conformado por los diámetros basales a una altura de 10 cm del suelo de todos los vástagos existentes. Esto se calculó con siguiente fórmula (Álvarez et al., 2011):

$$Dbe = 2 \sqrt{\sum \left(\frac{db_{0.1}}{2}\right)^2}$$

Donde:

Dbe = Diámetro basal equivalente (cm)

$db_{0.1}$  = Diámetros basales de cada vástago a 10 cm de altura del suelo

A partir de esta información se determinaron los siguientes parámetros:

- Rango diamétrico (Dbe).
- Altura media por rango diamétrico
- Abundancia (N° de vástagos).
- Área basal (m<sup>2</sup>).
- Área de copa (Acopa)
- Volumen de copa (Vc) (m<sup>3</sup>) (calculado según Ludwig et al., 1975)

#### 4.5.3.3 Selección de los modelos para estimar la biomasa aérea

Para estimar la biomasa aérea de la población del género *Prosopis* se procedió a probar una selección de modelos de regresión (Anexo 5.3), los cuales corresponden a modelos tradicionales para estudios de biomasa (Prodan et al., 1997; Husch 2003; Laar y Akça, 2007; Picard et al., 2012). Se preseleccionaron 135 modelos de regresión para estimar la biomasa para especies de género *Prosopis* reportada por la literatura.

Para la selección de los mejores modelos, desde el punto de su aplicabilidad a la población local, se siguieron los siguientes pasos metodológicos. En un primer paso se descartaron aquellos modelos cuyas variables o rangos de aplicación estuvieran alejados de las características de los individuos de la población, o la información disponible publicada fuera insuficiente para la aplicación del modelo. En un segundo paso, con aquellos inicialmente seleccionados se calculó preliminarmente la biomasa aérea total de cada individuo de la



población, determinándose media, moda, mediana, desviación estándar de los resultados de biomasa obtenidos. Estos resultados individuales se agruparon en bandas de confianza en torno a la desviación estándar de la media. En un tercer paso y final, se seleccionaron sólo aquellos modelos cuyos resultados de biomasa promedio se agruparon dentro del 50% de rango de la desviación estándar de la media, considerando este valor como conservador para el intervalo de confianza en el que se mueve el estadígrafo de posición. Esto teniendo en cuenta que los individuos de la población censada presentan una alta variabilidad de tamaños y las funciones aplicadas provienen de poblaciones de diversas especies del género *Prosopis* y a su vez con diversos tamaños y hábitos de crecimiento.

#### 4.5.3.4 Determinación de la biomasa aérea de los individuos y la población

La determinación de la biomasa aérea se realizó mediante la aplicación del conjunto de modelos seleccionados a cada individuo de la población, obteniéndose un valor medio de biomasa aérea para cada componente (Fuste, Ramas, Hojas y Total). Es importante señalar, que las funciones de regresión empleadas no son aditivas, ya que cada componente de la biomasa y el total se ajusta por separado (regresiones independientes). Así, la suma de cada componente de la biomasa individual difiere del total de biomasa por individuo (Parresol, 2001).

#### 4.5.3.5 Estimación del cambio en las existencias de biomasa aérea de la población

Para estimar el cambio en las existencias en biomasa se comparó la biomasa registrada por los individuos de la Serie A el año 2020 con los datos obtenidos para el presente informe, para ello se realizó la prueba T-Student ( $p < 0,05$ ) para analizar si existen diferencias en los valores calculados de biomasa por árbol para cada componente (Fuste, Ramas, hojas y Total).

## 4.6 Monitoreo de fauna

### 4.6.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

#### 4.6.1.1 Transectos para el monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos

Como se establece en la RCA N° 226/2006, se han definido 5 hábitats para fauna, los que se distribuyen espacialmente de acuerdo con el gradiente de humedad y salinidad existente en el sector, determinando el desarrollo de las diferentes formaciones vegetacionales del Borde Este. Los hábitats para el estudio de la fauna silvestre corresponden a:

- Hábitat de Brea-Cachiyuyo
- Hábitat de Rica rica – Pingo pingo
- Hábitat de pajonal
- Hábitat marginal de salar
- Hábitat de salar

La ubicación de los transectos de monitoreo para la fauna terrestre, que comprende a las clases reptiles, aves terrestres y mamíferos, fueron establecidos en función de los hábitats definidos por la RCA N° 226/2006. Las coordenadas con la ubicación de todos los transectos prospectados y fijos en el tiempo, se presentan en la Tabla 4-23, mientras que la ubicación espacial de estos se presenta de manera global en la Tabla 4-23 y diferenciada por sector en la Figura 4-10, Figura 4-11, Figura 4-12, Figura 4-13 y Figura 4-14. Se hace el alcance que el muestreo de mamíferos se realiza según lo propuesto en el considerando 10.4.5 de la RCA N° 226/2006, lo que comprende los sectores de Aguas de Quelana y Vega de Carvajal, a través de la captura de ejemplares, en los tres hábitats considerados relevantes para este grupo: hábitat de Rica rica – Pingo pingo; hábitat de Brea – Cachiyuyo y hábitat de Pajonal, asociado a los Transectos 1, 2, 3, 9, 10 y 11 (estaciones de muestreo de mamíferos, MM1 a MM6).

Cabe mencionar que, a partir de la campaña realizada el año 2015 se hizo una modificación en el transecto N° 9, ubicado en el sector de Aguas de Quelana. Este transecto originalmente quedó establecido según RCA N° 226/2006 como hábitat de Rica rica – Pingo pingo, sin embargo, se encontraba inserto en una zona de transición compartiendo características similares al hábitat de Brea – Cachiyuyo, por lo cual fue desplazado al sector donde se realizan las capturas de micromamíferos mediante trampas Sherman, zona que presenta una clara formación de Rica rica – Pingo pingo. De esta forma, se homologó este ambiente de fauna con la definición de ambientes para la vegetación, realizando la prospección mediante las distintas metodologías en el ambiente definido como hábitat de Rica rica – Pingo pingo. El desplazamiento de este punto no conlleva mayores diferencias en cuanto a la composición de especies, en especial cuando se considera que la caracterización busca contrastar la fauna existente en los distintos ambientes definidos.

Así mismo, fue incluido el transecto 1, como punto complementario a lo definido en la RCA N° 226/2006 con la finalidad de contar con muestreo de todos los ambientes existentes en cada sector dentro de la metodología de muestreo, considerando un total de 17 transectos, sus ubicaciones son expuesta en la siguiente tabla.

**Tabla 4-23. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de transectos para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).**

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM		Fin Coordenada UTM	
			Norte	Este	Norte	Este
Vega de Carvajal	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	1*	7.419.114	594.403	7.419.402	594.289
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	2	7.417.442	593.604	7.417.142	593.604
	Hábitat de Pajonal	3	7.417.741	591.552	7.417.441	591.552
	Hábitat marginal de salar	4	7.417.761	590.390	7.417.461	590.390
Cruce Camar	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	5	7.411.582	594.795	7.411.282	594.795
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	6	7.411.444	593.336	7.411.144	593.336
	Hábitat de Pajonal	7	7.411.838	592.801	7.411.538	592.801
	Hábitat marginal de salar	8	7.411.612	592.572	7.411.312	592.572

Tabla 4-23. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de transectos para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM		Fin Coordenada UTM	
			Norte	Este	Norte	Este
Aguas de Quelana	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	9**	7.407.056	595.919	7.406.756	595.921
	Hábitat de Brea - Cachiyuyo	10	7.403.528	595.236	7.403.228	595.236
	Hábitat de Pajonal	11	7.403.523	594.436	7.403.223	594.436
	Hábitat marginal de salar	12	7.403.528	593.865	7.403.228	593.865
Cruce SQM	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	13	7.396.234	595.743	7.396.390	596.059
	Hábitat de Brea - Cachiyuyo	14	7.395.270	593.999	7.394.970	593.999
	Hábitat de Pajonal	15	7.394.176	592.019	7.393.876	592.019
	Hábitat marginal de salar	16	7.394.039	591.566	7.393.739	591.566
Peine	Hábitat de salar	17	7.383.148	586.152	7.383.264	585.962

(\*) Este punto se incorporó de manera complementaria a lo indicado en la RCA con el objeto de contar con muestreo de todos los ambientes existentes en cada sector.

(\*\*) Para homologar el ambiente definido como hábitat de Rica rica - Pingo pingo, se desplazó el punto de transectos de reptiles y aves hacia el sector donde se realiza la captura de micromamíferos (año 2015).

Figura 4-10 Ubicación de los puntos de muestreo de transectos y censos.

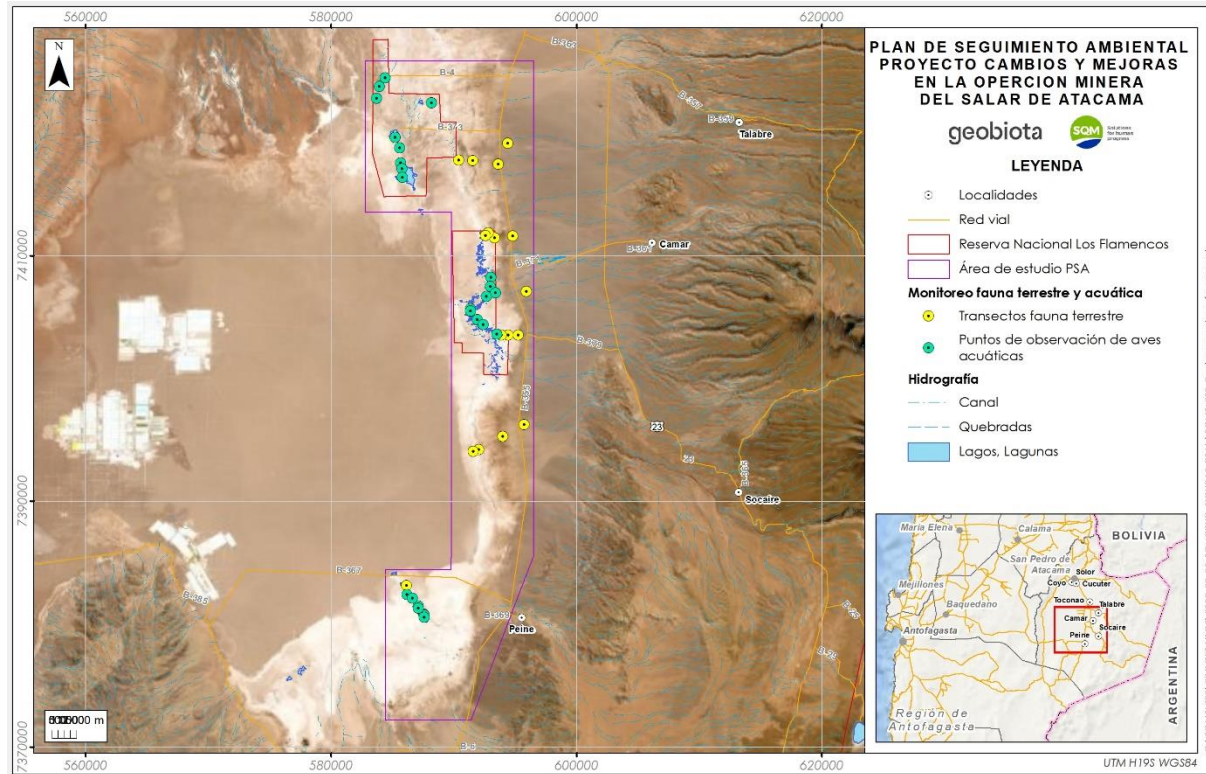


Figura 4-11. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. vista A

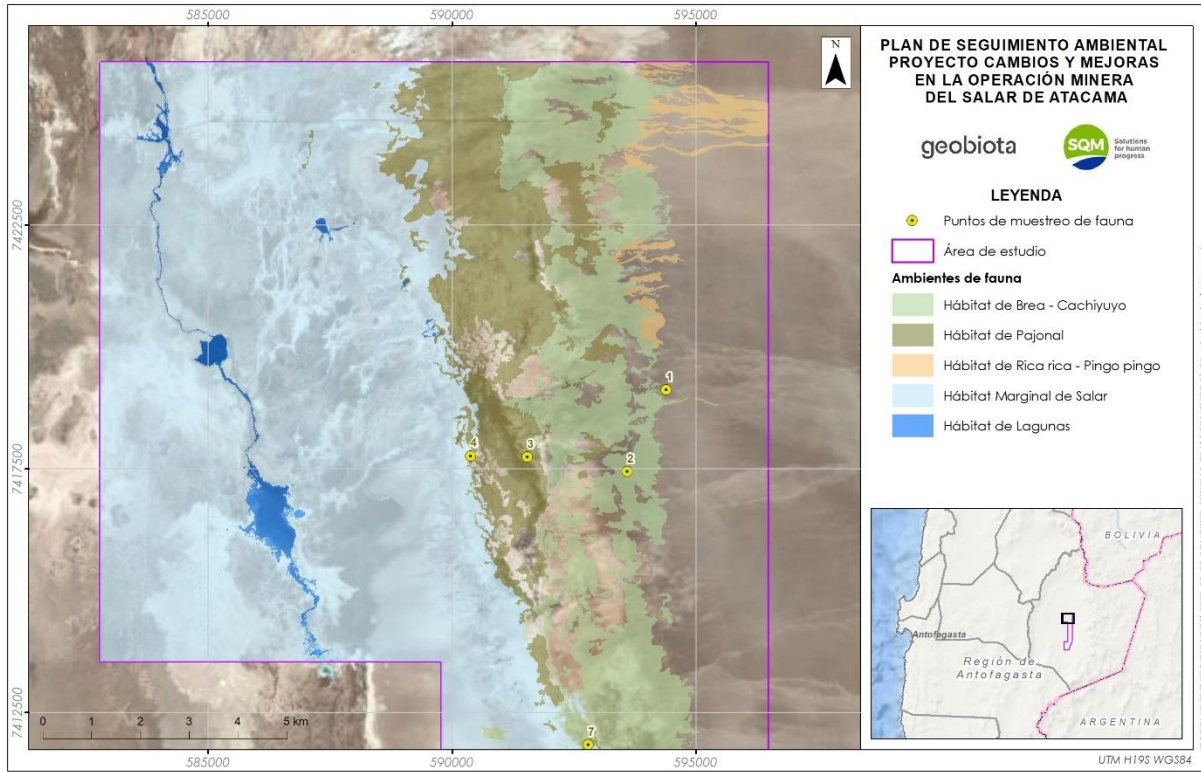


Figura 4-12. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio vista B

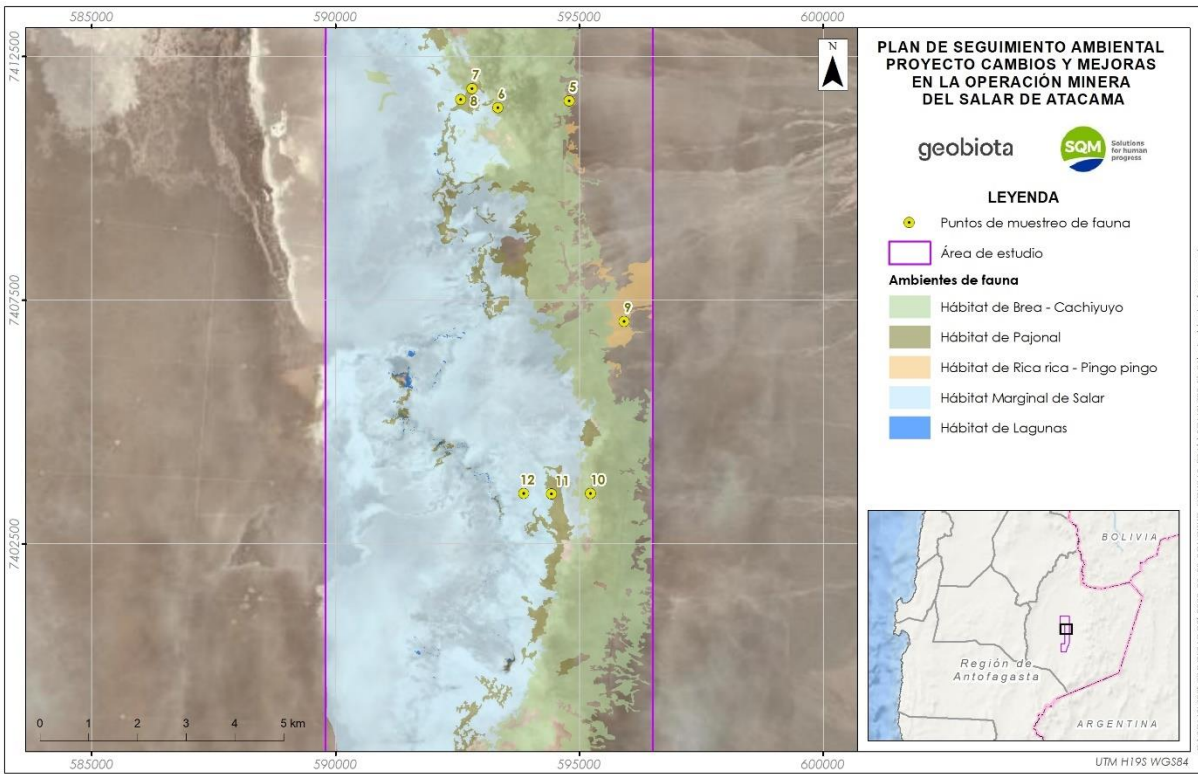


Figura 4-13. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio vista C

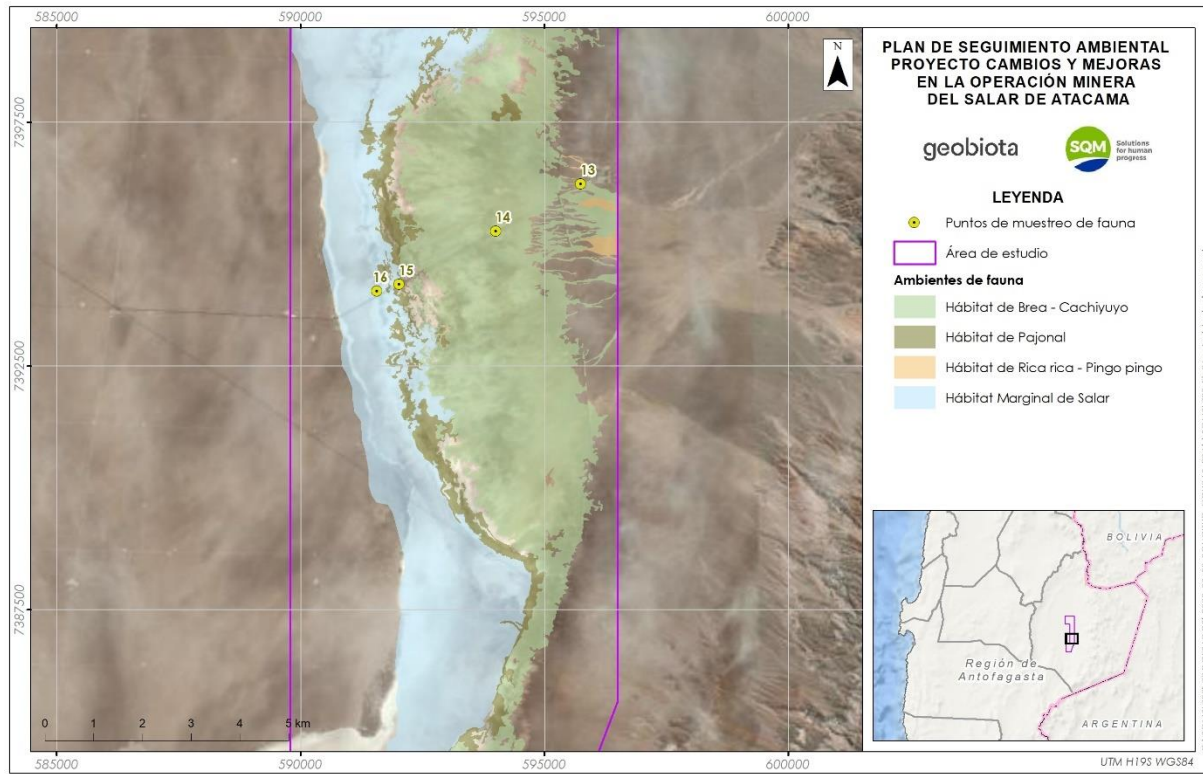
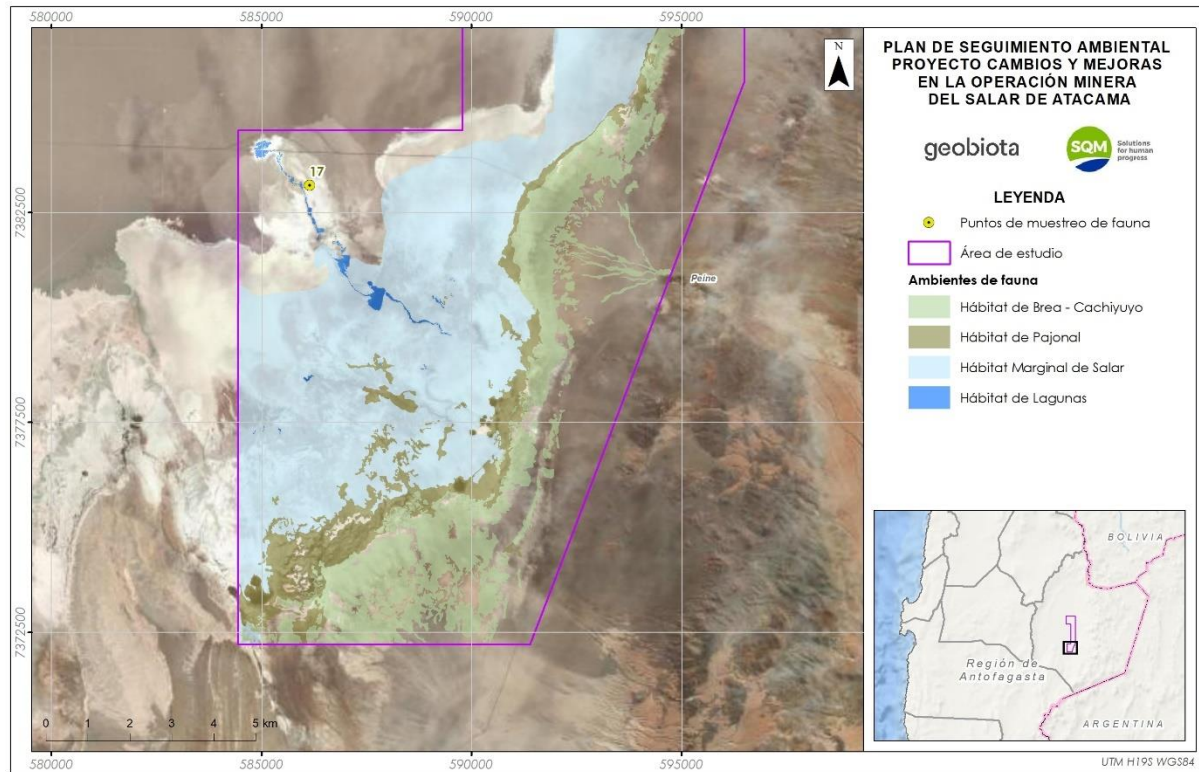


Figura 4-14. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio vista D



4.6.1.2 Censos para el monitoreo de aves en ambientes acuáticos

Para el censo de aves acuáticas, la RCA N° 226/2006 establece en el considerando 10.4.4 c), que, para los efectos del censo de aves acuáticas, se deberá considerar los sistemas lacustres Soncor y Peine, y una submuestra en Aguas de Quelana, con esto se considera una muestra de 25 puntos de observación de aves, los cuales se definieron en el Informe de Monitoreo Anual N° 1. Las coordenadas de los puntos se presentan en la Tabla 4-24, y su distribución respecto de las lagunas se presenta en la Figura 4-15 (Sistema Soncor), Figura 4-16 (Sistema Aguas de Quelana) y Figura 4-17 (Sistema Peine). Debido a la cercanía del sector Canal Chaxa-Barros Negros con la Laguna Chaxa, los datos obtenidos en el punto de muestreo N° 4, son analizados junto con los registros de Laguna Chaxa.

Tabla 4-24. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).

Sistema	Sector	Punto N°	Coordenadas UTM	
			Norte	Este
Soncor	Canal Burro Muerto	1	7.424.456	584.405
		2	7.423.749	583.914
		3	7.422.793	583.717
	Canal Chaxa – Barros Negros*	4	7.418.750	585.593



Tabla 4-24. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).

Sistema	Sector	Punto N°	Coordenadas UTM	
			Norte	Este
	Laguna Barros Negros	5	7.417.536	585.649
		6	7.417.048	585.771
		7	7.416.359	585.828
	Laguna Chaxa	8	7.419.607	585.220
	Laguna Puilar	9	7.422.435	588.193
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	10	7.408.202	593.032
		11	7.407.472	592.994
		12	7.406.950	593.389
		13	7.406.680	592.665
		14	7.405.651	591.360
		15	7.405.479	591.361
		16	7.404.770	591.924
		17	7.404.358	592.395
Peine	Laguna Salada	18	7.403.591	593.496
		19	7.380.813	587.562
		20	7.380.721	587.592
	Laguna Saladita	21	7.380.535	587.581
		22	7.381.486	587.101
	Laguna Interna	23	7.381.285	587.094
24		7.382.395	586.196	
		25	7.382.105	586.614

\*En el análisis de abundancia, los registros obtenidos en el punto de observación 4 son incluidos y analizados en conjunto con los obtenidos en la laguna Chaxa

Figura 4-15. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Soncor.

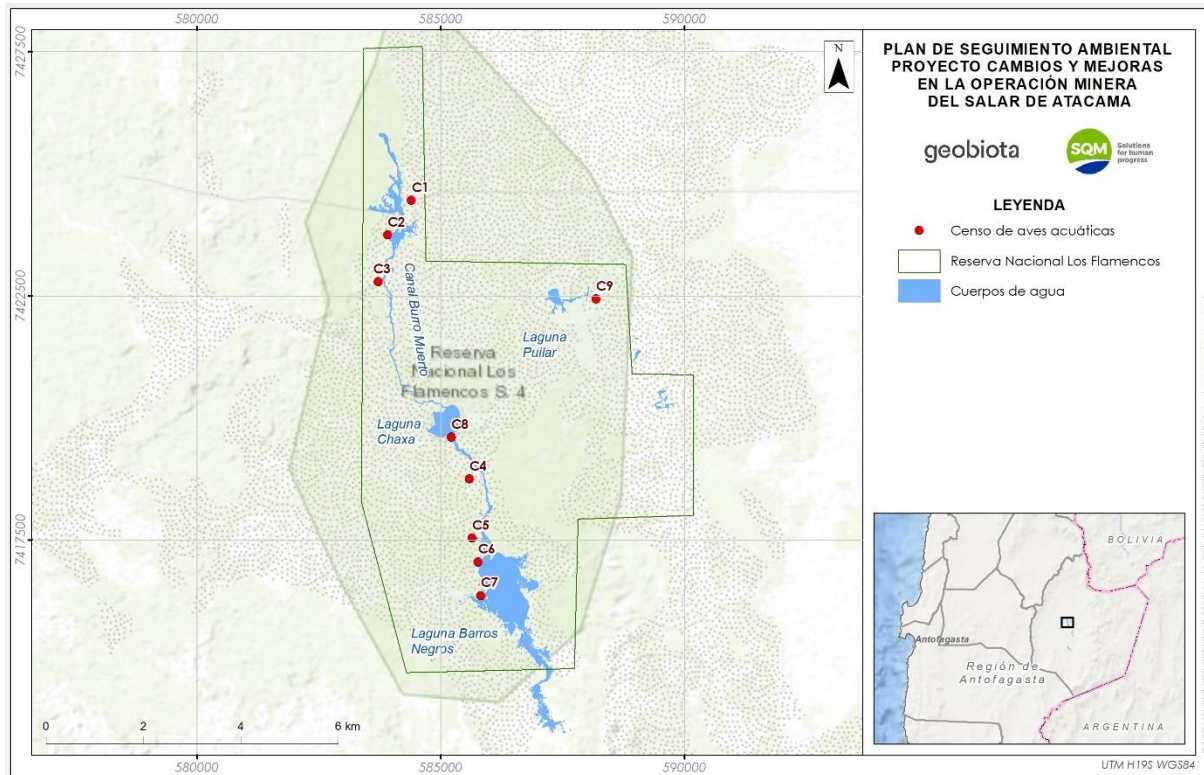


Figura 4-16. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana

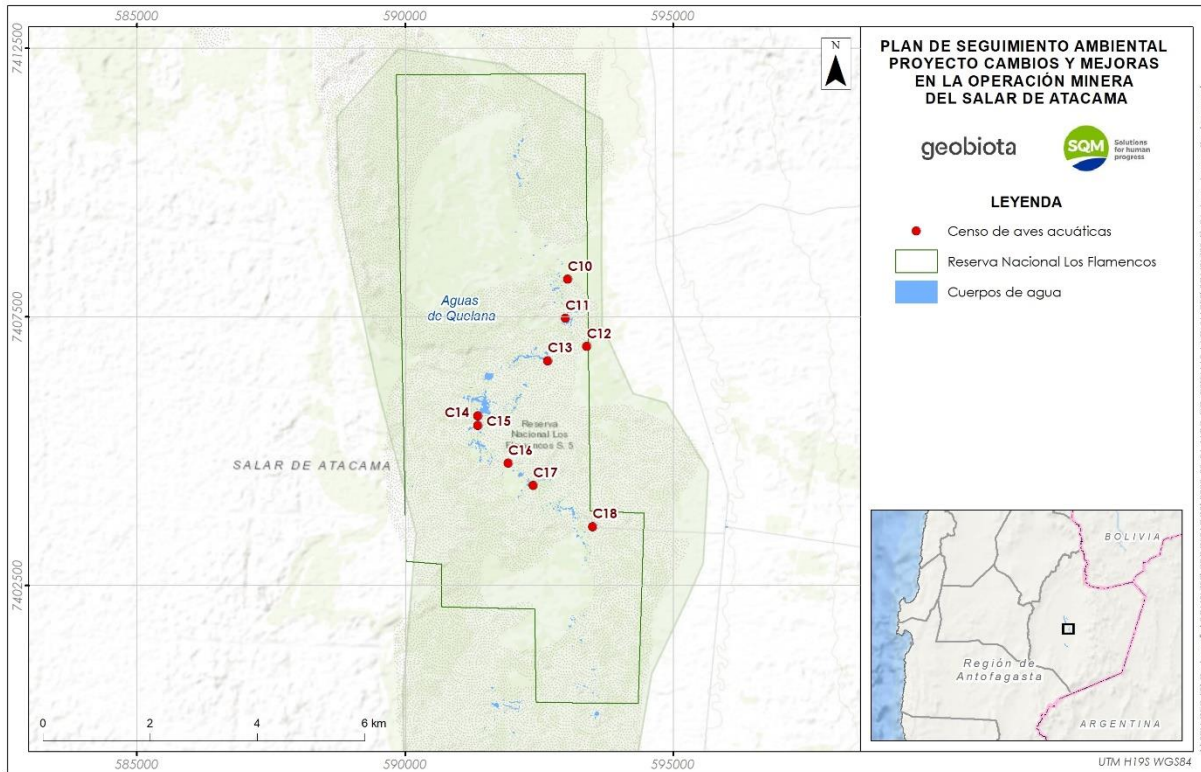
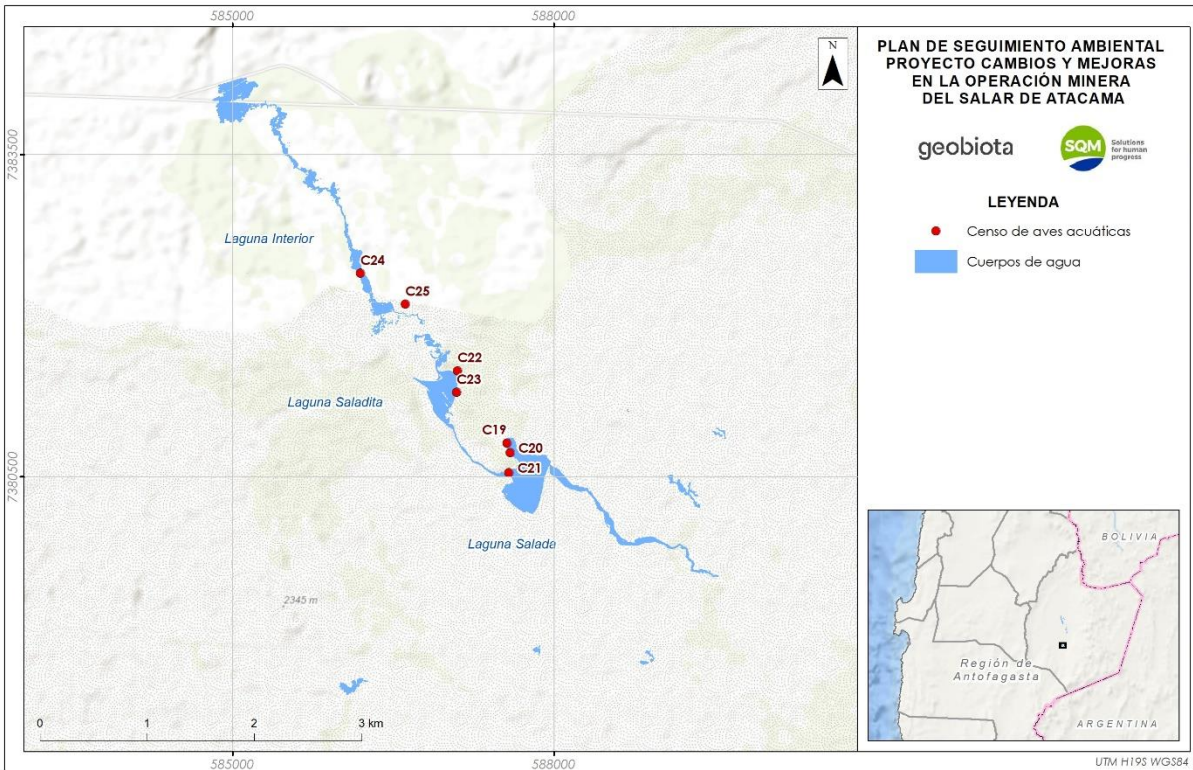


Figura 4-17. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Peine.



#### 4.6.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

El monitoreo de reptiles, aves de ambientes terrestres y mamíferos consideró el registro del número de especies (riqueza) y el registro de ejemplares para las distintas especies presentes en los hábitats registrados en los transectos, permitiendo identificar la evolución de las variables ambientales a partir de la abundancia promedio.

Por su parte, para el monitoreo de las aves de ambientes acuáticos, se consideró el registro de ejemplares para las distintas especies presentes en los sistemas lacustres mediante censos, con lo cual fue posible identificar la evolución de las variables ambientales a partir de su abundancia total.

Los parámetros, son descritos en la siguiente tabla (Tabla 4-25).

Tabla 4-25. Parámetros y metodologías según clase

Clase	Grupo	Metodología de evaluación	Parámetros para evaluar
Reptiles	Reptiles	Transectos	Riqueza y abundancia promedio
Aves	Aves acuáticas	Censos	Riqueza y abundancia total
	Aves terrestres	Transectos	Riqueza y abundancia promedio

Tabla 4-25. Parámetros y metodologías según clase

Clase	Grupo	Metodología de evaluación	Parámetros para evaluar
Mamíferos	Micromamíferos	Trampas Sherman	Riqueza y abundancia promedio
	Macromamíferos	Estaciones olfativas	Riqueza y abundancia promedio
		Trampas cámara	Riqueza y abundancia promedio (índice de visitas)

Cabe destacar que la clasificación de aves en aves acuáticas y terrestres corresponde a una simplificación de la diversidad de grupos que podemos definir dentro de la clase aves. Esto con el objetivo de diferenciar dentro del análisis el monitoreo de las lagunas del Salar y la avifauna asociada a éstas. Por tal motivo, se agruparon las aves en aves acuáticas (aves que dependen de estas lagunas para reproducirse y/o alimentarse) y aves no acuáticas (todo el resto de las especies que no dependen de un cuerpo de agua para reproducirse y/o alimentarse), las cuales son definidas como aves terrestres, para efectos del presente informe.

Sin embargo, los ambientes naturales son sistemas complejos y, por ende, estos límites no se ven reflejados de manera estricta en la realidad, ya que las aves terrestres pueden hacer uso eventual de las lagunas y las aves acuáticas pueden utilizar los ambientes terrestres, por ejemplo, como zonas de paso. Debido a lo anterior es posible registrar aves terrestres en censos y aves acuáticas en transectos. Esta información es útil para evidenciar la dinámica del ecosistema.

## 4.6.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

### 4.6.3.1 Solicitud del permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre

En forma previa a las actividades de terreno, se obtuvieron los Permisos Sectoriales para la Captura de Animales de Especies Protegidas de Fauna Silvestre (reptiles y micromamíferos), los que fueron autorizados por la Dirección Regional de Antofagasta y la Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPROREN) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), mediante Resolución Exenta N° 107/2022 y 108/2022, las que amplían la fecha de vigencia de la Resolución Exenta N° 171/2020 y N° 172/2020, respectivamente (Anexo 6.2).

### 4.6.3.2 Técnicas de muestreo aplicadas

Para el seguimiento se realizó un muestreo estratificado, considerando los tipos de hábitat definidos anteriormente para fauna, utilizando metodologías específicas para la caracterización de cada grupo faunístico. De esta forma, se determinaron los parámetros de riqueza y abundancia registradas en el Borde Este del Salar de Atacama.

### 4.6.3.3 Transectos para la evaluación de reptiles

Para evaluar la abundancia se realizaron 17 transectos lineales, los que tuvieron una longitud de 300 metros. En cada transecto se realizó un recorrido pedestre, el que se repitió durante tres días registrando los individuos observados a una distancia de hasta 30 metros a cada lado del transecto, estandarizando el tiempo de muestreo a 20 minutos. Este método permite registrar el número de ejemplares de cada especie presente en los distintos hábitats y estimar la abundancia promedio.

Para el cálculo de la abundancia promedio se utilizaron todos los registros históricos, lo que permite medir que tan común o rara es una especie en un lugar determinado. Esto permite realizar comparaciones con otras especies que se encuentran en estos hábitat, independiente de la ausencia de registros en algunos periodos.

El registro de ejemplares, la evidencia indirecta y los ambientes fueron fotografiados cuando las condiciones lo permitieron, y se establecieron sus coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19S).

Para los individuos con patrones de rango unimodal, y con estrecha actividad, se utilizó lo descrito en la bibliografía (Labra & Vidal, 2003). Respetando los rangos horarios de mayor avistamiento.

#### 4.6.3.4 Transectos para la evaluación de aves en ambientes terrestres

Para el cálculo de abundancia de aves terrestres, se realizaron un total de 17 transectos lineales de 300 metros distribuidos en los hábitats considerados relevantes. Cada transecto, fue recorrido a pie (pedestre), tres veces, durante tres días, el periodo de observación estandarizado, fueron 20 minutos para cada transecto.

La presencia de aves en ambientes terrestres se determinó sobre la base de observaciones directas en terreno, posterior a esto, se calcularon las abundancias de aves por transectos a partir del promedio de animales observados durante los tres días de prospección.

Se registraron además los ejemplares observados fuera de los transectos, así como registros circunstanciales realizados fuera del tiempo de recorrido en cada transecto, con lo que se buscó complementar el catastro para la avifauna de ambientes terrestres en el área de estudio (riqueza de especies).

El registro de ejemplares, hallazgo de evidencia indirecta y ambientes, fueron fotografiados cuando las condiciones lo permitieron, y se establecieron sus coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19S).

Para el cálculo de la abundancia, en el caso de los promedios se utilizaron todos los datos históricos, independiente de la ausencia de registros. Esto corresponde a una mejora en el análisis de datos, los cuales históricamente utilizaron sólo valores distintos de cero.

#### 4.6.3.5 Censos para la evaluación de aves en ambientes acuáticos

La metodología estándar utilizada para el cálculo de abundancias a partir de los censos fue la aplicada en Censos Neotropicales de Aves Acuáticas (Blanco y Carbonell, 2001; Espinosa, 1998) y en Censos Internacionales de Aves Acuáticas (Blanco y Carbonell, 2001; Delany, 2005; Espinosa 1998; López-Lanús y Blanco, 2005). Esta metodología consiste en recorrer el cuerpo de agua de forma tal de poder contar todos los individuos de las especies presentes, evitando los conteos dobles debido al movimiento de las aves.

Para el caso de los censos realizados entre los años 2006 y 2022, se consideraron 25 puntos de observación (Tabla 4-24). La distribución de los puntos de observación en el perímetro de los sistemas lacustres mencionados se muestra en la Figura 4-15, Figura 4-16 y Figura 4-17. En cada punto se seleccionaron estaciones de observación, las que permitieron abarcar mediante un barrido visual toda el área de interés, manteniendo una distancia que facilitó la identificación de las especies y el conteo de los individuos evitando interferir en

sus actividades. Se realizaron conteos dobles repetitivos realizados por 2 observadores en forma independiente, aceptándose el censo cuando la diferencia entre ambos observadores no sobrepasó el 5%.

Las campañas de seguimiento desde el 2006 a la fecha han sido realizadas fuera de la época reproductiva de flamencos, no siendo necesaria la implementación de medidas especiales para el resguardo de la nidificación y crianza de los polluelos.

Cabe mencionar que, en el caso excepcional de la temporada 2020, se complementó la información de los datos recopilados de terreno con los resultados del Plan de Manejo Biótico de los compromisos ambientales, asociados a la RCA N° 21/2016<sup>8</sup>. Esto debido a que durante ese año no se pudo acceder a las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, dada la entrada en vigencia del protocolo de acceso a la RN Los Flamencos, aprobado por la Resolución N° 56/2019.

Para el registro de especies se realizaron observaciones a través de binoculares y un telescopio monocular. Los cuerpos de agua y evidencias indirectas de avifauna acuática fueron fotografiados y se establecieron sus coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19).

#### 4.6.3.6 Trampas Sherman para la evaluación de micromamíferos

Para el estudio de roedores y marsupiales, se instalaron 30 trampas Sherman en tres estaciones de muestreo ubicadas en los diferentes sectores, considerados en el estudio de fauna descrito en la figura I.6.2 del Anexo I, Adenda III, correspondiente a las RCA 226/2006. Las estaciones de muestreo fueron instaladas en los tres hábitats considerados relevantes para este grupo (Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal). En el estudio de mamíferos, se consideraron los sectores definidos previamente, correspondientes a Vega de Carvajal y Aguas de Quelana (Figura 4-11 y Figura 4-12). Siguiendo la metodología, se consideraron, un total de seis puntos de muestreo, donde fueron instaladas las trampas asociadas a los transectos 1, 2, 3, 9, 10, y 11 (Puntos de muestreo de mamíferos MM1 a MM6).

Las trampas Sherman (de captura viva) fueron cebadas con avena machacada y mantenidas abiertas durante tres noches consecutivas, obteniendo un esfuerzo de captura de 270 trampas/noche en cada sector, y un esfuerzo de captura total de 540 trampas/noche para toda el área de estudio.

Todos los registros, evidencias indirectas y ambientes para micromamíferos fueron fotografiados, estableciendo las coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19S) para cada trampa Sherman.

#### 4.6.3.7 Estaciones de atracción olfativa para la evaluación de Macromamíferos

En el caso de los macromamíferos, el muestreo fue realizado mediante la implementación de estaciones de atracción olfativa con el objeto de estimar el índice de visitas a estos lugares. De esta forma, fue posible establecer la abundancia relativa de carnívoros. Para esto, cada estación olfativa fue ubicada en una superficie de tierra cernida (o arena), para registrar la impronta de cada animal atraído por el cebo olfativo (Bobcat Urine), aumentando la probabilidad de obtener registros positivos (Muñoz-Pedrerros, 2008; Skewes, 2009).

---

<sup>8</sup> Albemarle, 2020. Plan de Manejo Biótico (PMB), Proyecto: "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N° 21/2016)" Informe Semestral N° 9 Monitoreo Invierno 2020. Noviembre 2020.

El diseño muestral consideró la instalación de cuatro estaciones olfativas, en los hábitats de Rica rica - Pingo pingo y Brea - Cachiyuyo asociados a los transectos 1, 2, 9 y 10 (puntos de muestreo de mamíferos MM1, MM2, MM4 y MM5) presentes en cada uno de los sectores definidos para el estudio de mamíferos (i.e. Aguas de Quelana y Vegas de Carvajal). El muestreo mediante trampas de huellas no se llevó a cabo en el hábitat de pajonal debido a las dificultades metodológicas y de registro para su implementación en este ambiente, considerando la alta densidad y altura de la vegetación, así como la presencia de sustrato salino (sustrato no arenoso). Sin embargo, con el objeto de complementar los resultados obtenidos y realizar el seguimiento de macromamíferos, incluyendo el ambiente de pajonal, se instalaron de forma adicional, cámaras trampa en cada estación. Esta metodología consiste en la instalación de cámaras fotográficas con un sensor infrarrojo sensible al movimiento, el cual se activa obteniendo fotografías de las especies detectadas. Esta metodología resulta útil para el muestreo de especies evasivas, de hábitos nocturnos o de difícil detección visual (carnívoros y ungulados, entre otros). Las trampas son instaladas en lugares con muestras de actividad, tales como entrada de madrigueras, senderos o cuerpos de agua, utilizando un cebo para la atracción de animales. Las cámaras son mantenidas durante 3 noches, siendo programadas para funcionar durante las 24 horas del día.

Como índice se utilizó la proporción de visitas a cada estación por parte de macromamíferos, en función del número de noches en operación, expresado en porcentaje (Muñoz-Pedrerros *et al.*, 1995; Rau & Muñoz-Pedrerros, 2009). Las estaciones fueron monitoreadas durante un período de tres días. Así mismo, durante las prospecciones en el Borde Este del Salar de Atacama se registraron los avistamientos directos y evidencia indirecta de carnívoros y macromamíferos (fecas, huellas, madrigueras, etc.) para determinar el uso y preferencias de hábitat de este grupo. Se debe mencionar que cada estación olfativa se ubicó a una distancia mínima de 300 metros respecto a las líneas de trampas Sherman (micromamíferos), con lo que se buscó evitar la interacción y posibles ataques por parte de los carnívoros atraídos hacia las estaciones olfativas.

El registro de ejemplares, estaciones de atracción, evidencia indirecta y ambientes fueron fotografiados (cuando las condiciones lo permitieron), y se establecieron sus coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator), Datum WGS84, Huso 19S.

#### 4.6.3.8 Identificación, origen biogeográfico y singularidad de las especies

La determinación taxonómica de los animales se efectuó, de acuerdo con lo establecido en la RCA N° 226/2006, utilizando la siguiente bibliografía específica:

- Reptiles: Donoso-Barros (1966) y Pincheira-Donoso y Núñez (2005).
- Aves: Jaramillo (2005), Johnson (1965, 1967), Martínez y González (2005) y Stotz *et al.* (1997).
- Mamíferos: Mann (1978) y Muñoz y Yáñez (2000).

Adicionalmente, la información taxonómica y distribucional fue complementada con otras referencias bibliográficas:

- Reptiles: Cei (1962), Veloso y Navarro (1988), Núñez y Jaksic (1992), Vidal y Labra (2008), Demangel (2016), Mella (2017).



- Aves: Araya y Millie (1998), Bibby *et al.* (1992), Espinosa (1998), Blanco y Carbonell (2001), López-Lanús y Blanco (2005), Delany (2005) y Couve *et al.*, (2016).
- Mamíferos: Osgood (1943), Mann (1958), Reise (1973), Muñoz-Pedrerros y Yáñez (2000) y Iriarte (2008)

#### 4.6.3.9 Fauna singular

La identificación de especies de fauna singular se realizó sobre la base de las características de sensibilidad de las especies presentes en el área de estudio, considerando factores como el endemismo, el origen biogeográfico, categoría de conservación y criterios de protección según la Ley de Caza (criterios BSE), correspondiente a la Ley N° 19.473 y su reglamento DS N° 5/1998 emitido por el Servicio agrícola y ganadero (SAG). Para el caso específico de las aves, se utilizó además la información existente en el “South American Classification Committee”, (SACC, 2022<sup>9</sup>).

Con respecto al criterio BSE, este criterio establecido en el Reglamento de la Ley de Caza permite catalogar a las especies en las siguientes categorías: B= especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvo-agropecuaria, S= especie catalogada con densidades poblacionales reducidas, y E= especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (D.S. N° 05/98).

#### 4.6.3.10 Estado de conservación de las especies

Para establecer el estado de conservación de las especies de fauna, se utilizaron los listados oficiales de especies en categoría de conservación de acuerdo con el Decreto Supremo N° 29/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que corresponde al actual Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE; D.S. N° 75/05). A la fecha existen 17 procesos de clasificación publicados en el Diario Oficial y el listado del Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 5/1998). Estas referencias contienen una clasificación de los vertebrados terrestres de Chile y sus estados de conservación por zonas del país.

Las referencias señaladas se consideran excluyentes, prevaleciendo el criterio asignado por los decretos aprobados de acuerdo con el RCE. Cuando alguna especie no se encuentra clasificada conforme a dicho sistema, se utilizó la clasificación del Reglamento de la Ley de Caza. En forma complementaria se consultó la literatura especializada para cada grupo, según establece la minuta “Prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna silvestres” (CONAMA, 2009).

Las categorías de conservación consideradas corresponden a: En Peligro crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazada (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD), según lo establecido en la RCE. Por su parte, para especies catalogadas según MINSEGPRES y Reglamento de la Ley de Caza, se definen: En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Rara (R), Inadecuadamente conocida (IC) y Fuera de peligro (FP).

---

<sup>9</sup> SACC, 2022. List Classification of Birds; Version 31 January 2022 by South American Classification Committee. <https://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.htm>

#### 4.6.4 Materiales y equipos utilizados

Para el levantamiento de la información y caracterización del componente fauna, se utilizaron los siguientes equipos: dos cámaras fotográficas Canon SX50, una cámara fotográfica Canon D30, dos binoculares Carson 3D 10x50, un Telescopio monocular Sightmark 6-100 x 100, un Telescopio monocular Celestron Ultima 22-66 x 100, un GPS cartográfico marca Trimble modelo Nomad y tres GPS marca Garmin modelo eTrex.

Otros materiales utilizados en terreno fueron: un trípode, guías de campo, Tablet con aplicaciones por metodología y libreta de apuntes específicas por grupo taxonómico. Para el caso de micromamíferos, se utilizaron trampas de captura viva tipo Sherman (90). Para la implementación de estaciones de atracción olfativa para macromamíferos (i.e. trampas huella), se utilizaron harneros, palas y brochas, además del atractor olfativo BobCat Urine (orina de Lince). Finalmente, de manera complementaria para macromamíferos se instalaron trampas cámaras.

#### 4.6.5 Fechas de muestreo

En la Tabla 4-26 se puede observar las fechas en las que se desarrolló la campaña de 2022 para el subcomponente de fauna.

Tabla 4-26. Fechas de muestreo Fauna.

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Fauna	Borde Este	5 al 11 de abril
		19 al 23 de abril

### 4.7 Monitoreo de biota acuática

#### 4.7.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El seguimiento de las variables relevantes comprometidas para este componente ambiental se realizó de acuerdo con el Plan de Monitoreo, respetando los mismos puntos muestrales de la serie de tiempo, con el fin de asegurar la robustez de los análisis comparativos, tanto espaciales como temporales. Siguiendo con la cantidad y distribución de estaciones de la serie de tiempo, se consideró el total de 25 estaciones de muestreo distribuidas en los sistemas lacustres de Puillar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine., cuya ubicación se entrega en la Tabla 4-27 y se ilustra en la Figura 4-18, Figura 4-19 y Figura 4-20 y que corresponden a puntos de medición fijos.

Tabla 4-27. Sectores evaluados en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2022 (Datum WGS84,19K).

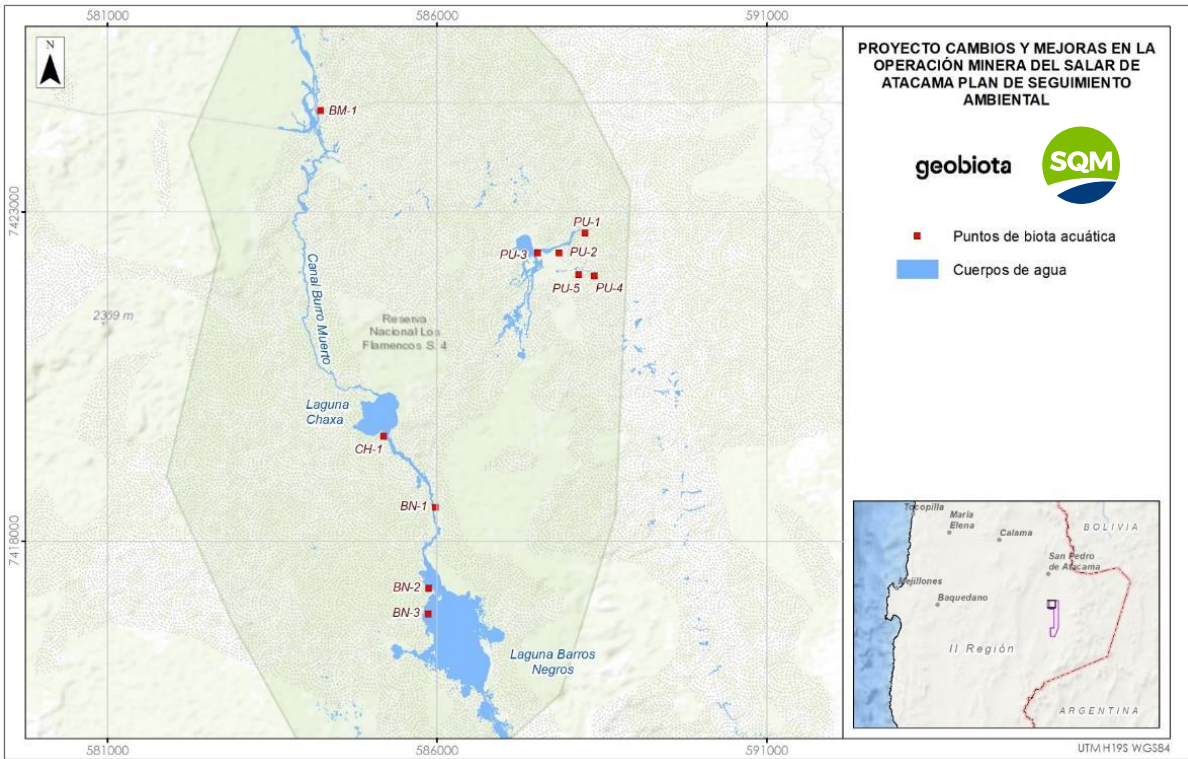
Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
Aguas de Quelana	Q-0	Quelana 0	593.353	7.403.585
	Q-1	Quelana 1	592.556	7.401.179
	Q-2	Quelana 2	592.176	7.406.940

Tabla 4-27. Sectores evaluados en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2022 (Datum WGS84,19K).

Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
	Q-3	Quelana 3	593.079	7.407.517
	Q-4	Quelana 4	592.948	7.407.289
	Q-5	Quelana 5	592.919	7.408.165
	Q-6	Quelana 6	592.882	7.408.228
	Q-7	Quelana 7	594.149	7.411.865
	Q-8	Quelana 8	592.810	7.411.863
	Q-9	Quelana 9	592.482	7.411.802
Puilar	PU-1	Puilar vertiente	588.187	7.422.739
	PU-2	Puilar canal 2	587.968	7.422.499
	PU-3	Puilar laguna 2	587.476	7.422.307
	PU-4	Puilar canal 1	588.591	7.422.392
	PU-5	Puilar laguna 1	588.107	7.422.157
Soncor	BN-1	Barros Negros laguna	585.921	7.418.603
	BN-2	Barros Negros entrada laguna	585.885	7.417.292
	BN-3	Barros Negros canal	585.800	7.416.973
	CH-1	Laguna Chaxa	585.356	7.420.213
	BM-1	Canal Burro Muerto	584.178	7.424.913
Peine	PE-1	Laguna Interna	586.442	7.381.893
	PE-2		586.278	7.382.019
	PE-3		585.912	7.381.850
	SA-1	Laguna Salada	586.814	7.381.285
	SA-2	Laguna Saladita	587.604	7.380.483

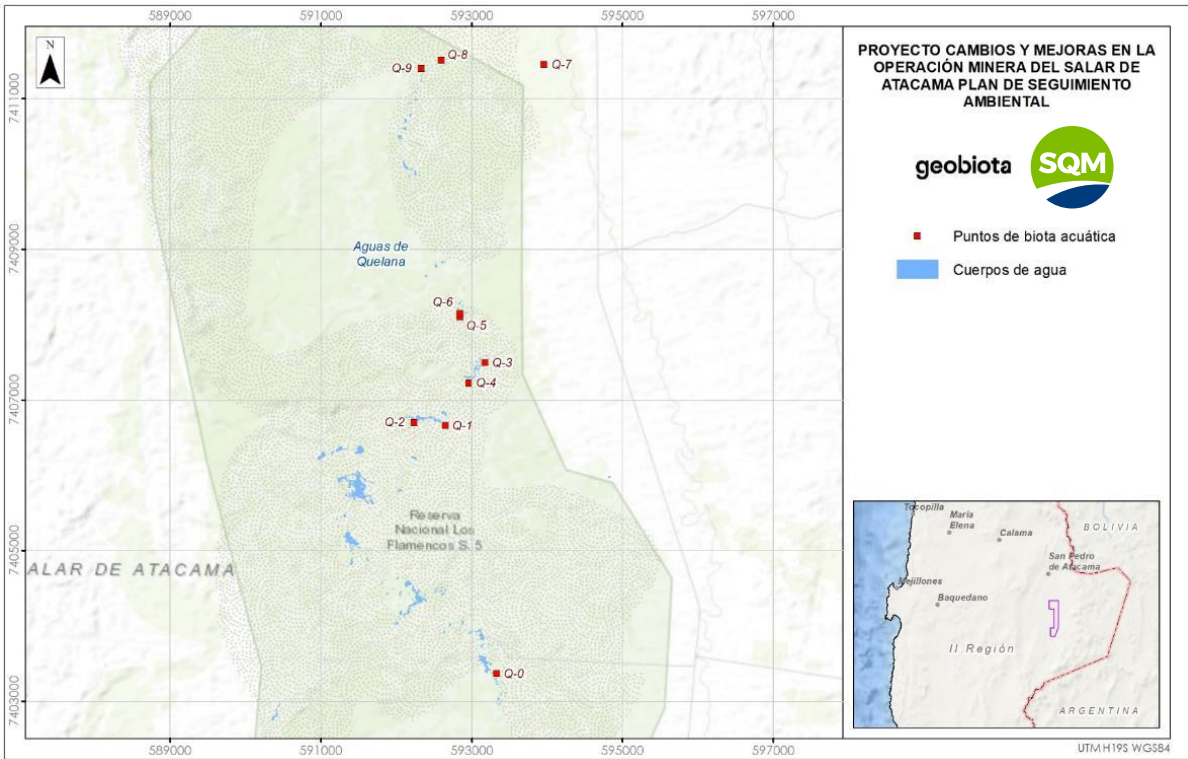
Fuente: Aquaexpert, Informe anual seguimiento plan de cumplimiento ambiental biotico, RCA 226/2006.

Figura 4-18. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Soncor y Puillar.



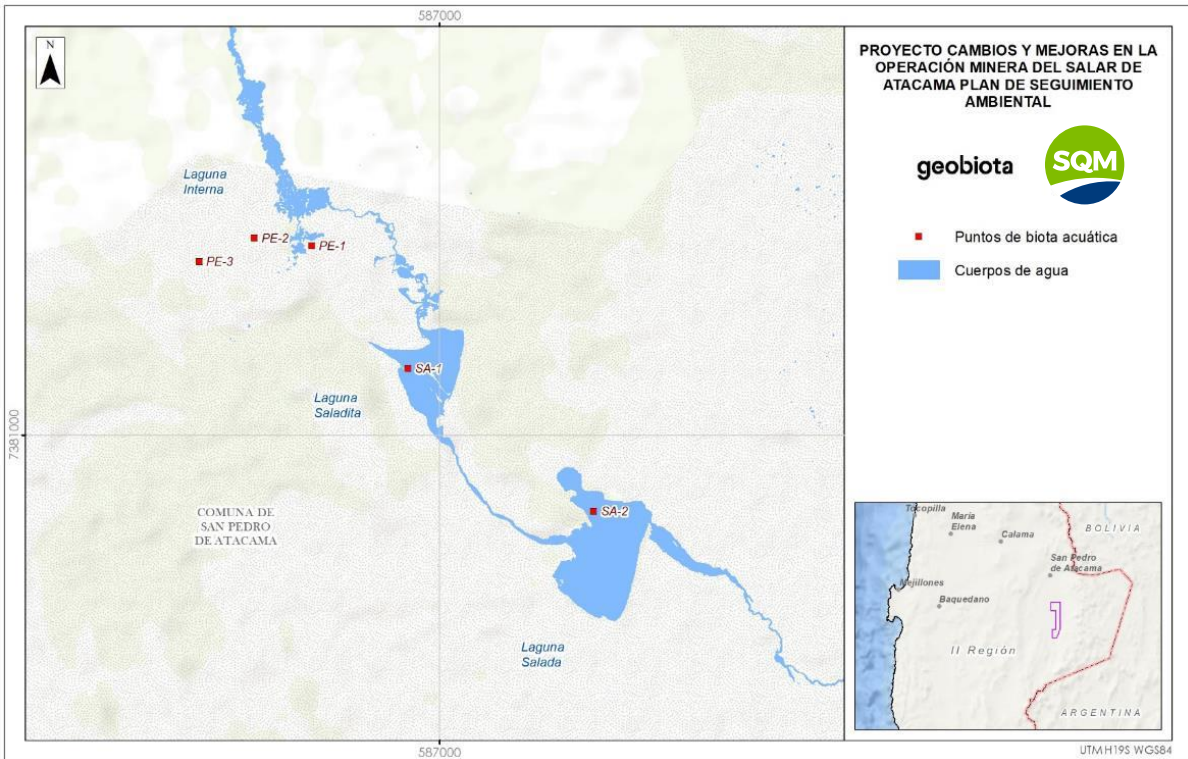
Fuente: Elaborado por Geobiota 2022

Figura 4-19. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaborado por geobiota, 2022.

Figura 4-20. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Peine.



Fuente: Elaborado por geobiota, 2022.

#### 4.7.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

De acuerdo con Plan de Seguimiento de Biota Acuática expuesto en el considerando 10.5 de la RCA N° 226/2006, Se recolectaron muestras para la caracterizaron de los ensambles biológicos del fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton, macrófitas y caracterización de hábitat incluyendo parámetros abióticos in situ en la columna de agua y sedimentos los cuales se indican en la Tabla 4-28.

Tabla 4-28. Parámetros utilizados en la caracterización y evolución de las variables ambientales.

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetros
Agua	Agua superficial	Calidad del agua	pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y salinidad (parámetro adicional a los exigidos por RCA)
Suelo	Sedimento	Calidad del sedimento	Temperatura y conductividad eléctrica
Biota	Fitobentos	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) y Bio-masa (contenido de clorofila).
	Fitoplancton	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) y Bio-masa (contenido de clorofila)

Tabla 4-28. Parámetros utilizados en la caracterización y evolución de las variables ambientales.

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetros
	Zoobentos	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) e índice de Shannon Weiner (H)
	Zooplankton	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S)
	Plantas acuáticas	composición y diversidad	Porcentaje de cobertura absoluta (%)

Fuente: AquaExpert, 2022.

### 4.7.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

A continuación, se indica la metodología empleada para la caracterización cualitativa y cuantitativa de los componentes bióticos analizados, así como para la determinación de parámetros fisicoquímicos del agua.

#### 4.7.3.1 Medio abiótico

Parámetros físicos y químicos del agua

Toma de muestras de aguas y procedimientos analíticos

La toma de muestras y las mediciones in situ realizadas en la columna de agua y en el sedimento fueron ejecutadas por un inspector ambiental bajo los estándares requerido por una ETFA autorizada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y se basaron en las metodologías analíticas descritas en APHA, AWWA y WEF (2005 y 2012), respondiendo a las metodologías establecidas por el laboratorio Hidrolab S.A. el cual se encuentra acreditado por el Instituto Nacional de Normalización (INN) bajo los estándares de competencia establecidos en la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, certificado de acreditación LE 215 (Anexo 7.5) y el cual además se encuentra autorizado como ETFA (N° 003-01 Res. Ex. 1545/2017 y Res. Ex. 237/2019 SMA). La toma de muestras y las mediciones de sedimento fueron realizadas por un inspector ambiental autorizado (Res. Ex. 354/2019 SMA y Rex. Ex. 938/2019 SMA) y fueron enviadas al Laboratorio de Servicios Analíticos de la Universidad Católica del Norte, el cual se encuentra acreditado bajo los estándares de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, certificado de acreditación LE 226 y LE 228 (Anexo 7.5) y el cual también se encuentra autorizado como ETFA (N° 022-01 Res. Ex. 82/2018). Las muestras de clorofila fueron analizadas por el laboratorio Plancton Andino SpA. el cual se encuentra acreditado bajo la Norma ISO/IEC 17025:2005 (certificado LE 1345).

- **Parámetros in situ**

Las mediciones in situ fueron realizadas siguiendo la metodología establecida por APHA AWWA y WEF 2012 con una sonda multiparámetro, verificada in situ diariamente. Este equipo registra de manera simultánea diferentes parámetros, entre ellos temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y salinidad, entre otros. Además, cuenta con un GPS incorporado que permite archivar la ubicación donde se miden los parámetros. Para su utilización, se sumergieron los sensores en la columna de agua, se esperó al menos cinco minutos para que las mediciones de los diferentes parámetros sean estables para una óptima medición. Los parámetros registrados corresponden a los detallados a continuación:

- Temperatura (°C): Se registró in situ con un equipo multiparámetro 0,01 °C de precisión.
- pH: Se obtuvo in situ con un equipo multiparámetro 0,01 unidades de precisión.
- Conductividad eléctrica (µS/cm): Se midió in situ con un equipo multiparámetro 1 µS/cm de precisión.
- Oxígeno Disuelto (mg/L): Se midió in situ con un equipo multiparámetro 0,01 mg/L de precisión.

La saturación del oxígeno disuelto en el agua depende de factores que incluyen temperatura, presión atmosférica/altitud y salinidad, el equipo está diseñado para realizar mediciones considerando estas variables, por lo que funciona sobre los 4000 m. de altura sin perder precisión.

- **Toma de muestras en la columna de agua y sedimentos**

Las muestras de la columna de agua para análisis en laboratorio fueron tomadas directamente desde el cuerpo de agua por un inspector ambiental autorizado en botellas de polietileno de alta densidad de 1 litro de capacidad oscurecidas de la luz. Las muestras fueron almacenadas en frío (4,0 °C) en cajas aislantes con ice-packs y transportadas al laboratorio dentro de los plazos definidos por el tiempo de preservación de las muestras.

#### 4.7.3.2 Medio biótico

##### Fitobentos

Para la estimación de la composición y abundancia de los organismos fitobentónicos se obtuvieron dos muestras desde cada estación de monitoreo, las cuales fueron extraídas mediante un core de plexiglass (diámetro 1 cm), estas muestras fueron fijadas in situ con una solución de lugol, para su posterior análisis en laboratorio. Para el análisis de las muestras se realizó un recuento en microscopía de acuerdo con el método de recuentos de células o colonias en Cámara Sedgwick-Rafter. En este análisis solo se consideraron los individuos vivos (con cloroplastos o remanentes). La identificación se realizó utilizando literatura lo más actualizada posible con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más detallado posible. Los resultados fueron expresados en número de células por centímetro cúbico (cel/cm<sup>3</sup>).

##### Fitoplancton

Para la estimación de la composición y abundancia de la flora planctónica se obtuvieron 2 muestras integrales utilizando una red de 60µm de apertura de malla. El volumen filtrado en litros se estimó para cada muestra tomada y fue fijado in situ con una solución de lugol para su posterior análisis en laboratorio. Para el análisis taxonómico de las muestras se realizó la identificación y recuento en microscopía de acuerdo con el método de recuentos de células o colonias en cámara Sedgwick-Rafter. Para la identificación se utilizó la literatura taxonómica más actualizada con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Las muestras fueron evaluadas respecto de su riqueza y abundancia de las microalgas presentes. Los resultados fueron expresados en número de células por litro (cel/l).

##### Zoobentos

Los organismos asociados al sustrato de los sistemas fueron colectados con un core de 0,0085 m<sup>2</sup> con el cual se tomaron 2 muestras por estación de monitoreo, las muestras fueron fijadas con etanol in situ para



su posterior revisión en el laboratorio. Las muestras en laboratorio fueron cernidas en un juego de tamices de 0,25 y 0,5 mm de apertura de malla, la fauna retenida en los respectivos tamices fue separada y analizada. La identificación taxonómica se realizó de acuerdo con la información sistemática más reciente con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Las muestras fueron cuantificadas bajo microscopio estereoscópico (lupa) marca Nikon SMZ 645. Los resultados fueron expresados en número de organismos por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>).

#### Zooplancton

Para la estimación de la composición y abundancia de los organismos que habitan permanente o temporalmente la columna de agua se colectaron 2 muestras integradas por estación de muestreo. Las muestras fueron colectadas mediante filtración con una red de zooplancton de 110µm de apertura de malla tomando registro del volumen muestreado en cada muestra, las cuales fueron fijadas in situ con etanol. Para el recuento de organismos se utilizó una cámara de recuento zigzagante de 10ml (cámara Bogorov), analizando la totalidad de la muestra. La identificación taxonómica se realizó de acuerdo con la información sistemática más reciente con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los resultados fueron expresados en número de individuos por litro (ind/l).

#### Clorofila-a en fracción Planctónica y Bentónica

Para determinar la clorofila-a en la fracción planctónica y bentónica las muestras fueron colectadas por el Inspector Ambiental autorizado y estas fueron enviadas al laboratorio. Las muestras fueron analizadas de acuerdo con lo establecido en Standard Methods 10.200 Plankton (H). 2012 por el laboratorio Plancton Andino SpA el cual también se encuentra acreditado bajo los estándares de competencia técnica de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, con certificado LE1345 (Anexo 7.5). Los resultados fueron expresados como µg/L y mg/m<sup>2</sup> de Clorofila a total.

#### Plantas acuáticas (macrófitas)

Para la caracterización de las plantas acuáticas se realizó un reconocimiento in situ de la cobertura relativa de macrófitos e identificación de taxa presentes, en el caso de no poder realizar la identificación taxonómica in situ, se procedió a tomar muestras de las plantas acuáticas para ser transportadas al laboratorio y ser identificadas posteriormente. Según la revisión de antecedentes, este componente biológico ha sido encontrado exclusivamente en el sector de Aguas de Quelana. La identificación de las plantas acuáticas se realizó en base a la bibliografía más reciente. La cobertura de las distintas especies se estimó visualmente de acuerdo con una modificación del protocolo de Braun-Blanquet. Para lo anterior, se establecieron 4 rangos de valores, los cuales representan la productividad local de cada especie:

- 0-25 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas
- 25-50 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas
- 50-75 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas
- 75-100 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas.

## 4.7.4 Materiales y equipos utilizados

### 4.7.4.1 Medio abiótico

La toma de muestras (parámetros analizados en laboratorio) y las mediciones in situ de los parámetros utilizados para caracterizar la calidad de agua y de los sedimentos de los laboratorios Hidrolab S.A. Servicios Analíticos de la Universidad Católica del Norte y Plancton Andino SpA (Figura 4-21 E), los cuales se encuentran acreditados bajo los estándares de competencia técnica de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, (en Anexo 7.5 se presentan certificados de acreditación). Cabe destacar que cada envase utilizado para la toma de muestras contenía los preservantes y fijadores correspondientes para cada tipo de análisis según lo establecido en las normas NCh-ISO 5667/1:2017, NCh411/3:2014, Guía sobre la preservación y manejo de muestras, y NCh-ISO 5667/6:2015.

Calidad del agua. Muestreo parte 6: guía para el muestreo de ríos y cursos de agua. Los parámetros de calidad de agua e importancia limnológica medidos in situ fueron determinados mediante una sonda Multiparámetro marca HANNA Modelo HI9829, la cual fue previamente calibrada (Anexo 7.5).

### 4.7.4.2 Medio biótico

#### Fitobentos

Las muestras fueron colectadas mediante core de plexiglass (diámetro 1 cm, Figura 4-21 A). La identificación y el recuento de individuos fue realizado utilizando una cámara de conteo Sedgwick-Rafter y microscopía óptica (Motic AE31, 200X).

#### Fitoplancton

Se utilizó una red de 60  $\mu\text{m}$  de apertura de malla (Figura 4-21 B). La identificación y el recuento de individuos fue realizado utilizando una cámara de conteo Sedgwick-Rafter y microscopía óptica (Motic AE31, 200X).

#### Zoobentos

Se utilizó un core de 0,011  $\text{m}^2$  de área (Figura 4-21 C). Para la identificación y recuento se utilizó un microscopio del tipo estereomicroscopio (lupa) marca Nikon modelo SMZ con aumento 45 x.

#### Zooplancton

Se utilizó una red de 110  $\mu\text{m}$  de apertura de malla (Figura 4-21 D). En el laboratorio para la identificación y recuento de organismos se utilizó una cámara de conteo zigzagueante de 10ml (cámara Bogorov) y una lupa marca Nikon modelo SMZ con aumento 45 x.

#### Plantas acuáticas

La cobertura de las distintas especies se estimó visualmente de acuerdo con una modificación del protocolo de Braun-Blanquet (Figura 4-21 F), por lo que no fue utilizado ningún equipo o instrumento de medición.

#### Clorofila-a total en la fracción planctónica y bentónica

Para la toma de muestras de la fracción planctónica se utilizó un envase plástico previamente ambientado y para la fracción bentónica se utilizó un saca-testigo de 10 $\text{cm}^2$ , ambos tipos de envases fueron protegidos de

la luz. El análisis de la concentración de clorofila a en la fracción planctónica se realizó de acuerdo con el procedimiento establecido en el Standard Methods 10200 H (APHA, AWWA & WEF 2012).

Figura 4-21. Instrumentos y muestreo monitoreo biota acuática. Campaña abril 2022.



Fuente: Elaboración propia. A= Muestreo de Fitobentos, B = Muestreo de fitoplancton, C= Muestreo de Zoobentos, D= Muestreo de Zooplancton, E= Muestreo de calidad de Agua y Sedimentos y F= Cobertura de plantas acuáticas.

### 4.7.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Tabla 4-29. Fechas de muestreo Biota acuática

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Biota acuática	Soncor (Chaxa y Barros negros)	20 de abril de 2022
Biota acuática	Soncor (Puilar y Burro muerto)	19 de abril de 2022
Biota acuática	Aguas de Quelana	12 de abril de 2022
Biota acuática	Peine	21 de abril de 2022

Fuente: AquaExpert, 2022.

## 5 Resultados

### 5.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Se presentan los resultados del mapa de vegetación del mes de abril 2022, a fin de detectar cambios en la distribución, abundancia y vitalidad de la vegetación. Toda la información recopilada en terreno, a saber: tipo biológico, especies dominante, cobertura por especie, estado vital, porcentaje de copa vida y fenología se presenta en el Anexo 2.

A continuación, se analizan las caracterizaciones en terreno, para luego presentar los resultados de las superficies de cada tipo vegetacional identificado en el Borde Este del Salar de Atacama.

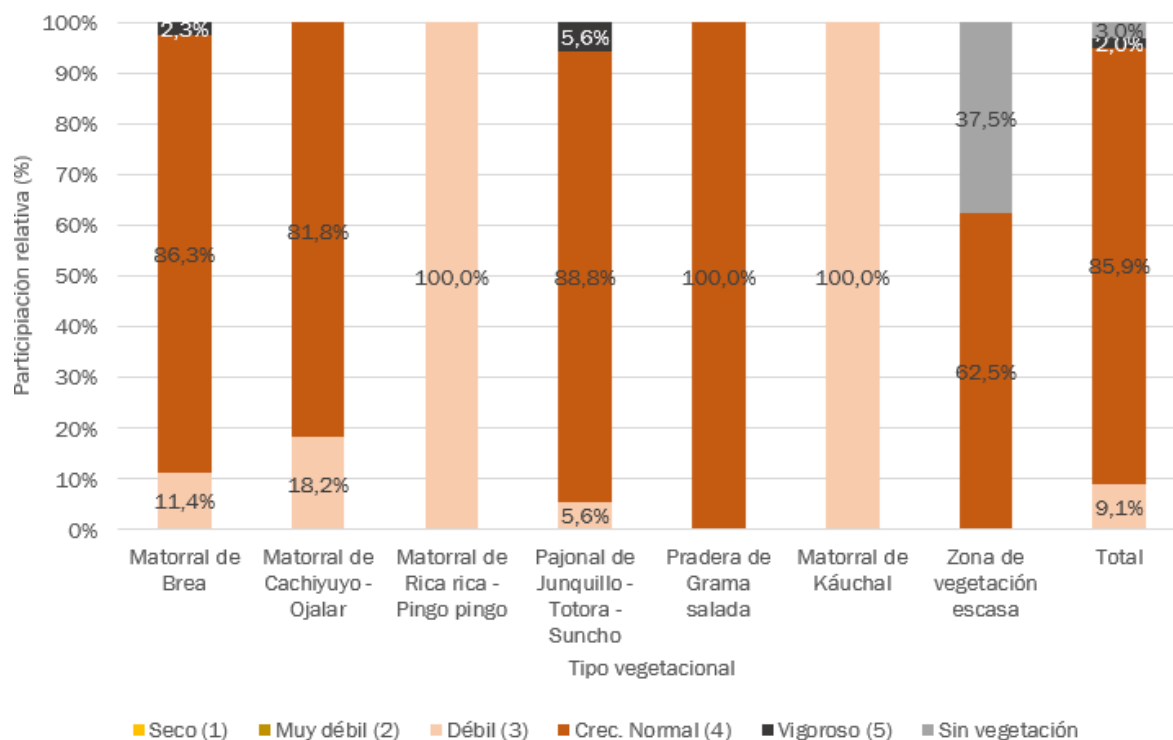
#### 5.1.1 Análisis de las caracterizaciones de terreno

En esta sección se analizan las 99 descripciones de vegetación en terreno (muestras), comprometidas en la RCA N° 226/2006, las que pertenecen a la red de puntos utilizados en la campaña pre-operacional del Proyecto, efectuada en abril de 2006.

##### 5.1.1.1 Estado vital

De las 99 observaciones de vegetación realizadas en el periodo 2022, la mayoría se ubicó la categoría de vitalidad Crecimiento normal, concentrando el 85,9% de las muestras, equivalente a 85 descripciones de terreno. Por su parte, un 9,1% (9 muestras) se ubicó en la categoría débil; mientras que la categoría vigorosa comprende un 2,0% de las muestras, al identificarse 2 muestras. Cabe indicar que no se identificaron muestras en las categorías seco y muy débil, mientras que se registraron 3 muestras sin vegetación, tal como se presenta en la Figura 5-1 en forma diferenciada por formación vegetacional.

Figura 5-1. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama.



En el área de estudio existen 44 unidades de vegetación con presencia de Matorral de Brea, de ellas 38 presentaron una vitalidad normal (86,3% del total); mientras que, en 5 la vitalidad fue débil (11,4% del total). En proporciones menores, se presenta la categoría excepcionalmente vigoroso con una descripción equivalente al 2,3% del total. No se evidenciaron las categorías seco y muy débil. La distribución de frecuencias en cada una de las diferentes categorías se observa en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Brea.

Categoría de vigor	N° muestras	% de representación
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	5	11,4
Crecimiento normal	38	86,3
Excepcionalmente vigoroso	1	2,3
Total	44	100

Por su parte, las caracterizaciones realizadas sobre matorrales de Cachiyuyo - Ojalar, también se presentaron mayoritariamente con crecimiento normal (en un 81,8% de las muestras). El 18,2% restante (2 muestras) se encuentra en la categoría débil. El detalle de las mediciones en cada categoría se muestra en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo - Ojalar.

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	2	18,2
Crecimiento normal	9	81,8
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Total	11	100

Se realizó una única muestra en el matorral de Rica rica – Pingo pingo, la cual se identificó en la categoría débil, tal como se observa en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo.

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	1	100,0
Crecimiento normal	0	0,0
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Total	1	100,0

El 88,8% de las muestras de la pradera Junquillo – Totorá – Suncho (16 de 18 puntos) presentaron vitalidad en la categoría normal. Mientras que, una muestra se observó tanto en la categoría de crecimiento débil como en la categoría vigoroso (5,6% del total cada una).

Tabla 5-4. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totorá-Suncho.

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	1	5,6
Crecimiento normal	16	88,8
Excepcionalmente vigoroso	1	5,6
Total	18	100

La pradera de Grama salada presentó todos los registros en la categoría normal. Un mayor detalle se ilustra en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	0	0,0
Crecimiento normal	16	100,0
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Total	16	100

Se realizó una única muestra en el matorral de Káuchal, la cual se identificó en la categoría débil, tal como se observa en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-6. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Káuchal.**

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	1	100,0
Crecimiento normal	0	0,0
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Total	1	100,0

Además, se registraron 8 unidades de vegetación escasa, en cinco de ellas se registraron plantas con crecimiento normal (62,5% del total) mientras que tres no se observó presencia de vegetación (37,5% del total).

**Tabla 5-7. Categoría de vitalidad registrada en las zonas de vegetación escasa (ZVE).**

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Sin vegetación*	3	37,5
Seco	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	0	0,0
Crecimiento normal	5	62,5
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Total	8	100,0

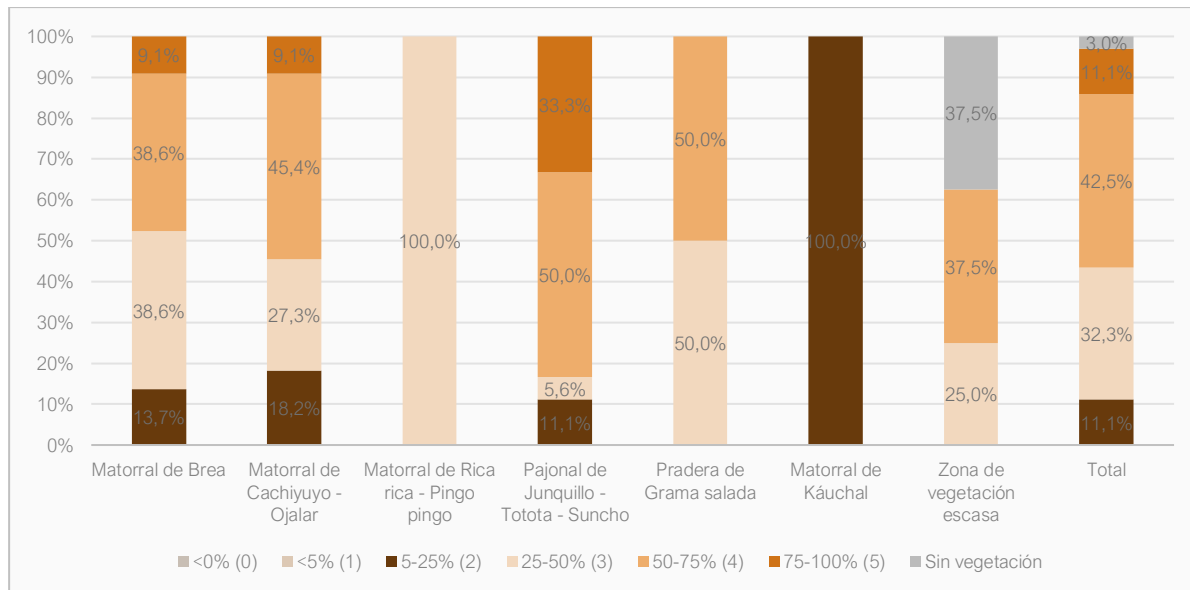
El detalle de las descripciones vegetacionales de terreno se entregan en el Anexo 2.1.

#### 5.1.1.2 Porcentaje de copa viva

Los resultados generales y por formación vegetacional se presentan en la Figura 5-2 y los resultados específicos para cada punto se observan en el Anexo 2.1.

A nivel general, de las 99 descripciones de vegetación realizadas en el 2022, el 42,5% de las muestras (42 puntos) presentan copa viva entre 50-75%. Por otra parte, se identificaron 32 descripciones (32,3% del total) con copa viva entre 25-50% y 11 descripciones (11,1% del total) tanto para la categoría 5-25% y como para la categoría 75-100%. Mientras que, se identificaron tres registros en zonas desprovistas de vegetación y no se identificaron muestras en la categoría <5%. El detalle de estas proporciones por categoría de copa viva se presenta en la Figura 5-2.

Figura 5-2. Proporción de porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.



Las evaluaciones particulares en cada formación vegetal mostraron que:

La mayoría (38,6% de las muestras) de los registros del matorral de Brea se presentaron tanto en la categoría 25-50% como en la categoría 50-75% de copa viva. Le siguen la categoría 5-25% con una representación de 13,7%. En la última posición relativa se encuentra la categoría 75-100%, con 4 registros (9,1% de las muestras).

Tabla 5-8. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
0%	0	0,0
<5%	0	0,0
5-25%	6	13,7
25-50%	17	38,6
50-75%	17	38,6
75-100%	4	9,1
Total	44	100

El matorral de Cachiyuyo - Ojalar, presentó cinco registros dentro de las categorías 50-75% (45,4% de la representatividad), tres registros dentro del rango 25-50% (27,3% de los registros), dos registros de copa viva en la categoría 5-25% (18,2% del total de los levantamientos) y finalmente un registro en la categoría 75-100% (9,1% del total de las muestras). El detalle de la distribución de frecuencias de las categorías de copa viva se describe a continuación:

Tabla 5-9. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo - Ojalar.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
0%	0	0,0
<5%	0	0,0



Tabla 5-9. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo – Ojalar.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
5-25%	2	18,2
25-50%	3	27,3
50-75%	5	45,4
75-100%	1	9,1
Total	11	100,0

El matorral de Rica rica – Pingo pingo posee un único registro, el cual se encuentra en la categoría 25-50%. Las descripciones para este tipo vegetacional se presenta en la Tabla 5-11.

Tabla 5-10. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
0%	0	0,0
<5%	0	0,0
5-25%	0	0,0
25-50%	1	100,0
50-75%	0	0,0
75-100%	0	0,0
Total	1	100

Por su parte, la pradera de Junquillo – Totora – Suncho mayoritariamente presentó registros en la categoría de 50-75% de follaje verde (50,0% de las muestras), lo que equivale a nueve registros; le sigue la categoría 75-100% con una representatividad 33,3%. Mientras que, el 11,1% del total, lo que equivale a dos registros, los cuales presentaron 5-25% de follaje verde. Finalmente, el 5,6% restante, está representado por un registro en los rangos 25-50%.

Tabla 5-11. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
0%	0	0,0
<5%	0	0,0
5-25%	2	11,1
25-50%	1	5,6
50-75%	9	50,0
75-100%	6	33,3
Total	18	100

La pradera de Grama Salada presentó 16 registros, los cuales se distribuyen de manera equitativamente (50,0% de los registros) en las categorías 25-50% y 50-75%. El detalle de la distribución de frecuencias de la copa viva se presenta a continuación (Tabla 5-12):

Tabla 5-12. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
<5%	0	0,0

Tabla 5-12. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
5-25%	0	0,0
25-50%	8	50,0
50-75%	8	50,0
75-100%	0	0,0
Total	16	100

Se realizó una única descripción de vegetación en el Matorral de Káuchal, describiendo a esta unidad en la categoría 5-25% de copa viva (Tabla 5-11).

Tabla 5-13. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Káuchal.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
0%	0	0,0
<5%	0	0,0
5-25%	1	100,0
25-50%	0	0,0
50-75%	0	0,0
75-100%	0	0,0
Total	1	100

Además, se registraron 8 unidades de vegetación escasa, en dos de ellas se registraron plantas con porcentaje de copa viva entre 25-50%, mientras que en tres el porcentaje de copa viva se concentró en la categoría 50-75%. Por otra parte, en tres unidades no se observó presencia de vegetación (37,5% del total).

Tabla 5-14. Categoría de copa viva registrada en las zonas de vegetación escasa (ZVE).

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Sin vegetación	3	37,5
0%	0	0,0
<5%	0	0,0
5-25%	0	0,0
25-50%	2	25,0
50-75%	3	37,5
75-100%	0	0,0
Total	8	100,0

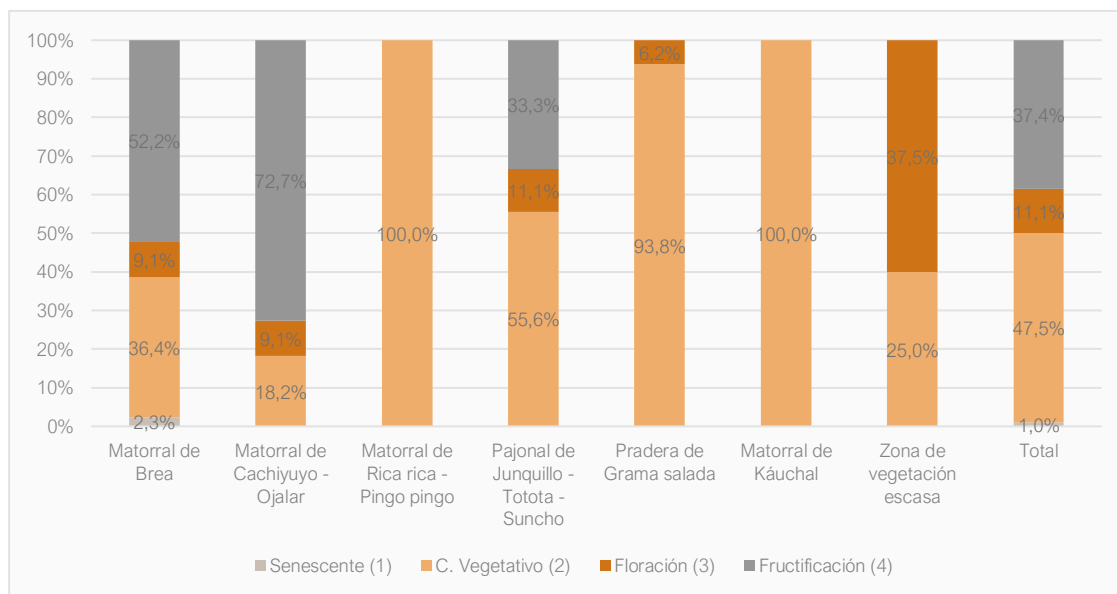
### 5.1.1.3 Fenología

A continuación, se analiza las etapas fenológicas que presentan los distintos tipos vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama en el mes de abril 2022, los cuales se grafican en la Figura 5-3 y las que se presentan detalle en el Anexo 2.1.

Un 47,5% de las muestras se encuentran en crecimiento vegetativo. Le sigue proporcionalmente la categoría fructificación con un 37,4% de las muestras. Mientras que, las muestras en la etapa de floración alcanzan

un 11,1%. Sólo una muestra se encontró en la categoría senescente. Por último, 8 muestras corresponden a zonas de vegetación escasa.

Figura 5-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.



En el análisis por tipo vegetacional, el matorral de Brea no tuvo la misma proporcionalidad que las muestras en general, al presentar mayoritariamente (52,2% de las muestras) unidades en la etapa de fructificación, tal como se observa en la Tabla 5-15. Le sigue la categoría crecimiento vegetativo con un 36,4%. En este tipo vegetacional se identificó la única muestra en la etapa Senescente.

Tabla 5-15. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	1	2.3%
C. Vegetativo	16	36.4%
Floración	4	9.1%
Fructificación	23	52.2%
Total	44	100

En el matorral de Cachiyuyo - Ojalar (Tabla 5-16) predominó la fase fenológica de fructificación, al presentarse en ocho (8) muestras (72,7% del total respectivamente), mientras que dos muestras presentaron crecimiento vegetativo y sólo una en la etapa de floración.

Tabla 5-16. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo - Ojalar

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	2	18,2%
Floración	1	9,1%
Fructificación	8	72,7%

Tabla 5-16. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo – Ojalar

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Total	11	100

Por otra parte, el matorral de Rica rica – Pingo pingo (Tabla 5-17) y el matorral de Káuchal (Tabla 5-18), en su totalidad fueron registrados con crecimiento vegetativo.

Tabla 5-17. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	1	100,0
Floración	0	0,0
Fructificación	0	0,0
Total	1	100

Tabla 5-18. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Káuchal.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	1	100,0
Floración	0	0,0
Fructificación	0	0,0
Total	1	100

La pradera de Junquillo – Totora – Suncho registró en 10 puntos (55,6% del total) la fase fenológica de crecimiento vegetativo, seguido de seis (6) registros (33,3% del total) con fructificación, finalmente con dos muestras en la etapa de floración (11,1% del total).

Tabla 5-19. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	10	55,6
Floración	2	11,1
Fructificación	6	33,3
Total	18	100,0

Por su parte, la pradera de Grama Salada, en 15 descripciones (93,8% del total) registró crecimiento vegetativo, y sólo en una (1) (6,2% del total) registró ejemplares en procesos de floración.

Tabla 5-20. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	15	93,8
Floración	1	6,2

Tabla 5-20. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Fructificación	0	0,0
Total	16	100

Se realizaron 8 descripciones en zonas de vegetación escasa, en dos de ellas se observaron plantas con crecimiento vegetativo (25% del total) y en tres se registró presencia de floración (37,5% del total). Además, en tres unidades no se observó presencia de vegetación (37,5% del total).

Tabla 5-21. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Sin vegetación	3	37,5
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	2	25,0
Floración	3	37,5
Fructificación	0	0,0
Total	8	100,0

### 5.1.2 Superficie de las formaciones vegetacionales mediante imágenes satelitales

En esta sección, se presentan los resultados de la clasificación de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama, la cual se realizó sobre la base de la interpretación y análisis de imágenes satelitales capturadas en el mes de abril de 2022 y descripciones de terreno efectuadas en el periodo 2022.

La vegetación del Borde Este del periodo 2022 se constituye de seis tipos vegetacionales, con diferentes grados de cobertura. La distribución de los tipos vegetacionales en el Borde Este del Salar se presentan en el Anexo 2, a saber:

- a. Matorral de Rica rica – Pingo pingo (*Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora*)
- b. Matorral de Cachiyuyo – Ojalar (*Atriplex atacamensis*- *Atriplex imbricata*)
- c. Matorral de Brea (*Tessaria absinthioides*)
- d. Pradera de Grama Salada (*Distichlis spicata*)
- e. Matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*)
- f. Pajonal de Junquillo - Totora - Suncho (*Juncus balticus*, *Schoenoplectus americanus* y *Baccharis juncea*)

Los resultados obtenidos en el periodo 2022 (Tabla 5-22 y Figura 5-4) indican que la superficie cubierta con vegetación en el Borde Este de Salar de Atacama alcanza 14.076,19 ha. La formación vegetacional con

mayor representación corresponde al matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.359,95 ha, equivalente al 52,29% de toda la vegetación presente en el área.

Las praderas de Grama salada y el matorral de Cachiyuyo - Ojalar presentan superficies de ocupación de 2.236,96 y 1.780,87 ha respectivamente, con porcentajes de 15,89% y 12,65% cada uno. Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden al matorral de Rica rica - Pingo pingo, Pajonal y Matorral de Káuchal.

El detalle de las superficies por tipo vegetal y cobertura se presenta en la Tabla 5-22.

Tabla 5-22. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.

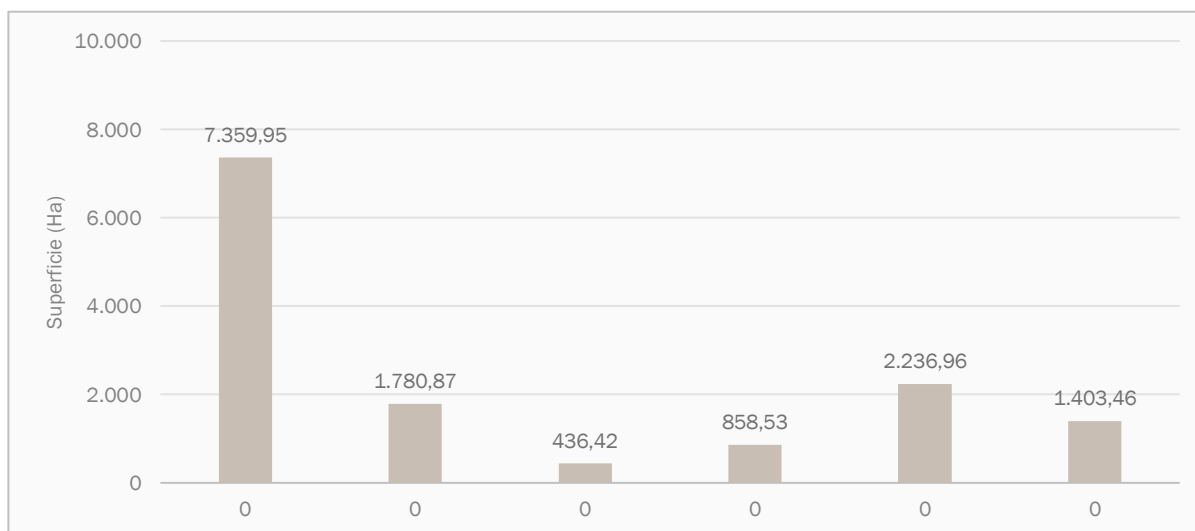
N°	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)
1	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica-Pingo pingo)	Abierto	25 - 50	3,74
		Muy Abierto	10 - 25	151,38
		Ralo	5 - 10	281,30
	Subtotal			
2	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	Semidenso	50 - 75	32,93
		Abierto	25 - 50	294,57
		Muy abierto	10 - 25	620,27
	Ralo	5 - 10	833,10	
Subtotal				1.780,87
3	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Denso	75 - 100	170,70
		Semidenso	50 - 75	504,23
		Abierto	25 - 50	1.153,77
		Muy abierto	10 - 25	2.870,82
		Ralo	5 - 10	2.660,43
Subtotal				7.359,95
4	Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Muy abierto	10 - 25	836,29
		Ralo	5 - 10	22,24
	Subtotal			
5	Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Grama salada)	Denso	75 - 100	131,59
		Semidenso	50 - 75	248,52
		Abierto	25 - 50	353,37
		Muy abierto	10 - 25	581,20
		Ralo	5 - 10	922,28
Subtotal				2.236,96
6	Pajonal de <i>Juncus balticus</i> - <i>Schoenoplectus americanus</i> -	Denso	75 - 100	270,85
		Semidenso	50 - 75	226,16

Tabla 5-22. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.

N°	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)
	Baccharis juncea (Junquillo - Totora - Suncho)	Abierto	25 - 50	228,77
		Muy abierto	10 - 25	383,18
		Ralo	5 - 10	294,50
	Subtotal			1.403,46
	Total			14.076,19

Las superficies de los tipos vegetacionales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama se presentan de manera gráfica en la Figura 5-4.

Figura 5-4. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.



## 5.2 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

Se presentan y analizan las caracterizaciones de las unidades vegetacionales que se encontrarían en la zona de contacto entre la napa subterránea y el sistema radicular de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.

### 5.2.1 Especies dominantes

Se observa que, tanto en el mes de enero, como en el mes de abril de 2022, *Tessaria absinthioides* fue la especie con mayor representación, al identificarse en los 19 puntos de monitoreo (Tabla 5-23). En efecto, en enero se evidenció como dominante en 18 puntos y en uno, como acompañante, mientras que, en abril, se identificó en 16 casos como dominante y en 3, como acompañante.

Por otra parte, se visualizó a *Distichlis spicata* como especie dominante en ocho puntos de monitoreo en los meses de enero y abril; visualizándose también una proporción considerable de puntos donde esta especie es acompañante (Tabla 5-23). Mientras que, *Atriplex atacamensis* fue la especie detectada con menor frecuencia.

Tabla 5-23. Especies dominantes y acompañantes en los monitoreos de enero y abril de 2022

Monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>
Enero	18	4	8	1	1	6
Abril	16	0	8	3	4	5

### 5.2.2 Cobertura vegetal

La Figura 5-5 y Tabla 5-24 muestran los resultados obtenidos de las mediciones de cobertura en enero y abril de 2022 en la zona de conexión vegetación-acuífero. El detalle de las descripciones vegetacionales se entregan en el Anexo 3.

Las descripciones de la vegetación en los monitoreos de enero dieron cuenta que las coberturas varían de rala (5-10% de recubrimiento) a densa (75-100% de recubrimiento), siendo la categoría muy abierta (10-25% de recubrimiento) la más frecuente con 8 registros (42,1% de las muestras). Le siguen proporcionalmente la cobertura abierta con 5 registros (26,3% de las muestras). En abril las coberturas vegetales variaron entre las mismas categorías que la campaña de enero. Así mismo, la categoría más frecuente fue la cobertura abierta, con un 52,7% de los registros.

Al comparar los registros de enero y abril de 2022, se observa que las frecuencias de muestreo de las categorías abierto y semidenso son idénticas en ambos monitoreos. Por otra parte, la frecuencia de las categorías de menor cobertura (ralo y muy abierto) son distinta entre monitoreos. Al respecto, se aprecia que, dos muestras pasaron de ralo a muy abierto, lo que podría indicar que la cobertura aumentó levemente en el monitoreo de abril.

Figura 5-5. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetación.

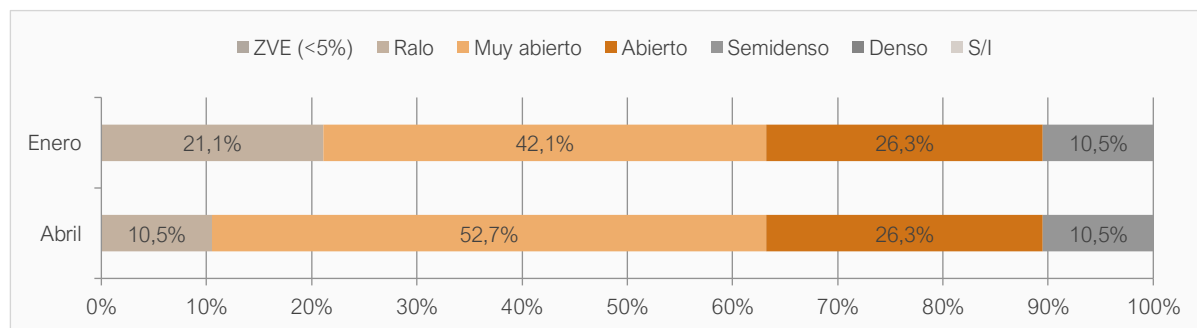




Tabla 5-24. Puntos de muestreo en la Zona de conexión vegetación – acuífero. por categoría de cobertura de la vegetación. Campañas enero y abril de 2022.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de cobertura							Total
		ZVE (<5%)	Ralo	Muy abierto	abierto	Semidenso	Denso	S/I	
2022	Enero	-	4	8	5	2	-	-	19
	Abril	-	2	10	5	2	-	-	19

S/I: Sin información para el periodo

### 5.2.3 Vitalidad

La Figura 5-6 y Tabla 5-25 muestran los resultados obtenidos en las mediciones de vitalidad de la vegetación de la zona de conexión vegetación-acuífero de enero y abril 2022. El detalle de cada una de las descripciones se presenta en el Anexo 3.

En el monitoreo de enero, 11 puntos (57,9% del total) presentaron una vitalidad normal y ocho (8) tuvieron vitalidad débil (representando un 42,1% del total). Por su parte, las mediciones realizadas en abril mostraron que 15 puntos (78,9% del total) presentaron una vitalidad normal, en tanto que tres (3) puntos (15,8% del total) presentaron vitalidad débil y un único punto (5,3% del total) tuvo una vitalidad muy débil.

Al comparar los registros de enero y abril de 2022, se observa que 14 registros mantienen su vitalidad, ya sea en la categoría débil o normal. De las restantes muestras, 4 evidencian una vitalidad mayor el mes de abril, pasando de la categoría débil a normal; y sólo una merma en la vitalidad, al pasar de débil a muy débil.

Figura 5-6. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de vitalidad de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2022.

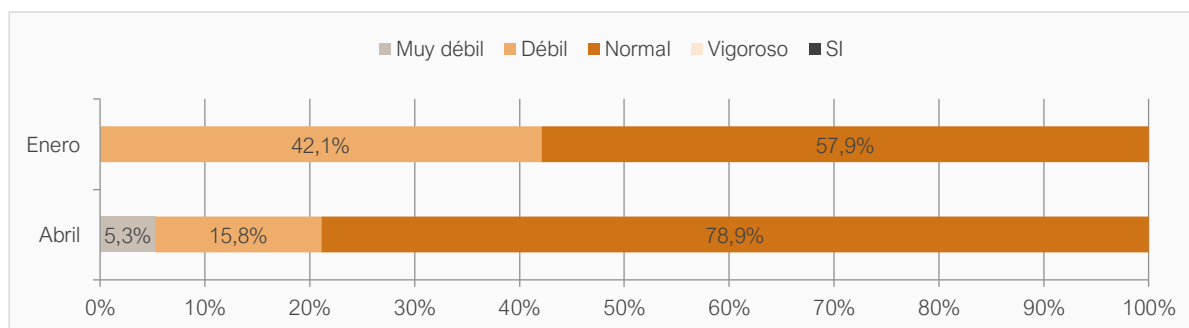


Tabla 5-25. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas enero-abril de 2022

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	S/I	
2022	Enero	-	-	8	11	-	-	19
	Abril	-	1	3	15	-	-	19

S/I: Sin información para el periodo

### 5.2.4 Porcentaje de copa viva

La Figura 5-7 y Tabla 5-26 muestra los resultados del análisis del porcentaje de copa viva en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año. El detalle de cada una de las descripciones se presenta en el Anexo 3.

Los resultados obtenidos en enero muestran que los registros se concentran en la categoría de 25-50% de copa viva, con 8 registros, mientras que en abril los registros observados mayoritariamente se asocian a la categoría copa viva 50-75%, al presentarse 9 registros.

Al comparar los registros de enero y abril de 2022, se observa que la mayoría de las unidades vegetacionales (57,9% de los registros) mantienen su % copa viva. Mientras que, el 26,3% de las muestras (5 registros) evidenciaron aumento en la cobertura en el mes de abril, al pasar de 5-25% a 25-50% y de 25-50% a 50-75% de cobertura. Por otra parte, sólo 3 registros presentaron menos cobertura en el mes de abril.

Figura 5-7. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por porcentaje de copa viva. Campañas de enero y abril de 2022.

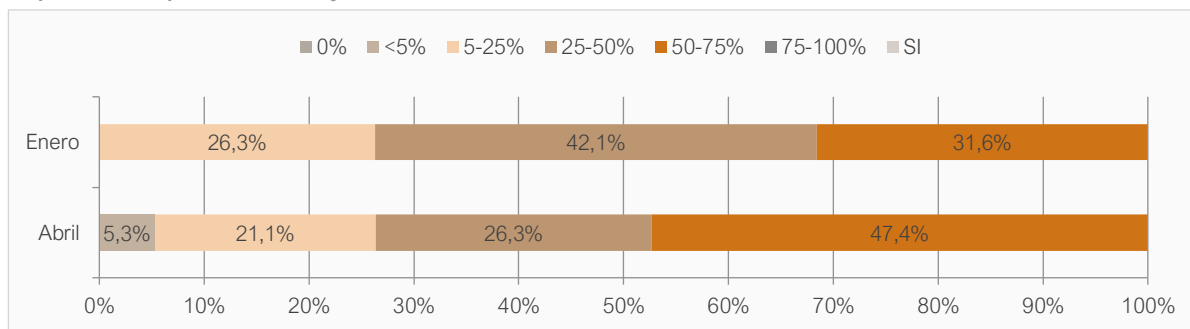


Tabla 5-26. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas enero-abril de 2022.

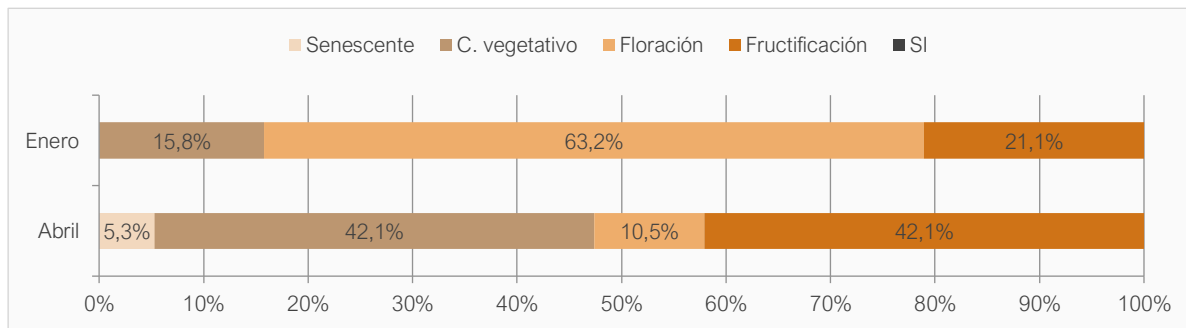
Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva							Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	S/I	
2022	Enero	-	-	5	8	6	-	-	19
	Abril	-	1	4	5	9	-	-	19

S/I: Sin información para el periodo

### 5.2.5 Estado fenológico

La Figura 5-8 y Tabla 5-27 muestra los resultados obtenidos en cuanto al estado fenológico de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año.

Figura 5-8. Participación de las categorías fenológicas en los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero en las Campañas de enero y abril de 2022.



En el monitoreo ejecutado en el mes de enero se identifica que las plantas se encuentran en desarrollo de sus procesos reproductivos, donde la fase fenológica floración es la más abundante, con 12 registros (63,2% del total). Para el mes de abril, se identifica una mayor presencia de registros (47,4% del total) en una etapa de fructificación, siendo esta una etapa culmine del ciclo fenológico. Sin embargo, también se observa el mismo número de registros en la etapa de crecimiento vegetativo y un registro en la etapa senescentes. Lo anterior, podría estar vinculado al fin de la etapa de producción de frutos y el inicio del proceso recesivo de las plantas en sectores específicos, lo que se condice con la época de monitoreo.

Tabla 5-27. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2022

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica					Total
		Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	S/I	
2022	Enero	-	3	12	4	-	19
	Abril	1	8	2	8	-	19

S/I: Sin información para el periodo

### 5.3 Monitoreo de la flora vascular

A continuación, se presentan los resultados del seguimiento de la flora en el periodo 2022. El monitoreo incluye el análisis de la riqueza y abundancia de la flora vascular presente en el Salar de Atacama, así como el pH y salinidad del suelo donde esta se desarrolla.

#### 5.3.1 Riqueza y frecuencia de flora

##### 5.3.1.1 Riqueza

El monitoreo del año 2022 registró 15 taxa, los que incluyen los registros dentro y fuera de los puntos de muestreo (Tabla 5-28). Estos se agruparon en 10 familias, donde Chenopodiaceae tiene la mayor cantidad (4 especies), seguido de Asteraceae y Poaceae con 2 taxa cada una.

Tabla 5-28. Riqueza de flora en la campaña 2022

Dentro de los puntos de monitoreo	Magnoliophyta	Asteraceae	<i>Baccharis juncea</i> (Cass.) Desf.
			<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.
		Chenopodiaceae	<i>Atriplex atacamensis</i> Phil.
			<i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. <i>imbricata</i>
			<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.
			<i>Sarcocornia andina</i> (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo
		Cyperaceae	<i>Schoenoplectus americanus</i>
		Juncaceae	<i>Juncus balticus</i> Willd. subsp. <i>mexicanus</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Kirschner
		Juncaginaceae	<i>Triglochin concinna</i> Burt Davy
		Poaceae	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene
<i>Festuca rigescens</i> (J. Presl) Kunth			
Solanaceae	<i>Lycium humile</i> Phil.		
Verbenaceae	<i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary		
Fuera de los puntos de monitoreo	Magnoliophyta	Asteraceae	<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.
		Chenopodiaceae	<i>Atriplex atacamensis</i> Phil.
			<i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. <i>imbricata</i>
			<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.
			<i>Sarcocornia andina</i> (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo
		Juncaceae	<i>Juncus balticus</i> Willd. subsp. <i>mexicanus</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Kirschner
		Juncaginaceae	<i>Triglochin concinna</i> Burt Davy
		Poaceae	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene
		Solanaceae	<i>Lycium humile</i> Phil.
	Verbenaceae	<i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary	
Boraginaceae	<i>Tiquilia atacamensis</i> (Phil.) A.T. Richardson		
Pinophyta	Ephedraceae	<i>Ephedra multiflora</i> Phil. ex Stapf	

La Tabla 5-29 expone la clasificación de taxas según hábito de crecimiento. En los puntos de muestreo se identificaron 13 taxa, donde aquellas de hábitos arbustivo y hierba perenne presentaron mayor riqueza, identificándose seis especies en cada categoría (46,2% del total de taxa respectivamente). Mientras que, para las hierbas anuales se identificó a una especie (7,6% del total) correspondiente a *Nitrophila atacamensis*. No se observaron especies arbóreas, hierbas anuales o perennes y/o suculentas en el periodo 2022.

Los registros fuera de parcela (FP) dan cuenta de 12 taxa, donde ocho corresponden al hábito arbustivo (66,7% del total) y tres al hábito hierba perenne (25% del total). Mientras que se registró solo un taxa con hábito de hierba anual (8,3% del total), correspondiente a *Nitrophila atacamensis*. Al igual que en los puntos de muestreo, fuera de ellos no se observaron especies arbóreas, hierbas anuales o perennes y/o suculentas en el periodo 2022.

Tabla 5-29. Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Hábito de crecimiento	Puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo	
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación
Árbol	0	0	0	0
Arbusto	6	46,2	8	66,7
Hierba perenne	6	46,2	3	25,0
Hierba anual	1	7,6	1	8,3
Hierba anual o perenne	0	0	0	0
Suculento	0	0	0	0
Total	13	100	12	100

Respecto al origen biogeográfico de la flora registrada en los puntos de muestreo (13 taxa), se identificaron 11 especies nativas (84,6% del total) y dos especies endémicas (15,4% del total), correspondientes a *Atriplex atacamensis* y *Nitrophila atacamensis*. No se registraron especies introducidas o indeterminadas (Tabla 5-30).

Por otro lado, de las especies registradas fuera de los puntos de muestreo (12 taxa), se identificaron nueve de origen nativo (75% del total) y tres especies endémicas (25% del total), correspondientes a *Tiquilia atacamensis*, *Atriplex atacamensis* y *Nitrophila atacamensis*. No se registraron especies introducidas o indeterminadas (Tabla 5-30).

Tabla 5-30. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Origen biogeográfico	Puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo	
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación
Nativo	11	84,6	9	75,0
Endémico	2	15,4	3	25,0
Introducido	0	0	0	0
Indeterminado	0	0	0	0
Total	13	100	12	100

Cabe destacar que de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE), contenido en el D.S. N°23/2019 del Ministerio del Medio Ambiente, a partir julio de 2020 se oficializó a *Nitrophila atacamensis* bajo la categoría de conservación En Peligro conforme con los procedimientos del RCE.

### 5.3.1.2 Frecuencia

En la Tabla 5-31 se presenta la frecuencia de las 15 especies registradas durante el monitoreo de flora 2022. La especie más frecuente corresponde a *Tessaria absinthioides* que fue registrada en 31 puntos de muestreo (41,3% del total de puntos de muestreo). En segundo lugar, se encuentra *Distichlis spicata* presente en 21

puntos de muestreo (28% del total), seguido por *Atriplex atacamensis* presente en 7 puntos de muestreo (9,3% del total).

Cabe destacar que *Ephedra multiflora* y *Tiquilia atacamensis* no presentan avistamiento dentro de los puntos de muestreo, por lo que su frecuencia es 0.

Tabla 5-31. Frecuencia de las especies durante la campaña 2022

N°	Especie	N° de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo*
1	<i>Aloysia deserticola</i>	1	1,3%
2	<i>Atriplex atacamensis</i>	7	9,3%
3	<i>Atriplex imbricata</i>	1	1,3%
4	<i>Baccharis juncea</i>	1	1,3%
5	<i>Distichlis spicata</i>	21	28,0%
6	<i>Festuca rigescens</i>	1	1,3%
7	<i>Juncus balticus</i>	4	5,3%
8	<i>Lycium humile</i>	3	4,0%
9	<i>Nitrophila atacamensis</i>	5	6,7%
10	<i>Sarcocornia andina</i>	2	2,7%
11	<i>Shoenoplectus americanus</i>	1	1,3%
12	<i>Tessaria absinthioides</i>	31	41,3%
13	<i>Triglochin concinna</i>	3	4,0%
14	<i>Ephedra multiflora</i>	0	0%
15	<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0%

En el Anexo 4 se entrega el detalle de cobertura por especie registrado en la campaña 2022.

### 5.3.2 pH del sustrato

En la siguiente sección se presentan los resultados de la caracterización del pH del sustrato medido en las parcelas de flora monitoreadas durante el año 2022.

De acuerdo con la legislación vigente, la determinación del pH se debe realizar a través de una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) con certificación según lo dispuesto por la Resolución Exenta N° 573/2022. A raíz de esto, la ETFA Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA (Algoritmos) fue la encargada de extraer y analizar las muestras de terreno.

De manera complementaria, se analizó un set de muestras por el laboratorio Agroanálisis UC (tomadas por Algoritmos en la misma campaña de terreno y desde los mismos puntos). Este análisis se realiza con la finalidad de dar continuidad al análisis histórico de la variable y mantener la trazabilidad del monitoreo, en vista que este laboratorio ha realizado estos análisis desde el año 2012. Cabe destacar que el método de evaluación del pH utilizado por la ETFA es diferente al utilizado por laboratorio Agroanálisis UC, por lo que ambos datos no son comparables entre sí.

En las secciones siguientes, se presentan los resultados de la caracterización del pH del sustrato a partir de los análisis reportados por los dos laboratorios antes mencionados.

### 5.3.2.1 pH del sustrato según la ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA

El pH de las muestras varió entre las categorías ligeramente ácido a muy fuertemente alcalino, predominando en el 53,3% de ellas un valor fuertemente alcalino (pH entre 8,5 – 9,0). En menor medida hubo 21 muestras con un pH moderadamente alcalino (28% del total) y 11 con un pH muy fuertemente alcalino (14,7% del total). Se registró una muestra ligeramente alcalina (1,3% del total), una muestra con pH neutro (1,3% del total) y una muestra ligeramente ácida (1,3% del total).

La muestra con el menor valor de pH (correspondiente a la categoría ligeramente ácido) pertenece al punto TF2-01, sector que desde el aluvión de febrero de 2019 presenta valores anómalos. Mayor detalle de este fenómeno se aborda en la sección 6 de este informe.

Tabla 5-32. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA.

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos 2022	% Año 2022
Extremadamente ácido	3,5 – 4,4		-	-
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0		-	-
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5		-	-
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0		-	-
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5		1	1,3
Neutro	6,6 – 7,3		1	1,3
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		1	1,3
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		21	28,0
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		40	53,3
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		11	14,7
Total			75	100

Fuente: Schoeneberger et al., 2002.

La Tabla 5-33 presenta el valor de pH obtenido en el laboratorio para los transectos de muestreo de flora, desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha, nomenclatura de colores equivalente a Tabla 5-32).

Tabla 5-33. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA.

Transectos	pH en puntos de muestreo																		
	Margen del salar										Núcleo del salar								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	7,7	9,1	9,1	8,7	8,4	8,7	8,7	8,8	8,7	8,8	8,9	8,1	8,9	9,0	9,0	9,4	9,3	9,4	9,3
TF2	6,3	6,9	8,7	8,5	8,7	8,5	8,5	8,6	8,6	8,7	8,6	8,4	8,4	8,5					
TF3	8,8	9,5	8,5	8,7	8,7	8,7	8,7	8,6	8,6	8,4									
TF4	8,8	8,9	8,9	8,9	8,5	8,6	8,2	8,4	8,4										
TF5	8,8	8,6	8,8	8,8	8,5	8,4	8,6	8,4	8,1	8,4	8,2	8,2	8,1	8,3					
TF6	8,7	8,9	9,1																
TF7	9,1	8,5	8,6	8,5	8,3	8,2													

### 5.3.2.2 pH del sustrato según Agroanálisis UC (complementario)

Los resultados del análisis de pH desarrollados por el laboratorio Agroanálisis UC están presentados en la Tabla 5-34 (Anexo 4.3 se presentan los resultados de laboratorio). En ella se aprecia que las muestras de suelo de las 75 parcelas de flora prospectadas en la campaña actual variaron entre un pH neutro a muy fuertemente alcalino. La mayoría de las muestras (49 muestras equivalentes al 65,3% del total) tuvieron un pH moderadamente alcalino; mientras que, 13 muestras (17,3% del total) registraron un pH fuertemente alcalino y 11 muestras un pH fuertemente alcalino (13,3% del total). Las categorías Neutro y muy fuertemente alcalino presentaron un único registro.

Tabla 5-34. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC.

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos 2022	% Año 2022
Extremadamente ácido	3,5 - 4,4		-	-
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0		-	-
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5		-	-
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0		-	-
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5		-	-
Neutro	6,6 - 7,3		1	1,3
Ligeramente alcalino	7,4 - 7,8		13	17,3
Moderadamente alcalino	7,9 - 8,4		49	65,3
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0		11	14,7
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		1	1,3
Total			75	100

Fuente: Schoeneberger et al., 2002.

La Tabla 5-35 presenta los valores de pH obtenidos por el laboratorio Agroanálisis UC para las muestras de suelo colectadas en las parcelas de flora. Estos se presentan desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha, nomenclatura de colores equivalente a Tabla 5-34).

Tabla 5-35. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC

Transectos	pH en puntos de muestreo																		
	Margen del salar									Núcleo del salar									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	7,5	8,7	8,5	8,5	8,1	8,5	8,4	8,2	8,6	8,3	8,3	8,5	8,4	8,6	8,6	8,1	8,4	8,1	9,0
TF2	7,1	8,0	8,2	8,1	8,5	8,4	8,7	8,6	8,6	8,7	8,6	8,1	7,9	8,7					
TF3	8,0	7,9	8,3	8,0	8,2	8,3	8,2	8,2	7,9	7,8									
TF4	8,4	8,5	8,5	8,4	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9										
TF5	7,9	8,3	8,1	8,2	8,1	7,9	8,0	8,0	7,9	8,0	8,0	8,2	7,7	7,9					
TF6	8,2	8,4	8,0																
TF7	7,9	8,2	7,7	7,9	7,7	7,5													



### 5.3.2.3 Comparación de las mediciones de pH entre laboratorios

Se comparan los análisis del pH según ambos laboratorios, con la finalidad de conocer el nivel de relación entre los datos. Se utiliza el modelo matemático de regresión lineal, con el supuesto que ambos laboratorios debieran tener bajas diferencias entre sí, y estarían dadas por la metodología utilizada para determinar el pH.

Se calculó un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,27 que representa una moderada correlación entre los resultados de ambos laboratorios, la pendiente de la recta que define la ecuación de los datos es positiva y significativa (valor p menor al nivel de significancia del 95%), lo que concuerda con el supuesto establecido.

Los valores del pH otorgados por Agroanálisis UC son menores a lo reportado por la ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA (Figura 5-10), lo que podría estar relacionado a los métodos empleados para su análisis. A pesar de esto, el test estadístico permite determinar que para efectos del seguimiento ambiental ambos datos son válidos, por lo que continuar con los reportes Agroanálisis UC permite visualizar el comportamiento del pH en el tiempo, considerando que los análisis ETFA se comenzaron a realizar el año 2017.

Para efectos de representar las relaciones de los valores obtenidos entre las mediciones de ambos laboratorios, se presenta la regresión lineal en la Figura 5-9.

Figura 5-9. Regresión lineal entre los datos de pH obtenida entre laboratorios.

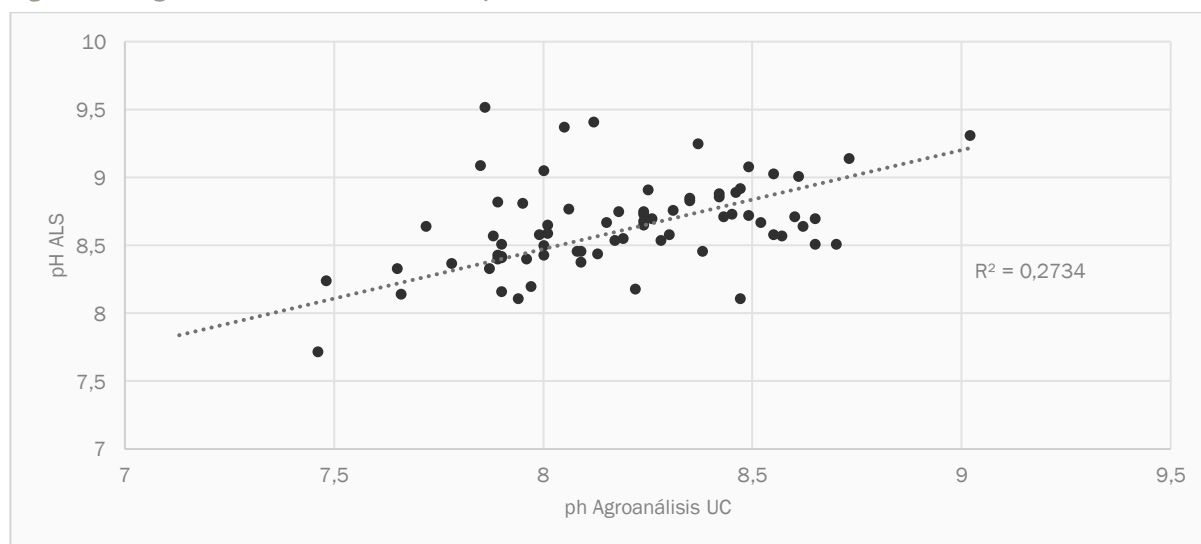
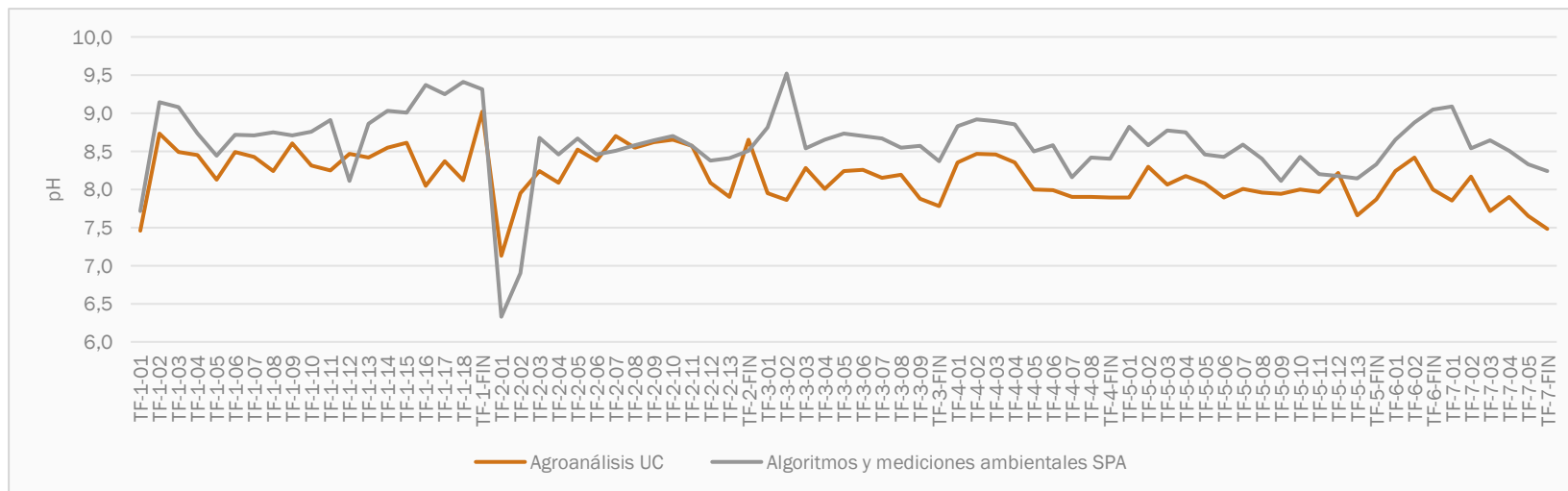


Figura 5-10. Comparación del pH obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo.



### 5.3.3 Salinidad del sustrato (Conductividad eléctrica)

En la siguiente sección se presentan los resultados de la caracterización de la salinidad del sustrato medido a través de la conductividad eléctrica (CE), en cada una de las parcelas de flora monitoreadas durante el año 2022.






Del mismo modo que para la caracterización del pH del sustrato, la legislación vigente exige que los ensayos de salinidad se realicen a través de una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) con certificación vigente, según lo dispuesto por la Resolución Exenta N° 573/2022. Por ende, las muestras fueron analizadas simultáneamente por la ETFA Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA y el laboratorio Agroanálisis UC, conforme se ha realizado desde el año 2012, con la finalidad de mantener la trazabilidad de los datos.

Cabe destacar que la metodología que emplean ambos laboratorios para la determinación de la conductividad eléctrica es distinta y, por lo tanto, los resultados de sus análisis no son comparables.

#### 5.3.3.1 Conductividad eléctrica del sustrato según la ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA

En la Tabla 5-36 se sintetizan los resultados obtenidos por el laboratorio de Algoritmos y mediciones ambientales SPA en los análisis de conductividad eléctrica, para las muestras obtenidas en la campaña de monitoreo N° 16. Los resultados indican que, los puntos de muestreo varían de sustratos no salinos a fuertemente salinos. En 46 puntos de muestreo (61,4% del total) se reporta una salinidad superior a 6,07 dS/m, catalogando estas muestras como fuertemente salinas. En 11 puntos de muestreo (14,7% del total) la CE indicó suelos moderadamente salinos, en siete (7) puntos de muestreo (9,3% del total) se registró suelo ligeramente salino y en cuatro (4) puntos de muestreo (5,3% del total) los suelos se caracterizaron como muy ligeramente salinos y en siete (7) puntos, los suelos se registraron no salinos.

Tabla 5-36. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	N.º de puntos 2022	% Año 2022
No salino	0 - 0,98		7	9,3
Muy ligeramente salino	0,98 - 1,71		4	5,3
Ligeramente salino	1,71 - 3,16		7	9,3
Moderadamente salino	3,16 - 6,07		11	14,7
Fuertemente salino	> 6,07		46	61,4
TOTAL			75	100

Fuente: USDA NRCS, 2001.

La Tabla 5-37 presenta los valores obtenidos en el laboratorio de Algoritmos y mediciones ambientales SPA, para la medición de conductividad eléctrica en cada uno de los transectos de muestreo de flora. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal (Este) hacia el núcleo del Salar (Oeste).

Tabla 5-37. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Laboratorio Algoritmos y mediciones ambientales SPA.

Transecto	Conductividad eléctrica (dS/m)																		
	Margen del salar									Núcleo del salar									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	1,0	7,9	1,3	30,4	23,2	29,4	31,2	14,5	6,5	10,7	10,1	2,3	1,7	6,1	24,5	1,4	1,8	1,0	22,8
TF2	1,2	1,8	5,5	6,0	2,7	16,7	10,4	10,3	5,7	5,9	4,2	2,6	11,6	6,1					
TF3	6,8	13,5	13,1	24,8	8,2	1,8	13,5	6,4	9,1	7,8									
TF4	8,2	13,4	3,6	1,3	4,6	1,7	6,8	2,1	10,2										
TF5	10,0	15,7	2,4	6,5	34,1	26,1	13,7	11,2	9,1	21,3	4,5	14,3	5,3	15,7					
TF6	12,0	25,6	13,0																
TF7	6,9	13,9	10,9	8,8	5,0	1,8													

### 5.3.3.2 Conductividad eléctrica del sustrato según Agroanálisis UC (Complementario)

En la Tabla 5-38 se sintetizan los resultados obtenidos por el laboratorio Agroanálisis UC en los análisis de Conductividad eléctrica para las muestras levantadas en la campaña de monitoreo N° 16 (en anexo 4.3 se presentan los análisis de laboratorio). Los resultados indican que, en 67 puntos de muestreo, equivalentes al 89,3% del total, se desarrolla un sustrato Fuertemente salino, registrándose valores de salinidad superior a los 6,07 dS/m. Mientras que, en cuatro (4) puntos de muestreo (5,3% del total) el suelo se registró moderadamente salino y en otros cuatro (4) puntos el suelo fue Muy ligeramente salino (5,3% del total).

Tabla 5-38. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora.

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	N° de puntos 2022	% Año 2022
No salino	0 - 0,98		-	-
Muy ligeramente salino	0,98 - 1,71		4	5,3
Ligeramente salino	1,71 - 3,16		-	-
Moderadamente salino	3,16 - 6,07		4	5,3
Fuertemente salino	> 6,07		67	89,3
TOTAL			75	100

Fuente: USDA NRCS, 2001.

La Tabla 5-39 presenta los valores obtenidos en el Laboratorio Agroanálisis para la medición de C.E. en cada uno de los transectos de muestreo de flora monitoreados en 2022. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal (Este) hacia el núcleo del Salar (Oeste).

Tabla 5-39. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC.

Transecto	Conductividad eléctrica (dS/m)																		
	Margen del salar									Núcleo del salar									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	1,5	22,8	36,8	8,0	60,6	43,2	39,4	80,0	12,5	14,1	14,9	27,5	10,8	11,7	32,2	1,4	3,3	4,0	12,9
TF2	1,5	4,9	19,8	10,5	17,1	32,3	17,8	14,6	20,7	7,4	7,5	7,5	68,9	8,3					
TF3	20,9	31,7	32,9	54,8	23,7	15,8	41,1	26,3	37,7	26,3									
TF4	20,9	20,2	21,5	26,0	12,5	21,0	26,0	25,5	14,3										
TF5	16,0	31,6	5,7	12,4	53,0	68,9	43,5	46,2	37,0	33,5	11,8	36,9	47,8	28,1					
TF6	52,4	40,7	47,8																
TF7	1,3	32,0	33,9	35,2	18,8	13,4													

### 5.3.3.3 Comparación de las mediciones de la conductividad eléctrica entre laboratorios

Se comparan los análisis de la conductividad eléctrica según ambos laboratorios, con la finalidad de conocer el nivel de relación de ambos datos. Se utiliza el modelo matemático de regresión lineal, con el supuesto que ambos laboratorios debieran tener bajas diferencias entre sí, y estas debieran estar dadas solo por la metodología utilizada para determinar la CE. Los resultados indican que la CE entre laboratorios alcanza un valor  $R^2$  de 0,33, lo que representa una moderada correlación, con pendiente positiva y significativa de los datos (pendiente= 1,19; valor  $p= 9,1 \cdot 10^{-8}$ ). El ajuste de los datos indica que, a pesar de las diferencias metodológicas en el análisis de las muestras y la moderada correlación, estas son consistentes (Figura 5-11).

En la mayoría de los casos, los valores de conductividad eléctrica analizados por el laboratorio Agroanálisis UC fueron más altos que los registrados por la ETFA Algoritmos y mediciones Ambientales SPA (Figura 5-12).

Figura 5-11. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios.

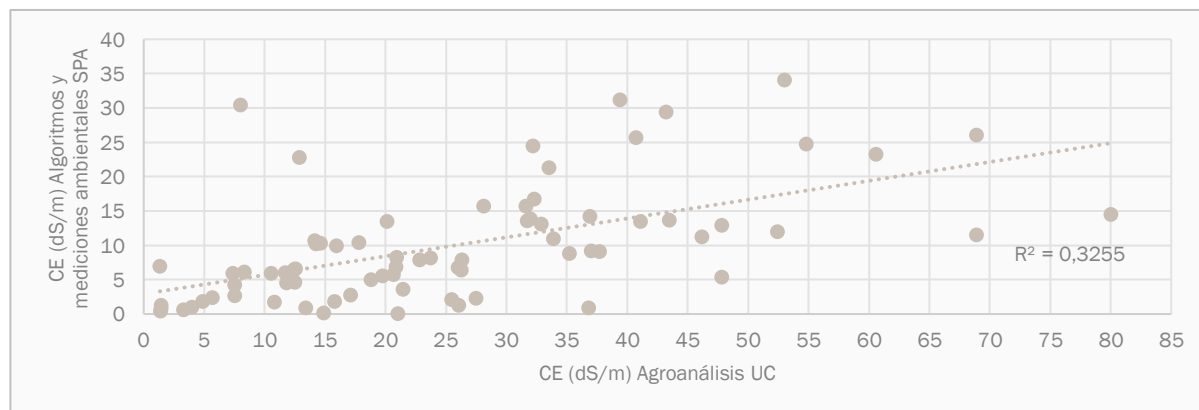
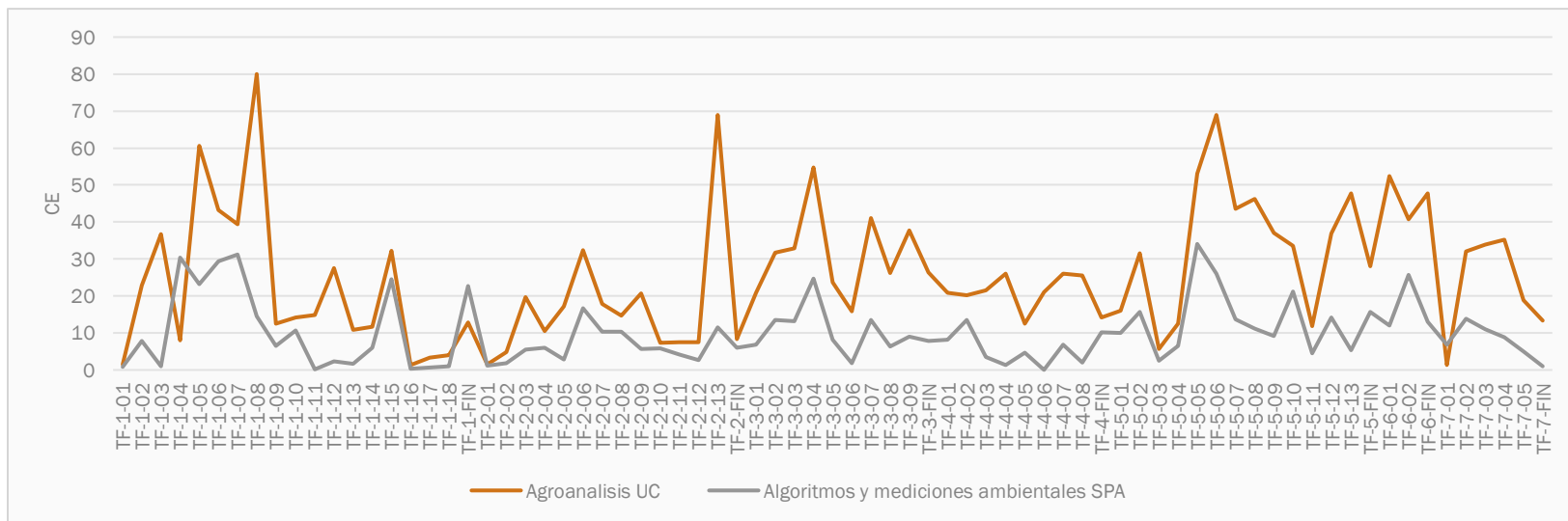


Figura 5-12. Comparación de la CE obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo.



## 5.4 Monitoreo de Algarrobos

### 5.4.1 Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2

En esta sección se exponen los resultados de las mediciones de vitalidad, porcentaje de copa viva (follaje verde), fenología y daño por agentes externos, efectuadas durante abril de 2022 en la población de Algarrobos (*Prosopis alba*<sup>10</sup>) ubicada en las inmediaciones del pozo Camar 2. El Anexo 5 y Anexo 5.1 contienen los datos y registros fotográficos de cada ejemplar evaluado durante la presente campaña de terreno.

Los resultados aquí expuestos corresponden a las mediciones de los ejemplares que fueron identificados y rotulados desde la campaña de terreno efectuada en 2006 y que forman parte del monitoreo de la vegetación contemplado en la RCA N° 226/2006.

Cabe destacar que, los valores porcentuales contemplan solo a los individuos existentes en terreno a la fecha, descontando de los análisis aquellos ejemplares desaparecidos o desprendidos por acción de aluviones u otra afectación en distintos periodos. No obstante lo anterior, en las tablas y anexos donde se detallan los resultados, se presentan los valores efectivos de individuos clasificados en cada categoría, incluyendo la categoría “Desaparecidos”.

Del universo de 71 ejemplares identificados en el año 2006 aledaño al pozo Camar 2, 59 se encuentran en pie y en condiciones de ser analizados. Mientras que 12 han sido registrados como desaparecidos. De estos 12 ejemplares desaparecidos o desprendidos, todos se produjeron en las temporadas previas al 2022. La mayor parte de los individuos desaparecidos fueron desprendidos por el aluvión de febrero de 2019; para los individuos desaparecidos previo a esta fecha, se desconoce la causa de su desprendimiento, pudiendo aludirse a efectos de animales, humanos o escorrentías.

En la Tabla 5-40, se complementa esta información, con la fecha e identificación de los árboles desaparecidos. Mientras que las fotografías de los árboles afectados están disponibles en el Anexo 5.1.

Tabla 5-40. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo.

ID árbol	Año de desprendimiento	Estado previo al desprendimiento	Observaciones
A-69	2012	Seco	Normal en 2010, seco desde 2011
A-20	2014	Seco	Normal en 2008, seco desde 2009
A-24	2014	Seco	Débil en 2007, seco desde 2008
A-57	2017	Seco	Seco desde el monitoreo de línea base (2006)
A-01	2019	Muy débil	Muy débil en 2018
A-02	2019	Normal	Normal en 2018
A-03	2019	Normal	Normal en 2018

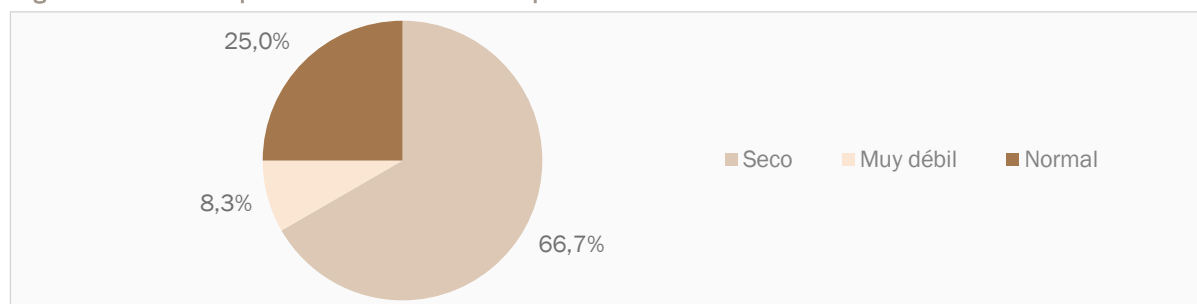
<sup>10</sup> El Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Prosopis* sp., sector quebrada Camar, provincia de El Loa, Región de Antofagasta” (2018), estableció que los ejemplares de *Prosopis* ubicados en el lecho aluvional del piedemonte de la quebrada Camar corresponden en su totalidad a *Prosopis alba*. Esta especie está actualmente clasificada como Preocupación Menor (LC), según el D.S. N° 13/2013 del MMA. En el EIA Cambios y mejoras esta especie se había identificado como *Prosopis flexuosa*, especie clasificada como Vulnerable (VU), según el D.S. N° 13/2013 MMA.

Tabla 5-40. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo.

ID árbol	Año de desprendimiento	Estado previo al desprendimiento	Observaciones
A-15	2019	Seco	Débil en 2013, seco desde 2014
A-16	2019	Seco	Normal en 2008, seco desde 2009
A-32	2019	Normal	Normal en 2018
A-61	2019	Seco	Seco desde el monitoreo de línea base (2006)
A-62	2019	Seco	Normal en 2007, seco desde el 2008

La Figura 5-13 ilustra el estado vital de los individuos desaparecidos previo a su desprendimiento. Se observa que el 66,7% de estos registros muestran ejemplares secos al momento del evento, el 25,0% lo hacía con vitalidad normal y un 8,3% se encontraba en la categoría muy débil.

Figura 5-13. Vitalidad previa de los individuos desaparecidos



#### 5.4.1.1 Vitalidad

De los 71 algarrobos establecidos para monitoreo, 59 individuos se encuentran en pie a la fecha y 12 individuos desaparecieron debido a escorrentías provenientes de la quebrada Camar, durante temporadas estivales.

De los individuos en pie, el 50,8% (30 individuos) se encuentran secos y el 30,5% (18 individuos) presenta una vitalidad normal. Mientras que, un 10,2%, correspondiente a seis individuos, se catalogaron como muy débiles. Un porcentaje menor se ubicó en la categoría débil (8,5%, equivalente a 5 individuos), mientras que no se registraron ejemplares vigorosos (Figura 5-14).



Figura 5-14. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.

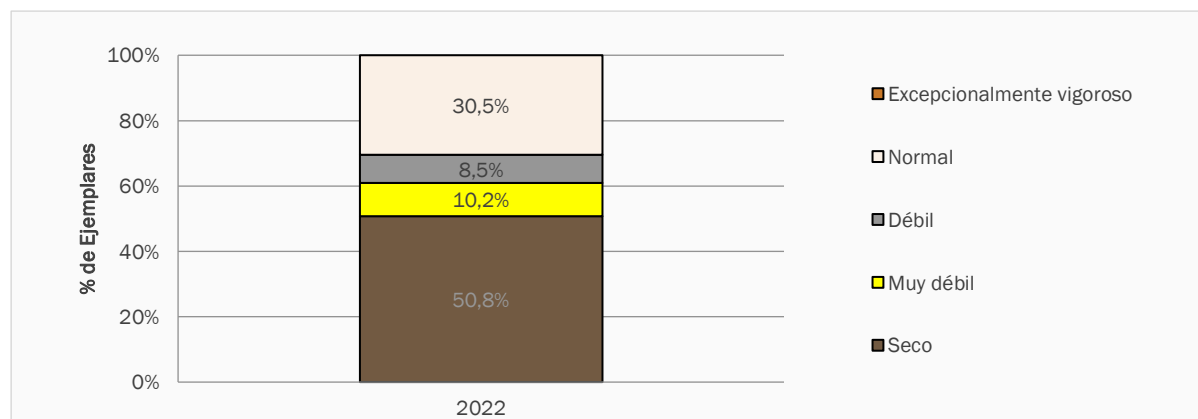


Tabla 5-41. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.

Estado Vital	Nº de árboles	% de Individuos
Seco	30	50,8
Muy débil	6	10,2
Débil	5	8,5
Crecimiento normal	18	30,5
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Sub-total existentes a abril 2022	59	100,0
Sub-total desaparecidos	12	-
Total histórico	71	-

#### 5.4.1.2 Copa Viva

Los resultados de las mediciones de copa viva realizadas sobre los Algarrobos en 2022 se muestran en la Figura 5-15 y en la Tabla 5-42. En el detalle, un 49,2% de los algarrobos presentó algún grado de copa verde, el que incluye seis individuos en la categoría de copa de <5%, cinco individuos en la categoría 5-25%, cuatro con copa de 25-50%, cinco en 50-75% de cobertura y nueve individuos con copa 75-100%. El resto de los ejemplares (50,8%) no presentaron follaje verde.

Figura 5-15. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.

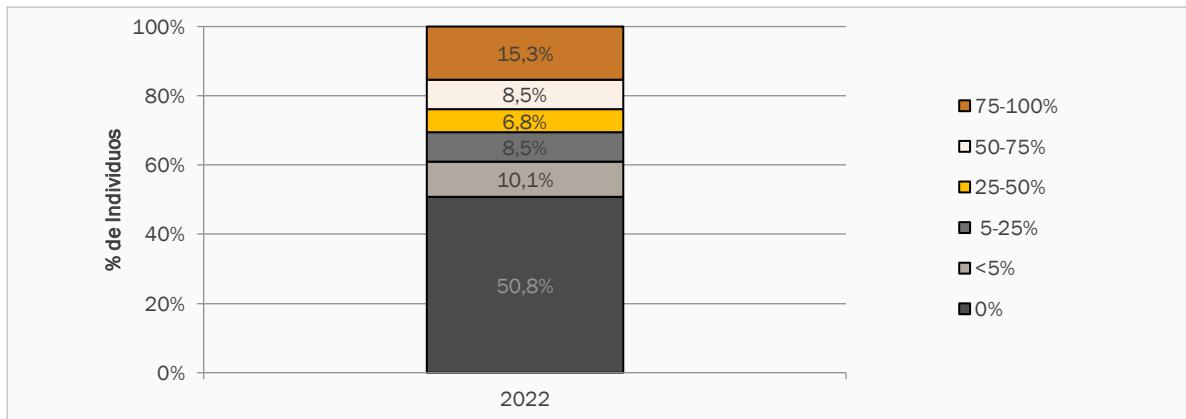


Tabla 5-42. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.

% de copa viva	Nº de árboles	% de Individuos
0%	30	50,8
<5%	6	10,1
5 - 25%	5	8,5
25 - 50%	4	6,8
50 - 75%	5	8,5
75 - 100%	9	15,3
Sub-total existentes a abril 2022	59	100,0
Sub-total desaparecidos	12	-
Total histórico	71	-

### 5.4.1.3 Fenología

En 2022, el 49,2% de los individuos (29 ejemplares) se registró en etapa de Crecimiento Vegetativo y el 50,8% (30 ejemplares) en etapa de Senescencia. No se identificaron ejemplares con indicios de Floración o Fructificación.

Los resultados de las mediciones de Fenología realizadas en abril de 2022 se muestran en la Figura 5-16 y en la Tabla 5-43.

Figura 5-16. Fenología en los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.

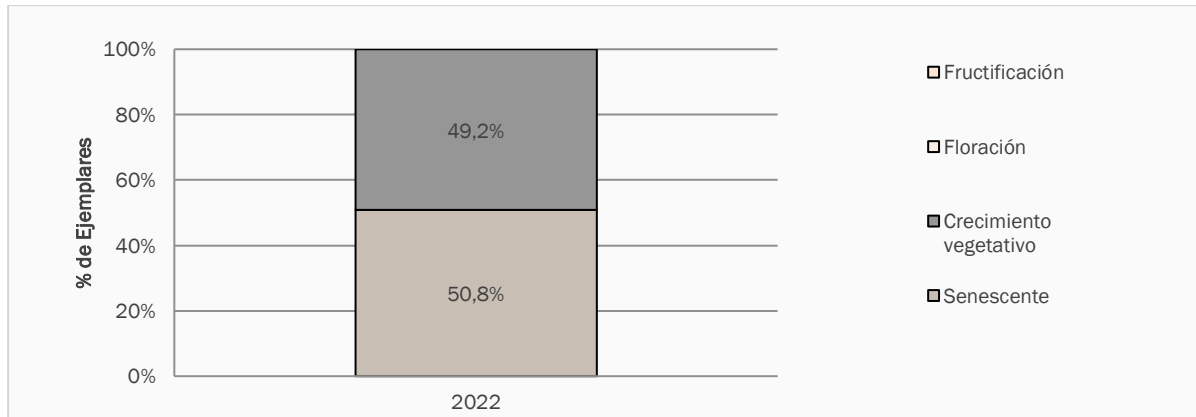


Tabla 5-43. Fenología en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.

Fenología	N° de árboles	% de individuos
Senescente	30	50,8
Crecimiento vegetativo	29	49,2
Floración	0	0,0
Fructificación	0	0,0
Sub-total existentes a abril 2022	59	100,0
Sub-total desaparecidos	12	-
Total histórico	71	-

#### 5.4.1.4 Daño por agentes externos

Al igual que en los análisis anteriores, los cálculos se establecieron en referencia a los 59 individuos presentes en terreno, excluyendo aquellos desaparecidos en temporadas anteriores producto de aluviones (Tabla 5-44).

Los análisis muestran que 30 ejemplares (50,8% del total) se encontraron secos al momento del monitoreo, por lo que no se realizó evaluación del tipo de daño. Mientras que 29 ejemplares (49,2% del total) presentaron daño animal, tal como se presentan en la Figura 5-17 y Tabla 5-44. Es decir, que la totalidad de individuos con algún grado de vitalidad presentaron este tipo de daño.

Figura 5-17. Presencia de daño en los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.

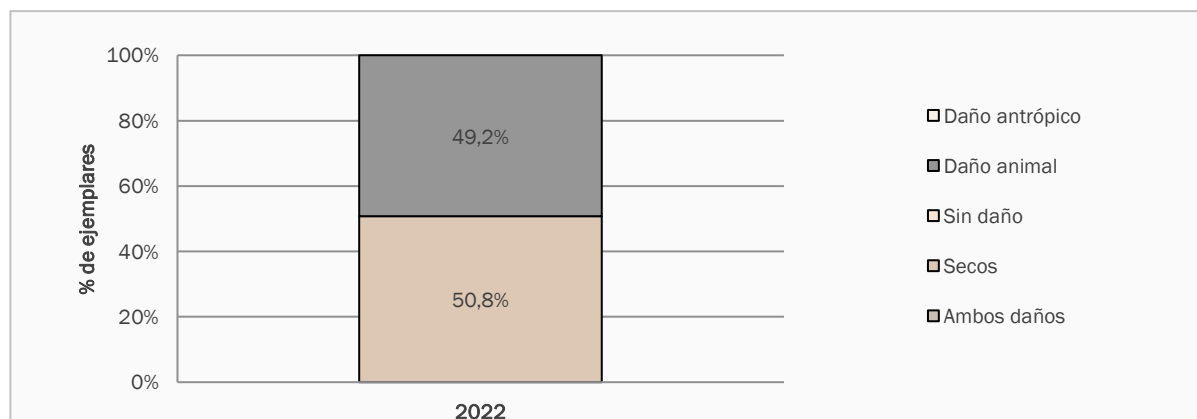


Tabla 5-44. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.

Daño	N° de árboles	% de individuos
Daño animal	29	49,2
Daño antrópico	0	0,0
Ambos daños (Animal y antrópico)	0	0,0
Sin daño	0	0,0
Secos	30	50,8
Sub-total existentes a abril 2021	59	100,0
Sub-total desaparecidos	12	-
Total histórico	71	-

## 5.4.2 Fisiología de Algarrobos

### 5.4.2.1 Potencial hídrico en pre-alba

La Tabla 5-45 muestra los valores de potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) medidos en abril de 2022 en el área de estudio, para una muestra de 17 individuos. La población de algarrobos medida alcanzó valores de potencial entre -1,6 y <-4,0 MPa. El valor de <-4,0 se obtiene en un solo árbol (A41). Se alcanza un valor promedio de -2,74 MPa, con un Error Estándar de 0,19, y no se encuentran diferencias significativas con respecto al cambio de cauce ( $p=0,8003$ ).

Tabla 5-45. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) medido en abril de 2022.

Cauce	Árbol	$\Psi_{pa}$ (MPa)
Cauce Centro-Sur	A04	-3,30
	A07	-2,60
	A08	-2,90
	A11	-2,85
	A36	-3,05

Tabla 5-45. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) medido en abril de 2022.

Cauce	Árbol	$\Psi_{pa}$ (MPa)
	A37	-2,70
	A38	-3,00
	A40	-2,50
	A41	<-4,00
	A43	-1,60
	A44	-2,55
	A47	-1,90
	A58	-2,40
Promedio		-2,72±0,17 a
Cauce Norte	A12	-2,90
	A21	-2,60
	A22	-
	A30	-3,10
	A33	-2,60
Promedio		-2,80±0,57 a
Promedio Total		-2,74±0,19

Valores Promedio corresponden a las medias  $\pm 1$  Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según el test DGC de separación de medias.

#### 5.4.2.2 Potencial hídrico en mediodía

La Tabla 5-46 muestra los valores de potencial hídrico de ramilla en mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medidos en abril de 2022 en el área de estudio. La población de Algarrobos medida alcanzó valores de potencial entre -2,3 y <-4,0 MPa. El valor de <-4,0 se obtiene en 7 árboles (A04, A08, A11, A38, A58, A12 y A22). Se alcanza un valor promedio de -3,60 MPa, con un Error Estándar de 0,12 y no se encontraron diferencias significativas en los valores de  $\Psi_{md}$  registrados para las distintas ubicaciones respecto del cauce ( $p=0,9477$ ).

Tabla 5-46. Potencial hídrico de ramilla en mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en abril de 2022.

Cauce	Árbol	$\Psi_{md}$ (MPa)
Cauce Centro-Sur	A04	<-4,00
	A07	-3,80
	A08	<-4,00
	A11	<-4,00
	A36	-3,80
	A37	-3,10
	A38	<-4,00
	A40	-3,65

Tabla 5-46. Potencial hídrico de ramilla en mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en abril de 2022.

Cauce	Árbol	$\Psi_{md}$ (MPa)
	A41	-3,90
	A43	-2,30
	A44	-3,25
	A47	-2,75
	A58	<-4,00
Promedio		-3,58±0,16 a
Cauce Norte	A12	<-4,00
	A21	-3,10
	A22	<-4,00
	A30	-3,50
	A33	-3,60
Promedio		-3,64±0,17 a
Promedio Total		-3,60±0,12

Valores Promedio corresponden a las medias  $\pm 1$  Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según el test Kruskal Wallis de separación de medias.

#### 5.4.2.3 Potencial hídrico de pre-alba y mediodía, medidos en 4 árboles fuera del Área de Estudio, con buena disponibilidad hídrica

La Tabla 5-47 muestra los valores de potencial hídrico de ramilla en pre-alba ( $\Psi_{pa}$ ) y medio día ( $\Psi_{md}$ ) medidos en abril 2022, fuera del área de estudio. La población de algarrobos medida en pre-alba alcanzó valores de potencial entre -2,40 y -3,05 MPa, obteniendo un valor promedio de -2,70 MPa, el promedio al medio día fue de -3,21 MPa, ambos con un error estándar de 0,15 y 0,20, respectivamente.

Tabla 5-47. Potencial hídrico de ramilla en pre alba ( $\Psi_{pa}$ ) y mediodía ( $\Psi_{md}$ ) medido en abril del 2022.

Árbol	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)
B11	-2,85	-3,60
B17	-2,40	-2,80
B20	-3,05	-2,95
B21	-2,50	-3,50
Promedio	-2,70±0,15 a	-3,21±0,20 a

Valores Promedio corresponden a las medias  $\pm 1$  Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según el test DGC de separación de medias.

#### 5.4.2.4 Conductancia estomática

La Tabla 5-48 muestra los valores de conductancia estomática (gs) medidos en abril de 2022 en el área de estudio. Se observaron diferencias significativas en gs respecto del Cauce ( $p=0,0212$ ), siendo los árboles en

el cauce norte los que presentan la menor gs de 144,9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, mientras que el cauce sur tuvo un valor de 183,1 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Tabla 5-48. Conductancia estomática (gs) medido en abril de 2022.

Cauce	Árbol	gs (mmol/m <sup>2</sup> s <sup>1</sup> )
Cauce Centro-Sur	A04	195,4
	A07	195,9
	A08	184,3
	A11	153,6
	A36	136,5
	A37	180,6
	A38	138,1
	A40	188,3
	A41	162,6
	A43	232,6
	A44	208,2
	A47	218,2
	A58	186,1
Promedio		183,1±8,1 a
Cauce Norte	A12	122,2
	A21	156,6
	A22	151,3
	A30	179,2
	A33	115,3
Promedio		144,9±11,7 b
Promedio Total		172,5±7,7

Valores Promedio corresponden a las medias ± 1 Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según el test DGC de separación de medias.

#### 5.4.2.5 Conductancia estomática medidos en 4 árboles fuera del Área de Estudio, con buena disponibilidad hídrica

La Tabla 5-49 muestra los valores de conductancia estomática (gs) medidos en abril del 2022, fuera del área de estudio. La población de algarrobos medida alcanzó valores de conductancia entre 162,6 y 239,4 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, obteniendo un valor promedio de 215,3 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, con un Error Estándar de 17,7.

Tabla 5-49. Conductancia estomática (gs) fuera del área de estudio, medido en abril 2022

Árbol	gs (mmol/m <sup>2</sup> s <sup>1</sup> )
B11	162,6
B17	226,7

Tabla 5-49. Conductancia estomática (gs) fuera del área de estudio, medido en abril 2022

Árbol	gs (mmol/m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
B20	239,4
B21	232,5
Promedio	215,3±17,7 a

Valores Promedio corresponden a las medias  $\pm$  1 Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según el test DGC de separación de medias.

## 5.4.3 Biomasa de Algarrobos

### 5.4.3.1 Censo de la población del género Prosopis

La base de datos analizada presenta 246 registros correspondientes a árboles del género Prosopis de los cuales fue posible ubicar y medir 186 árboles (75,6%). Los 60 árboles restantes, no fue posible de ubicarlos en terreno, debido a su tamaño o desaparición, por lo tanto, no fue posible su medición en terreno. Del total, 71 individuos corresponden a la Serie objeto de estudio en términos del PSA asociado a la RCA 226/2006 y de estos fue posible obtener las mediciones de 57 individuos. Un 71% de los árboles medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 29% restante no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en el Cuadro 1, la mayor parte de los individuos (79,0%) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm y 2,6 a 5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm. Los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) sólo representa el 7,0% y pueden alcanzar hasta los 8,5 m de altura.

Casi la totalidad de los individuos presentan más de un vástago (plurifustales), cuyo número promedio fluctúa entre 3 y 33,5 vástagos por individuo. Esto refleja la capacidad de los individuos del género Prosopis de retoñar vigorosamente después que el fuste y ramas principales son destruidas por fenómenos ambientales y/o antrópicos.

El área basal es baja, alcanzando los 2,472 m<sup>2</sup>, en donde el 67,7 % de esta lo acumulan cinco individuos de gran tamaño (Dbe>47 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,1 y 105,9 m<sup>2</sup>, mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m<sup>2</sup> de copa.



Tabla 5-50. Frecuencia del Número de individuos, vástagos promedio, altura media (Hm), área basal acumulado (G) y área de copa promedio (Acopa), según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Prosopis*.

Rango Dbe (cm)	N° individuos			N° Vástagos promedio por individuo			Hm (m)			G (m <sup>2</sup> )			Acopa (m <sup>2</sup> )		
	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	Secos*	total
0 - 2,5	80	43	123	3,3	2,4	3,0	0,2	0,2	0,2	0,026	0,010	0,036	0,1	0,2	0,1
2,6 - 5,0	20	4	24	6,2	6,5	6,2	0,4	0,4	0,4	0,017	0,004	0,021	0,8	1,1	0,8
5,1 - 7,5	6	2	8	15,0	6,5	12,9	1,1	0,6	1,0	0,025	0,005	0,030	4,1	2,6	3,7
7,6 - 10,0	3	2	5	13,3	4	9,6	0,8	1,5	1,1	0,018	0,012	0,030	3,5	4,6	3,9
10,1 - 12,5	2	-	2	33,5	-	33,5	1,5	-	1,5	0,018	-	0,018	9,4	-	9,4
12,6 - 15,0	2	1	3	26,0	15	22,3	1,0	0,5	0,8	0,032	0,018	0,050	5,3	1,6	4,0
15,1 - 17,5	4	1	5	3,0	6	3,6	1,7	1,6	1,7	0,081	0,023	0,104	9,4	7,3	9,0
17,6 - 20,0	3	-	3	10,3	-	10,3	1,8	-	1,8	0,086	-	0,086	16,2	-	16,2
20,1 - 22,5	-	1	1	-	4	4,0	-	0,6	0,6	-	0,033	0,033	-	0,7	0,7
22,6 - 25,0	2	-	2	4,0	-	4,0	2,8	-	2,8	0,087	-	0,087	25,3	-	25,3
25,1 - 27,5	3	-	3	4,7	-	4,7	2,9	-	2,9	0,165	-	0,165	23,7	-	23,7
27,6 - 30,0	1	-	1	3,0	-	3,0	3,8	-	3,8	0,060	-	0,060	19,2	-	19,2
30,1 - 32,5	-	1	1	-	4	4,0	-	2,5	2,5	-	0,078	0,078	-	13,5	13,5
47,6 - 50,0	1	-	1	1,0	-	1,0	3,8	-	3,8	0,179	-	0,179	33,7	-	33,7
55,1 - 57,5	1	-	1	6,0	-	6,0	4,5	-	4,5	0,258	-	0,258	103,8	-	103,8
62,6 - 65,0	1	-	1	4,0	-	4,0	5,0	-	5,0	0,313	-	0,313	46,6	-	46,6
70,1 - 72,5	1	-	1	1,0	-	1,0	8,5	-	8,5	0,396	-	0,396	105,9	-	105,9
80,1 - 82,5	1	-	1	1,0	-	1,0	6,5	-	6,5	0,528	-	0,528	89,5	-	89,5
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>55</b>	<b>186</b>	<b>5,5</b>	<b>3,3</b>	<b>4,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,8</b>	<b>2,289</b>	<b>0,183</b>	<b>2,472</b>	<b>5,3</b>	<b>0,9</b>	<b>4,0</b>

(\*) En el caso del área de copa promedio de los individuos secos, se midió la proyección de la copa formada sólo por las ramas secas que se mantienen en pie.

### 5.4.3.2 Funciones de biomasa aérea seleccionadas

Las funciones de biomasa aérea seleccionadas se presentan en el Tabla 5-51. Estas provienen de un análisis preliminar de 135 modelos (Anexo 5.3), de los cuales se redujo la selección a un total de 10 modelos, donde se seleccionaron dos funciones para la estimación de la biomasa del componente fustes, una para el componente ramas, tres para el componente hojas y cuatro para la estimación de la biomasa total.

Las funciones seleccionadas utilizan variables de rápida medición en terreno, siendo la principal de estas el diámetro basal equivalente (Dbe), calculado a partir de diámetros medidos a distintas alturas en el fuste (0,1 m, 0,3 m y 1,3 m), que se encuentra en los modelos seleccionados para fuste, ramas y biomasa total, diámetros que en algunos modelos se combinan con la altura total (ver 5.3.4.3). Para el caso de la biomasa de hojas las variables predictoras seleccionadas son el área y volumen de copa las cuales se determinan a partir de los radios de la copa y la altura del individuo.

Las funciones en su origen fueron creadas para un amplio rango de especies del género *Prosopis*, dentro de las que se incluye *Prosopis alba*. Además, incluye especies como *Prosopis nigra*, *Prosopis glandulosa*, *Prosopis caldenia*, *Prosopis flexuosa*, *Prosopis chilensis* y *Prosopis velutina*, especies que en sus formas o hábito de crecimiento coinciden con las registradas en la población estudiada. Algunos de estas formas de crecimiento son descritas y comparadas por Fernandes (1994), para algunas especies del género.

Tabla 5-51. Modelos de estimación de biomasa aérea según sus componentes, se presentan las variables predictoras, coeficientes, la especie para la cual fue creada y la fuente bibliográfica de la cual se obtuvo el modelo.

	Modelo	Variables predictoras	Coefficientes	Especie	Fuente bibliográfica
<b>Componente Fuste</b>					
1	$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_1)$	$X_1 = Dbe_{0.3}$	$\beta_0 = -2,12; \beta_1 = 1,85$	Prosopis nigra	Sione et al., 2020
2	$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 \ln(X_2)$	$X_1 = Ht; X_2 = Dbe_{1.3}$	$\beta_0 = -1,92; \beta_1 = 0,24; \beta_2 = 1,26$	Prosopis nigra	Sione et al., 2020
<b>Componente Ramas</b>					
3	$\ln Y = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X_1)$	$X_1 = Dbe_{0.1}$	$\beta_0 = 15,265; \beta_1 = 2,301$	Prosopis glandulosa	Sharifi et al., 1982
<b>Componente Hojas</b>					
4	$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_1)$	$X_1 = Vc$	$\beta_0 = 5,27; \beta_1 = 0,88$	Prosopis caldenia	Hierro et al., 2000
5	$Y = \beta_0 * X_1^{\beta_1}$	$X_1 = Vc$	$\beta_0 = 219,94; \beta_1 = 0,84$	Prosopis caldenia	Hierro et al., 2000
6	$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2$	$X_1 = Ac$	$\beta_0 = 3; \beta_1 = 60; \beta_2 = 4$	Prosopis glandulosa	Ludwig et al., 1975
<b>Total</b>					
7	$Y = \beta_0 * X_1^{\beta_1}$	$X_1 = Dbe_{0.1}$	$\beta_0 = 0,03569; \beta_1 = 2,374869$	Prosopis flexuosa	Álvarez et al., 2011
8	$Y = \beta_0 * X_1^2$	$X_1 = Dbe_{0.3}$	$\beta_0 = 0,1925$	Prosopis alba	Fernandes et al., 1996
9	$Y = \beta_0 * X_1^2$	$X_1 = Dbe_{0.3}$	$\beta_0 = 0,1530$	Prosopis chilensis	Fernandes et al., 1996
10	$Y = \beta_0 * X_1^2$	$X_1 = Dbe_{0.3}$	$\beta_0 = 0,1708$	Prosopis velutina	Fernandes et al., 1996

.  $Y$  = Peso seco, en kg para las funciones 1,2,7,8,9,10 y en gr para las funciones 3,4,5,6.  $Dbe_{0.1}$ = Diámetro basal equivalente de los diámetros medidos a 0.1 m del suelo en cm  $Dbe_{0.3}$ =Diámetro basal equivalente de los diámetros medidos a 0.3 m del suelo en cm,  $Dbe_{1.3}$ = Diámetro basal equivalente de los diámetros a 1.3 m del suelo en cm, ht= Altura total en m,  $Vc$  = Volumen de copa en m3 según Ludwig et al., (1975),  $Ac$  =Área de copa en m2,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ , corresponden a coeficientes del modelo.

### 5.4.3.3 Determinación de la biomasa aérea de la población

La biomasa aérea alcanza los 4.632,0 kg para el total de la población medida (131 vivos y 55 secos), con un valor promedio por individuos de 24,9 kg (Tabla 5-52), valores que se encuentran entre los rangos reportados por otros autores para *P. pallida* (Padrón y Navarro 2004); *P. juniflora* (Birhane et al., 2017). Los valores de biomasa de los individuos de menor tamaño (<2,5 cm Dbe) se encuentran cercanos a lo reportado por Felker et al., (1989) para *P. alba* y *P. chilensis* por Aronson et al., (2002). Sin embargo, los valores de ambos estudios provienen de plantaciones. El 94,7% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 5,3% restante a individuos secos.

Es importante señalar que los valores de biomasa constituyen una aproximación a los valores reales de biomasa. Esto debido a que proviene de valores promedios de distintas funciones disponibles en la bibliografía estadísticamente seleccionadas, y no de un muestreo destructivo particular para la construcción de funciones locales de biomasa para la población en estudio.

El 73,1% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 47,7 y los 82,0 cm y con alturas que van entre los 3,8 m hasta 8,5 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 39,0% corresponde al fuste, 51,9% a ramas, 9,1% a hojas, es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos, esto debido a que en el caso de aquellos secos (muertos), no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Estos porcentajes de los componentes de biomasa leñosa (fustes y ramas) se encuentran entre lo reportado para el género *Prosopis* (Aronson, et al., 2002; Padrón y Navarro 2004, Khan, et al., 2011)

Tabla 5-52. Biomasa promedio (kg, peso seco) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género Prosopis.

Rango Dbe (cm)	N° de individuos			Fuste			Ramas			Hojas			Total*		
	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total
0 - 2,5	80	43	123	0,7	0,5	1,2	6,2	2,4	8,6	0,7	0,7	1,4	15,0	6,2	21,2
2,6 - 5,0	20	4	24	2,7	0,4	3,1	4,9	1,1	6,0	1,9	0,4	2,3	13,7	2,1	15,8
5,1 - 7,5	6	2	8	11,2	1,1	12,3	8,7	1,6	10,3	4,0	0,5	4,5	32,6	3,8	36,4
7,6 - 10,0	3	2	5	5,1	4,7	9,8	6,7	4,6	11,3	1,3	2,2	3,5	19,1	15,3	34,4
10,1 - 12,5	2	-	2	8,3	-	8,3	7,3	-	7,3	3,4	-	3,4	28,1	-	28,1
12,6 - 15,0	2	1	3	11,8	2,6	14,4	13,8	7,7	21,5	1,6	0,2	1,8	43,1	13,0	56,1
15,1 - 17,5	4	1	5	35,9	9,2	45,1	36,6	10,7	47,3	7,5	1,4	8,9	128,4	36,2	164,6
17,6 - 20,0	3	-	3	42,4	-	42,4	40,7	-	40,7	9,5	-	9,5	148,6	-	148,6
20,1 - 22,5	-	1	1	-	6,7	6,7	-	15,7	15,7	-	0,1	0,1	-	32,6	32,6
22,6 - 25,0	2	-	2	42,5	-	42,5	43,9	-	43,9	13,8	-	13,8	154,1	-	154,1
25,1 - 27,5	3	-	3	89,1	-	89,1	85,8	-	85,8	18,7	-	18,7	310,7	-	310,7
27,6 - 30,0	1	-	1	30,3	-	30,3	31,8	-	31,8	6,4	-	6,4	109,1	-	109,1
30,1 - 32,5	-	1	1	-	32,6	32,6	-	42,9	42,9	-	3,3	3,3	-	136,5	136,5
47,6 - 50,0	1	-	1	95,8	-	95,8	111,2	-	111,2	11,1	-	11,1	371,9	-	371,9
55,1 - 57,5	1	-	1	131,2	-	131,2	169,3	-	169,3	43,7	-	43,7	535,9	-	535,9
62,6 - 65,0	1	-	1	134,6	-	134,6	211,6	-	211,6	18,8	-	18,8	612,0	-	612,0
70,1 - 72,5	1	-	1	215,3	-	215,3	277,6	-	277,6	65,1	-	65,1	801,5	-	801,5
80,1 - 82,5	1	-	1	226,8	-	226,8	386,7	-	386,7	45,5	-	45,5	1.062,5	-	1.062,5
Total	131	55	186	1.083,7	57,8	1.141,5	1.442,8	86,7	1.529,5	253,0	8,8	261,8	4.386,3	245,7	4.632,0

(\* ) Valores totales no coinciden con la biomasa obtenida mediante la suma de cada componente por efecto de la no aditividad de las funciones por componentes.

#### 5.4.3.4 Cambio en las existencias en biomasa aérea de la población correspondiente a la Serie A

Para la Serie A, el año 2020 se midieron un total de 52 árboles (29 vivos y 23 secos) en el mes de noviembre, alcanzando una biomasa aérea total de 923,7 kg, en donde la biomasa aérea calculada de árboles vivos y secos fue de 646,4 kg y 277,3 kg respectivamente (Cruz y Tapia, 2021). En cambio, el año 2022, en el mes de abril, la muestra se incrementó a 56 árboles (34 vivos y 22 secos), alcanzando una biomasa aérea total de 1.024,3 kg en donde la biomasa aérea calculada de árboles vivos y secos fue de 783,0 kg y 241,3 kg respectivamente. Es importante señalar que las mediciones no fueron efectuadas en la misma época vegetativa, siendo la primera en primavera (2020) y la segunda en otoño (2022) y que sólo 50 de estos árboles se midieron ambos años, los cuales fueron utilizados para la comparación de la biomasa de la población correspondiente a la Serie A (Tabla 5-53).

La biomasa de fustes presenta un incremento entre el año 2020 y el 2022, de un 20,5% (47,3 kg), en donde la biomasa de árboles vivos se incrementó en 54,7 kg y la biomasa de fustes en árboles secos disminuyó en 7,4 kg. La biomasa de fustes no presentó diferencias significativas para el periodo analizado (T-test,  $p < 0,05$ ). Esto podría responder a que la mayoría de los árboles de mayor tamaño y desarrollo fustal, corresponden a individuos adultos.

La biomasa de Ramas presentó un incremento de un 20,1% (50,8 kg), en donde la biomasa de árboles vivos y secos se incrementó en 48,0 kg y 2,8 kg respectivamente. Tomando en consideración, que, de la muestra total del año 2022, se vio aumentada en cinco individuos vivos en relación a la muestra de árboles vivos del 2020. La biomasa de Ramas no presentó diferencias significativas para el periodo analizado (T-test,  $p < 0,05$ ).

La biomasa de hojas presenta la mayor diferencia con respecto a lo medido el año 2020, con una disminución de un 31,1% (24,6 kg), en donde la biomasa de árboles vivos y secos disminuyó en 19,6 kg y 5,0 kg respectivamente. Lo que se podría asociar a que la medición se realizó en primavera, noviembre 2020, periodo vegetativo de la especie, en donde el desarrollo foliar se ve aumentado. La biomasa de hojas no presentó diferencias significativas para el periodo analizado (T-test,  $p < 0,05$ ).

Finalmente, la biomasa aérea total presenta un incremento de un 9,8% (90,7 kg), en donde la biomasa de árboles vivos aumentó en 127,8 kg y la biomasa de árboles secos disminuyó en 37,1 kg. La biomasa aérea total no presentó diferencias significativas para el periodo analizado (T-test,  $p < 0,05$ ).

Los resultados indican que, si bien los árboles presentan diferencia en la biomasa aérea durante el periodo analizado, esta se encuentra dentro de los límites estadísticos, sin poder diferenciar si la variación corresponde al crecimiento de los árboles estudiados o a los errores estadísticos propios de la medición. En el caso particular de la biomasa de hojas, esta es altamente sensible a la variación que pueda existir en el tamaño medido de la copa de los árboles, explicando la mayor diferencia en biomasa que el resto de los componentes analizados.

La variación en cuando a las épocas vegetativas, que se realizaron las mediciones, podría influir directamente en la disminución de la biomasa foliar, y en el total de biomasa, considerando el aumento de la muestra, para los individuos de la serie A durante el periodo 2022.

Tabla 5-53. Comparación entre las existencias en biomasa calculadas para los 50 árboles de la Serie A, medidas durante los años 2020 y 2022.

Año	Fuste			Ramas			Hojas			Total		
	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total	vivos	secos	total
2020	165,5	64,9	230,4	172,0	81,3	253,3	65,5	13,5	79,0	646,4	277,1	923,5
2022	220,2	57,5	277,7	220,0	84,1	304,1	45,9	8,5	54,4	774,2	240,0	1.014,2
Diferencia (kg)	54,7	-7,4	47,3	48,0	2,8	50,8	-19,6	-5,0	-24,6	127,8	-37,1	90,7
Diferencia (%)	33,1	-11,4	20,5	27,9	3,4	20,1	-29,9	-37,0	-31,1	19,8	-13,3	9,8

## 5.5 Monitoreo de fauna

### 5.5.1 Riqueza y caracterización de especies

En la campaña realizada (abril, 2022) se registraron 25 especies de fauna correspondientes a; 3 reptiles, 17 aves y 5 mamíferos (Anexo 6.2). No se considerarán especies de anfibios, debido a que no se registraron ejemplares de este grupo durante las campañas de Monitoreo Pre-Operacionales<sup>11</sup> y tampoco se describen para esta zona en la literatura consultada, de igual modo, no se registró la presencia de anfibios en el área de estudio.

Todas las especies registradas son nativas, de las cuales, una de ellas es endémica y pertenece a la clase Reptilia (*Liolaemus fabiani*). Respecto a la categoría de conservación, 13 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación, según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). De estas especies, 6 se encuentran clasificadas en categorías de conservación de amenaza, la lagartija de la puna (*Liolaemus puna*) y el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) se encuentran clasificadas como Casi Amenazada (DS 16/2016 MMA y DS 23/2019 MMA, respectivamente), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) y el caití (*Recurvirostra andina*) se encuentran en categoría Vulnerable (DS 38/2015 MMA; DS 23/2019 MMA y DS 44/2021, respectivamente) y finalmente, la lagartija de Fabián (*L. fabiani*), clasificada En Peligro (DS 52/2014 MMA).

En el área de estudio no existen registros de especies introducidas. No obstante, fue posible detectar ejemplares de burros (*Equus asinus*) en forma directa y mediante evidencia indirecta. Estos animales son considerados como domésticos en el presente informe, no siendo incluidos en el catastro de fauna.

Fue posible detectar la presencia de 17 especies singulares de fauna; 4 mamíferos, 10 aves y 3 reptiles. Los criterios de singularidad de cada especie se muestran en la Tabla 5-54.

En el Anexo 6.1 se presenta un compilado de registros fotográficos de la presente campaña.

Tabla 5-54. Estado de conservación y singularidades de fauna observadas en la campaña 2022

Especie	Clase	Categoría RCE	BSE
<i>Liolaemus constanzae</i>	Reptilia	LC	SE

<sup>11</sup> Campañas realizadas desde noviembre del 2005 a abril 2006.

Tabla 5-54. Estado de conservación y singularidades de fauna observadas en la campaña 2022

<i>Liolaemus fabiani</i>		EN	SE (endémico)	
<i>Liolaemus puna</i>		NT	SE	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Aves	NT	SE	
<i>Phoenicoparrus andinus</i>		VU	SE	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>		VU	SE	
<i>Charadrius alticola</i>		-	BS	
<i>Recurvirostra andina</i>		VU	BS	
<i>Bartramia longicauda</i>		LC	BS	
<i>Phalaropus tricolor</i>		-	BS	
<i>Tringa flavipes</i>		LC	BS	
<i>Tringa melanoleuca</i>		-	SB	
<i>Chroicocephalus serranus</i>		LC	S	
<i>Lycalopex culpaeus</i>		Mammalia	LC	E
<i>Lycalopex griseus</i>			LC	E
<i>Ctenomys fulvus</i>	LC		S	
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-		S	

Categoría RCE = EN: En peligro. NT: Casi amenazada. VU: Vulnerable. LC: Preocupación menor.

B: Especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria. S: Especie catalogada con densidades poblacionales reducidas. E: Especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales.

## 5.5.2 Abundancia

### 5.5.2.1 Transectos para la evaluación de reptiles

A través de la metodología de transectos, fue posible estimar una riqueza de 3 especies de reptiles, de las cuales, la lagartija de Constanza (*L. constanzae*) registró la mayor abundancia con un promedio de 5,67 individuos/transecto, seguido por la lagartija de Fabian (*L. fabiani*) y la lagartija de la puna (*L. puna*) con un promedio de 3,33 y 2 individuos/transecto, respectivamente.

*L. constanzae*, fue registrada en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM. Los hábitats en los cuales se constató su presencia durante la presente temporada fueron los ambientes de Rica rica-Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo y Pajonal, siendo detectada en 7 de los 17 transectos prospectados durante la campaña 2022. La abundancia promedio para *L. constanzae* en los distintos transectos varió entre 0,33 y 2 individuos/transecto.

Por su parte, *L. fabiani* fue registrada en 5 de los 17 transectos realizados, detectándose en los sectores de Vegas de Carvajal, Cruce Camar y Aguas de Quelana. Esta especie fue observada en los ambientes de Pajonal



y Marginal Salar. Al igual que en temporadas anteriores, su presencia en estos hábitats indica que su actividad se encuentra asociada principalmente al salar. La abundancia promedio para *L. fabiani* varió entre 0,33 y 1,67 individuos/transecto.

En el caso de *L. puna*, durante esta campaña fue posible registrar a esta especie en 2 de los 17 transectos realizados, detectándose en los sectores de Vega de Carvajal y Cruce Camar. Con respecto a los ambientes, esta especie fue detectada en el hábitat de Brea - Cachiyuyo y en el hábitat de Pajonal. La abundancia promedio para *L. puna* varió entre 0,33 y 1,33 individuos/transecto. En todos los registros de *L. puna* se encontró en simpatría con *L. constanzae* (Tabla 5-55).

Tabla 5-55. Abundancia de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama.

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Liolaemus constanzae</i>	6	2,00
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Liolaemus constanzae</i>	2	0,67
	3	Pajonal	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,33
			<i>Liolaemus fabiani</i>	5	1,67
			<i>Liolaemus puna</i>	2	0,67
4	Marginal Salar	<i>Liolaemus fabiani</i>	2	0,67	
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>Liolaemus constanzae</i>	2	0,67
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,33
			<i>Liolaemus puna</i>	4	1,33
	7	Pajonal	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,33
8	Marginal de Salar	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,33	
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,33
	10	Brea-Cachiyuyo	<i>Sin registro</i>	-	-
	11	Pajonal	<i>Sin registro</i>	-	-
	12	Marginal de Salar	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,33
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	<i>Sin registro</i>	-	-
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>Liolaemus constanzae</i>	4	1,33
	15	Pajonal	<i>Sin registro</i>	-	-
	16	Marginal de Salar	<i>Sin registro</i>	-	-
Peine	17	Salar	<i>Sin registro</i>	-	-

(\*) Número promedio de ejemplares registrados en transectos de 300 m durante 3 días.

### 5.5.2.2 Transectos para la evaluación de aves en ambientes terrestres

Durante la temporada 2022, a partir de evidencia directa (avistamiento) e indirecta, se obtuvieron registros para aves en 5 de los 17 transectos realizados. Los avistamientos totales corresponden a 5 especies de aves pertenecientes a los órdenes Charadriiformes, Accipitriformes, Falconiformes y Passeriformes.

Las 5 especies corresponden a aves de ambientes terrestres: el batitú (*Bartramia longicauda*), el aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), el carancho cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*), el mero gaucho (*Agriornis montanus*) y la golondrina bermeja (*Hirundo rustica*). Estas aves fueron avistadas en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce Camar y Aguas de Quelana, en los ambientes de Rica rica- Pingo pingo, Brea- Cachiyuyo y Pajonal (Tabla 5-56). Para esta campaña, durante los transectos no se detectaron especies asociadas a ambientes acuáticos.

El aguilucho (*G. polyosoma*) y el carancho cordillerano (*P. megalopterus*) registraron la mayor abundancia, ambos con un promedio de 1 individuos/transecto. Tanto el aguilucho como el carancho cordillerano se registraron en Vega de Carvajal en ambiente de Brea-Cachiyuyo, además el aguilucho se registró también en Cruce Camar en ambiente de Rica rica-Pingo pingo. En el caso el mero gaucho (*A. montanus*), esta especie registró un promedio de 0,67 individuos/transecto en Aguas de Quelana en hábitat de Pajonal. Finalmente, las especies golondrina bermeja (*H. rustica*) y batitú (*B. longicauda*) registraron un promedio de 0,33 individuos/transecto en Vega de Carvajal en hábitat de Pajonal y en Cruce Camar en hábitat de Brea-Cachiyuyo, respectivamente (Tabla 5-56). Los sectores Cruce SQM y Peine no presentaron registros, así como tampoco los ambientes Marginal de salar y Salar.

Tabla 5-56. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama.

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	Sin registro	-	-
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	2	0,67
			<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	3	1,0
	3	Pajonal	<i>Hirundo rustica</i>	1	0,33
4	Marginal Salar	Sin registro	-	-	
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,33
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>Bartramia longicauda</i>	1	0,33
	7	Pajonal	Sin registro	-	-
	8	Marginal de Salar	Sin registro	-	-
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	Sin registro	-	-
	10	Brea- Cachiyuyo	Sin registro	-	-
	11	Pajonal	<i>Agriornis montanus</i>	2	0,67
	12	Marginal de Salar	Sin registro	-	-
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	Sin registro	-	-

Tabla 5-56. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama.

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
	14	Brea-Cachiyuyo	Sin registro	-	-
	15	Pajonal	Sin registro	-	-
	16	Marginal de Salar	Sin registro	-	-
Peine	17	Salar	Sin registro	-	-

(\*) Número promedio de ejemplares registrados en transectos de 300 m durante 3 días.

### 5.5.2.3 Censo para el muestreo de aves en ambientes acuáticos

Con relación al seguimiento de aves en ambientes acuáticos durante la campaña realizada en abril de 2022 en los sectores de Aguas de Quelana, Soncor (lagunas Barros Negros, Canal Burro muerto, Chaxa y Puilar) y Peine (lagunas Interna, Salada y Saladita), en hábitat de lagunas, fue posible registrar un total de 13 especies pertenecientes a los órdenes Anseriformes, Charadriiformes, Phoenicopteriformes y Passeriformes.

En el sector de Soncor, las mayores abundancias de aves de ambientes acuáticos fueron registradas en la laguna Chaxa con un total de 807, seguido por el canal Burro Muerto con 659, Puilar con 586 y finalmente, Barros Negros con 39 ejemplares. Respecto a la riqueza, en la laguna Chaxa se registró un total de 8 especies, de las cuales, la mayor abundancia fue registrada por la parina grande (*P. andinus*) con 222 ejemplares, seguido por la parina chica (*P.jamesi*) con 199 y el flamenco chileno (*P.chilensis*) con 191 individuos. En segundo lugar, en el canal Burro muerto se registraron 9 especies donde, nuevamente, la especie con mayor abundancia corresponde a la parina grande (*P.andinus*) con un total de 168 individuos, seguido por el caití (*R.andina*) y el flamenco chileno (*P.chilensis*) con 132 y 131 ejemplares, respectivamente. Posteriormente en la laguna Puilar se detectaron 7 especies, con una mayor abundancia de la parina grande (*P.andinus*) con 231, seguido por el playero de Baird (*Calidris bairdii*) y por el flamenco chileno (*P. chilensis*) con 190 y 101 individuos, respectivamente (Tabla 5-57).

En el Sector de Aguas de Quelana se registró un total de 88 individuos distribuidos en 7 especies acuáticas y 1 terrestre, el bailarín chico (*Anthus correndera*). En este sector, las mayores abundancias fueron registradas por la parina grande (*P.andinus*) y el flamenco chileno (*P. chilensis*) con 47 y 19 ejemplares, respectivamente (Tabla 5-57).

En Peine, la laguna donde se registraron las mayores abundancias corresponde a la laguna Salada con 296 ejemplares, seguida de la laguna Saladita e Interna con 104 y 48 individuos, respectivamente. En la laguna Salada se detectó la presencia de 6 especies, dentro de las cuales, la más abundante corresponde a la parina grande (*P.andinus*) con 150 individuos, seguido por el flamenco chileno (*P. chilensis*) con 51 ejemplares. En el caso de la laguna Saladita se registró un total de 4 especies, siendo la parina chica (*P. jamesi*) la más abundante con 39 ejemplares, mientras que la parina grande (*P.andinus*) y el flamenco chileno (*P. chilensis*) registraron 26 y 18 individuos, respectivamente. Finalmente, en la laguna Interna se detectó la presencia de 5 especies, siendo la parina chica la más abundante con 23 individuos.

Tabla 5-57. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio.

Sistema	Sector	Especies observadas	Individuos registrados
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	<i>Anthus correndera</i>	1
		<i>Calidris bairdii</i>	4
		<i>Charadrius alticola</i>	5
		<i>Lophonetta specularioides</i>	2
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	47
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	7
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	19
		<i>Tringa flavipes</i>	2
		<i>Tringa melanoleuca</i>	1
Soncor	Barros negros	<i>Calidris bairdii</i>	2
		<i>Charadrius alticola</i>	5
		<i>Phalaropus tricolor</i>	3
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	5
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	4
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	20
	Canal Burro muerto	<i>Calidris bairdii</i>	66
		<i>Charadrius alticola</i>	72
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	5
		<i>Lophonetta specularioides</i>	2
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	168
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	15
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	67
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	131
	<i>Recurvirostra andina</i>	132	
	Chaxa	<i>Calidris bairdii</i>	21

Tabla 5-57. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio.

Sistema	Sector	Especies observadas	Individuos registrados
		<i>Charadrius alticola</i>	12
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	39
		<i>Phalaropus tricolor</i>	37
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	222
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	199
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	50
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	191
		<i>Recurvirostra andina</i>	36
	Puilar	<i>Calidris bairdii</i>	190
		<i>Charadrius alticola</i>	12
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	1
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	231
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	24
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	21
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	101
Peine	Laguna Interna	<i>Calidris bairdii</i>	1
		<i>Charadrius alticola</i>	1
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	10
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	23
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	7
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	6
	Laguna Salada	<i>Charadrius alticola</i>	3
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	1

Tabla 5-57. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio.

Sistema	Sector	Especies observadas	Individuos registrados
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	150
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	33
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	36
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	51
		<i>Recurvirostra andina</i>	22
	Laguna Saladita	<i>Charadrius alticola</i>	1
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	26
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	39
		<i>Phoenicopteriforme sp*</i>	20
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	18

*Phoenicopteriforme sp\** Corresponde a los flamencos sin identificar, no debe ser considerado una especie distinta a las tres identificadas en la zona.

#### 5.5.2.4 Trampas Sherman para evaluación de micromamíferos

En la temporada 2022 se capturó un ejemplar de micromamífero cursorial en el sector de Vega de Carvajal. El registro de roedor de la temporada 2022 fue obtenido en el transecto 3, correspondiente al hábitat de Pajonal, detectándose la especie *Abrothrix andinus* (ratón andino). En cuanto a la abundancia promedio *A. andinus* registró 0,33 individuos (Tabla 5-58).

Para el cálculo de las abundancias promedio se descartaron las recapturas de ejemplares. Cabe destacar que además del ratón andino (*A. andinus*), también se registraron otras dos especies de micromamíferos: el ratón orejudo amarillento (*Phyllotis xanthopygus*) y el tuco-tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*); el primero fue registrado a través de trampa cámara y el segundo a través de la metodología de transectos, estas especies no fueron incluidas en el análisis de abundancia ya que no se registraron mediante trampas Sherman.

Tabla 5-58. Abundancia de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama.

Sector	Transecto	MM	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Sin registro</i>	-	-
	2	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Sin registro</i>	-	-
	3	3	Pajonal	<i>Abrothrix andinus</i>	1	0,33
Aguas de Quelana	9	4	Rica rica-Pingo pingo	<i>Sin registro</i>	-	-

Tabla 5-58. Abundancia de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama.

	10	5	Brea-Cachiyuyo	Sin registro	-	-
	11	6	Pajonal	Sin registro	-	-

(\* ) Valor promedio de ejemplares registrados durante tres días de muestreo.

Por otra parte, la presencia y actividad del roedor fosorial *Ctenomys fulvus* (tuco-tuco), durante la presente campaña, se detectó a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM. Con relación a la ocupación y preferencia de hábitat por parte de esta especie, los registros fueron obtenidos en los hábitats de Brea-Cachiyuyo, Pajonal y Marginal Salar. Esto permite corroborar su amplia distribución y la utilización de diversos ambientes por parte de sus poblaciones en el Borde Este del Salar de Atacama.

#### 5.5.2.5 Estaciones de atracción olfativa para la evaluación de macromamíferos

El registro de macromamíferos obtenido mediante la identificación de improntas (huellas) en las estaciones de atracción olfativa, se presentan en la Tabla 5-59. Se obtuvo registro en tres de las cuatro estaciones olfativas instaladas, siendo visitada por *Lycalopex sp* (zorro sp). Los rastros de zorro fueron observados en el sector de Vega de Carvajal, en el hábitat de Rica rica-Pingo pingo (MM1) y en el sector Aguas de Quelana en el hábitat de Rica rica-Pingo pingo (MM4) y en Brea-Cachiyuyo (MM5). No hubo registros en Vega de Carvajal en hábitat de Brea-Cachiyuyo (MM2). El hábitat con mayor porcentaje de visitas fue Rica rica-Pingo pingo en el sector de Vega de Carvajal (MM1), con un 100% de visitas. Además del registro de zorro (*Lycalopex sp.*), se registraron huellas de roedores no identificados.

Tabla 5-59. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* (zorro) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa.

Sector	Transecto	MM	Hábitat	Índice de visitas (%) ( <i>Lycalopex sp</i> )	Observaciones de improntas (otras especies)
Vega de Carvajal	1	1	Rica rica-Pingo pingo	100	Roedor sp
	2	2	Brea-Cachiyuyo	0	-
Aguas de Quelana	9	4	Rica rica-Pingo pingo	66,67	-
	10	5	Brea-Cachiyuyo	33,33	-

\*Índice de visitas diario calculado en base al número de registros por tres noches de actividad de las cámaras trampa.

Cabe destacar que, si bien a través de las estaciones olfativas no es posible llegar a una identificación a nivel de especie, a partir de los registros obtenidos mediante cámaras trampa (Tabla 5-60), fue posible detectar la presencia del zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) en los sectores en donde fueron instaladas. En Vegas de Carvajal se registró la presencia de zorro chilla (*L. griseus*) en el hábitat de Rica rica - Pingo pingo, mientras que en Aguas de Quelana se detectó zorro culpeo (*L. culpaeus*) tanto en el hábitat de Rica rica - Pingo pingo, como en el hábitat de Brea-Cachiyuyo. También se pudo observar la presencia de otras especies, como es el caso de *Phyllotis xanthopygus*.

También se constató la presencia de ejemplares del género *Lycalopex* a través de fecas y/o huellas en dos de los sectores estudiados: Aguas de Quelana en el ambiente de Brea-Cachiyuyo y Cruce SQM en el ambiente Marginal salar.

**Tabla 5-60.** Índice de visitas de *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y *Lycalopex griseus* (zorro chilla) captadas por trampas cámara.

Sector	Transecto	MM	Hábitat	% Visitas ( <i>Lycalopex culpaeus</i> )*	Índice de Visitas (%) ( <i>Lycalopex griseus</i> )*	Observaciones de otras especies
Vega de Carvajal	1	1	Rica rica-Pingo pingo	0	100	<i>Phyllotis xanthopygus</i> (1)
	2	2	Brea-Cachiyuyo	0	0	-
	3	3	Pajonal	0	0	-
Aguas de Quelana	9	4	Rica rica-Pingo pingo	66,67	0	-
	10	5	Brea-Cachiyuyo	33,33	0	-
	11	6	Pajonal	66,67	0	<i>Phyllotis xanthopygus</i> (1)

\*Índice de visitas diario calculado en base al número de registros por tres noches de actividad de las cámaras trampa.

## 5.6 Monitoreo de biota acuática

En la siguiente sección se presentarán los resultados obtenidos para cada componente evaluado en el monitoreo ambiental.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante abril de 2022 en la campaña N° 16 de muestreo del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” de las variables de Biota Acuática correspondientes a los medios abiótico y biótico descritas anteriormente. Cabe señalar que las estaciones PU-4 y PU-5 del sector de Puilar, Q-4, Q-7 y Q-9 del sistema Aguas de Quelana y las estaciones PE-2 y PE-3 del sistema Peine se encontraron secas al momento de la prospección, por lo que no se realizaron mediciones ni toma de muestras en dichos sectores. Cabe indicar que en campañas anteriores estas estaciones de monitoreo también han sido detectadas sin agua superficial. Además, cabe mencionar también que, para los parámetros de biota acuática no se establecieron límites durante la evaluación ambiental.

### 5.6.1 Medio Abiótico

La Tabla 5-61 presenta los resultados obtenidos durante el monitoreo correspondiente a abril de 2022. En ella, se entregan los valores de los parámetros de importancia limnológica medidos in situ en la columna de agua asociados al plan de seguimiento ambiental biótico, exigidos por la RCA 226/2006 (temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto) y sus complementarios (temperatura del sedimento, salinidad, conductividad del sedimento y del agua intersticial).



Tabla 5-61. Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua de importancia limnológica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

Sector	Estación de monitoreo	Temperatura (°C)	Temperatura sedimento (°C)	pH (unidad)	CE (mS/cm)	Salinidad (PSU)	O <sub>2</sub> Disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica del sedimento mS/cm	Conductividad eléctrica del agua intersticial mS/cm
Puilar	PU-1	21,1	20,51	8,06	22,02	15,3	6,65	16,20	29,67
	PU-2	20,3	19,03	8,17	28,80	18,0	7,19	21,72	25,26
	PU-3	21,5	20,69	8,38	28,87	18,4	6,62	25,43	31,42
	PU-4	*	*	*	*	*	*	*	*
	PU-5	*	*	*	*	*	*	*	*
Soncor	BM-1	7,7	6,31	7,10	90,56	>42,0	3,40	50,61	79,49
	CH-1	8,9	6,43	7,85	104,00	>42,0	1,85	56,05	86,62
	BN-1	13,9	11,77	7,87	109,10	>42,0	3,33	100,60	123,20
	BN-2	24,5	25,73	7,85	135,40	>42,0	0,60	96,56	64,12
	BN-3	21,2	23,04	7,51	>200	>42,0	2,10	118,00	172,40
Aguas de Quelana	Q-0	19,1	20,21	7,49	>200	>42,0	1,01	164,00	195,40
	Q-1	14,8	13,23	7,92	25,00	16,3	5,15	31,62	29,44
	Q-2	9,1	8,84	8,35	29,12	17,9	5,82	23,57	25,30
	Q-3	20,4	21,13	7,95	154,30	>42,0	0,57	46,67	139,10
	Q-4	*	*	*	*	*	*	*	*
	Q-5	12,3	13,41	8,61	49,44	30,7	2,64	23,26	36,36
	Q-6	16,4	15,66	7,08	26,09	16,5	3,14	19,96	25,05
	Q-7	*	*	*	*	*	*	*	*
	Q-8	20,1	22,23	8,25	19,94	10,3	4,69	14,87	15,35
Q-9	*	*	*	*	*	*	*	*	
Peine	PE-1	19,2	20,09	7,32	85,07	>42,0	0,58	70,28	52,85
	PE-2	*	*	*	*	*	*	*	*
	PE-3	*	*	*	*	*	*	*	*
	SA-1	11,7	5,83	8,16	40,86	27,2	5,45	26,51	33,85
	SA-2	7,0	9,45	7,55	40,00	26,5	3,34	31,02	61,51

(\*): Seco, sin escurrimiento superficial de agua al momento del muestreo. Celdas resaltadas corresponde al límite de detección de la técnica analítica utilizada. Fuente: AquaExpert, 2022.

(>42,0): Límite de detección.

### 5.6.1.1 Temperatura

El parámetro Temperatura, tanto en la columna de agua como en los sedimentos ha sido medido históricamente con la finalidad de ser un indicativo referencial al momento del muestreo, ya que debido a la gran oscilación que presenta durante el transcurso del día, esta variable no representa la temperatura media del día. Sin embargo, siguiendo la metodología desarrollada a lo largo de todo el monitoreo, se evaluó la variabilidad de este parámetro entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio.

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de temperatura de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 20,3 y 21,5 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la Temperatura varió entre 7,7 y 24,5 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Burro Muerto (BM-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-2). Para el sector Aguas de Quelana la Temperatura registrada durante la campaña de monitoreo de abril

de 2022 varió entre 9,1 y 20,4 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de temperatura registrados durante abril de 2022 variaron entre 7,0 y 19,2 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en la estación de monitoreo SA-2, en la laguna Saladita, mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-1 en la laguna Interna.

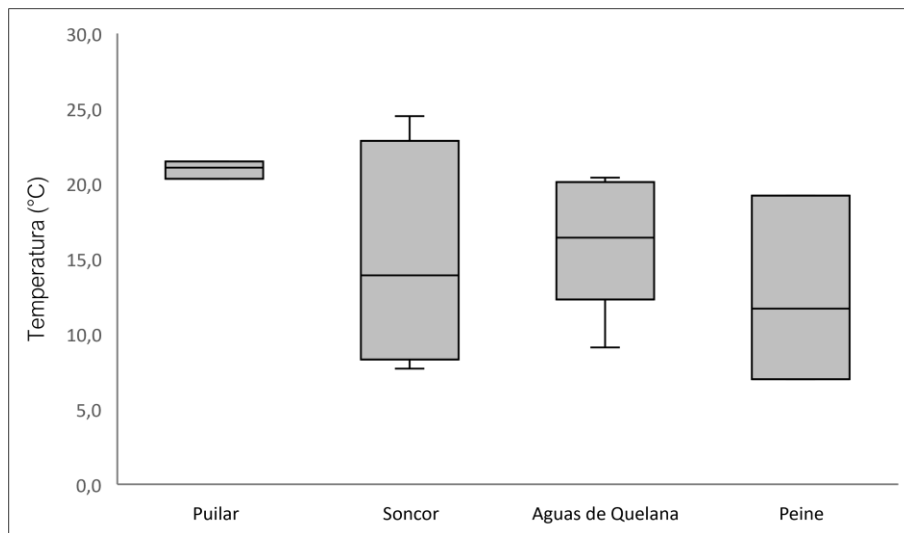
Respecto a la variación en los valores de Temperatura entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una homogeneidad de los valores de Temperatura en el Sector de Puillar mientras que en los Sectores de Aguas de Quelana, Soncor y Peine existe una mayor variación y por consiguiente una heterogeneidad de los valores de Temperatura en las estaciones de monitoreo (Tabla 5-62, Figura 5-18). En cuanto a la comparación entre sectores, esta fue realizada mediante un análisis estadístico no paramétrico para el contraste de medias denominado Kruskal - Wallis, donde no se detectaron diferencias significativas ente los valores de Temperatura medidos en la actual campaña de monitoreo entre los distintos sitios muestreados (KW= 7,81 g.l.= 3, p= 0,186).

Tabla 5-62. Estadígrafos de la Temperatura (°C) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	20,3	21,5	21,0	21,1	0,6	2,8
SONCOR	5	7,7	24,5	15,2	13,9	8,4	55,2
QUELANA	7	9,1	20,4	16,0	16,4	4,3	26,6
PEINE	3	7,0	19,2	12,6	11,7	6,2	48,7

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-18. Representación gráfica de los valores de Temperatura medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.1.2 Temperatura en los sedimentos

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) los valores de temperatura del sedimento de agua en el Sector de Puilar variaron entre 19,03 y 20,69 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la Temperatura varió entre 6,31 y 25,73 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Burro Muerto (BM-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-2). Para el sector Aguas de Quelana la Temperatura registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2021 varió entre 8,84 y 22,23 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-8. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de temperatura registrados durante abril de 2021 variaron entre 5,83 y 20,09 °C (Tabla 5-62). El menor valor se registró en la estación de monitoreo SA-1, en la laguna Saladita, mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-1 en la laguna Interna.

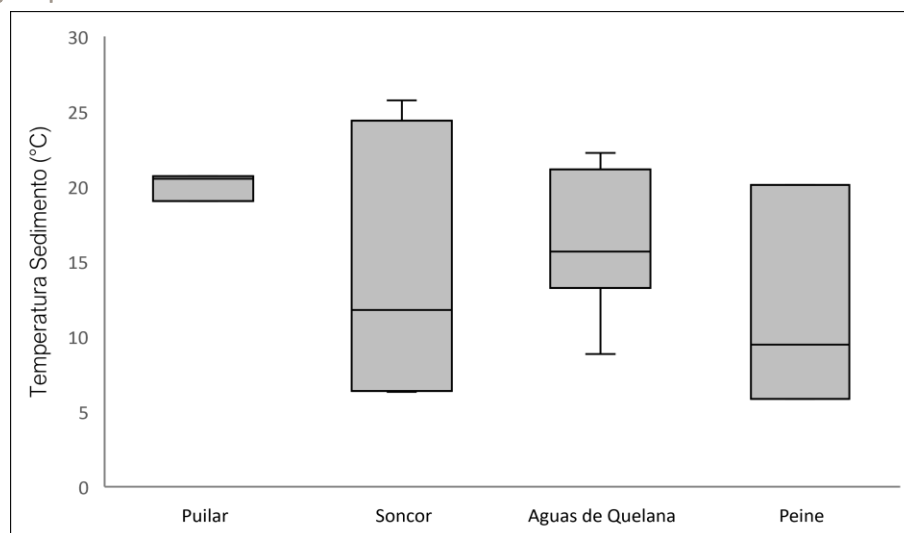
Respecto a la variación en los valores de Temperatura entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una homogeneidad de los valores de Temperatura en el Sector de Puilar mientras que en los Sectores de Aguas de Quelana, Soncor y Peine existe una mayor variación y por consiguiente una heterogeneidad de los valores de Temperatura en las estaciones de monitoreo (Tabla 5-62, Figura 5-18). En cuanto a la comparación entre sectores, esta fue realizada mediante un análisis estadístico no paramétrico para el contraste de medias denominado Kruskal - Wallis, donde no se detectaron diferencias significativas ente los valores de Temperatura medidos en el sedimento durante la actual campaña de monitoreo entre los distintos sitios muestreados ( $KW= 5,51$  g.l.= 3,  $p= 0,474$ ).

**Tabla 5-63. Estadígrafos de la Temperatura del sedimento (°C) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	19,03	20,69	20,08	20,51	0,91	4,54
SONCOR	5	6,31	25,73	14,66	11,77	9,74	66,47
QUELANA	7	8,84	22,23	16,39	15,66	4,96	30,26
PEINE	3	5,83	20,09	11,79	9,45	7,41	62,87

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-19. Representación gráfica de los valores de Temperatura del sedimento\* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.1.3 pH

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) los valores de pH de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 8,06 y 8,38 unidades (Tabla 5-64), el menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1, mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor los valores de pH variaron entre 7,10 y 7,87 unidades (Tabla 5-64). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Burro Muerto (BM-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-1). Para el sector Aguas de Quelana los valores de pH medidos durante la campaña de monitoreo de abril de 2022 variaron entre 7,08 y 8,61 unidades (Tabla 5-64). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-6, mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-5. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de pH registrados durante abril de 2022 variaron entre 7,32 y 8,16 unidades (Tabla 5-64). El menor valor se registró en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1, mientras que el mayor valor se midió en la laguna Saladita (estación SA-1). En términos generales, los valores de pH obtenidos en todos los sectores monitoreados en el Salar de Atacama reflejan aguas que varían de ligeramente neutras a ligeramente básicas.

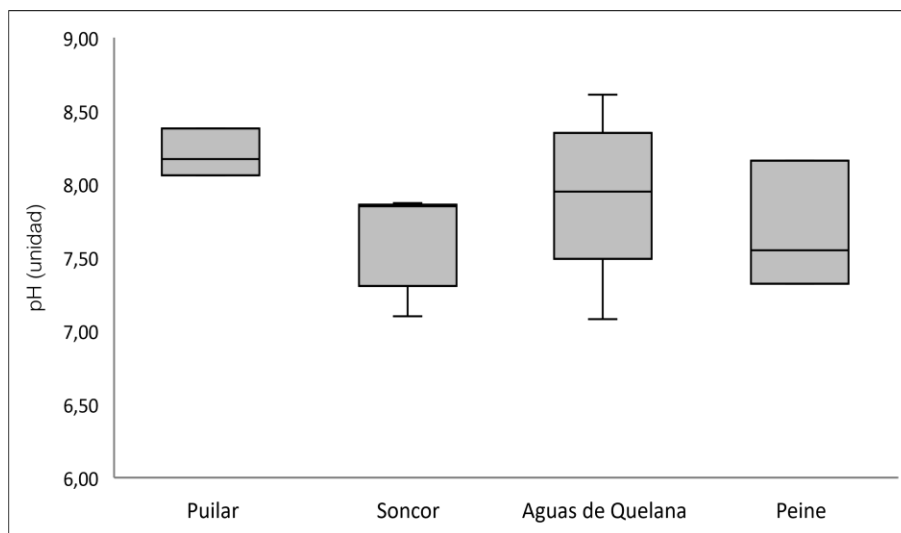
Respecto a la variación en los valores de pH entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican un bajo nivel de dispersión en los valores de pH en todas las estaciones de monitoreo del área de estudio (Tabla 5-64 y Figura 5-20). En cuanto a la comparación entre sectores, no se detectaron diferencias significativas entre los valores de pH medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 5,23$ , g.l.= 3,  $p= 0,155$ ). Estos resultados indican que existe una homogeneidad en términos de pH en todos los sistemas hidrológicos muestreados.

Tabla 5-64. Estadígrafos del pH medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	8,06	8,38	8,20	8,17	0,16	1,98
SONCOR	5	7,10	7,87	7,64	7,85	0,39	5,17
QUELANA	7	7,08	8,61	7,95	7,95	0,53	6,61
PEINE	3	7,32	8,16	7,68	7,55	0,43	5,65

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-20. Representación gráfica de la variación de los valores de pH\* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.1.4 Conductividad del agua

Durante la actual campaña de monitoreo 2022 los valores de conductividad eléctrica de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 22,02 y 28,87 mS/cm (Tabla 5-65). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica varió entre 90,56 y valores mayores a 200,00 mS/cm (límite máximo de detección) (Tabla 5-65). El menor valor se registró en la estación BM-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación BN-3. Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2022 varió entre 19,4 y un valor mayor a 200,00 mS/cm (límite máximo de detección) (Tabla 5-65). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-8 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-0. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Conductividad eléctrica registrados durante abril de 2021 variaron entre 40,00 y 85,07 mS/cm (Tabla 5-65). El menor valor estación de monitoreo SA-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-1.

Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una mayor homogeneidad entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en el sector de Puilar mientras que en el resto de los sectores existe una mayor variación (Tabla 5-65 y Figura 5-21) lo cual indica una diferencia en las concentraciones de sales y minerales disueltas entre

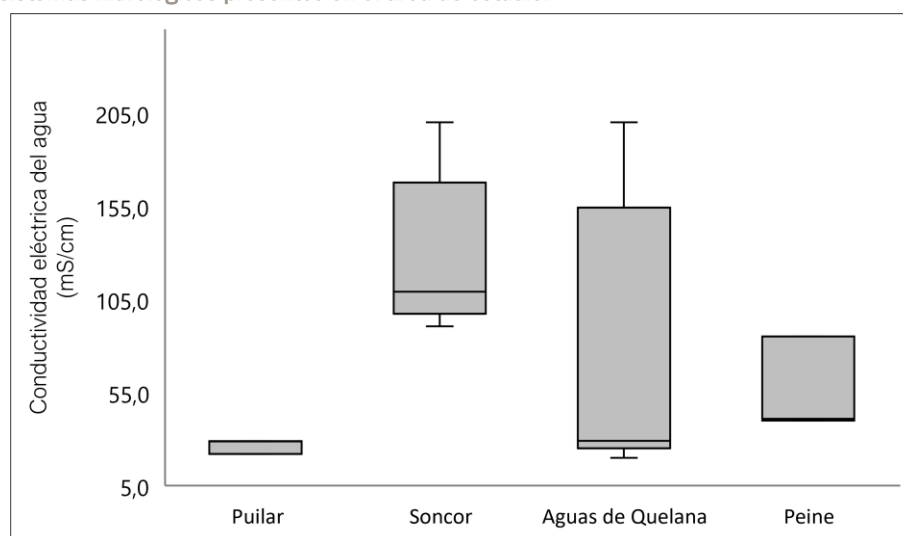
los distintos puntos de monitoreo de cada sistema hidrológico. En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 7,18$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,066$ ) (Figura 5-21).

Tabla 5-65. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	22,02	28,87	26,56	28,80	3,93	14,81
SONCOR	5	90,56	200,00	127,81	109,10	55,64	43,53
QUELANA	7	19,94	200,00	71,98	29,12	73,63	102,29
PEINE	3	40,00	85,07	55,31	40,86	25,78	46,60

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-21. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica\* del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.1.5 Salinidad

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de salinidad de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 15,3 y 18,4 PSU (Tabla 5-66). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la salinidad correspondió a valores que superaron el límite de detección de la técnica analítica utilizada por el laboratorio (>42,00 PSU, Tabla 5-66). Para el sector Aguas de Quelana la salinidad registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2022 varió entre 10,3 y valores mayores a 42,0 PSU (límite de detección) (Tabla 5-66). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-8 mientras que el mayor valor se midió en las estaciones Q-0 y Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de salinidad registrados durante abril de 2022 variaron entre 26,5 y valores mayores a 42,0 PSU (límite de detección) (Tabla 5-66). El menor valor se registró en estación SA-2, mientras que el mayor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1.

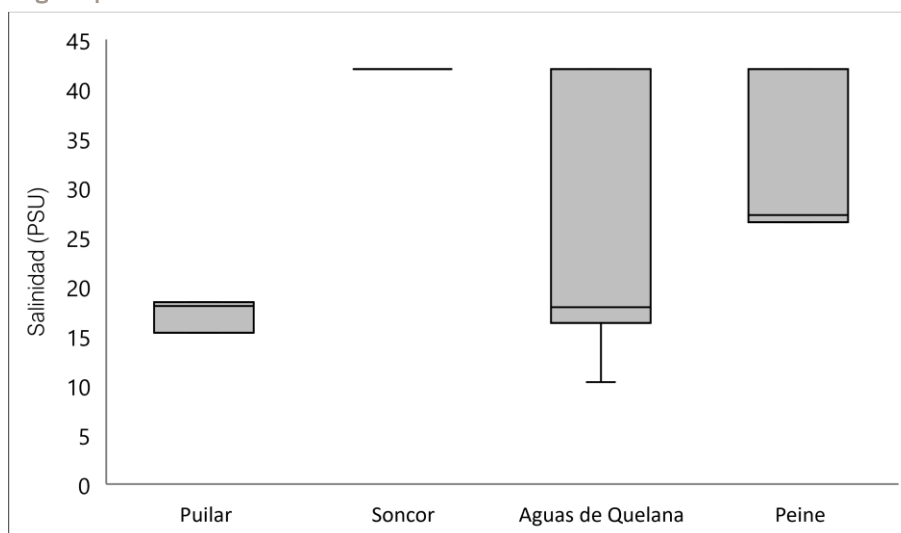
La variación en los valores de salinidad entre los distintos sistemas hidrológicos indican una mayor homogeneidad entre los valores de Salinidad medidos en los sectores de Puilar (C.V.= 9,8) y Soncor (todos los valores superiores al límite de detección) mientras que en los sectores de Aguas de Quelana y Peine existe una mayor variación y heterogeneidad entre ellos, lo cual indica una diferencia en las concentraciones de sales y minerales disueltas entre los distintos puntos de monitoreo de cada sistema hidrológico (Tabla 5-66). Además, cabe indicar que, en cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, se detectaron diferencias significativas entre los valores de Salinidad medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 7,68$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,038$ ). Estas diferencias se detectaron principalmente entre el sector de Soncor respecto al resto de los sectores, fue el sector de Soncor el que registro en promedio los mayores valores de salinidad en toda el área de estudio (Tabla 5-66 y Figura 5-22). Estos resultados indican la existencia de una alta variabilidad en las concentraciones de sales disueltas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio.

Tabla 5-66. Estadígrafos de la Salinidad del agua (PSU) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	15,3	18,4	17,2	18,0	1,7	9,8
SONCOR	5	42,0	42,0	42,0	42,0	-	-
QUELANA	7	10,3	42,0	25,1	17,9	13,1	52,1
PEINE	3	26,5	42,0	31,9	27,2	8,8	27,4

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-22. Representación gráfica de la variación de los valores de Salinidad\* del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.1.6 Oxígeno Disuelto

Durante la actual campaña de monitoreo de 2022, los valores de Oxígeno disuelto de la columna de agua en el sector de Puilar variaron entre 6,62 y 7,19 mg/L (Tabla 5-67). El menor valor se registró en la estación de

monitoreo PU-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor la concentración de Oxígeno disuelto varió entre 0,60 y 3,40 mg/L (Tabla 5-67). El menor valor se registró en la estación ubicada en el canal Barros Negros (BN-2) mientras que el mayor valor se midió en la Laguna Burro Muerto en la estación de monitoreo BM-1. Para el sector Aguas de Quelana la concentración de Oxígeno disuelto varió entre 0,57 y 5,82 mg/L (Tabla 5-67). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-2. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Oxígeno disuelto registrados durante abril de 2022 variaron entre 0,58 y 5,45 (Tabla 5-67). El menor valor se registró en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1 mientras que el mayor valor se midió en la laguna Saladita (estación SA-1).

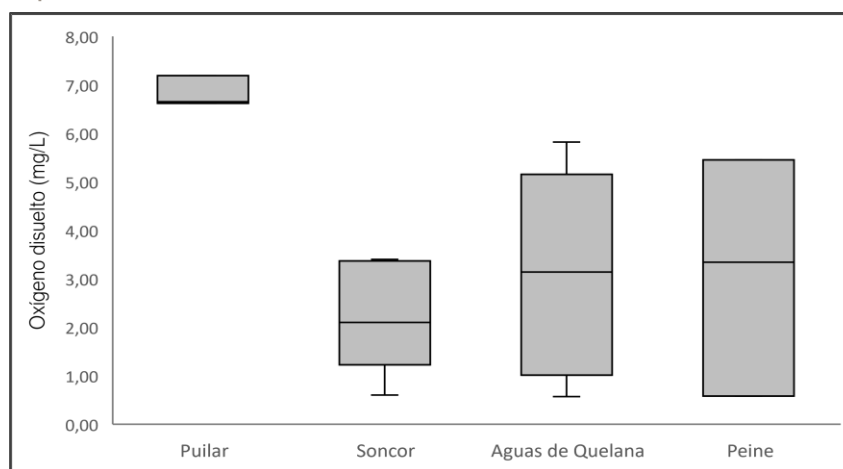
Respecto a la variación en los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos, los resultados indican que existe una baja heterogeneidad entre los valores de Oxígeno medidos en el sector de Puilar mientras que para los sectores de Aguas de Quelana, Soncor y Peine existe una mayor variación lo cual muestra una diferencia y mayor variabilidad en las concentraciones de Oxígeno disuelto entre los distintos puntos de monitoreo dentro del ambos sectores (Tabla 5-67 y Figura 5-23). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos no se detectaron diferencias significativas entre los valores de oxígeno disuelto medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 7,49, g.l.= 3, p= 0,058).

Tabla 5-67. Estadígrafos del Oxígeno disuelto (mg/L) medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	6,62	7,19	6,82	6,65	0,32	4,70
SONCOR	5	0,60	3,40	2,26	2,10	1,41	62,40
QUELANA	7	0,57	5,82	3,29	3,14	2,04	61,90
PEINE	3	0,58	5,45	3,12	3,34	2,44	78,19

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-23. Representación gráfica de la variación de los valores de Oxígeno disuelto\* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.



### 5.6.1.7 Conductividad del Sedimento y del Agua intersticial

#### Conductividad eléctrica del sedimento

Durante la campaña de monitoreo de 2022 los valores de Conductividad eléctrica del sedimento en el Sector de Puilar variaron entre 16,20 y 25,43 mS/cm (Tabla 5-68). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica varió entre 50,61 y 118,00 mS/cm (Tabla 5-68). El menor valor se registró la laguna Burro Muerto (BM-1) mientras que el mayor valor se midió en la laguna Barros Negros en la estación BN-3. Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica del sedimento registrada durante la campaña de monitoreo varió entre 14,87 y 164,00 mS/cm (Tabla 5-68). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-8 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-0. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Conductividad eléctrica registrados durante abril de 2021 variaron entre 26,51 y 70,28 mS/cm (Tabla 5-68). El menor valor se detectó en la estación de monitoreo SA-1 mientras que el mayor valor se midió en estación PE-1.

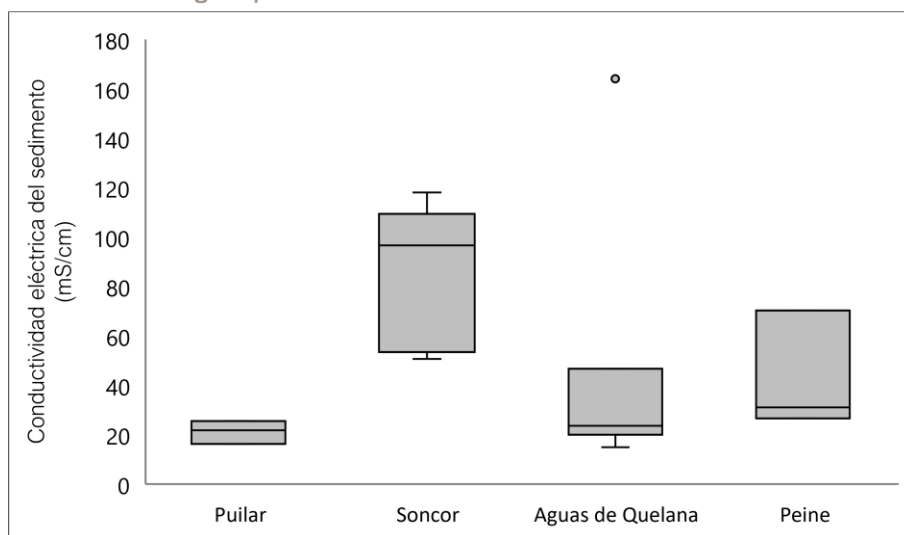
Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica del sedimento entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican heterogeneidad respecto a esta variable entre la mayoría de los sitios de monitoreo (Tabla 5-68 y Figura 5-24). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos se detectaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los valores de Conductividad eléctrica del sedimento medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 6,37$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,042$ ). Las diferencias significativas se detectaron entre el sistema de Soncor respecto Puilar; el sector de Soncor presentó mayores valores de conductividad que el sector de Puilar indicando que las concentraciones de minerales presentes en los sedimentos de los distintos puntos de monitoreo de Soncor difieren solo del sector de Puilar, mientras que el resto de los sistemas muestran mayor homogeneidad.

Tabla 5-68. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del sedimento (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	16,20	25,43	21,12	21,72	4,64	21,99
SONCOR	5	50,61	118,00	84,36	96,56	33,70	39,94
QUELANA	7	14,87	164,00	46,28	23,57	52,91	114,33
PEINE	3	26,51	70,28	42,60	31,02	24,07	56,51

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-24. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### Conductividad eléctrica del Agua intersticial

Durante la actual campaña de monitoreo de 2022 los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial en el Sector de Puilar variaron entre 25,26 y 31,41 mS/cm (Tabla 5-69). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica del agua intersticial varió entre 64,12 y 172,40 mS/cm (Tabla 5-69). El menor valor se registró en la estación de monitoreo BN-2 mientras que el mayor valor se registró en la estación BN-3. Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica del agua intersticial varió entre 15,35 y 195,4 mS/cm (Tabla 5-69). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-8, mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-0. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registrados durante abril de 2022 variaron entre 33,85 y 61,51 mS/cm (Tabla 5-69). El menor valor se registró en la laguna Saladita (estación SA-1) mientras que el mayor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo SA-2.

Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una mayor heterogeneidad entre los valores de medidos los sitios de monitoreo del sector de Aguas de Quelana y Soncor (Tabla 5-69 y Figura 5-25). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, no se detectaron diferencias significativas entre los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 6,37$ ,  $g.I.= 3$ ,  $p= 0,095$ ).

Tabla 5-69. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

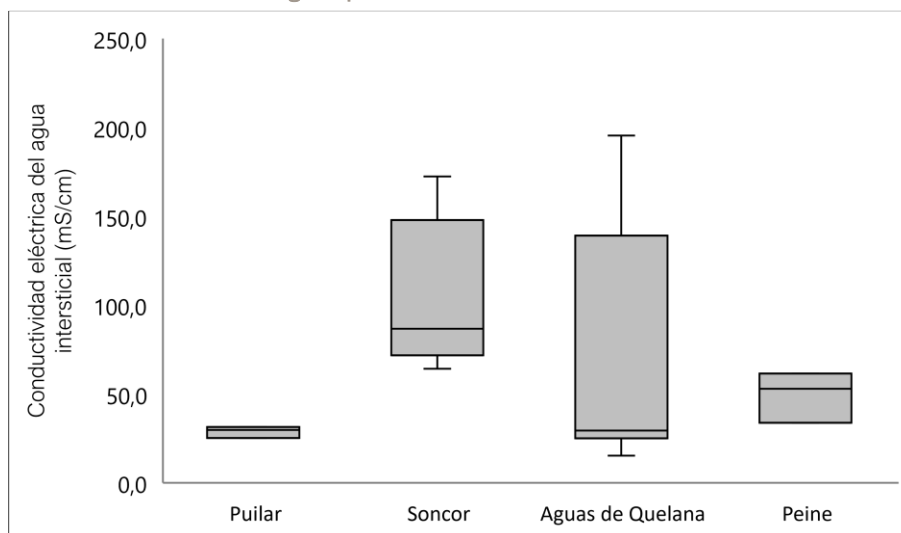
SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	25,26	31,42	28,78	29,67	3,17	11,03
SONCOR	5	64,12	172,4	105,17	86,62	54,67	51,98
QUELANA	7	15,35	195,4	66,57	29,44	70,95	106,57

Tabla 5-69. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PEINE	3	33,85	61,51	49,40	52,85	14,15	28,64

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-25. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial\* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

## 5.6.2 Medio Biótico

### 5.6.2.1 Clorofila-a

Por tratarse de un componente esencial en la bioquímica de las microalgas planctónicas y bentónicas, además de ser el pigmento fotosintético principal relacionado a la productividad primaria y a la condición trófica en los sistemas acuáticos, el análisis de la Clorofila-a se desarrolla en este capítulo, los resultados de las mediciones se encuentran en la Tabla 5-70.

Tabla 5-70. Clorofila-a bentónica y planctónica medidas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

Sector	Estación de monitoreo	Clorofila-a fracción planctónica (µg/L)	Clorofila-a fracción bentónica (mg/m <sup>2</sup> )
Puilar	PU-1	3,53	601,54
	PU-2	2,66	42,37
	PU-3	8,43	188,15
	PU-4	*	*
	PU-5	*	*
Soncor	BM-1	1,13	120,96
	CH-1	5,91	180,06

Tabla 5-70. Clorofila-a bentónica y planctónica medidas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

Sector	Estación de monitoreo	Clorofila-a fracción planctónica (µg/L)	Clorofila-a fracción bentónica (mg/m <sup>2</sup> )
	BN-1	10,63	618,91
	BN-2	3,69	385,58
	BN-3	0,24	34,35
Aguas de Quelana	Q-0	0,42	0,08
	Q-1	1,11	40,27
	Q-2	0,23	1236,89
	Q-3	3,26	1262,28
	Q-4	*	*
	Q-5	0,55	78,48
	Q-6	1,12	229,12
	Q-7	*	*
	Q-8	0,29	328,82
	Q-9	*	*
Peine	PE-1	5,49	80,92
	PE-2	*	*
	PE-3	*	*
	SA-1	1,32	90,38
	SA-2	2,27	991,79

(\*): Seco, sin escurrimiento superficial de agua al momento del muestreo. Fuente: AquaExpert, 2022.

### 5.6.2.2 Clorofila-a en fitoplancton (columna de agua)

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022), los valores de concentración de Clorofila-a medidos en el Sector de Puilar variaron entre 42,37 y 601,54 µg/L (Tabla 5-71). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-2, mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-1. En el sector de Soncor la Clorofila-a varió entre 0,24 y 10,63 µg/L (Tabla 5-71). El menor valor se registró en la estación de monitoreo BN-3, mientras que el mayor valor se midió en la estación BN-1. Para el sector Aguas de Quelana la concentración de Clorofila-a registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2022 varió entre 0,23 y 3,26 µg/L (Tabla 5-71). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2022, variaron entre 80,92 y 91,79 µg/L (Tabla 5-71). El menor valor se midió en la estación de monitoreo PE-1, mientras que el mayor valor se registró en la estación SA-2.

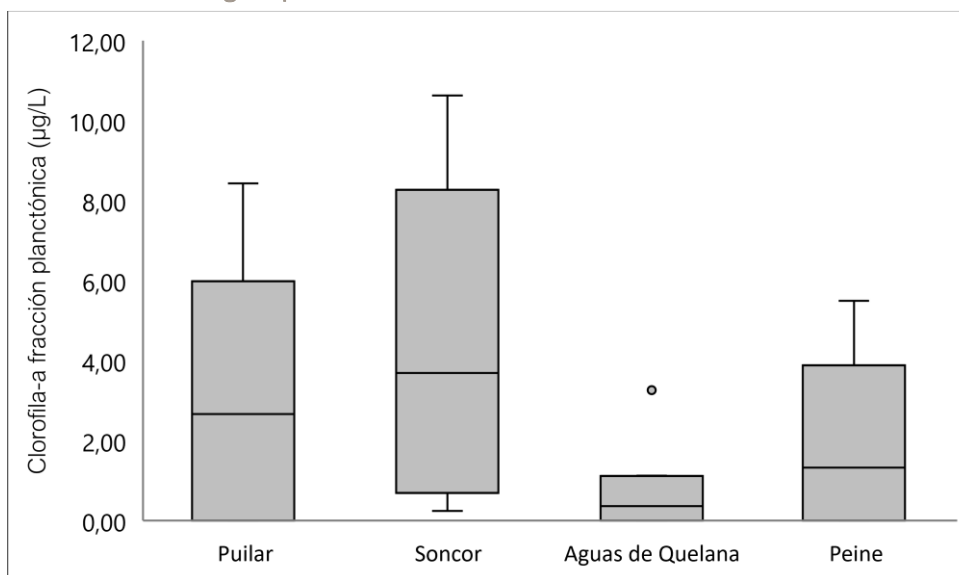
Respecto a la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio, los coeficientes de variación indican alta heterogeneidad y mayor variabilidad en las concentraciones de Clorofila medidas en los sitios de monitoreo de los sectores de Puilar, Soncor y Aguas de Quelana, mientras que las estaciones de monitoreo del sistema de Peine muestran menor variabilidad en las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2022, indicando que estos sectores corresponden a lugares homogéneos en relación a la productividad primaria relacionadas a las microalgas planctónicas (Tabla 5-71 y Figura 5-26). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los valores de concentración de Clorofila-a medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 7,03, g.l.= 3, p= 0,07).

Tabla 5-71. Estadígrafos de la Clorofila-a fracción planctónica (µg/L) medida en los distintos sistemas

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	42,37	601,54	277,35	188,15	290,06	104,58
SONCOR	5	0,24	10,63	4,32	3,69	5,23	121,17
QUELANA	7	0,23	3,26	1,00	0,55	1,06	106,53
PEINE	3	80,92	91,79	87,70	90,38	5,91	6,74

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-26. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.2.3 Clorofila-a en perifiton (Fitobentos)

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022), los valores de concentración de Clorofila-a bentónica medidos en el Sector de Puilar variaron entre 2,66 y 8,43 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-72). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-3. En el sector de Soncor la Clorofila-a bentónica varió entre 34,35 y 618,91 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-72). El menor valor se registró en la estación de monitoreo BN-3, mientras que el mayor valor se midió en la estación BN-1. Para el sector Aguas de Quelana la concentración de Clorofila-a varió entre 0,08 (valor correspondiente al límite de detección de la técnica analítica) y 1.262,28 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-72). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-0 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2021 variaron entre 1,32 y 5,49 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-72). El menor valor se midió en la laguna Salada (estación SA-2) mientras que el mayor valor se registró en laguna Interna (estación PE-1).

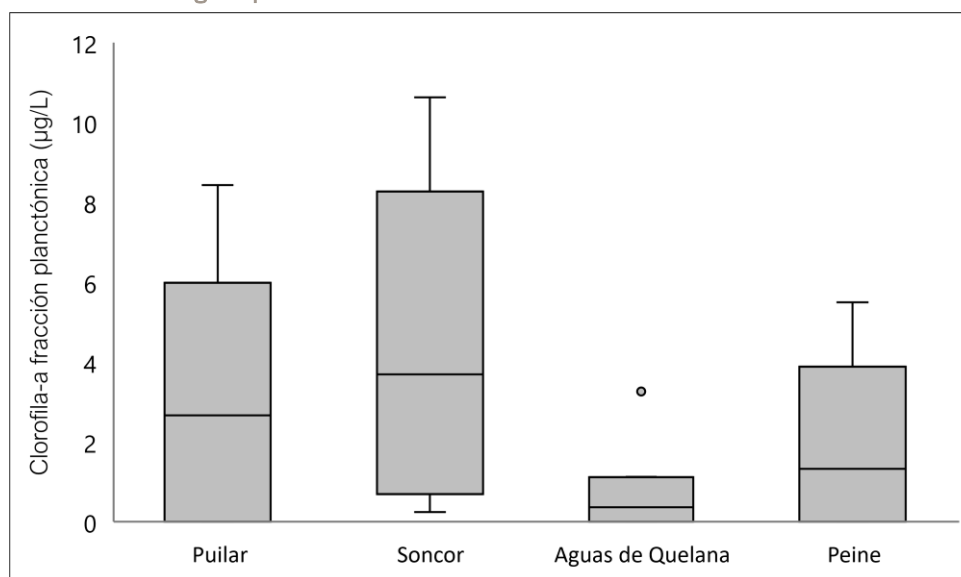
Respecto a la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción bentónica entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio, los coeficientes de variación indican mayor heterogeneidad y mayor variabilidad en las concentraciones de Clorofila medidas en los sitios de monitoreo de los sectores de Soncor y Aguas de Quelana, mientras que las estaciones de monitoreo de los sistemas de Puilar y Peine muestran una menor variabilidad en las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2021 respecto a los otros sistemas, indicando que estos sectores corresponden a sistemas más constantes y homogéneos en relación a la productividad primaria relacionadas a las microalgas del bentos (Tabla 5-72 y Figura 5-27). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de concentración de Clorofila-a medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 0,81$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,849$ ).

Tabla 5-72. Estadígrafos de la Clorofila-a fracción bentónica (mg/m<sup>2</sup>) medida en los distintos sistemas

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	2,66	8,43	4,87	3,53	3,11	63,83
SONCOR	5	34,35	618,91	267,97	180,06	294,24	109,80
QUELANA	7	0,08	1262,28	453,71	229,12	555,38	122,41
PEINE	3	1,32	5,49	3,03	2,27	2,19	72,21

Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-27. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción bentónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

#### 5.6.2.4 Fitobentos

Los valores de abundancia total de las microalgas fitobentónicas determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 2.883,9 y 16.322.149,0 cél/cm<sup>3</sup> (Tabla 5-73, Anexo 7.2). Ambos valores fueron detectados en el sector de Soncor, el menor valor se determinó en la estación de monitoreo

BM-1 (Burro Muerto) mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en la estación BN-1 (barros Negros).

Los sectores presentaron una alta dispersión de los datos de abundancia, evidenciando una gran heterogeneidad en el sustrato de los distintos sistemas estudiados. El sistema Soncor presentó el menor coeficiente de variación (C.V.=146,1) indicando un sustrato relativamente más homogéneo, mientras que el sector de Puillar presentó el mayor coeficiente de variación (C.V.=169,5) (Tabla 5-73 y Figura 5-28).

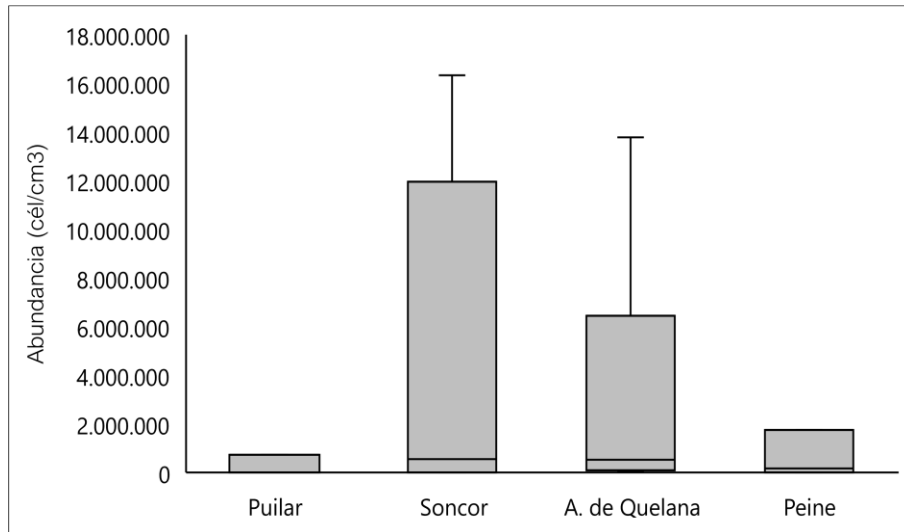
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre sectores ( $KW=1,46$ ,  $g.l=3$ ,  $p=0,691$ ). Sin embargo, el sistema de Soncor en general presentó los mayores valores de abundancia de toda el área de estudio (Tabla 5-73 y Figura 5-29). Cabe indicar que, durante la actual campaña de monitoreo, al igual que lo ocurrido durante los años 2019 y 2021, en este periodo se detectaron blooms o proliferaciones algales en este componente en todos los sectores de muestreo, principalmente en Soncor y Aguas de Quelana, quedando en evidencia con los altos valores de abundancia de microalgas. Estas floraciones masivas de microalgas podrían deberse quizás a un aumento en la disponibilidad de nutrientes en la columna de agua (nitratos y fosfatos). Además, cabe indicar que estas floraciones algales correspondieron a la clase Bacillariophyceae (diatomeas), la cual es la Clase dominante en este tipo de sistemas y es particularmente exitosa dentro de condiciones de extrema salinidad, con altas variaciones de temperatura y oxígeno disuelto convirtiéndolo en un grupo poliextremófilo (Angel *et al*, 2016), por lo que se puede deducir que estas fluctuaciones detectadas en la abundancia con patrones de floración pueden corresponder a dinámicas naturales para este grupos en este tipo de sistemas y no tiene implicancias biológicas para el ecosistema.

**Tabla 5-73. Estadígrafos de la Abundancia total (cél/cm<sup>3</sup>) del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	4.354,5	737.308,0	249.277,1	6.168,9	422.648,1	169,5
SONCOR	5	2.883,9	16.322.149,0	4.892.737,9	555.274,4	7.149.721,6	146,1
QUELANA	7	46.543,8	13.779.646,6	3.421.582,3	525.105,7	5.133.778,4	150,0
PEINE	3	2.903,0	1.747.522,8	639.227,1	167.255,5	963.323,6	150,7

Fuente: AquaExpert, 2022.

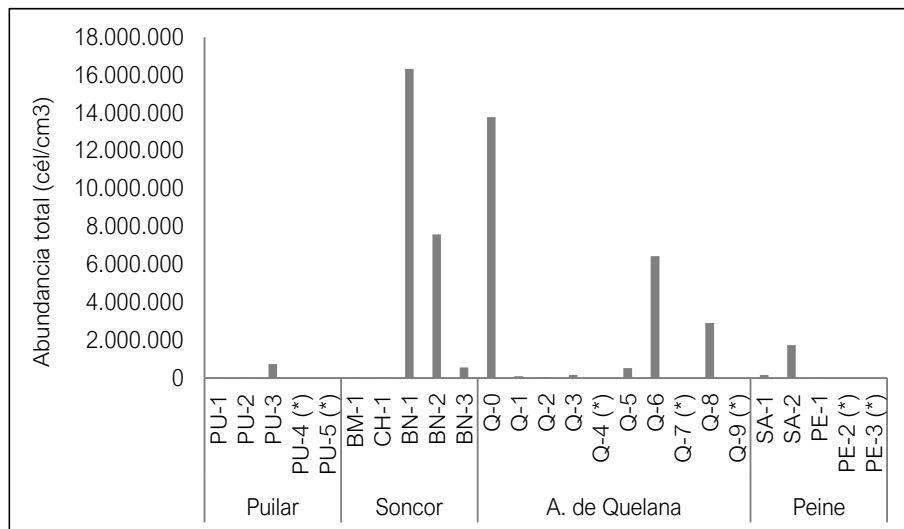
Figura 5-28. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia total del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-29. Abundancia total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



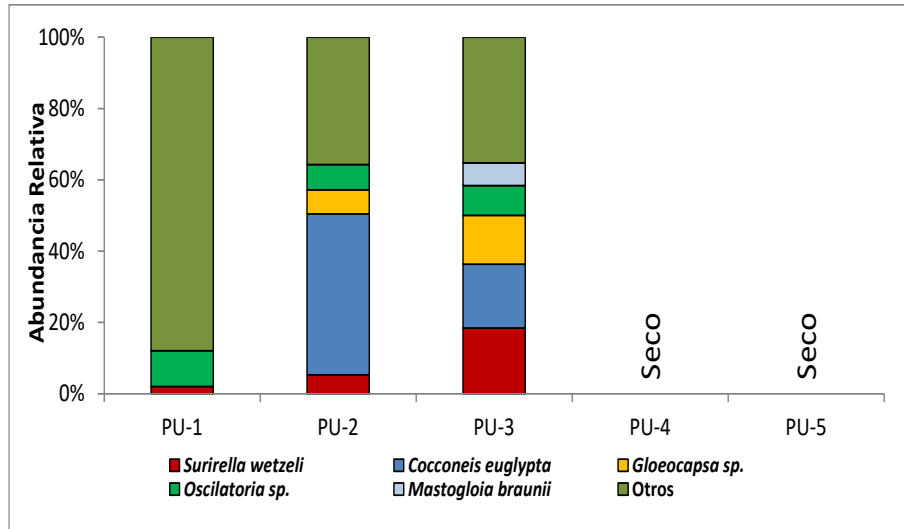
Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

Por otro lado, las abundancias relativas de taxa por sector indican una predominancia marcada de la Clase Bacillariophyceae, para el sector de Puilar los taxa más dominantes fueron *Surirella wetzeli*, *Cocconeis euglypta*, *Mastogloia braunii*, y las cianófitas *Gloeocapsa sp.* Y *Oscillatoria sp.* (Figura 5-30). Para el sector de Soncor los taxa más dominantes fueron la cianófta *Oscillatoria sp.* Y la diatomea *Achnanthisdium minutissimum* (Figura 5-31). En el sector Aguas de Quelana los taxa que presentaron mayor dominancia fueron *Achnanthisdium brevipes*, *Denticula thermalis* y *Oscillatoria sp.* (Figura 5-32). Finalmente, en el sector de Peine



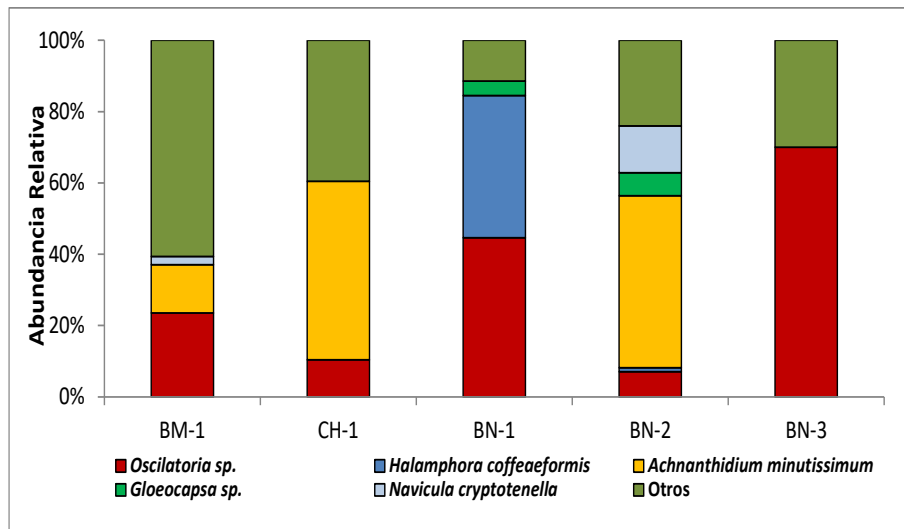
los taxa más dominantes fueron *Halamphora atacamae*, *Cocconeis lineolata* y *Oscillatoria sp.* (Figura 5-33) (Anexo 7.2).

Figura 5-30. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Puilar.



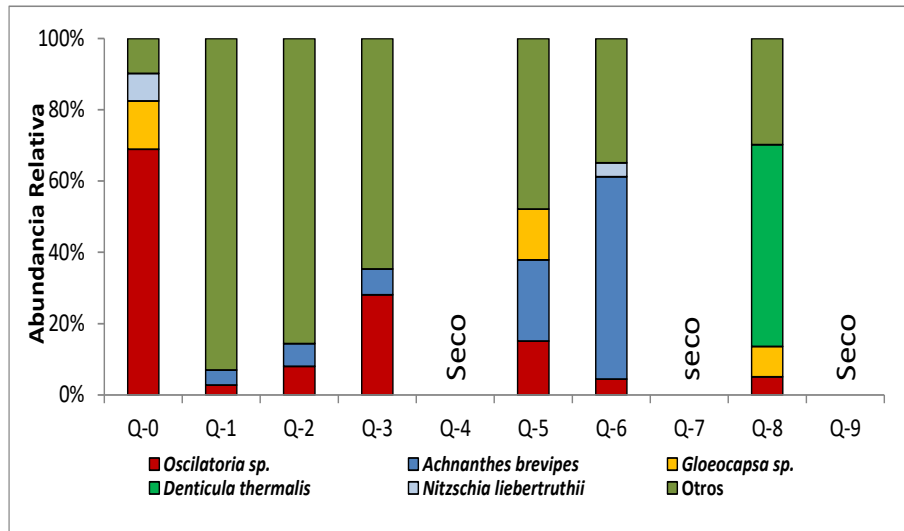
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-31. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Soncor.



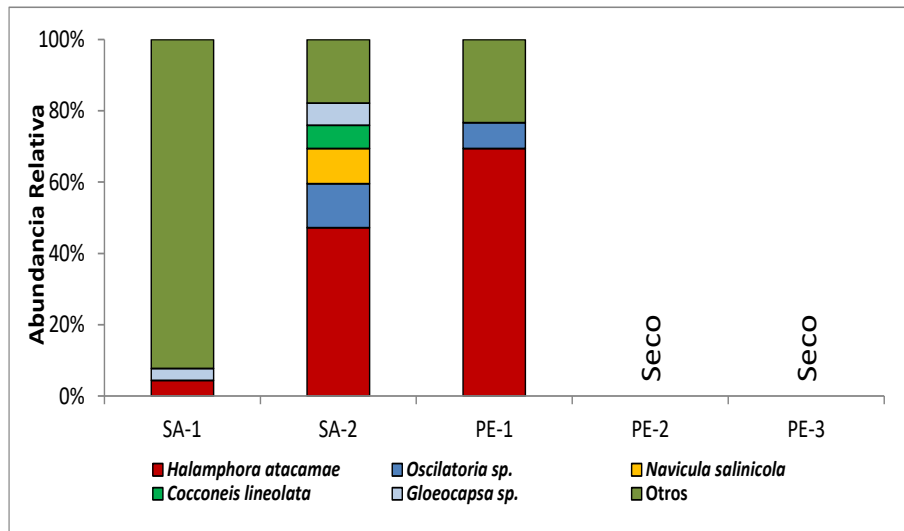
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-32. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-33. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Respecto a la riqueza total de taxa, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 7 y 15 taxa (Tabla 5-74), el menor valor se detectó en los sectores de Soncor (estación BN-3), Aguas de Quelana (estaciones Q-0 y Q-5) y Peine (estación PE-1), mientras que el mayor valor de riqueza se detectó en el sector de Puillar en la estación de monitoreo PU-1 (Figura 5-34 y Figura 5-35).

El sector que presentó una menor dispersión de los datos de Riqueza corresponde al sistema Soncor (C.V.=12,4) indicando una mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de microalgas fitobentónicas presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, fue el sector de Peine el que presentó una mayor variabilidad en la cantidad de taxa del fitobentos dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 22,3) (Tabla 5-74 y Figura 5-34).

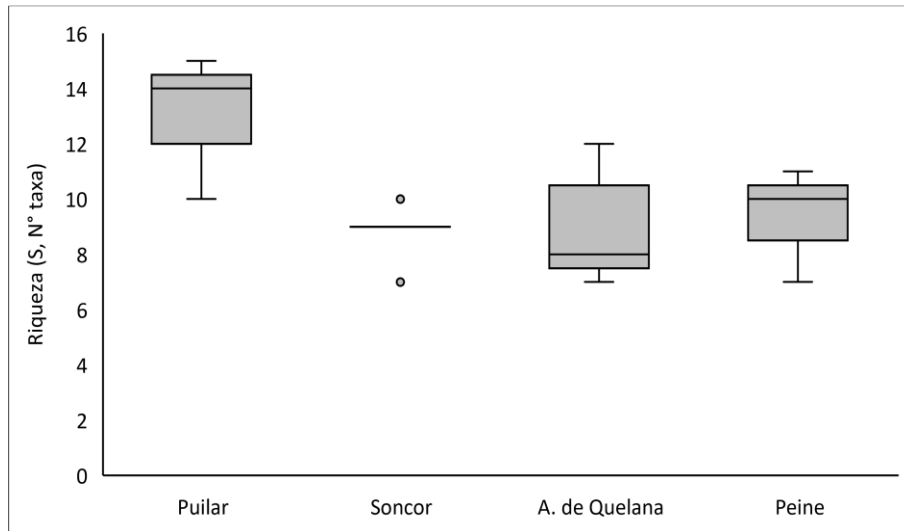
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, al igual que lo ocurrido con la Abundancia total, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio ( $KW=4,79$ ,  $g.l=3$ ,  $p=0,178$ ). Sin embargo, los sistemas Puilar y Quelana presentaron los mayores valores de Riqueza total de toda el área de estudio (Tabla 5-74).

Tabla 5-74. Estadígrafos de la Riqueza total (cél/cm<sup>3</sup>) del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	10	15	13,0	14,0	2,6	20,4
SONCOR	5	7	10	8,8	9,0	1,1	12,4
QUELANA	7	7	12	9,0	8,0	2,0	22,2
PEINE	3	7	11	9,3	10,0	2,1	22,3

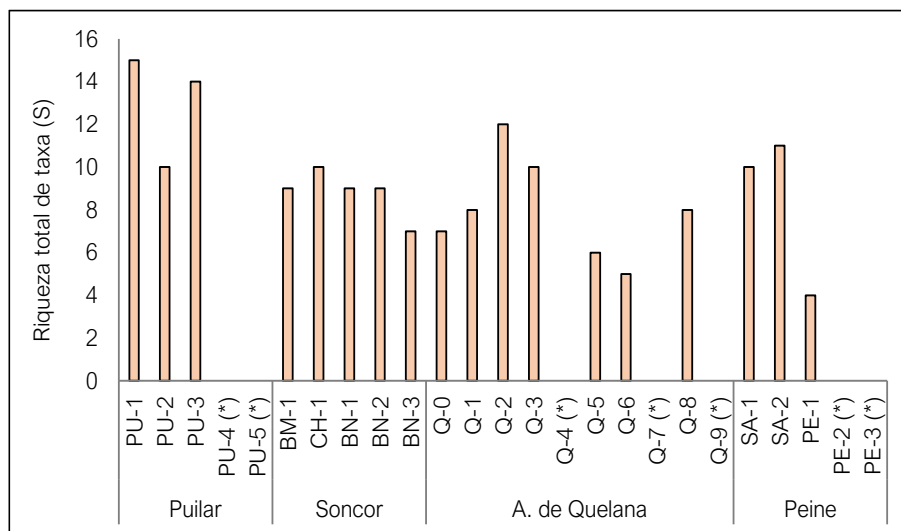
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-34. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza del Fitobentos\* medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022 (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-35. Riqueza total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

### 5.6.2.5 Fitoplancton

Los valores de abundancia total de las microalgas del fitoplancton determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 334,7 y 69.400,7 cél/L (Tabla 5-75, Anexo 7.2). El menor valor se determinó en el sector de Soncor en la estación de monitoreo BM-1 mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector peine en la estación ubicada en la laguna Saladita (SA-1).

Comparativamente, los sectores de Soncor y Puillar presentaron la menor variación de las abundancias (C.V.=126,5 y 127,5 respectivamente) indicando una mayor homogeneidad en la cantidad de microalgas fitoplanctónicas presentes en los cuerpos de agua de dichos sistemas. Por otro lado, los sectores de Peine y Aguas de Quelana presentaron una mayor variabilidad en las abundancias del fitoplancton dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 160,3 y 142,0 respectivamente) (Tabla 5-75, Figura 5-36 y Figura 5-37).

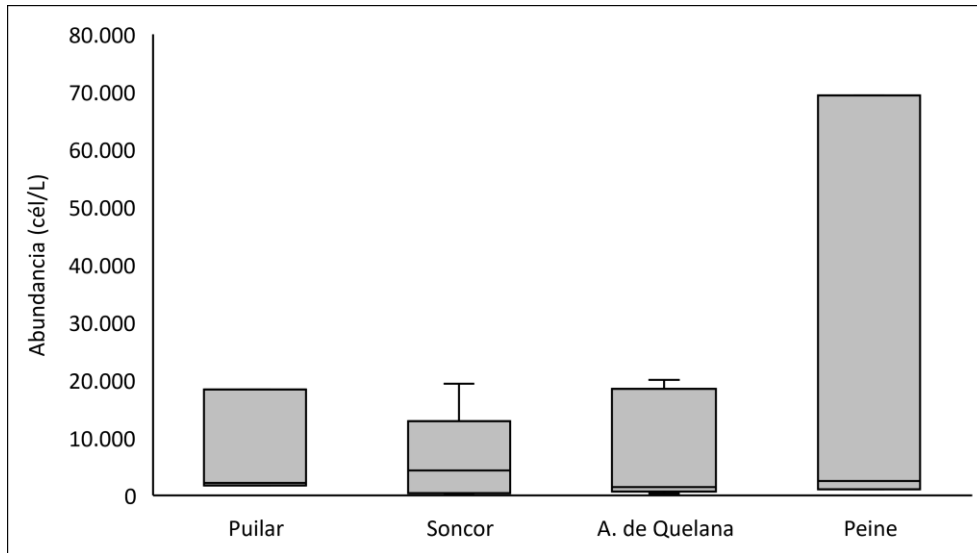
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre sectores (KW=0,96, g.l=3, p=0,810). Sin embargo, el sistema de Peine en general presentó el mayor valor de abundancia de toda el área de estudio (Tabla 5-75).

Tabla 5-75. Estadígrafos de la Abundancia total (cél/L) del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	1.754,7	18.375,7	7.433,0	2.168,7	9.478,9	127,5
SONCOR	5	334,7	19.416,0	6.193,9	4.364,8	7.834,1	126,5
QUELANA	7	337,3	20.064,8	6.278,9	1.449,1	8.914,9	142,0
PEINE	3	1.099,0	69.400,7	24.343,9	2.532,0	39.026,9	160,3

Fuente: AquaExpert, 2022.

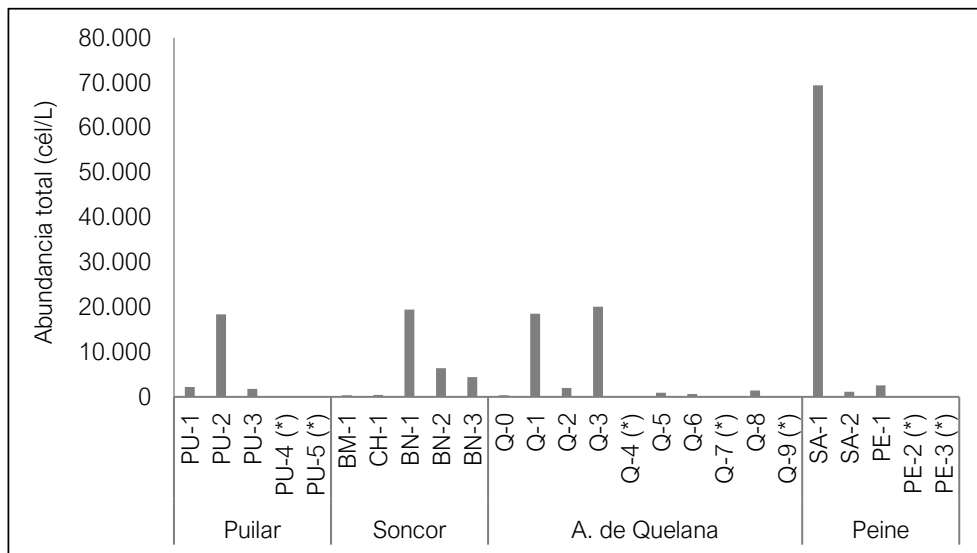
Figura 5-36. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total\* del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-37. Densidad total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

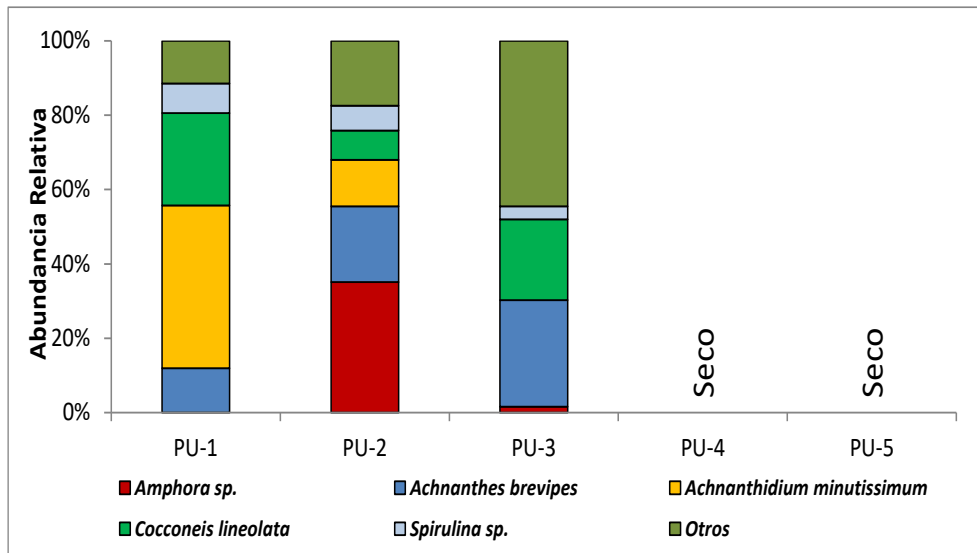


Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

Respecto a las abundancias relativas de taxa por sector estas, al igual que lo ocurrido en el fitobentos, indican una predominancia marcada de la Clase Bacillariophyceae. Para el sector de Puilar los taxa más dominantes fueron *Amphora sp.*, *Achnanthes brevipes* y *Achnantheidium minutissimum* (Figura 5-38). Para el sector de Soncor los taxa dominantes fueron *Oscillatoria sp.*, *Achnanthes brevipes* y *Halamphora carvajaliana* (Figura

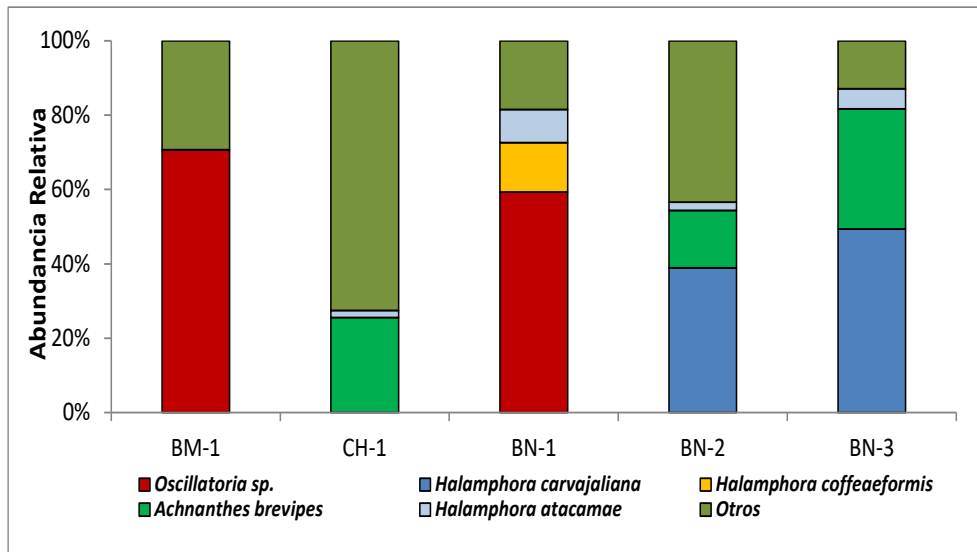
5-39). En el sector Aguas de Quelana los taxa que presentaron mayor dominancia fueron *Achnanthes brevipes*, *Achnantheidium minutissimum* y *Halamphora atacamae* (Figura 5-40). Finalmente, en el sector de Peine el taxón dominante fue *Halamphora atacamae* (Figura 5-41, Anexo 7.2).

Figura 5-38. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Puilar.



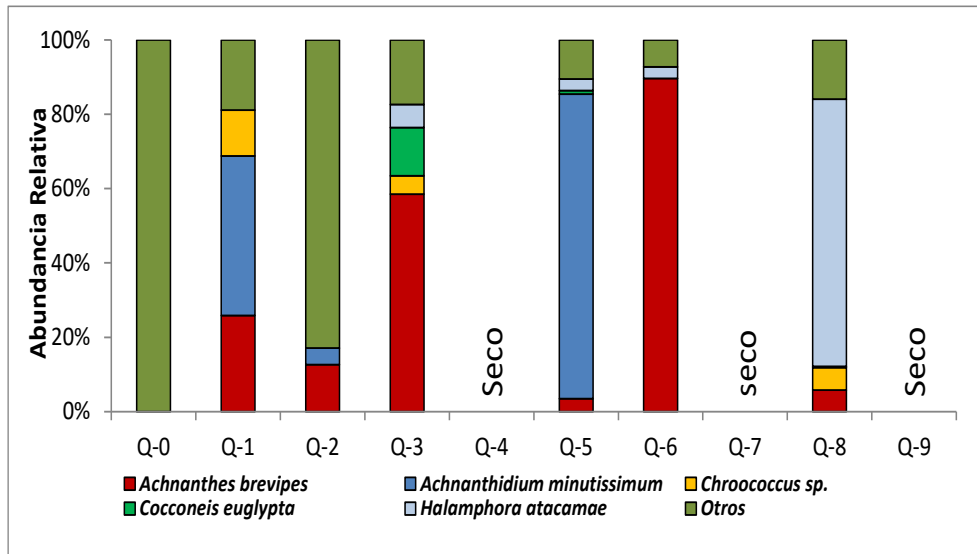
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-39. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Soncor.



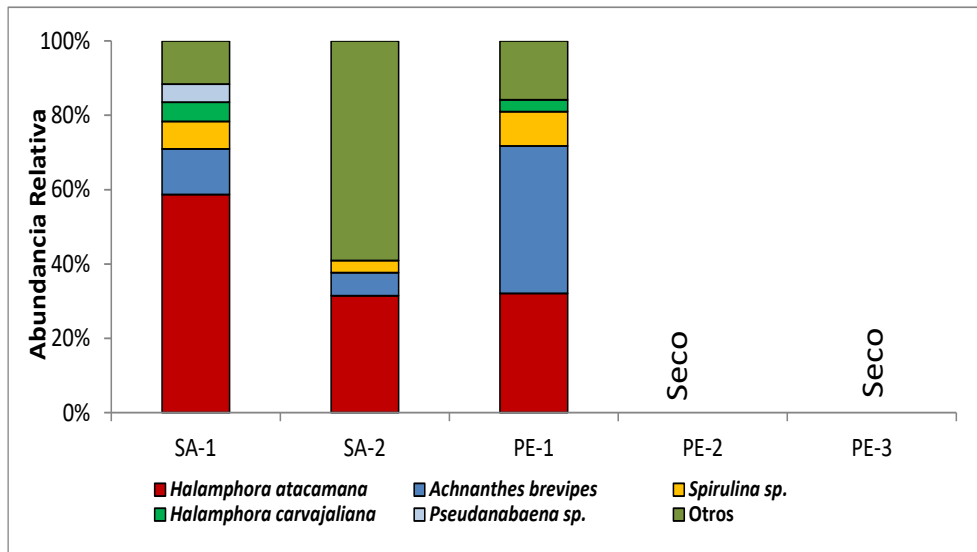
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-40. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-41. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Respecto a la riqueza total de taxa, los valores de Riqueza total de microalgas plantónicas determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 5 y 15 taxa (Tabla 5-76, Anexo 7.2). Estos valores fueron detectados en el sector de Aguas de Quelana y Peine. El menor valor se detectó en la estación de monitoreo Q-6, mientras que el mayor valor fue detectado en la estación SA-2.

La menor dispersión de los datos de Riqueza total se detectó en el sistema de Puilar (C.V.=18,4) indicando una mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de microalgas fitoplanctónicas presentes en dicho sector. Por otro lado, los sectores de Soncor y Aguas de Quelana presentaron una mayor variabilidad en la cantidad

de taxa del fitoplancton dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 26,8 y 25,1 respectivamente) (Tabla 5-76 y Figura 5-42).

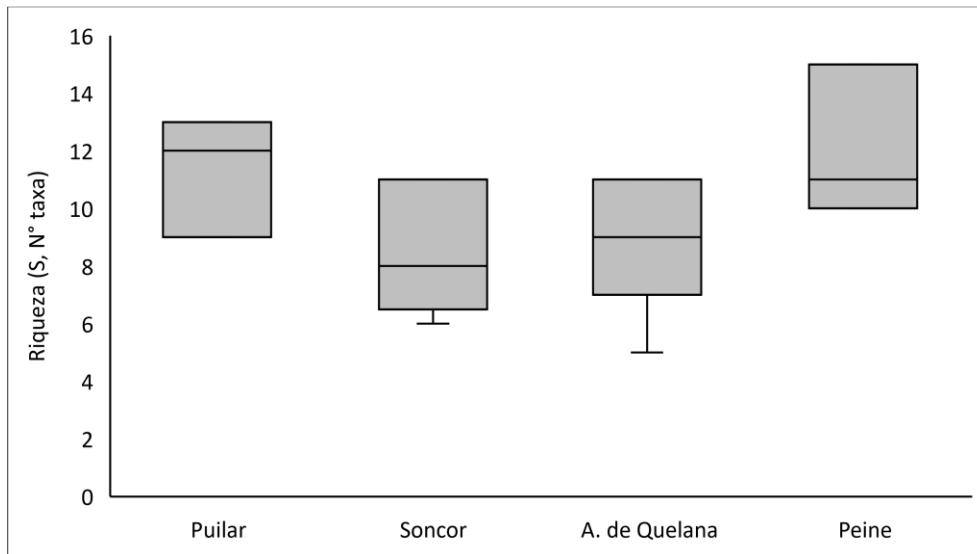
Respecto a la comparación de la Riqueza total de microalgas planctónicas determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=5,48, g.l=3, p=0,131) lo cual indica que existen niveles de riqueza similares entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio por lo tanto existe una homogeneidad marcada, característica de este tipo de sistemas (Tabla 5-76 y Figura 5-43).

Tabla 5-76. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	9	13	11,3	12,0	2,1	18,4
SONCOR	5	6	11	8,6	8,0	2,3	26,8
QUELANA	7	5	11	8,6	9,0	2,1	25,1
PEINE	3	10	15	12,0	11,0	2,6	22,0

Fuente: AquaExpert, 2022.

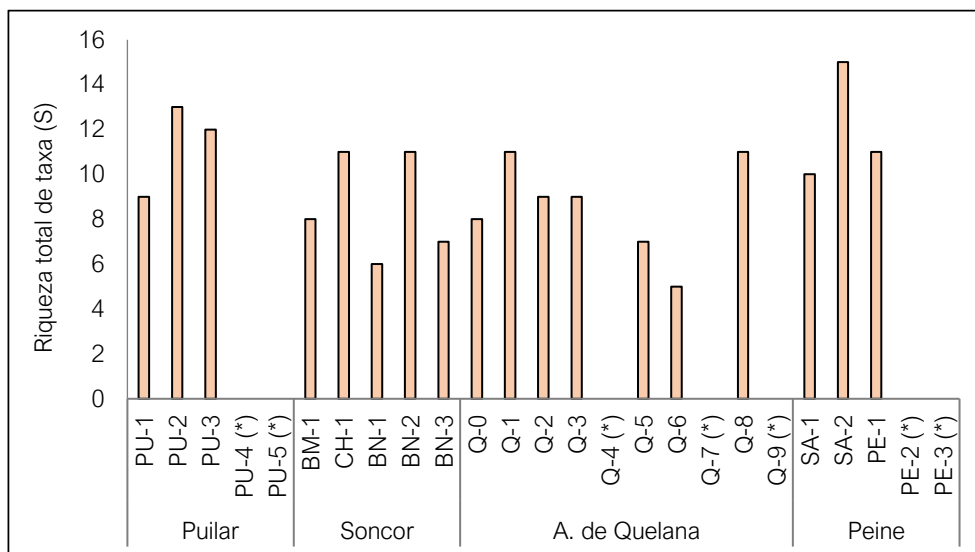
Figura 5-42. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza\* del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.



Figura 5-43. Riqueza total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

### 5.6.2.6 Zoobentos

Los valores de abundancia total de los organismos zoobentónicos determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 0,0 y 99.961,0 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 5-77, Anexo 7.2). El menor valor se determinó en los sectores de Soncor (BN-2 y CH-1) y Peine (estación SA-1) mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector de Aguas de Quelana específicamente en la estación de monitoreo Q-6.

Todos los sectores presentaron altas dispersiones de los datos de abundancia total, indicando una alta variabilidad en las abundancias del zoobentos dentro de sus estaciones de monitoreo revelando mayor variabilidad en la cantidad de organismos del zoobentos que se encuentran en los distintos sectores de los sistemas, lo cual indica una mayor heterogeneidad en el sustrato de los lugares (Tabla 5-77 y Figura 5-44).

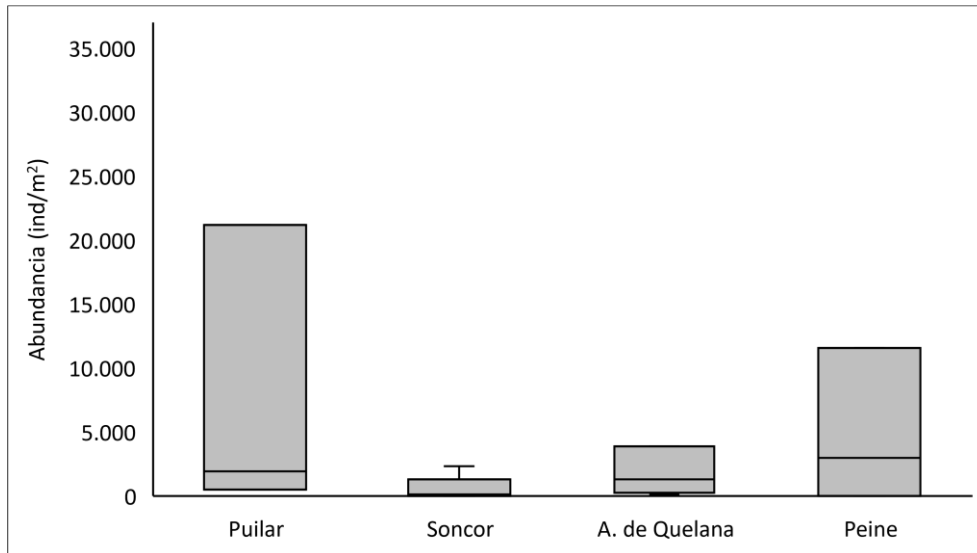
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores (KW=4,21, g.l=3, p=0,236) (Tabla 5-77 y Figura 5-45).

Tabla 5-77. Estadígrafos de la Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	520,0	21.188,1	7.886,0	1.949,8	11.542,2	146,4
SONCOR	5	0,0	2.339,8	546,0	130,0	1.008,6	184,7
QUELANA	7	130,0	99.961,0	15.635,7	1.299,9	37.210,3	238,0
PEINE	3	0,0	11.569,0	4.852,9	2.989,7	6.005,3	123,7

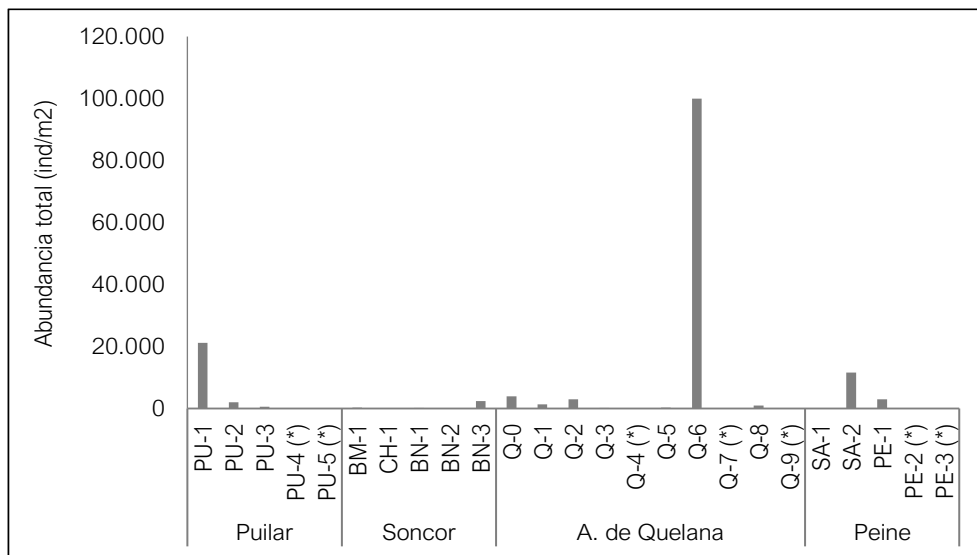
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-44. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia\* del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-45. Densidad total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

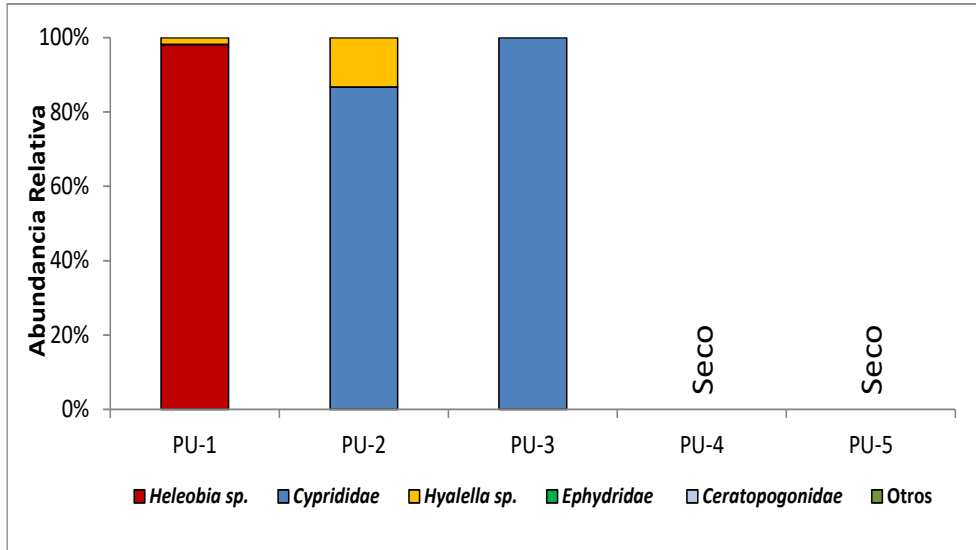


Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

Respecto a las abundancias relativas de taxa por sector, los taxa más dominante en toda el área de estudio fueron moluscos y artrópodos de la clase Mollusca e Insecta respectivamente. Para el sector de Puillar los taxa más dominantes fueron Cyprididae y *Heleobia sp.* (Figura 5-46). Para el sector de Soncor los taxa más dominante fueron Ephydridae, Ceratopogonidae y Cyprididae (Figura 5-47). En el sector Aguas de Quelana el

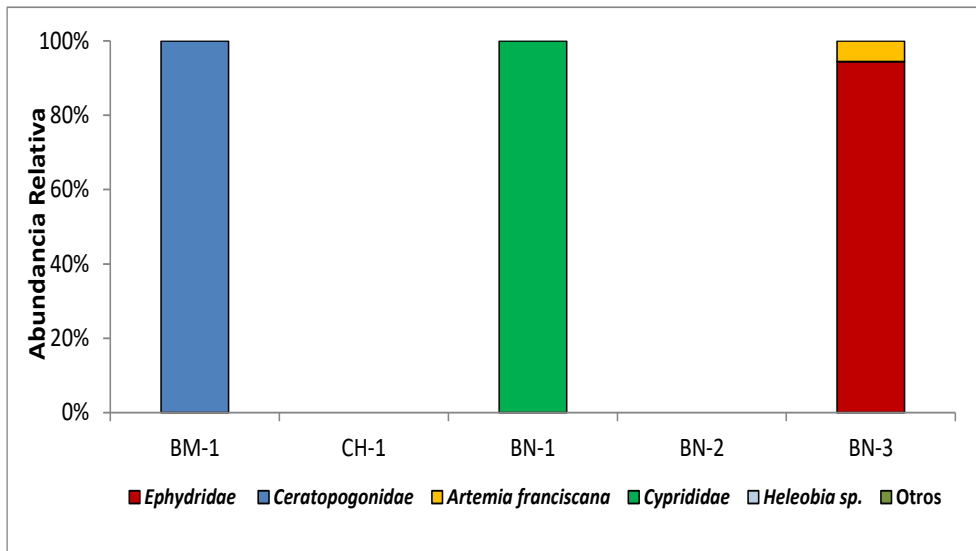
taxón que dominó fue *Heleobia sp.* (Figura 5-48). Finalmente, en el sector de Peine los taxa dominantes fueron *Chironomidae*, *Muscidae* y *Cyprididae* (Figura 5-49).

Figura 5-46. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Puilar.



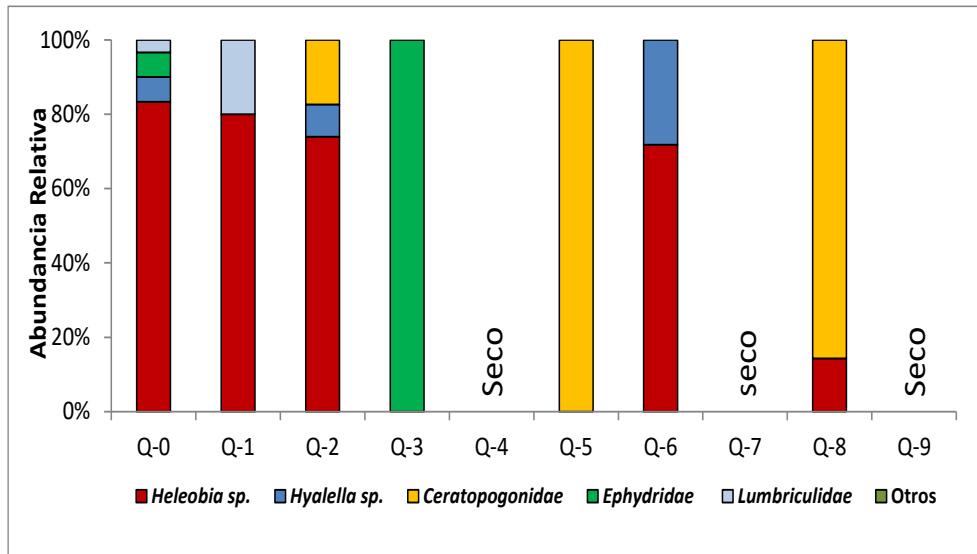
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-47. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Soncor.



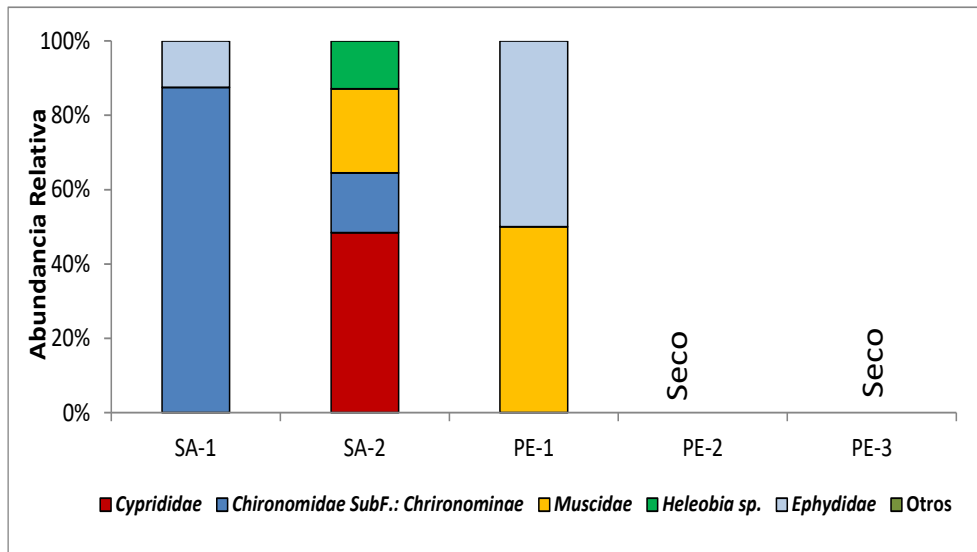
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-48. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-49. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Respecto a la riqueza total de taxa de macroinvertebrados bentónicos, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 0 (ausencia de individuos) y 4 taxa (Tabla 5-78, Anexo 7.2). El menor valor se determinó en los sectores de Soncor (BN-2 y CH-1) y Peine (estación SA-1) mientras que el mayor valor de riqueza taxonómica se detectó en el sector de Aguas de Quelana específicamente en la estación de monitoreo Q-0.

Los coeficientes de variación del área de estudio muestran la menor dispersión en los sectores de Puillar y Aguas de Quelana (CV=34,6 y 49,9 respectivamente) (Tabla 5-78 y Figura 5-50), indicando mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de individuos de macroinvertebrados bentónicos, mientras el sector de Peine presenta la mayor dispersión de todos los sectores (CV=114,6; Tabla 5-78 y Figura 5-50).

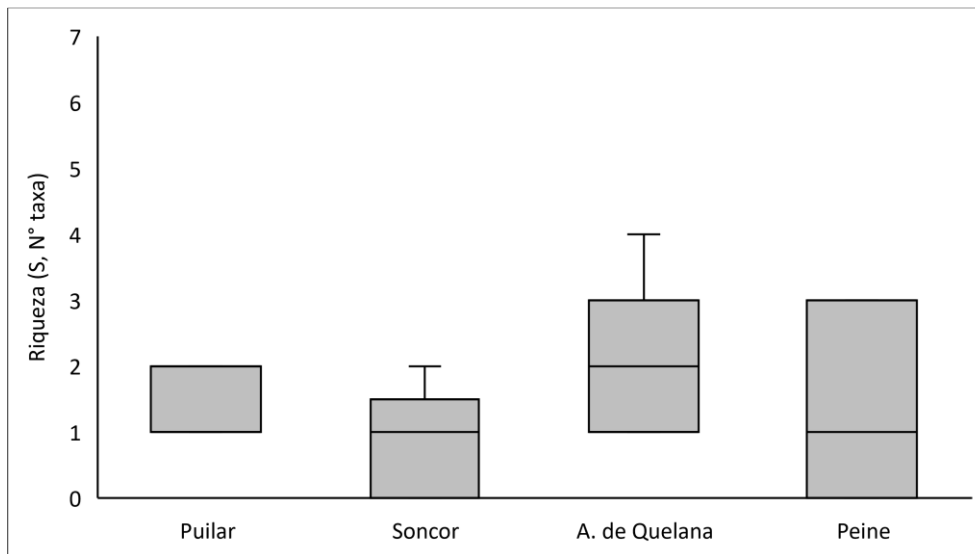
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico al igual que en la Abundancia total, no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=4,24, g.l=3, p=0,204) lo cual indica que existen niveles de riqueza muy similares entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio con una baja cantidad de especies de macroinvertebrados presentes en el bentos, por lo tanto existe una homogeneidad marcada respecto a este parámetro, la cual es característica de este tipo de sistemas (Tabla 5-78 y Figura 5-51).

Tabla 5-78. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	1	2	1,7	2,0	0,6	34,6
SONCOR	5	0	2	0,8	1,0	0,8	104,6
QUELANA	7	1	4	2,1	2,0	1,1	49,9
PEINE	3	0	3	1,3	1,0	1,5	114,6

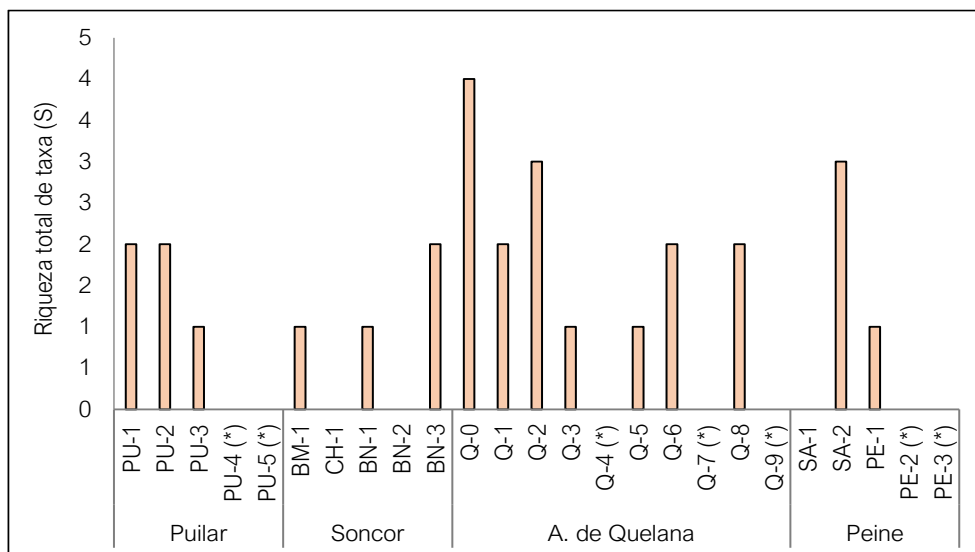
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-50. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza\* del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-51. Riqueza total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

- Índice de diversidad de Shannon- Weiner (H)

Los valores de diversidad biológica determinados mediante el índice de Shannon - Weiner durante el actual monitoreo de 2022 variaron entre 0,000 bits y 0,740 bits. El menor valor fue determinado en todos los sectores, en las estaciones PU-3, BM-1, BN-1, Q-3, Q-5 y PE-1, mientras que el mayor valor de diversidad fue determinado en la estación Q-2 en el sector Aguas de Quelana (Figura 5-53).

El sector que presentó la mayor dispersión de los datos correspondió al Sector de Soncor (C.V: = 173,205) indicando una heterogeneidad en la diversidad biológica presente en el sector. Por otro lado, la menor dispersión de datos se detectó en el Sector de Aguas de Quelana (C.V.=72,737) indicando que corresponde al sector con mayor homogeneidad respecto a la diversidad biológica.

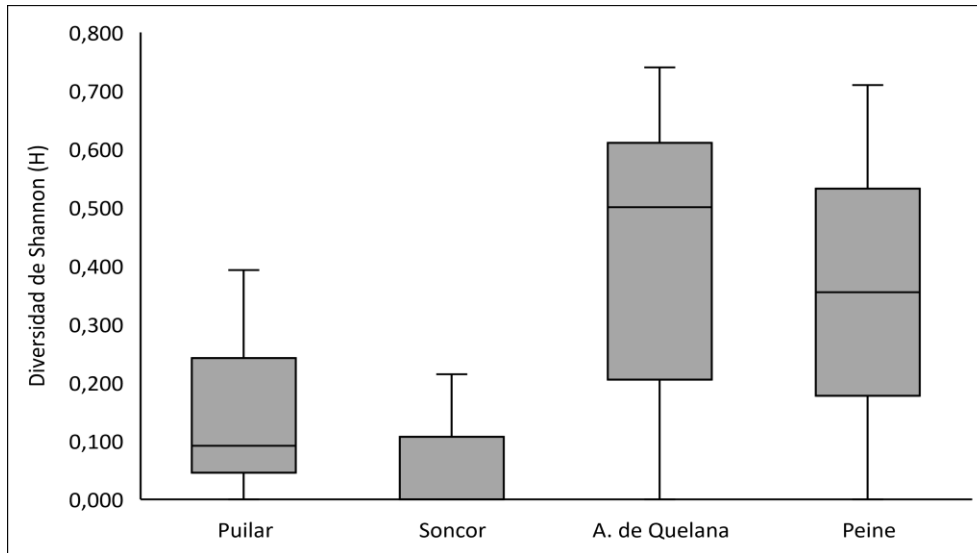
La comparación estadística entre los sectores monitoreados en el Salar de Atacama indican que no existen diferencias significativas entre ellos (KW=2,77, g.l=3, p=0,398) (Tabla 5-79 y Figura 5-52).

Tabla 5-79. Estadígrafos de la variación de los valores del índice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	0,000	0,393	0,161	0,092	0,205	127,205
SONCOR	3	0,000	0,215	0,072	0,000	0,124	173,205
QUELANA	7	0,000	0,740	0,410	0,500	0,298	72,737
PEINE	2	0,000	0,710	0,355	0,355	0,502	141,421

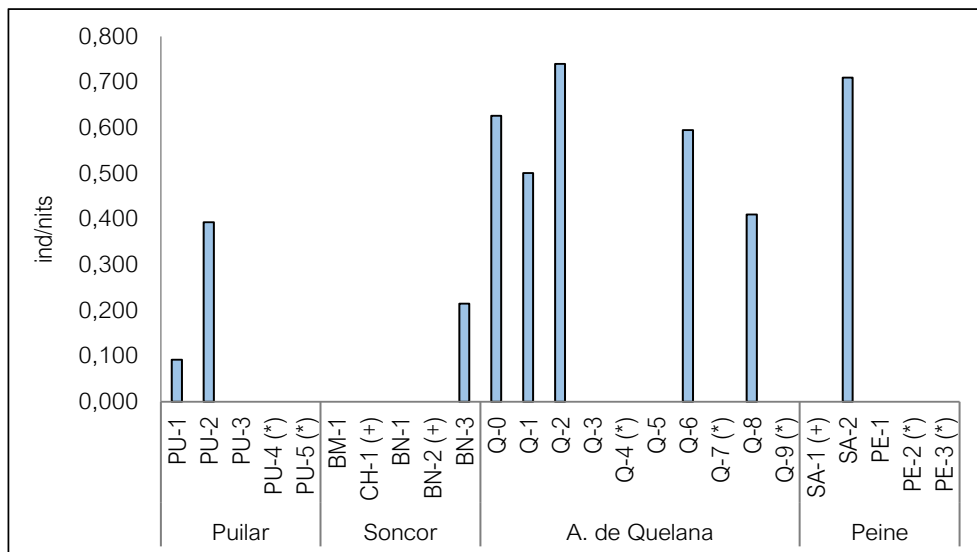
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-52. Representación gráfica de la variación de los valores del índice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) \* del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-53. Índice de Shannon Weiner determinado en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

### 5.6.2.7 Zooplancton

Los valores de abundancia total de los organismos zooplanctónicos determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 0 y 3,56 ind/L (Tabla 5-80, Anexo 7.2). El menor valor (ausencia de individuos) se determinó en todos los sectores, en las estaciones de monitoreo PU-3, BN-1, BN-2, Q-0, Q-2 y SA-1, mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector de Puilar específicamente en la estación de monitoreo PU-1.

Todos los sectores de monitoreo presentaron alta variación de los datos mostrando una alta heterogeneidad respecto a la abundancia de organismos zooplanctónicos dentro de sus estaciones de monitoreo (Tabla 5-80 y Figura 5-54) esto revela una alta variabilidad en la cantidad de organismos del zooplancton que se encuentran en los distintos sectores de estos sistemas.

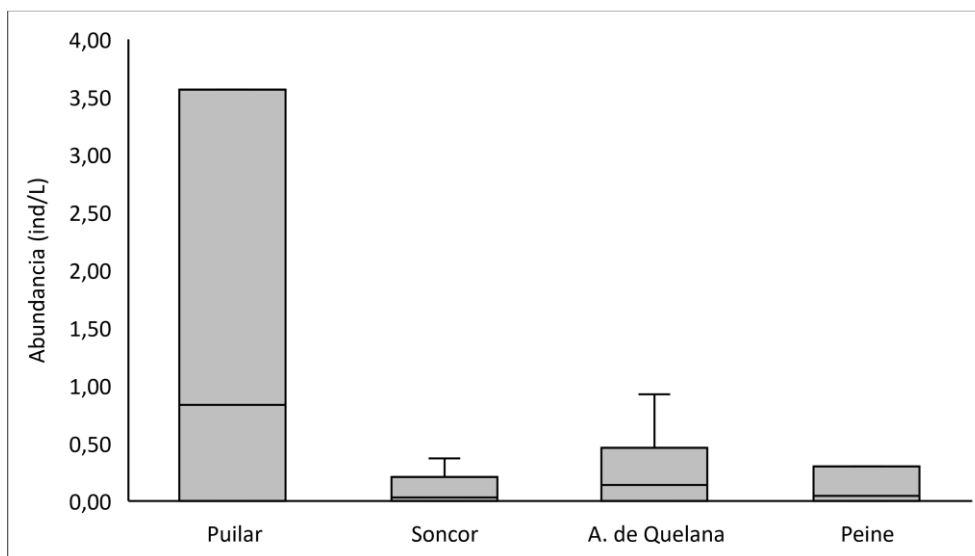
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores ( $KW=1,62$ ,  $g.l=3$ ,  $p=0,641$ ) (Tabla 5-80, Figura 5-54 y Figura 5-55).

Tabla 5-80. Estadígrafos de la Abundancia total (ind/L) del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	0,00	3,56	1,47	0,83	1,86	127,19
SONCOR	5	0,00	0,37	0,09	0,03	0,16	176,84
QUELANA	7	0,00	0,93	0,25	0,14	0,34	137,25
PEINE	3	0,00	0,30	0,12	0,05	0,16	140,00

Fuente: AquaExpert, 2022.

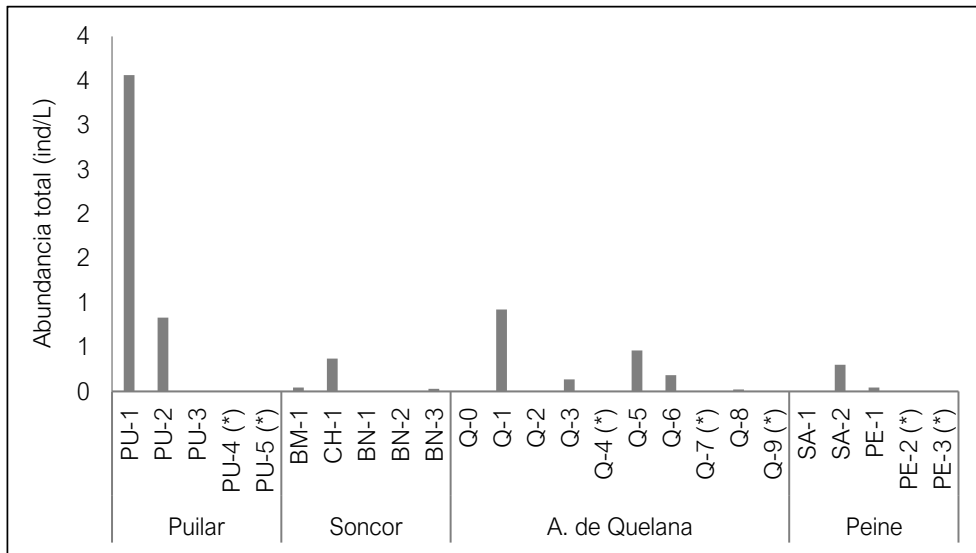
Figura 5-54. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia\* total del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.



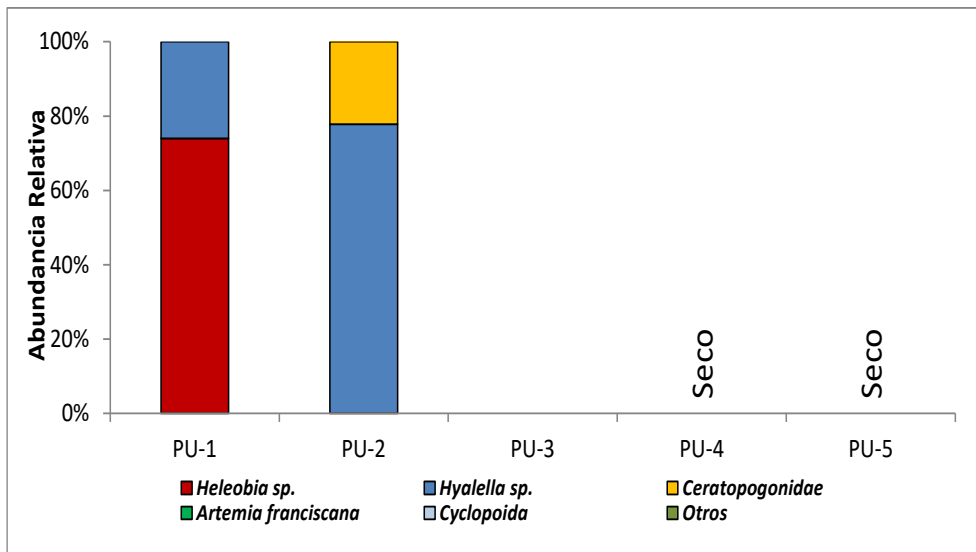
Figura 5-55. Densidad total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

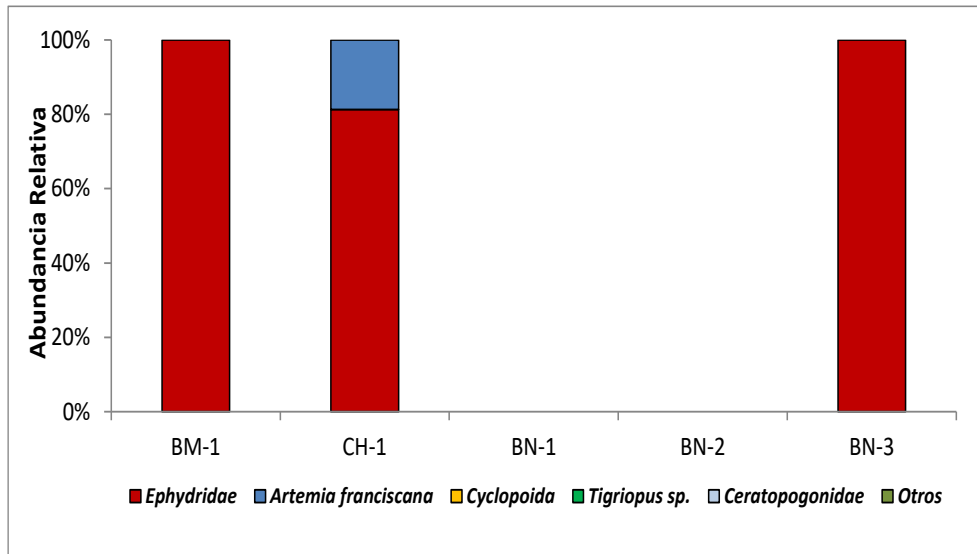
Respecto a las abundancias relativas de taxa, para el sector de Puilar los taxa dominantes fueron *Hyaella sp.* y *Heleobia sp.* (Figura 5-56). Para el sector de Soncor el taxón dominante fue Ephyridae (Figura 5-57). En el sector Aguas de Quelana los taxa con mayor dominancia fueron *Hyaella sp.*, copépodos Cyclopoida (Figura 5-58). Finalmente, en el sector de Peine los taxa que dominaron fueron Ephyridae y Ceratopogonidae (Figura 5-59, Anexo 7.2).

Figura 5-56. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Puilar.



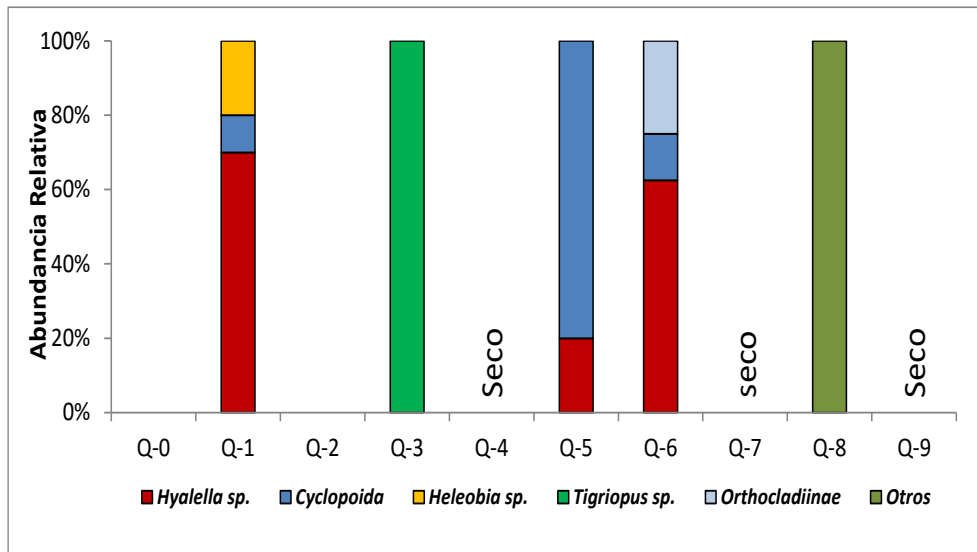
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-57. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Soncor.



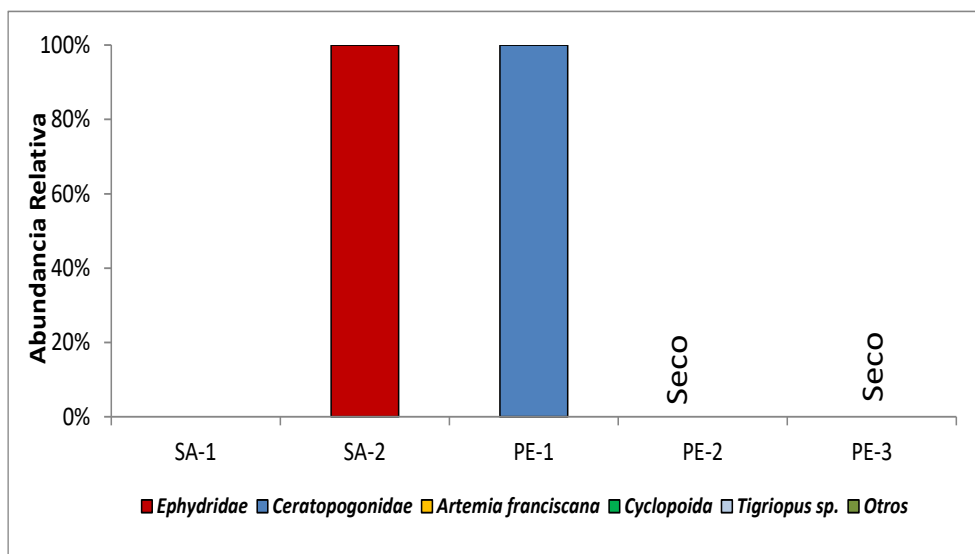
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-58. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-59. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2022.

Respecto a la riqueza total de taxa de individuos zooplanctónicos, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) variaron entre 0 (ausencia de individuos) y 3 taxa (Tabla 5-81, Anexo 7.2). El menor valor (ausencia de individuos) se determinó en todos los sectores en las estaciones de monitoreo PU-3, BN-1, BN-2, Q-0, Q-2 y SA-1, mientras que el mayor valor de riqueza se detectó en el sector de Aguas de Quelana específicamente en las estaciones de monitoreo Q-1 y Q-6 (Figura 5-61).

Los coeficientes de variación de los distintos sectores de muestreo fueron diferentes entre los distintos sectores y presenta una alta dispersión de los datos, indicando una alta heterogeneidad entre las estaciones de monitoreo de cada sistema (Tabla 5-81 y Figura 5-60).

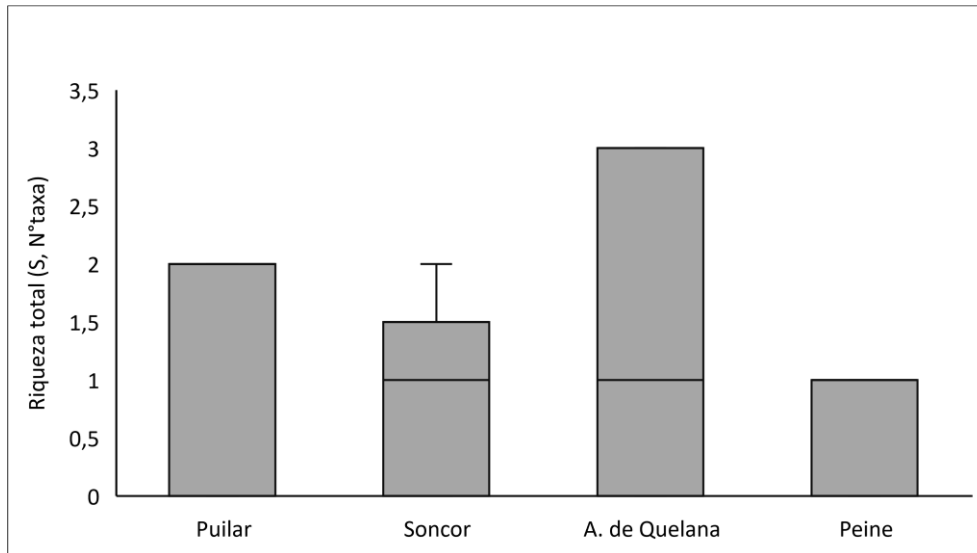
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio ( $KW=1,36$ ,  $g.I=3$ ,  $p=0,686$ ; Tabla 5-81 y Figura 5-61).

Tabla 5-81. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.

SECTOR	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
PUILAR	3	0,00	2,00	1,33	2,00	1,15	86,60
SONCOR	5	0,00	2,00	0,80	1,00	0,84	104,58
QUELANA	7	0,00	3,00	1,43	1,00	1,27	89,07
PEINE	3	0,00	1,00	0,67	1,00	0,58	86,60

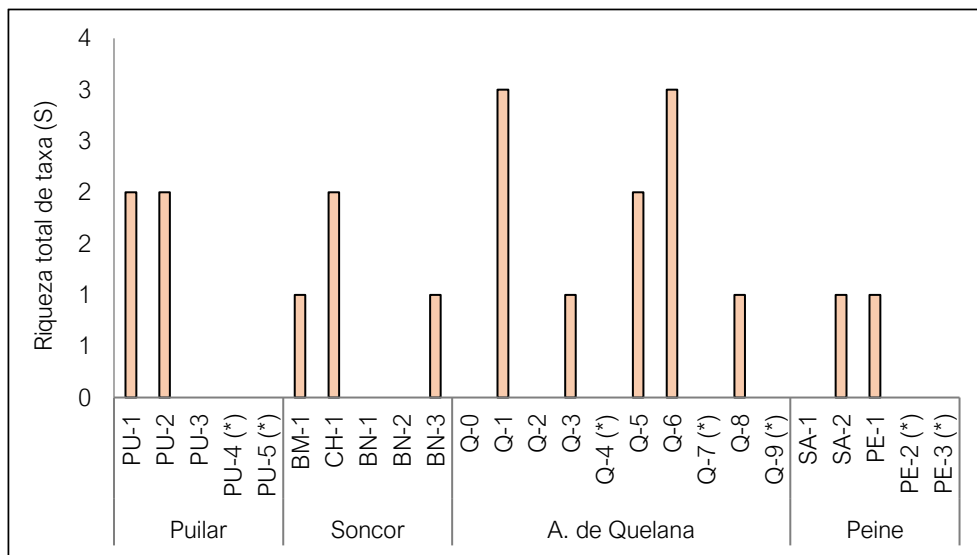
Fuente: AquaExpert, 2022.

Figura 5-60. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza\* del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Figura 5-61. Riqueza total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

### 5.6.2.8 Plantas Acuáticas (Macrófitas)

Según la revisión de antecedentes este componente biológico ha sido encontrado exclusivamente en el sector de Aguas de Quelana, lo cual fue nuevamente detectado durante la actual campaña de monitoreo de abril de 2022, Sin embargo, durante la actual campaña se detectó la presencia de macrofitas en los sectores de Puilar y Peine (Tabla 5-82).

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022), se detectó la presencia de un solo taxón de macrófitas, correspondiente a la especie *Ruppia filifolia*, el cual fue encontrado solo en el sistema hidrológico Aguas de Quelana, específicamente en las estaciones de monitoreo Q-1 y Q-2, en el sistema de Puilar en las estaciones PU-1 y PU-2 y en el sistema de Peine en la estación de monitoreo SA-2 (Tabla 5-82). La estimación del porcentaje de cobertura absoluta indicó que las estaciones de monitoreo con mayor presencia fueron PU-1, PU-2 y SA-2 las cuales presentaron un rango de porcentaje de cobertura entre el 25 y 50 % según escala de Braun-Blanquet.

Tabla 5-82. Presencia de Vegetación acuática (Macrófitas) presentes en el área de estudio.

Sector	Estación de monitoreo	Taxa			
		<i>R. filifolia</i>			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
Puilar	PU-1	-	X	-	-
	PU-2	-	X	-	-
	PU-3	-	-	-	-
	PU-4	*	*	*	*
	PU-5	*	*	*	*
Soncor	BM-1	-	-	-	-
	CH-1	-	-	-	-
	BN-1	-	-	-	-
	BN-2	-	-	-	-
	BN-3	-	-	-	-
Aguas de Quelana	Q-0	-	-	-	-
	Q-1	X	-	-	-
	Q-2	X	-	-	-
	Q-3	-	-	-	-
	Q-4	*	*	*	*
	Q-5	-	-	-	-
	Q-6	-	-	-	-
	Q-7	*	*	*	*
	Q-8	-	-	-	-
Q-9	*	*	*	*	
Peine	PE-1	-	-	-	-
	PE-2	-	-	-	-
	PE-3	-	-	-	-
	SA-1	-	-	-	-
	SA-2	-	X	-	-

Fuente: AquaExpert, 2022. (-): Sin presencia de macrófitas, (\*): Estación de monitoreo seca, sin lamina superficial de agua.

## 6 Discusión

### 6.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Conforme al propósito del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) biótico del Salar de Atacama, el cual es la detección de cambios en la distribución, abundancia y vitalidad de la vegetación presente en el sector del borde este del Salar de Atacama, se discute el comportamiento histórico observado en los parámetros evaluados durante el período de monitoreo (2006 – 2022).

#### 6.1.1 Análisis de las caracterizaciones en terreno

##### 6.1.1.1 Estado vital

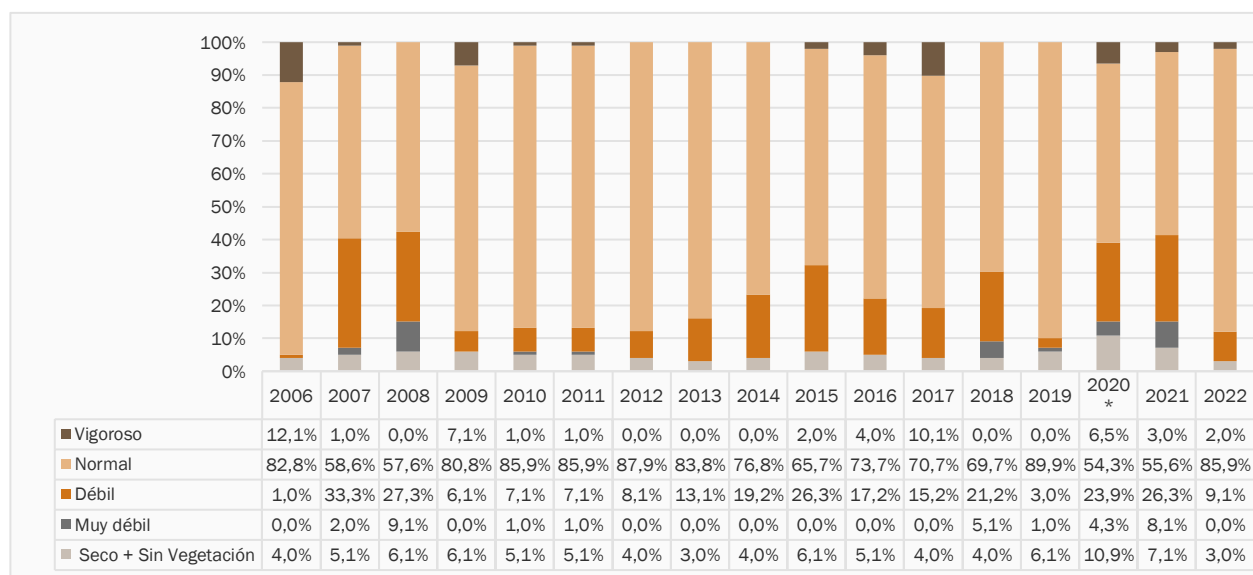
De los resultados se extrae lo siguiente:

- a. La participación porcentual de la categoría “seco/sin vegetación” no ha mostrado una tendencia en el tiempo. El rango de variación de esta categoría es bajo, al verificarse como mínimo y máximo, 3 y 7 muestras respectivamente. En el periodo reportado (2022), se identificaron sólo 3 muestras en esta categoría, siendo uno de los valores mínimos registrados a la fecha.
- b. A lo largo del tiempo, la categoría muy débil ha mostrado fluctuaciones que no permiten describir una tendencia en el tiempo, variando entre un máximo de 9,1% de los registros en 2008 y como mínimo, la ausencia de registros, identificadas en los años 2006, 2009, 2012-2017 y 2022. Tal como se indicó anteriormente, en el monitoreo actual (2022) no se reportan muestras en la categoría muy débil.
- c. La categoría débil se ha mostrado variable en el tiempo; Al respecto, en los primeros años de monitoreo llegó a su máximo histórico (33,3% de los registros en 2007), mientras que, en el 2006 evidenció al mínimo histórico, alcanzando solo un 1,0% de los registros. Para el periodo 2021, la categoría débil ocupó el 26,3% del total de la muestra, mientras que, para el periodo reportado (2022), la proporción en esta categoría se redujo significativamente (9,1%), encontrándose bajo el promedio anual.
- d. La categoría de crecimiento normal no muestra una tendencia en el tiempo y se ha mantenido como la categoría que alberga la mayor cantidad de registros durante todos los años de monitoreo, llegando a tener entre el 54,3% y 89,9% de ellos (mínimo y máximo histórico registrados en los años 2020 y 2019 respectivamente). En 2022, los registros alcanzaron el 85,9%, lo cual representa una diferencia menor al 4,0% con respecto al máximo histórico. Respecto a los últimos dos años, se ha observado un aumento de unidades vegetacionales bajo esta categoría.

- e. La categoría crecimiento vigoroso muestra variaciones entre un máximo de 12,1% de registros anuales en 2006 y un mínimo de cero registros en los años 2008, 2012-2014, 2018-2019. También se observan mayores ocupaciones en los años 2009 (7,1% de los registros) y 2017 (10,1% de los registros). Mientras que, en el periodo 2022 un 2,0% de los registros presentaron esta categoría de vitalidad, proporción que se ubica en el rango histórico que se ha presentado hasta la fecha.

Los resultados muestran que, al existir una mayor proporción de muestras en la categoría crecimiento normal y disminución de las categorías débil y muy débil con respecto a los periodos recientes, la vegetación no evidenciaría efectos detrimentales y se encontraría dentro de rangos normales.

Figura 6-1. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006 - 2022.



(\*) El año 2020 tiene 46 registros, debido a prohibición de ingreso a sectores de la RN Los Flamencos (ver informe de monitoreo PSAB N° 14), el resto de los años fue construido sobre la base de 99 registros.

### 6.1.1.2 Porcentaje de copa viva

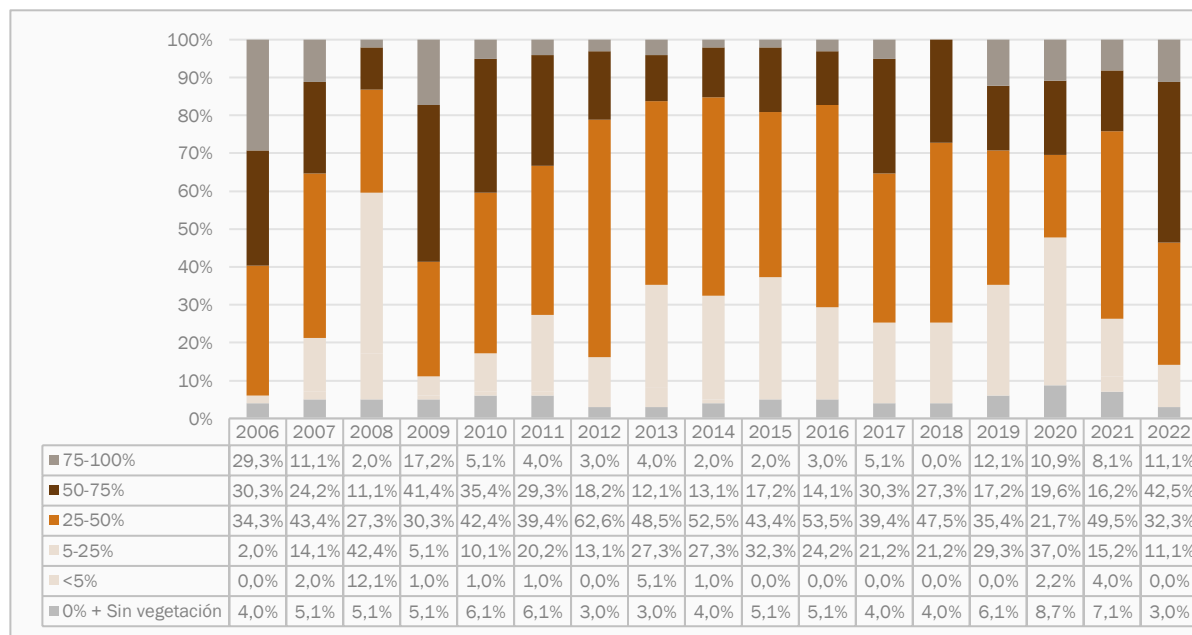
De los resultados se extrae lo siguiente:

- a. A través de los monitoreos, la categoría de copa viva de 0% fluctuó entre un 3,0% y un 8,7% de registros por año. En el reporte actual (2022) este porcentaje llegó a 3,0%, lo que representa los valores mínimos observados a la fecha.
- b. La cantidad de registros en la categoría <5% de copa verde tuvo su máximo histórico en 2008 con un 12,1% de las descripciones de vegetación, y el mínimo histórico en los años 2006, 2012 y 2015 - 2019 y 2020 con cero registros en esta categoría. En el año 2013 se presentó un segundo peak, el cual llegó al 5,1% de las muestras.

- c. La categoría 5-25% de copa verde registró la mínima y máxima cantidad de observaciones en 2006 y 2008 donde alcanzaron un 2,0% y 42,2% de las muestras, respectivamente. El año posterior al máximo (2009) presentó nuevamente una baja considerable en la cantidad de descripciones, registrándose un 5,1% de representatividad. En el periodo actual (2022) disminuye la proporción con respecto al periodo anterior, lo que podría deberse a la mayor expresión de la vegetación, al aumentar los registros en la categoría 50-75%.
- d. La categoría 25-50% de copa viva ha fluctuado entre un mínimo de 21,7% y un máximo de 62,6% de las descripciones, registradas en los años 2020 y 2012 respectivamente. Pese a la anterior, en esta categoría no se verifica una tendencia a la baja. En el 2022, se registró una proporción de 32,3%, lo que se encuentra de los valores esperables de acuerdo con los registros históricos.
- e. La cantidad de descripciones anuales en la categoría 50-75% fluctúan entre un mínimo de 11,1% y un máximo de 42,5%, registrados en los años 2008 y 2022 respectivamente. Los años posteriores al segundo máximo observado (2010), se observó una disminución que se mantuvo hasta el año 2013, la que se recuperó paulatinamente desde el periodo 2014 hasta el 2017, llegando al 30,3% de los registros). De ahí en adelante, los registros disminuyeron, hasta que se registró el máximo histórico en el periodo actualmente reportado (2022), con una proporción de 42,5%.
- f. La categoría 75-100% de copa viva fluctúa entre un 29,3% de los registros anuales en el año 2006 y cero registros anuales en el año 2018. Entre los años 2006 y 2010 se observan grandes fluctuaciones, las que podrían deberse a la naturaleza cualitativa de la variable de medición. Luego, del 2012 a 2017 los valores no superan el 5% de registros por año; para luego registrar la mínima histórica en el 2018, repuntando en 2019 con valores cercanos al 12%. De ahí en adelante, los valores son más o menos estables, presentándose en el actual reporte una proporción de 11,1% de las muestras.



Figura 6-2. Proporción del porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 – 2022.



(\*) El año 2020 tiene 46 registros, debido a prohibición de ingreso a sectores de la RN Los Flamencos (ver informe de monitoreo PSAB N° 14 el resto de los años fue construido sobre la base de 99 registros).

Los resultados muestran que, si bien existen diferencias en la proporción relativa de las categorías de copa viva entre los distintos años de monitoreo, no se reconocen tendencias que indiquen una variación sostenida en el tiempo.

Respecto a la evaluación de los puntos del margen oriental de la franja de vegetación que contienen especies como Rica rica (*Aloysia deserticola*), Pingo pingo (*Ephedra multiflora*), Cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*) y Ojalar (*Atriplex imbricata*), tienden a mantener su copa viva, respondiendo al carácter perenne de las especies.

### 6.1.1.3 Fenología

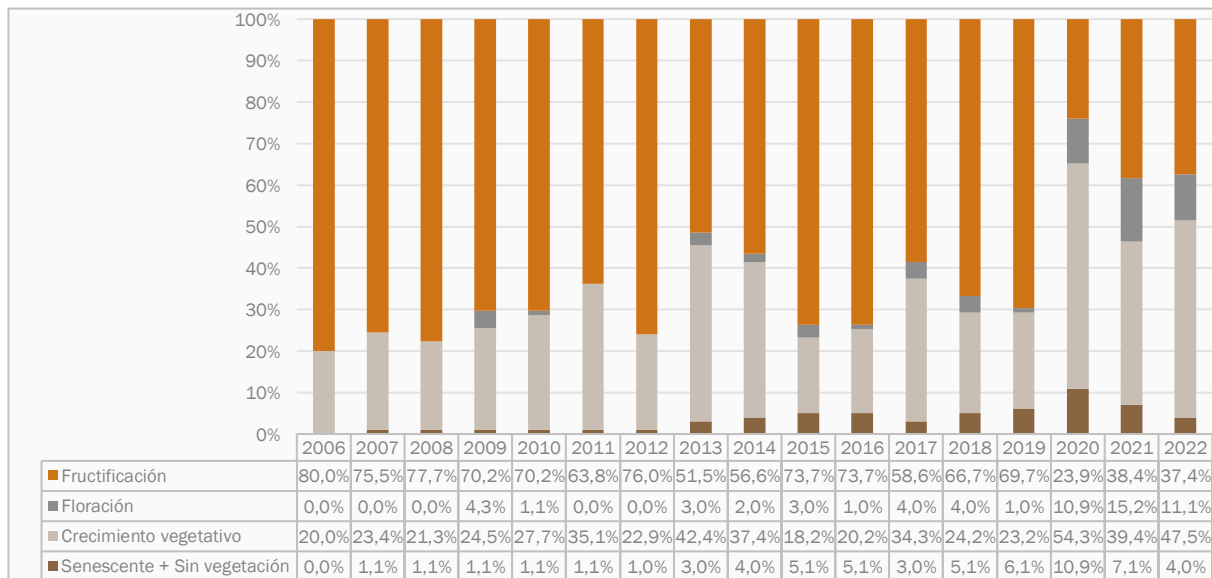
De los resultados se extrae lo siguiente:

- a. La cantidad de unidades senescentes o sin vegetación ha variado anualmente entre un mínimo de cero registros en el año 2006 y un máximo del 10,9% de los registros en el año 2020. Este último valor estaría influenciado por el tamaño muestral y la época de monitoreo de la campaña complementaria, la cual se realizó en el mes de octubre. El reporte actual (2022) alcanzó un 4,0% de las muestras, encontrándose dentro de los rangos observados.
- b. La categoría de crecimiento vegetativo da cuenta de una etapa donde las plantas desarrollan ramas y hojas nuevas, y se aprecian brotes vegetativos tiernos. Esta categoría ha fluctuado entre un

mínimo de 18,2% de las muestras (2015) y un máximo del 54,3% (2020), con variaciones inter-  
anuales que no permiten afirmar una tendencia. El periodo reportado (2022) representa la se-  
gunda mayoría observada a la fecha, alcanzando un 47,5% de las muestras.

- c. La evolución de las descripciones vegetacionales en el tiempo muestran que la fenofase reproduc-  
tiva de floración fluctúa entre un mínimo de 0% registros en 2006, 2007, 2011 y 2012; y un má-  
ximo de 15,2% de los registros en 2021. El periodo reportado (2022) representa la segunda mayo-  
ría, al abarcar el 11,1% de las muestras.
- d. La fase fenológica de fructificación ha sido la categoría más frecuente en las formaciones vegeta-  
cionales del Salar de Atacama, mostrando un promedio de 62,6% de las muestras. El periodo re-  
portado (2022) junto con el periodo 2021 y 2020 son los años menor proporción de muestras con  
fructificación, lo que mostraría, probablemente, un retraso en el ciclo fenológico, al verificarse un  
aumento en las muestras en la etapa de floración y crecimiento vegetativo. Otro indicador impor-  
tante, es que la mayoría de los arboles de la serie E que se incluyeron recién en enero del 2022,  
presentan mayor vitalidad y reproducción fenológica, lo que aumentaría la media estadística en  
general.

Figura 6-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos. Campañas 2006 - 2022.



(\* El año 2020 tiene 46 registros, , debido a prohibición de ingreso a sectores de la RN Los Flamencos (ver informe de monitoreo PSAB N° 14 el resto de los años fue construido sobre la base de 99 registros).

## 6.1.2 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales

En cuanto a la superficie total de vegetación, la superficie registrada en 2022 fue de 14.076,19 ha, valor que se encuentra dentro de los rangos observados históricamente, tal como se aprecia en la Tabla 6-1, Tabla 6-3 y Figura 6-4. Respecto a la rectificación realizada en el año 2013, se aprecia que la superficie actualmente cubierta con vegetación es mayor en 441,19 ha (Tabla 6-1). Este incremento se debe principalmente al registro del Matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*), cuyas superficies previas al 2017 se habían presentado como zona de vegetación escasa (cobertura de la vegetación inferior al 5%) en algunas secciones del margen oriental del Borde Este y que actualmente presenta cobertura vegetal muy abierta (cobertura de la vegetación entre 10-25%).

La especie *Tiquilia atacamensis* es procumbente o semi-erecta, de hábito subarborescente o sufrutice (Rodríguez, 2018), es decir, una planta similar a un arbusto, generalmente pequeña y que sólo se lignifica en la base y sus extremos son de consistencia herbácea (Squeo *et al.*, 2008). Según Richardson (1977), las especies del género *Tiquilia* son todas especies xerofíticas perennes, algunas de ellas pueden florecer y fructificar el primer año y funcionar como anuales si son eliminadas por condiciones adversas posteriores. De acuerdo con lo observado en terreno, *Tiquilia atacamensis* se ajustaría a estas características, dado que su aparición y densidad de individuos se asocia con precipitaciones abundantes como las ocurridas entre los meses de enero y febrero de los años 2017, 2018 y 2019 en la zona.

Tal como se indica en Tabla 6-1, para el periodo 2022 no se identificó la formación ocasional dominada por la especie herbácea *Cistanthes sp.*, la que se verificó por única vez en la campaña 2019. La ausencia de esta formación respaldaría que el crecimiento de esta especie estaría sujeta a condiciones climáticas puntuales, considerada como “pastos de lluvias” y su expresión en la temporada 2019 se debió a las abundantes lluvias estivales acontecidas durante enero a febrero 2019, donde se acumularon 212 mm (estación Camar DGA, 2019).

A continuación, en la Tabla 6-1 se presentan las superficies por tipo vegetacionales en cada uno de los monitoreos realizados a la fecha.

Tabla 6-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el borde este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2022

Año de monitoreo	Tipo vegetacional							TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo - Ojalar	Matorral de Rica rica - Pingo pingo	Matorral de Káuchal	Pradera de Grama salada	Pajonal de Junquillo - Totorá - Suncho	Pradera de Lukupa	
2006	9.195,0	1.263,0	20,0	0,0	2.569,0	664,0	0,0	13.712,0
2007	8.327,0	1.235,0	28,0	0,0	3.495,0	628,0	0,0	13.712,0
2008	7.626,0	2.069,0	900,0	0,0	2.696,0	422,0	0,0	13.712,0
2009	9.319,0	1.156,0	36,0	0,0	2.048,0	1.186,0	0,0	13.745,0
2010	9.006,0	603,0	1.003,0	0,0	1.389,0	1.689,0	0,0	13.690,0
2011	9.452,0	493,0	604,0	0,0	1.544,0	1.604,0	0,0	13.696,0
2012	7.616,0	1.325,0	692,0	0,0	2.725,0	1.311,0	0,0	13.670,0

Tabla 6-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el borde este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2022

Año de monitoreo	Tipo vegetacional							TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo – Ojalar	Matorral de Rica rica – Pingo pingo	Matorral de Káuchal	Pradera de Grama salada	Pajonal de Junquillo - Tatora - Suncho	Pradera de Lukupa	
2013	7.301,0	1.683,0	1.042,0	0,0	2.319,0	1.290,0	0,0	13.635,0
2014	7.331,0	1.714,0	776,0	0,0	2.361,0	1.300,0	0,0	13.492,0
2015	7.865,0	1.752,0	821,0	0,0	2.342,0	1.341,0	0,0	14.121,0
2016	7.865,0	1.807,0	767,0	0,0	2.364,0	1.315,0	0,0	14.118,0
2017	7.735,3	1.815,1	769,5	34,3	2.349,1	1.327,4	0,0	14.030,7
2018	7.849,0	2.074,0	587,9	811,8	2.235,4	1.288,1	0,0	14.846,2
2019	8.033,5	2.069,1	547,7	651,7	2.197,6	1.456,5	2.539,6	17.495,7
2020	7.412,4	2.024,3	542,4	824,5	2.209,4	1.381,2	0,0	14.394,3
2021	7.359,18	1.772,03	455,88	883,30	2.233,80	1.381,27	0,0	14.085,45
2022	7.359,95	1.780,87	436,42	858,53	2.236,96	1.403,46	0,0	14.076,19

Para los tipos vegetacionales permanentes del Borde Este del Salar de Atacama, las diferencias en la superficie cubierta por vegetación se relaciona con la dificultad de identificación de unidades vegetacionales de baja cobertura, principalmente las zonas de cobertura rala (5-10%). Esta situación se da mayoritariamente en los límites del Borde Este, tanto en la parte alta de la cuenca como hacia el núcleo del salar, principalmente en áreas donde convergen zonas de vegetación escasa y vegetación con coberturas <10%. Por ejemplo, en el margen oriente de la franja cubierta con vegetación se presenta el tipo vegetacional dominado por Rica rica – Pingo pingo (*A. deserticola* – *E. multiflora*), estas especies surgen de manera localizada y colindante a zonas de vegetación escasa (<5% de cobertura) o sin vegetación.

En la imagen satelital y a la escala de trabajo utilizada, se dificulta la delimitación entre estos sectores, toda vez que la distribución de individuos es dispersa y de tamaño reducido, tendiendo a la confusión con otros elementos del paisaje. Situación similar ocurre hacia el poniente (núcleo del Salar), donde la vegetación que limita con esta superficie tiende a presentar límites difusos, dada la presencia de costra salina irregular. Por esto, y con el objetivo de mejorar la cartografía es que se realizan esfuerzos adicionales de revisión de la segmentación, produciéndose tales diferencias en las superficies, las que no están directamente relacionadas a efectos del Proyecto.

Tal como se aprecia en la Figura 6-4 y Tabla 6-1, las superficies del periodo 2022 se encuentran dentro de los rangos de valores observados en los periodos previos. Al comparar los resultados con los datos obtenidos el año 2021 (Tabla 6-2), se aprecia una diferencia de 9,26 ha menos que el periodo anterior (0,07% de la superficie reportada el año 2021). Por otra parte, la superficie del periodo reportado es superior en 441,19 ha respecto al periodo 2013 (3,13% de la superficie reportada el año 2022), año en que se generaron las correcciones al mapa de vegetación.

En el análisis por tipo vegetacional (Tabla 6-2), se observa que el matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea), el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar), la pradera de *Distichlis spicata*

(Grana salada) y la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totorá – Suncho) aumentaron su superficie de ocupación respecto al monitoreo anterior (2021) en 0,77 ha, 8,84 ha, 3,16 ha y 22,19 ha respectivamente. Mientras que, el matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo) y el matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal) presentaron bajas en superficie con respecto al periodo anterior (2021), disminuyendo 19,46 ha y 24,76 ha, respectivamente.

Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2020-2022

Año de monitoreo	Tipo vegetal (ha)							TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo – Ojalar	Matorral de Rica rica – Pingo pingo	Matorral de Káuchal	Pradera de Grana salada	Pajonal de Junquillo - Totorá - Suncho	Pradera de Lukupa	
2021	7.359,18	1.772,03	455,88	883,29	2.233,80	1.381,27	0,00	14.085,45
2022	7.359,95	1.780,87	436,42	858,53	2.236,96	1.403,46	0,00	14.076,19
Disminución	0,77	8,84	-	-	3,16	22,19	0,00	-
Aumento	-	-	-19,46	-24,76	-	-	-	-9,26

Basado en los antecedentes entregados, tanto la superficie total como los tipos vegetacionales de manera individual se encuentran dentro de los rangos observados históricamente, por lo que no se aprecian efectos no contemplados en la vegetación mediante el monitoreo mediante imágenes satelitales. El detalle de la variación de cobertura por tipo vegetal es presentado en la Figura 6-4.

Figura 6-4. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2022

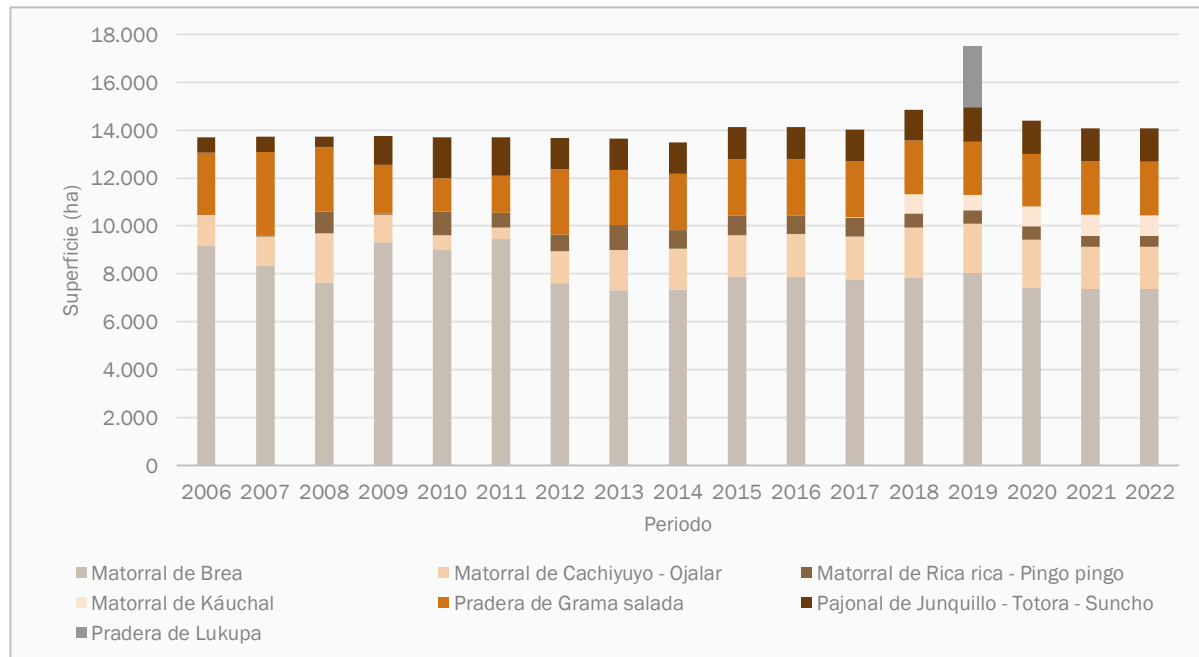


Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2022 según cada informe de monitoreo.

Formación	Cobertura (%)	Superficie (Ha)																
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica - Pingo pingo)	Semidenso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,0	-	-	-	-	-
	Abierto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,8	185,4	273,4	-	3,7	3,7
	Muy abierto	25,0	25,0	21,0	37,0	135,0	212,0	298,9	358,5	322,5	359,6	367,0	222,2	173,9	166,8	214,6	154,1	151,4
	Ralo*	1385,0	1385,0	1337,0	1324,0	1231,0	1218,0	1150,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Subtotal</b>		<b>1410,0</b>	<b>1410,0</b>	<b>1358,0</b>	<b>1361,0</b>	<b>1366,0</b>	<b>1430,0</b>	<b>1449,7</b>	<b>1041,7</b>	<b>776,1</b>	<b>821,4</b>	<b>765,0</b>	<b>769,5</b>	<b>587,9</b>	<b>547,7</b>	<b>542,4</b>	<b>455,9</b>	<b>436,4</b>
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	denso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	-	-
	Semidenso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6	23,0	24,8	32,9	32,9
	Abierto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	49,4	49,1	49,2	244,0	344,5	447,6	757,4	106,5	144,5	294,6
	Muy abierto	65,0	65,0	51,0	43,0	43,0	39,0	196,6	746,3	750,5	753,5	680,0	648,2	783,5	726,0	860,1	769,4	620,3
	Ralo*	329,0	329,0	329,0	332,0	334,0	338,0	499,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Subtotal</b>		<b>394,0</b>	<b>394,0</b>	<b>380,0</b>	<b>375,0</b>	<b>377,0</b>	<b>377,0</b>	<b>724,0</b>	<b>1683,2</b>	<b>1792,6</b>	<b>1751,5</b>	<b>1806,0</b>	<b>1815,1</b>	<b>2074,0</b>	<b>2069,1</b>	<b>2024,3</b>	<b>1772,0</b>	<b>1780,9</b>
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Denso	50,0	53,0	101,0	139,0	129,0	84,0	81,8	104,6	117,4	124,4	101,0	105,5	79,4	99,2	175,8	181,5	170,7
	Semidenso	337,0	354,0	491,0	521,0	430,0	321,0	543,1	365,7	375,1	348,2	365,0	500,3	526,5	674,8	585,6	585,6	504,2
	Abierto	1622,0	1596,0	1801,0	1865,0	2109,0	2119,0	1935,3	1072,2	1051,0	1168,4	1952,0	2049,1	2.226,3	2.854,31	1212,7	1.169,86	1153,8
	Muy abierto	2462,0	2852,0	3324,0	3328,0	3933,0	3953,0	3174,8	2926,8	2895,6	3430,1	3019,0	2733,2	2.660,6	2.379,04	2586,6	2609,3	2870,8
	Ralo*	5706,0	5476,0	4708,0	4593,0	3811,0	3880,0	3944,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Subtotal</b>		<b>10177,0</b>	<b>10331,0</b>	<b>10425,0</b>	<b>10446,0</b>	<b>10412,0</b>	<b>10357,0</b>	<b>9679,3</b>	<b>7300,8</b>	<b>7331,0</b>	<b>7865,1</b>	<b>7871,0</b>	<b>7735,3</b>	<b>7820,2</b>	<b>8033,5</b>	<b>7412,4</b>	<b>7359,2</b>	<b>7360,0</b>
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Muy abierto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	811,8	651,7	824,5	838,7	836,3
	Ralo*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3	-	-	-	44,6	22,2
<b>Subtotal</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>34,3</b>	<b>811,8</b>	<b>651,7</b>	<b>824,5</b>	<b>883,3</b>	<b>858,5</b>
Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Grana salada)	Denso	10,0	10,0	18,0	8,0	8,0	7,0	378,5	116,0	132,1	133,7	134,0	135,6	145,0	154,4	136,3	131,6	131,6
	Semidenso	8,0	8,0	29,0	26,0	56,0	51,0	248,8	249,7	242,8	221,2	220,0	218,8	190,0	265,8	254,8	250,9	248,5
	Abierto	400,0	399,0	477,0	541,0	595,0	572,0	327,6	342,7	322,5	318,3	392,0	393,7	438,3	418,6	327,8	354,6	353,4
	Muy abierto	926,0	810,0	804,0	867,0	1028,0	1124,0	872,3	795,4	848,3	848,2	966,0	816,9	670,7	937,3	790,3	647,1	581,2
	Ralo*	2465,0	2376,0	2281,0	2167,0	1755,0	1670,0	1314,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2022 según cada informe de monitoreo.

Formación	Cobertura (%)	Superficie (Ha)																
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
		-	-	-	-	-	-	-	815,1	815,1	820,4	645,0	784,1	791,1	421,5	700,2	849,6	922,3
<b>Subtotal</b>		<b>3809,0</b>	<b>3603,0</b>	<b>3609,0</b>	<b>3609,0</b>	<b>3442,0</b>	<b>3424,0</b>	<b>3141,2</b>	<b>2318,9</b>	<b>2360,8</b>	<b>2341,8</b>	<b>2357,0</b>	<b>2349,1</b>	<b>2235,1</b>	<b>2197,6</b>	<b>2209,4</b>	<b>2233,8</b>	<b>2237,0</b>
Pajonal de <i>Juncus balticus</i> - <i>Schoenoplectus americanus</i> - <i>Baccharis juncea</i> (Junquillo - Tora - Suncho)	Denso	262,0	281,0	331,0	270,0	249,0	200,0	208,9	264,5	292,9	300,4	293,0	254,2	258,8	304,1	296,1	270,9	270,9
	Semidenso	98,0	87,0	69,0	187,0	201,0	181,0	161,9	240,9	243,9	279,4	210,0	228,2	226,9	242,9	252,2	261,5	226,2
	Abierto	385,0	419,0	459,0	465,0	493,0	463,0	552,8	291,7	266,1	257,9	315,0	340,4	276,4	470,7	221,6	206,9	228,8
	Muy abierto	469,0	429,0	449,0	390,0	458,0	482,0	472,6	263,9	272,8	290,4	290,0	292,1	310,9	233,4	342,1	346,1	383,2
	Ralo*	249,0	249,0	195,0	189,0	301,0	385,0	395,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	229,1	224,4	213,2	215,0	212,5	215,1	205,4	269,3	295,9	294,5
<b>Subtotal</b>		<b>1463,0</b>	<b>1465,0</b>	<b>1503,0</b>	<b>1501,0</b>	<b>1702,0</b>	<b>1711,0</b>	<b>1791,6</b>	<b>1290,1</b>	<b>1300,1</b>	<b>1341,3</b>	<b>1323,0</b>	<b>1327,4</b>	<b>1288,1</b>	<b>1456,5</b>	<b>1381,2</b>	<b>1381,3</b>	<b>1403,5</b>
Pradera <i>Cistanthe</i> sp. (Lukupa)	Semidenso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	742,9	-	-	-
	abierto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	696,6	-	-	-
	Muy abierto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1003,1	-	-	-
	Ralo*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97,0	-	-	-
<b>Subtotal</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2539,6</b>	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>17253,0</b>	<b>17203,0</b>	<b>17275,0</b>	<b>17292,0</b>	<b>17299,0</b>	<b>17299,0</b>	<b>16785,8</b>	<b>13634,7</b>	<b>13560,6</b>	<b>14121,1</b>	<b>14122,0</b>	<b>14030,7</b>	<b>14817,1</b>	<b>17495,7</b>	<b>14394,3</b>	<b>14085,5</b>	<b>14076,2</b>

La cobertura "Ralo" definida entre los años 2006 y 2012 corresponde a superficies cuya cobertura vegetal fuese inferior al 10%, luego de la realización del cambio metodológico del año del año del 2013 la cobertura "Ralo" fue reestructurada siendo parte de ella aquella superficie que ocupará una cobertura entre 5-10%, originando la categoría de zona de vegetación escasa, correspondiendo a toda superficie con una cobertura inferior al 5%.

## 6.2 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

La siguiente sección recopila los resultados históricos obtenidos en los puntos de monitoreo distribuidos en la Zona de Conexión vegetación – acuífero para las variables contempladas según la RCA 226/2006, los que se analizan en detalle a continuación.

### 6.2.1 Especies dominantes

De acuerdo con los datos obtenidos de las campañas 2006 al 2022, las especies dominantes en el mes de enero en los puntos de monitoreo se mantienen constantes en tres especies: *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis*.

Tal como se muestra en la Tabla 6-4, se confirma el dominio de las tres especies, siendo *T. absinthioides* la más común, seguido de *D. spicata* y finalizando con *A. atacamensis*.

Como especies acompañantes, es decir, presentes en las unidades descritas por punto de monitoreo, pero con una cobertura vegetal inferior al 5% se observan, también, estas tres especies. El caso de *Distichlis spicata* se presenta como la más frecuentes, seguido de *Atriplex atacamensis* y finalizando con *Tessaria absinthioides*.

Tabla 6-4. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de enero 2007 - 2022

Años de monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>
2007	-	-	-	-	-	-
2008	19	3	14	0	2	0
2009	19	4	13	0	2	1
2010	18	5	8	1	0	6
2011	18	6	9	1	1	5
2012	19	3	9	0	1	4
2013	19	4	9	0	1	5
2014	19	2	3	0	3	7
2015	18	1	6	1	4	7
2016	19	3	7	0	3	7
2017	18	6	6	1	1	2
2018	19	2	5	0	4	8
2019	19	2	2	0	0	3
2020	16	2	6	3	0	0
2021	17	3	8	0	0	0
2022	18	4	8	1	1	6

El primer levantamiento de información sobre la zona de conexión vegetación acuífero se realizó en abril del 2007 en el marco de la Adenda III del Proyecto.



En el mes de abril, *T. absinthioides* es la especie más frecuente, registrándose en la mayor parte de los puntos de monitoreo (Tabla 6-5). Le sigue *D. spicata*, presente en un máximo de 13 puntos de muestreo (en el año 2009) y un mínimo de 2 puntos en el 2019 y 2020. Mientras que la especie dominante con menor frecuencia histórica corresponde a *A. atacamensis*, la que se encuentra presente en un máximo de 6 puntos (año 2017) y un mínimo de 0 muestras en el año 2022. Cabe destacar que a pesar no estar presente como especie dominante en el año 2022 (es decir, presente con cobertura superior al 5%), si se presenta como especie acompañante en cuatro puntos de monitoreo en dicho periodo.

Como especies acompañantes: *Distichlis spicata*, es la especie acompañante más frecuente en los puntos de monitoreo (Tabla 6-5), seguido de *Atriplex atacamensis*, y en menor medida *Tessaria absinthioides*, hecho esperable ya que esta última se presenta como dominante en la mayoría de los puntos de monitoreo.

Tabla 6-5. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de abril 2007 - 2022

Años de monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>
2007	18	2	5	1	2	8
2008	18	1	9	1	2	3
2009	19	3	13	0	2	1
2010	19	2	5	0	4	8
2011	18	1	7	1	3	8
2012	19	3	9	0	1	4
2013	18	3	8	0	1	5
2014	18	2	5	1	2	7
2015	18	3	6	1	1	7
2016	18	2	6	1	3	7
2017	18	6	6	0	1	3
2018	19	2	5	0	4	6
2019	18	2	2	1	0	4
2020	11	2	4	0	0	0
2021	17	1	8	2	2	0
2022	16	0	8	2	4	5

Cabe destacar que en abril de 2020 hubo 8 puntos de monitoreo (VA-01, VA-02, VA-05, VA-10, VA-11, VA-15, VA-18 y VA-19) que no pudieron ser visitados en terreno dado que se emplazan en o cercanos a los límites de la RN Los Flamencos, la cual estuvo sin acceso en el momento del monitoreo. Además, en enero del año 2021 no se monitorearon los puntos VA-01 y VA-02, ubicados en las inmediaciones del camino al Centro Turístico de laguna Chaxa, al cual se accede previa autorización de CONAF.

## 6.2.2 Cobertura vegetal

Los resultados presentados en la Tabla 6-6 y Figura 6-5 muestran la evolución de la cobertura medida en los puntos de monitoreo en el tiempo. Se observa que, desde los primeros monitoreos, la cobertura se ha distri-

buido mayoritariamente en las categorías muy abierto y abierto (equivalentes a 10-25% y 25-50% de cobertura vegetal, respectivamente). En estas categorías, no se observan diferencias de medias estadísticamente significativas entre los meses de enero y abril (valor p muy abierto = 0,259; valor p abierto = 0,776).

Las coberturas muy abierta y abierta han presentado variabilidad en el tiempo, pero sin presentar tendencia estadísticamente significativa en el tiempo (valor p muy abierto enero = 0,121; valor p muy abierto abril = 0,292; valor p abierto enero = 0,282; valor p abierto abril = 0,263).

Al respecto de la categoría semidenso (50-75% de cobertura), que corresponde a la tercer proporción promedio, se aprecia una importante variación en el tiempo, sin presentar una tendencia estadísticamente significativa en ambos meses de monitoreo (valor p enero = 0,339; Valor p abril = 0,110)

En la campaña de enero de 2008, se observan descripciones vegetacionales concentradas en la categoría 50-75% y 75-100% de cobertura (semidenso y denso), siendo el único periodo que la categoría dominante correspondió a la cobertura densa. Esta categoría se identificó nuevamente en una muestra de enero de 2010 y en enero 2021. Es necesario indicar que, en estos periodos no se han producido aumento en las precipitaciones u otras condiciones que hayan favorecido el recubrimiento de plantas, por lo que se considera que estos aumentos podrían responder a la naturaleza cualitativa de la variable del observador al clasificar esta variable.

Para el año 2022, se aprecia el predominio de las categorías 10-25% y 25-50% (muy abierto y abierto), con frecuencias que se encuentran dentro de los rangos observados históricamente. También se observaron muestras en la categoría rala, situación que no es recurrente, pero que no supera las frecuencias de otros periodos de monitoreo.

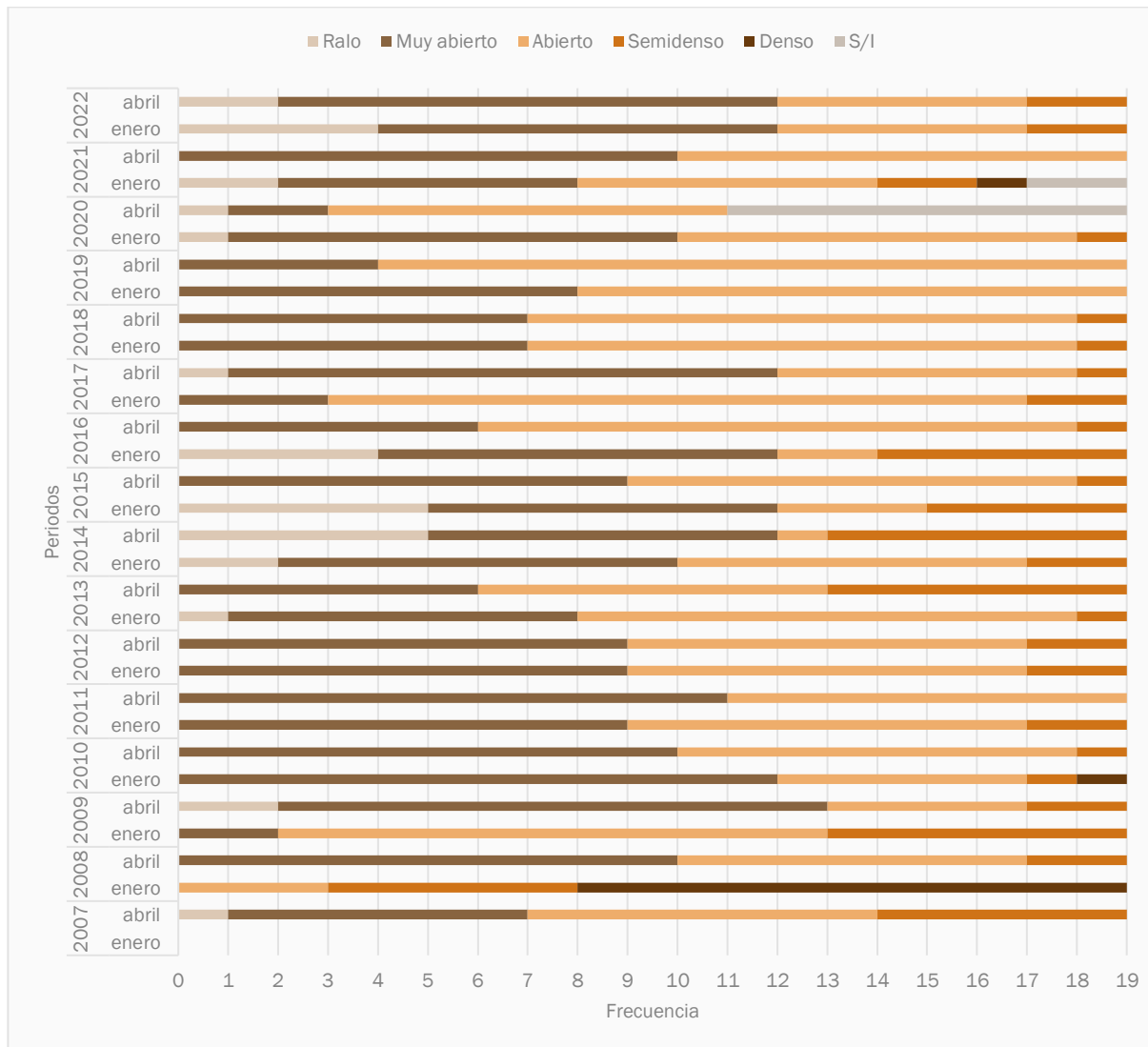
Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

AÑO	MES	S/I	Categorías de cobertura						Total
			ZVE (<5%)	Ralo	Muy abierto	Abierto	Semidenso	Denso	
2007	abril	0	0	1	6	7	5	0	19
2008	enero	0	0	0	0	3	5	11	19
	abril	0	0	0	10	7	2	0	19
2009	enero	0	0	0	2	11	6	0	19
	abril	0	0	2	11	4	2	0	19
2010	enero	0	0	0	12	5	1	1	19
	abril	0	0	0	10	8	1	0	19
2011	enero	0	0	0	9	8	2	0	19
	abril	0	0	0	11	8	0	0	19
2012	enero	0	0	0	9	8	2	0	19
	abril	0	0	0	9	8	2	0	19
2013	enero	0	0	1	7	10	1	0	19
	abril	0	0	0	6	7	6	0	19
2014	enero	0	0	2	8	7	2	0	19
	abril	0	0	5	7	1	6	0	19

Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

AÑO	MES	S/I	Categorías de cobertura						Total
			ZVE (<5%)	Ralo	Muy abierto	Abierto	Semidenso	Denso	
2015	enero	0	0	5	7	3	4	0	19
	abril	0	0	0	9	9	1	0	19
2016	enero	0	0	4	8	2	5	0	19
	abril	0	0	0	6	12	1	0	19
2017	enero	0	0	0	3	14	2	0	19
	abril	0	0	1	11	6	1	0	19
2018	enero	0	0	0	7	11	1	0	19
	abril	0	0	0	7	11	1	0	19
2019	enero	0	0	0	8	11	0	0	19
	abril	0	0	0	4	15	0	0	19
2020	enero	0	0	1	9	8	1	0	19
	abril	8	0	1	2	8	0	0	19
2021	enero	2	0	2	6	6	2	1	19
	abril	0	0	0	10	9	0	0	19
2022	enero	0	0	4	8	5	2	0	19
	abril	0	0	2	10	5	2	0	19

Figura 6-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022



### 6.2.3 Vitalidad

Los resultados expuestos en la Tabla 6-7 y Figura 6-6 muestran la evolución de la vitalidad medida en los puntos de monitoreo en el tiempo. Al respecto, se observa que, la categoría normal es la vitalidad dominante en ambos meses de monitoreo (promedio enero = 14,1 y promedio abril = 13,06). Salvo en años puntuales no ha ocurrido esta dominancia, como en el año 2015 y 2017. Al respecto, en el periodo 2015 las muestras fueron mayoritariamente débil, situación que podría relacionarse a un periodo de sequía consecutivo entre marzo de 2013 a enero de 2015 (Tabla 6-7); Mientras que, en el año 2017, la mayor parte de las descripciones se catalogaron como vigorosas, lo que coincide con la alta acumulación de precipitaciones entre enero y febrero del mismo año.

Para el año 2022, se aprecia que las frecuencias de la categoría normal son proporcionalmente dominantes, con valores que se encuentran dentro de los valores observados en los monitoreos anteriores. La condición es similar para la categoría débil. En abril se identificó una muestra en la categoría muy débil, situación que no es tan frecuente, pero que ya se había reportado en otros periodos, incluso con magnitudes mayores. En consecuencia, los valores reportados de esta variable se encuentran dentro de los rangos históricos, por lo que no se apreciarían efectos no esperados.

Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

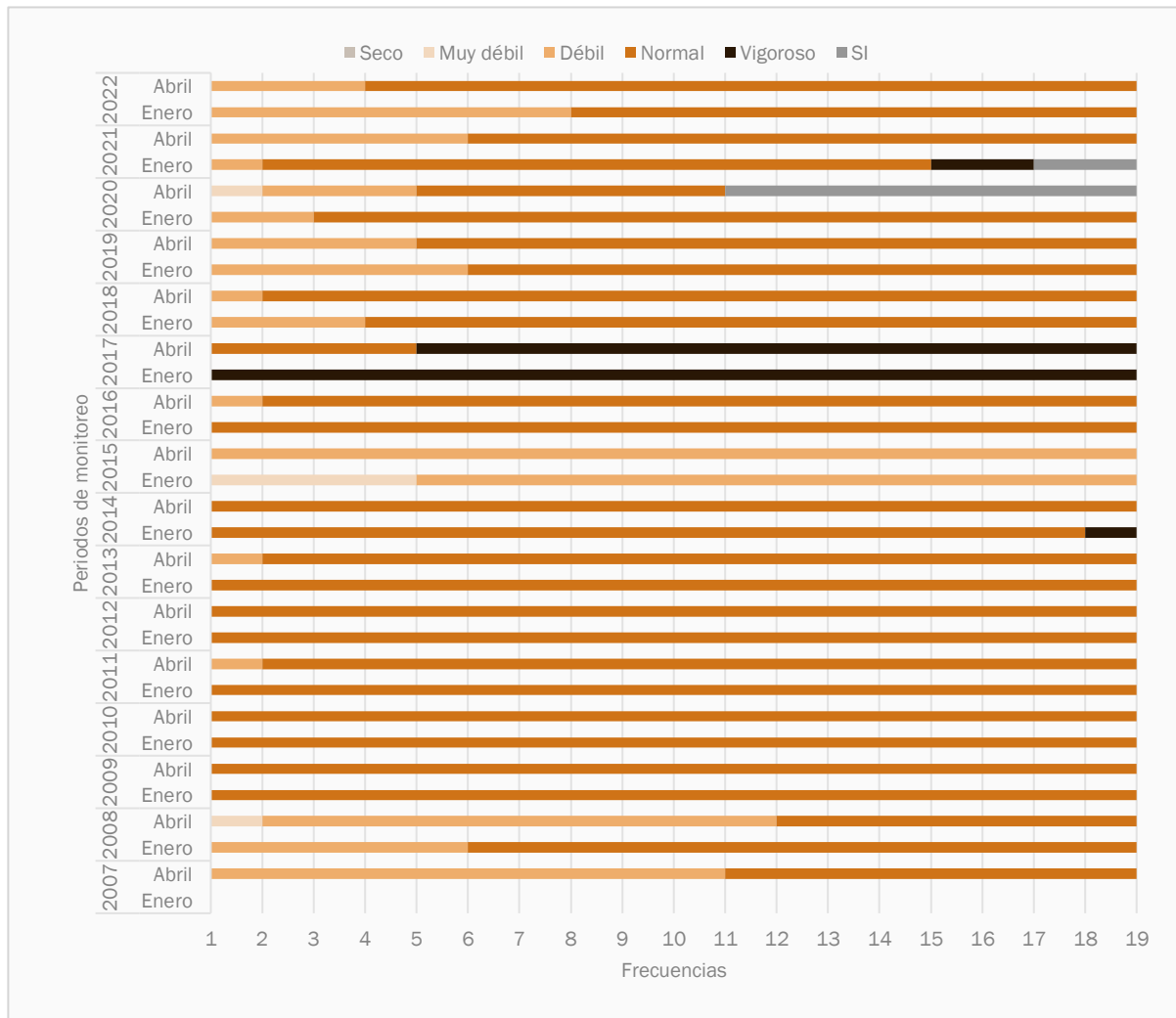
Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	S/l	
2007	Abril	0	0	11	8	0	0	19
2008	Enero	0	0	6	13	0	0	19
	Abril	0	2	10	7	0	0	19
2009	Enero	0	0	1	18	0	0	19
	Abril	0	0	1	18	0	0	19
2010	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	1	18	0	0	19
2011	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2012	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	1	18	0	0	19
2013	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2014	Enero	0	0	0	18	1	0	19
	Abril	0	0	0	19	0	0	19
2015	Enero	0	5	14	0	0	0	19
	Abril	0	1	18	0	0	0	19
2016	Enero	0	0	1	18	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2017	Enero	0	0	0	1	18	0	19
	Abril	0	0	0	5	14	0	19
2018	Enero	0	0	4	15	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2019	Enero	0	0	6	13	0	0	19
	Abril	0	0	5	14	0	0	19
2020	Enero	0	0	3	16	0	0	19
	Abril	0	2	3	6	0	8	19
2021	Enero	0	0	2	13	2	2	19
	Abril	0	1	5	13	0	0	19

Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	S/I	
2022	Enero	0		8	11	0	0	19
	Abril	0	1	3	15	0	0	19

S/I: Si información

Figura 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022



### 6.2.4 Porcentaje de copa viva

La Tabla 6-8 y Figura 6-7, muestran la evolución en el tiempo del porcentaje de copa viva en las descripciones de vegetación de la zona de conexión vegetación-acuífero.

Tal como se observa en la Figura 6-7, en la generalidad de los datos se observa que en el mes de enero las plantas presentan mayor porcentaje de copa viva. Lo anterior se verifica en las frecuencias promedios en las categorías 25-50% y 50-75%, las cuales en el mes de enero son prácticamente iguales (7,69 y 7,61 respectivamente), siguiéndole muy de cerca la categoría vigorosa, con un promedio de 6 muestras. Mientras que, en el mes de abril la categoría 25-50% es la más frecuente, al verificarse un promedio de 10,31 muestras por año, lo que representa aproximadamente el doble de la frecuencia con respecto a la categoría 50-75%.

Es necesario indicar que todas las categorías muestras algo de variabilidad en el periodo de monitoreo, sin apreciarse alguna tendencia estadísticamente significativa a la baja o al alza.

Las frecuencias observadas en el periodo reportado (2022) se encuentran dentro de los valores históricos, por lo tanto, no se verifican efectos no esperados en el área de conexión de la vegetación con el acuífero. Sin embargo, en abril se observa una mayor proporción de ejemplares en la categoría de copa 50-75% con respecto a enero, siendo uno de los mayores históricos, sólo superados por el periodo 2009. Lo anterior podría estar vinculado a un retraso en el periodo de crecimiento vegetativo en Borde Este del Salar de Atacama en dicho año o a la naturaleza cualitativa de la variable.

Tabla 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva							Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	S/I	
2007	Abril	0	0	1	13	5	0	0	19
2008	Enero	0	0	1	7	7	4	0	19
	Abril	0	0	7	12	0	0	0	19
2009	Enero	0	0	0	6	7	6	0	19
	Abril	0	0	0	6	13	0	0	19
2010	Enero	0	0	0	3	7	9	0	19
	Abril	0	0	3	6	8	2	0	19
2011	Enero	0	0	0	0	0	19	0	19
	Abril	0	0	3	11	5	0	0	19
2012	Enero	0	0	0	6	8	5	0	19
	Abril	0	0	0	11	8	0	0	19
2013	Enero	0	0	0	6	13	0	0	19
	Abril	0	0	5	11	3	0	0	19
2014	Enero	0	0	2	12	4	1	0	19
	Abril	0	0	0	16	3	0	0	19
2015	Enero	0	0	8	11	0	0	0	19
	Abril	0	0	1	13	5	0	0	19
2016	Enero	0	0	0	10	8	1	0	19
	Abril	0	0	5	14	0	0	0	19
2017	Enero	0	0	0	0	9	10	0	19

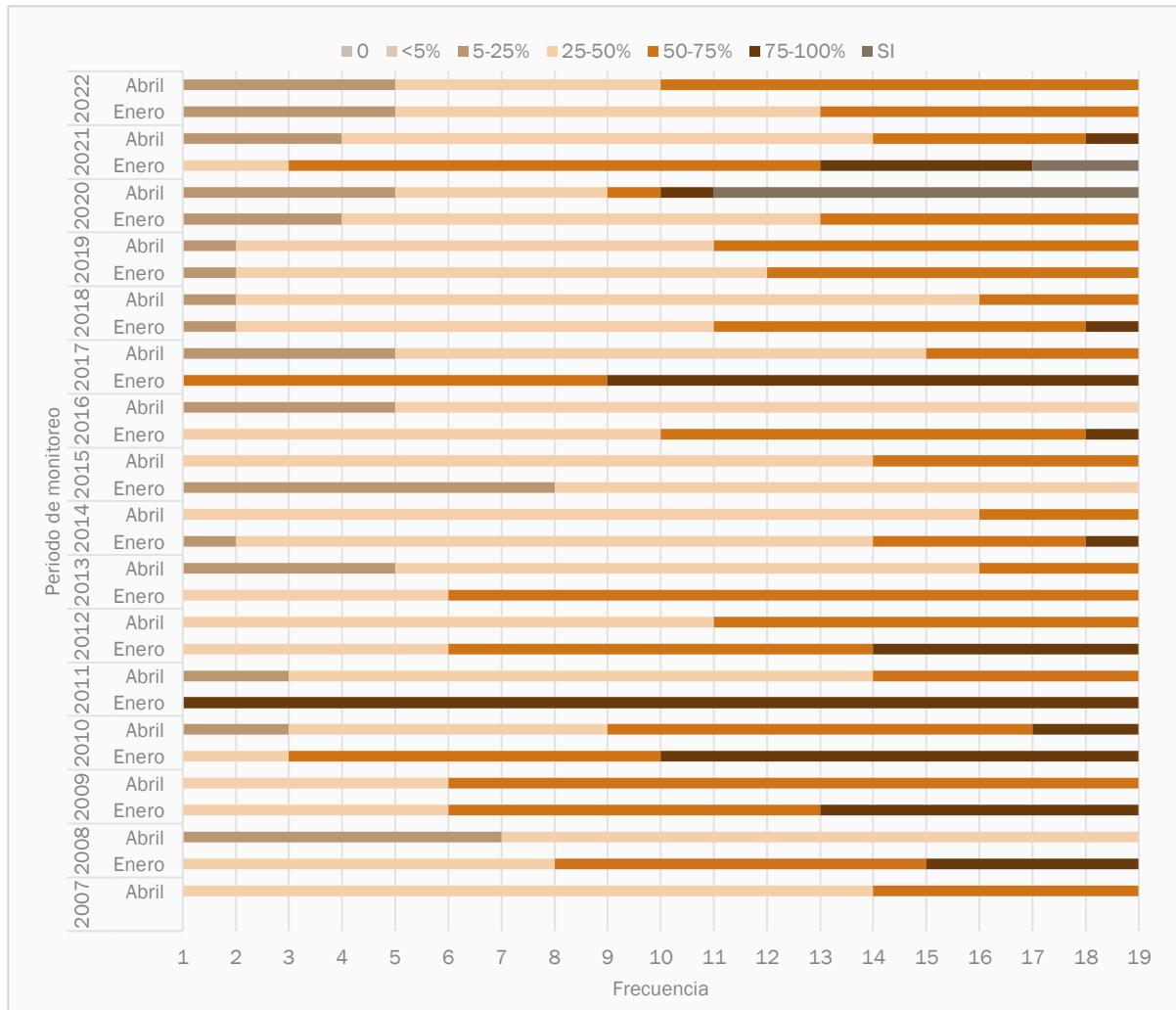
Tabla 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva							Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	S/I	
	Abril	0	0	5	10	4	0	0	19
2018	Enero	0	0	2	9	7	1	0	19
	Abril	0	0	2	14	3	0	0	19
2019	Enero	0	0	2	10	7	0	0	19
	Abril	0	0	2	9	8	0	0	19
2020	Enero	0	0	4	9	6	0	0	19
	Abril	0	0	5	4	1	1	8	19
2021	Enero	0	0	0	3	10	4	2	19
	Abril	0	1	3	10	4	1	0	19
2022	Enero	0	0	5	8	6	0	0	19
	Abril	0	1	4	5	9	0	0	19

S/I: Sin información



Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022



### 6.2.5 Estado fenológico

El estado fenológico registrado en los sectores monitoreados (Tabla 6-9 y Figura 6-8), muestra que en el mes de enero los individuos tienden a encontrarse en estado de floración (frecuencia promedio = 9) o iniciando el periodo de fructificación, mientras que en abril se aprecia una concentración de ejemplares en estado de fructificación (frecuencia promedio = 14,19), lo que coincidiría con el ciclo fenológico anual de las especies.

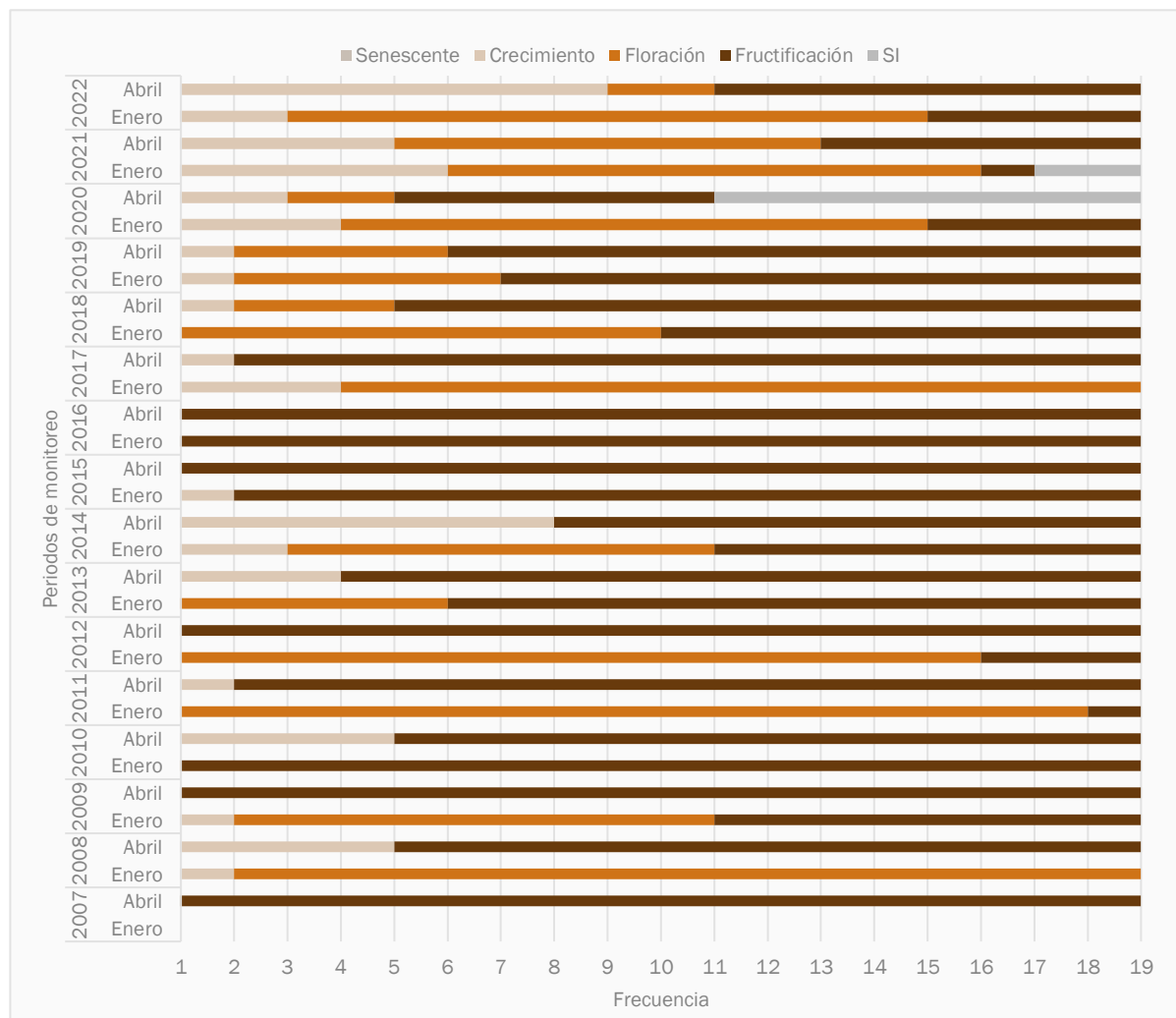
El periodo reportado (2022) muestra que los registros del mes de enero se encuentran dentro de los rangos históricos, incluso la proporción de muestras en proceso de floración es mayor al promedio histórico. Mientras que, los registros de fructificación en el mes abril son cercanos a los presentados a los últimos dos monitoreos (2020 – 2021), alcanzando valores cercanos a los de crecimiento vegetativo.

Tabla 6-9: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Etapa fenológica					Total
		Senescente	Crecimiento	Floración	Fructificación	S/I	
2007	Abril	0	0	0	19	0	19
2008	Enero	0	2	17	0	0	19
	Abril	0	5	0	14	0	19
2009	Enero	0	2	9	8	0	19
	Abril	0	1	0	18	0	19
2010	Enero	0	0	1	18	0	19
	Abril	0	5	0	14	0	19
2011	Enero	0	1	17	1	0	19
	Abril	0	2	0	17	0	19
2012	Enero	0	1	15	3	0	19
	Abril	0	1	0	18	0	19
2013	Enero	0	0	6	13	0	19
	Abril	0	4	0	15	0	19
2014	Enero	0	3	8	8	0	19
	Abril	0	8	0	11	0	19
2015	Enero	0	2	0	17	0	19
	Abril	0	1	0	18	0	19
2016	Enero	0	0	0	19	0	19
	Abril	0	0	0	19	0	19
2017	Enero	0	4	15	0	0	19
	Abril	0	2	0	17	0	19
2018	Enero	0	1	9	9	0	19
	Abril	0	2	3	14	0	19
2019	Enero	0	2	5	12	0	19
	Abril	0	2	4	13	0	19
2020	Enero	0	4	11	4	0	19
	Abril	0	3	2	6	8	19
2021	Enero	0	6	10	1	2	19
	Abril	0	5	8	6	0	19
2022	Enero	0	3	12	4	0	19
	Abril	1	8	2	8	0	19

S/I: Sin información

Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2022.



### 6.3 Monitoreo de la flora vascular

Se analiza y discute la riqueza y frecuencia de especies de flora, así como las mediciones de conductividad eléctrica y pH del suelo. Todos estos parámetros se describieron a partir de siete transectos ubicados en el Borde Este del Salar de Atacama y orientados de este a oeste. Los transectos completan un total de 375 muestras para flora y 75 para suelo.

Adicionalmente, se aplica el protocolo de tendencias de variables ambientales elaborado por ECOS CHILE y que forma parte del Programa de Cumplimiento aprobado por Res. Ex. N° 39/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, para los parámetros riqueza y abundancia de flora, así como para el pH y la salinidad del suelo.

Los análisis del comportamiento histórico de cada una de estas variables son descritos a continuación.

## 6.3.1 Riqueza y frecuencia de flora

### 6.3.1.1 Riqueza

Según Gajardo (1994), la cuenca del Salar de Atacama presenta grandes extensiones carentes de vegetación, a excepción de las comunidades desarrolladas en su borde este y sur. La presencia de vegetación está determinada por la existencia de una napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por las escasas precipitaciones (Luebert y Pliscoff, 2018). En algunas ocasiones, es posible registrar la presencia de plantas efímeras debido a que, durante la temporada de lluvias en el altiplano, el agua fluye por las quebradas y pequeñas hondonadas permitiendo la emergencia de éstas. No obstante, esta situación es puntual, localizada y dependiente del régimen pluviométrico que tenga lugar cada año (Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff, 2018; Trivelli y Huerta, 2014). Estas plantas efímeras son conocidas con el vernáculo colectivo de pasto de lluvia o de temporal (Villagrán y Castro, 2004).

En la Tabla 6-10 se presenta el catálogo florístico del Borde Este del Salar de Atacama, donde es posible observar la riqueza en los años de monitoreo (2006 al 2022). En la tabla se observa que la riqueza se mantiene relativamente estable durante la historia del Plan de Seguimiento, registrándose aumentos en la riqueza de especies, principalmente herbáceas, debido a episodios de lluvia en el altiplano. Esta condición se puede observar en el monitoreo de los años 2012 y 2019, periodo en el que se registró un total de 30 y 35 especies respectivamente. Esta situación estaría directamente relacionada con las intensas precipitaciones estivales, que para el caso del año 2019 representan a la máxima precipitación desde que se realiza el Plan de Seguimiento (212 mm según la estación Camar).

Tal como lo indica la RCA, el monitoreo de la riqueza se realiza sobre los puntos de monitoreo definidos y se complementa con los puntos fuera de la zona de muestreo, determinándose lo siguiente:

- Se identificaron 13 especies dentro de los puntos de muestreo durante la campaña 2022. Este valor está levemente por debajo del promedio de taxa en los puntos de monitoreo (14 taxa) y presenta una disminución de 2 taxas con respecto a la situación sin proyecto (año 2006) (15 taxas).
- Se identificaron dos (2) taxa fuera de los puntos de muestreo lo que corresponden a 6 taxa menos de los registrados fuera de parcela en la línea base del año 2006 (8 taxa). No obstante, la variabilidad de los registros a lo largo de los años es amplia, oscilando entre 1 (2021) a 15 (2019). Por lo que los registros actuales se consideran dentro de la tendencia histórica.
- Si bien la riqueza total en 2022 es menor que la registrada en el caso base, esta se encuentra dentro de lo observado en los años anteriores (entre un máximo de 23 taxa y un mínimo de 13 taxa). Demostrando que la riqueza se ha mantenido relativamente estable en el tiempo.

Se estima que la variabilidad observada tanto dentro como fuera de los puntos de muestreo, se puede deber a las siguientes causas:

- La variabilidad de especies efímeras es una condición dependiente de las precipitaciones, lo que permitiría la aparición de praderas como son las que pertenecen a los géneros *Cistanthe* o *Exodeconus*.

- Intervenciones antrópicas (extracción de biomasa) o animal, lo que podría causar la eliminación de ejemplares perennes.

Tabla 6-10. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2022.

Nº	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
2	<i>Agrostis sp.</i>	Poaceae	Hierba anual	Indeterminado	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	<i>Aloysia deserticola</i>	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X	X	X	X	X	X	X
4	<i>Ambrosia artemisioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
5	<i>Aristida adscensionis</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
6	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
7	<i>Atriplex glaucescens</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	<i>Atriplex imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)	X(*)	X	X	-	X	X
9	<i>Atriplex madariagae</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	<i>Baccharis juncea</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X	X	X	X	X	X	X
11	<i>Cistanthe amarantoides</i>	Montiaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
12	<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Endémico	X(*)	X(*)	-	-	-	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	X	X	X	-
13	<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
14	<i>Cortaderia jubata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	<i>Cristaria dissecta. var. Dissecta</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
16	<i>Cryptantha difusa</i>	Boraginaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
17	<i>Descurainia stricta</i>	Brassicaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)	X	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)
20	<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	X	X(*)	X	-	-	-
21	<i>Eragrostis nigricans Var. punensis Nicora</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
22	<i>Euphorbia amandi</i>	Euphorbiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
23	<i>Festuca rigescens</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	<i>Hoffmannseggia doellii ssp. Doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	X(*)	X(*)	-	-	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-
25	<i>Juncus balticus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
26	<i>Juncus balticus ssp. Mexicanus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	x
27	<i>Lupinus oreophilus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
28	<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	<i>Lupinus subinflatus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	<i>Lycium humile</i>	Solanaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
31	<i>Maihuenuiopsis aff. atacamensis</i>	Cactaceae	Suculento	Endémico	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6-10. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2022.

Nº	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
33	<i>Munroa decumbens</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
34	<i>Neuontobotrys tarapacana</i>	Brassicaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
35	<i>Nitrophila atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Hierba anual	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	<i>Prosopis chilensis</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
37	<i>Puccinellia frígida</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
38	<i>Sarcocornia andina</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X
39	<i>Schoenoplectus americanus</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
41	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Hierba perenne	Endémico	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X	X(*)	X(*)	X(*)	X	X	X(*)	X	X	X(*)	X(*)
43	<i>Tribulus terrestres</i>	Zigophyllaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
44	<i>Trichocline caulescens</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-
45	<i>Triglochin concinna</i>	Juncaginaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X(*)	X
46	<i>Urocarpidium peruvianum</i>	Malvaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
47	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riqueza dentro de los puntos de muestreo					15	15	14	14	14	14	16	15	14	10	13	16	13	20	12	13	13
Riqueza fuera de los puntos de muestreo					8	8	7	8	8	9	14	4	2	5	3	3	4	15	1	3	2
Riqueza total					23	23	21	22	22	23	30	19	16	15	16	19	17	35	13	16	15

(\*) Registro fuera de parcela

### 6.3.1.2 Frecuencia

A continuación, se analiza la frecuencia de especies de flora por transecto, considerando todas las temporadas de monitoreo (2006 – 2022).

#### Transecto 1:

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base) fue de ocho (8) taxa (Ver Figura 6-9). En el monitoreo de 2022 se registraron siete (7) taxa. *Lycium humile* es la especie ausente respecto del monitoreo inicial (2006), este arbusto perenne ha sido registrado solo en los años 2006 y 2013 sin nuevos registros a la fecha.
- El mínimo histórico en este transecto se registró en 2016 con cinco (5) taxa.
- En 2019, se registró la presencia de *Ambrosia artemisioides*, *Cistanthe celosioides*, *Exodeconus integrifolius* y *Tiquilia atacamensis*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en 2019) y cuyo ciclo de vida es anual o bianual.
- De forma aislada, en el año 2019 se registró *Triglochin concinna*. Esta hierba perenne se ha identificado en dos ocasiones anteriormente, específicamente en los monitoreos del 2011 y 2013, con un individuo en este transecto.
- La especie con mayor frecuencia en el tiempo es *Distichlis spicata*, observada mayoritariamente en 10 de los 19 puntos de muestreo.

#### Transecto 2:

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base), alcanzó los nueve (9) taxa. Mientras que en el presente monitoreo se registraron ocho (8). *Ephedra multiflora* es la especie faltante respecto al monitoreo inicial, este arbusto nativo fue registrado desde 2006 a 2014, y se ha mantenido ausente desde ese entonces.
- El mínimo histórico en este transecto se registró el año 2015 con cinco (5) taxa. Las especies no registradas dentro de las parcelas ese año fueron *Lycium humile* y *Distichlis spicata*. Sin embargo, en los años posteriores estas especies volvieron a registrarse.
- Las especies que históricamente se han registrado en este transecto y se han mantenido relativamente constantes durante el presente monitoreo son: *Atriplex atacamensis*, *Baccharis juncea*, *Distichlis spicata*, *Juncus balticus*, *Lycium humile*, *Schoenoplectus americanus* y *Tessaria absinthioides*.
- *Festuca rigescens*, aparece constante a partir del año 2012.
- En 2019, se registra la presencia de *Cistanthe celosioides*, *Cristaria dissecta* Var. *Dissecta* y *Urocarpidium peruvianum*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en 2019) y cuyo ciclo de vida es anual o bianual, desapareciendo en los años posteriores.
- Para el monitoreo actual la especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en seis (6) de 14 puntos de muestro.



## Transecto 3:

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base) fue de nueve (9) taxa representando la máxima riqueza a la fecha y para el presente monitoreo fue de seis (6) taxa, valor que se sitúa dentro de los registros históricos. Las especies ausentes respecto al primero monitoreo son *Aloysia deserticola*, *Festuca rigescens* y *Lycium humile*.
- El año 2020 se observó la riqueza mínima en este transecto con dos (2) taxa.
- *Aloysia deserticola* se reportó en 2015 y 2019, mientras que *Lycium humile* fue identificada solo en el año 2006 y 2019, ambas especies surgieron en 2019 tras las fuertes lluvias del mes de febrero, en los años posteriores no se volvieron a registrar.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides* con presencia en siete (7) de los 10 puntos de muestro. Además de esta especie, se registró *Distichlis spicata* con presencia en cuatro (4) puntos de muestreo.
- En 2022, se mantiene la máxima frecuencia para *Tessaria absinthioides*.
- Es importante destacar la presencia histórica de *Nitrophila atacamensis* durante todos los años de monitoreo casi de forma constante en los puntos prospectados, variando su presencia en uno a tres puntos de levantamiento.

## Transecto 4:

- La riqueza florística registrada en 2022 es la misma que la registrada en Línea base (2006), alcanzando un total de cuatro (4) especies. Las especies registradas en el periodo 2022: (*Ambrosia artimioides*, *Atriplex atacamensis*, *Distichlis spicata* y *Tessaria absinthioides*).
- En 2019 se registró la presencia de *Tiquilia atacamensis*, *Exodeconus integrifolius* y *Cistanthe celo-sioides*. Estas especies se establece posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en el periodo estival) y cuyo ciclo de vida es anual o bianual. Es probable que, dadas las bajas precipitaciones estivales, no se registraron en las campañas posteriores al evento (2020, 2021 y 2022).
- En 2022, se mantiene la máxima frecuencia para *Tessaria absinthioides*.

## Transecto 5:

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base), fue de siete (7) taxa; mientras que, en el actual monitoreo se registró una riqueza de cuatro (4) taxa. Las especies ausentes en el actual monitoreo respecto al monitoreo inicial son *Aloysia deserticola*, *Juncus balticus* y *Nitrophila atacamensis*.
- La mayor riqueza en este transecto se registró en el año 2019 con 9 taxa, mientras que el valor mínimo se registró el año 2021 con 3 taxa.
- *Juncus balticus* y *Nitrophila atacamensis* no se registran en el transecto desde el año 2016.

- Con excepción de *Aloysia deserticola*, las especies que históricamente han formado parte de la riqueza florística de este transecto se han mantenido constantes en el tiempo (*Atriplex atacamensis*, *Distichlis spicata*, *Lycium humile* y *Tessaria absinthioides*).
- En el 2019 se registró la presencia de *Cistanthe celosioides*, *Tiquilia atacamensis* y *Tribulus terrestris*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en el periodo estival) y cuyo ciclo de vida es anual o bianual, estas especies no se registraron en este transecto en las campañas posteriores. Y tampoco se han vuelto a registrar hasta la fecha.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en siete (7) de los 14 puntos de muestreo.

#### Transecto 6:

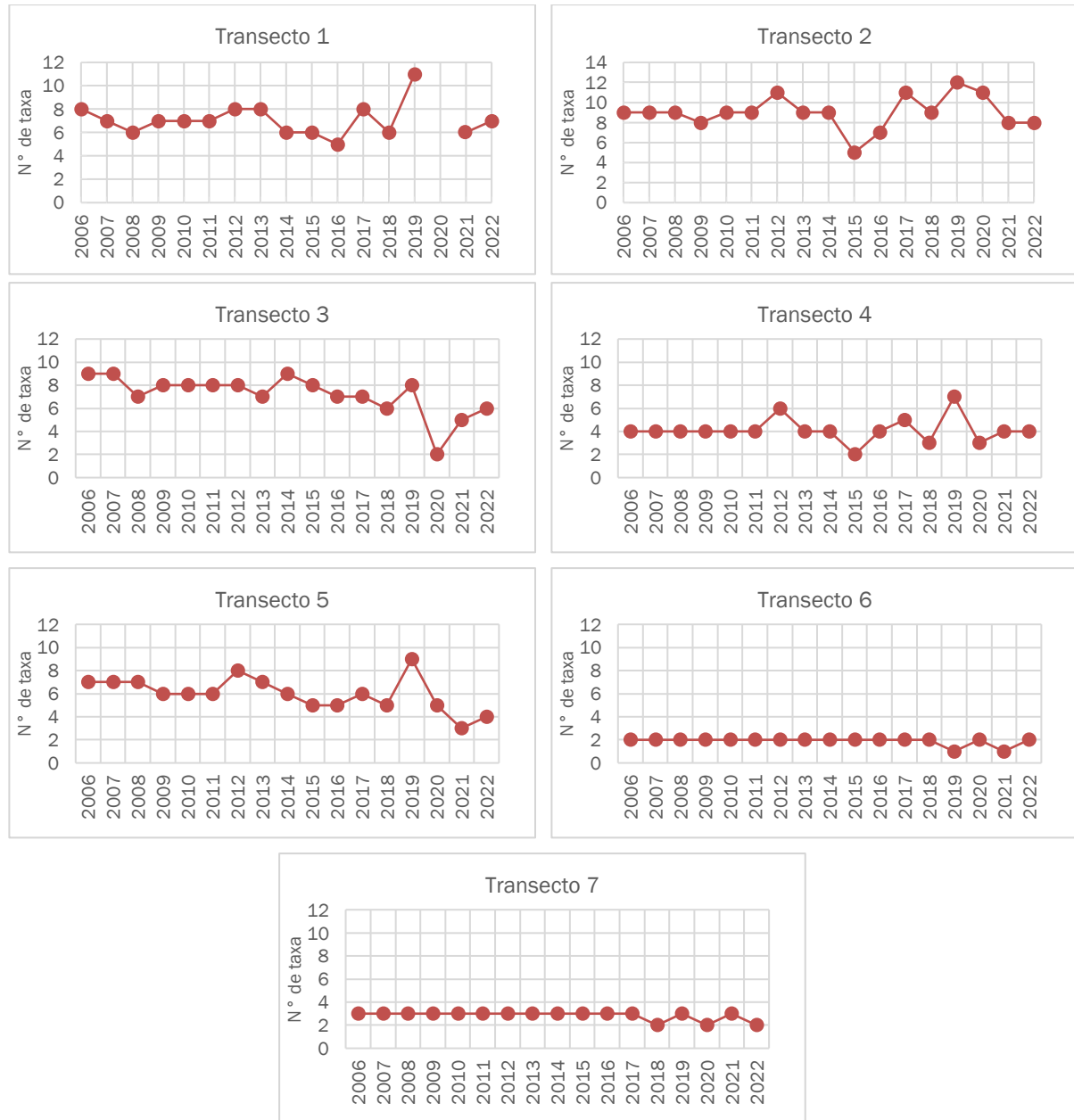
- La riqueza florística registrada en el año 2006 (línea base) fue de dos (2) taxa (*Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*), valor que se ha mantenido relativamente constante a través del tiempo. En el actual monitoreo (16 años después) se ha mantenido y conservado en la misma cantidad de taxas y frecuencias.
- En los años 2018 y 2021 *Distichlis spicata* no fue registrado en las parcelas.
- En el monitoreo 2018 se registró un ejemplare de *Nitrophila atacamensis*, posterior a eso no se volvió a registrar la especie.

#### Transecto 7:

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base) fue de tres (3) taxa. En el actual monitoreo la riqueza llega a dos (2) taxa. La especie ausente en el actual monitoreo es *Nitrophila atacamensis*, su ausencia puede deberse a la naturaleza anual de la especie, al verificar que su presencia no ha sido constante en el tiempo.
- Históricamente en este transecto la riqueza florística fluctúa entre 3 y 2 taxa, por lo que el monitoreo actual se comporta de acuerdo a los años anteriores.
- *Distichlis spicata* y *Tessaria absinthioides* nunca han dejado de registrarse en el transecto.

En la Figura 6-9 se refleja la dinámica temporal de la riqueza florística en cada transecto de monitoreo, entre los periodos 2006 y 2022.

Figura 6-9. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Campañas 2006 - 2022



(\*) En la campaña 2020 no se ejecutó el Transecto 1 debido a restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos y el transecto tres se monitoreo parcialmente por las mismas razones.

En las Tabla 6-11, Tabla 6-12, Tabla 6-13, Tabla 6-14, Tabla 6-15, Tabla 6-16 y Tabla 6-17 se presenta la frecuencia de registros de taxa por cada transecto de monitoreo, es decir, el número de puntos de muestreo donde se registró la taxa.

Tabla 6-11. Frecuencia de especies en el transecto N° 1 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T1 (19 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	1	2	-	2	2
<i>Atriplex imbricata</i>	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1	-	2	1
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	-	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-	6	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	11	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	-	10	10
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	-	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Juncus balticus</i>	3	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	-	3	1
<i>Lycium humile</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Nitrophila atacamensis</i>	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	0	4	4	4	-	0	4
<i>Puccinellia frígida</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	6	6	6	5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-	5	6
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	3	-	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	-	0	1
Especies por transecto	8	7	6	7	7	7	8	8	6	6	5	8	6	11	0	6	7

0

Tabla 6-12. Frecuencia de especies en el transecto N°2 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T2 (14 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	4	4	4	4	2	2	3	5	5	2	2	1	2	3	2	2	2
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	3	2	2	0	1	1	2	3	3	0	0	2	1	1	1	1	2
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
<i>Juncus balticus</i>	2	2	1	0	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2
<i>Lycium humile</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2
<i>Nitrophila atacamensis</i>	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Puccinellia frígida</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tessaria absinthioides</i>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	7	6
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies por transecto	9	9	9	8	9	9	11	9	9	5	7	11	9	12	11	8	8

Tabla 6-13. Frecuencia de especies en el transecto N°3 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T3 (10 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	5	5	4	4	4	4	4	5	5	3	2	3	4	5	2	4	3
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	1	1	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0
<i>Juncus balticus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3	0	3	1
<i>Lycium humile</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Nitrophila atacamensis</i>	2	2	2	2	2	2	2	0	3	3	1	1	1	0	0	2	1
<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	0	1	1
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	7	7	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6	5	4	7	6
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	1	1	2	2	2	2	2	1	3	3	1	1	2	0	0	0	2
Especies por transecto	9	9	7	8	8	8	8	7	9	8	7	7	6	8	2	5	6

Tabla 6-14. Frecuencia de especies en el transecto N°4 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T4 (9 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	1	1	1
<i>Atriplex atacamensis</i>	2	1	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	0	1	0	2	2
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	2	2	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	2	1	1	1	1
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juncus balticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycium humile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitrophila atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	6	5	6	4	3	4
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies por transecto	4	4	4	4	4	4	6	4	4	2	4	5	3	7	3	4	4

Tabla 6-15. Frecuencia de especies en el transecto N°5 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T5 (14 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	1	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	3	3	3	4	3	2	3	3	4	4	3	3	2	5	1	0	1
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	5	3	4	2	4	3	3	5	5	2	0	3	3	4	3	4	3
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juncus balticus</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycium humile</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Nitrophila atacamensis</i>	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	8	8	8	9	9	9	9	8	9	4	7	6	8	8	7	6	7
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies por transecto	7	7	7	6	6	6	8	7	6	5	5	6	5	9	5	3	4



Tabla 6-16. Frecuencia de especies en el transecto N°6 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T6 (3 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	0	1
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juncus balticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycium humile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitrophila atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	0	2	1	1
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies por transecto	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2

Tabla 6-17. Frecuencia de especies en el transecto N°7 de flora en el Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006 – 2022

Especies	T7 (6 parcelas)																
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	1	2	1	2	2
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juncus balticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycium humile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitrophila atacamensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies por transecto	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2

### 6.3.1.3 Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales

Este análisis responde al protocolo de análisis de tendencias ambientales diseñado por ECOS Consultores, que forma parte del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N° 38/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, detallado en el Anexo 4.2 del presente informe.

#### a. Comparación del monitoreo actual con la serie histórica

Para evaluar si las observaciones de la campaña actual (2022) se comportan según lo observado históricamente, se llevarán a cabo los siguientes análisis:

##### a1. Análisis de rangos

Dado que la riqueza y abundancia se evalúan por transecto de flora (7 transectos), la metodología propuesta en el Protocolo de Tendencias de Variables Ambientales (Anexo 4.2), para evaluar la riqueza y frecuencia de flora, no es aplicable a una muestra de siete datos.

##### a2. Análisis de distribución

Considerando en conjunto, todos los puntos de monitoreo, se evalúa si el set de datos del monitoreo actual (2022) posee la misma distribución de aquella observada durante los años anteriores (2006 - 2021).

Tanto para la riqueza como para la abundancia de flora se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, la cual verifica si las distribuciones de dos muestras son iguales o no, bajo un nivel de confianza del 95%. Este análisis plantea como hipótesis nula (H0) que la distribución de las dos muestras es la misma. Mientras que, la hipótesis alternativa (H1) asume si las distribuciones de las dos muestras son diferentes. Los resultados de esta prueba para la riqueza y frecuencia de flora se muestran en la Tabla 6-18.

Tabla 6-18. Prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre dos muestras para las variables Riqueza y Frecuencia de flora

Riqueza			Frecuencia		
Año	D	p-value	Año	D	p-value
2006 - 2022	0,429	0,528	2006 - 2022	0,286	0,916
2007 - 2022	0,429	0,575	2007 - 2022	0,286	0,874
2008 - 2022	0,429	0,528	2008 - 2022	0,143	1,000
2009 - 2022	0,429	0,528	2009 - 2022	0,143	1,000
2010 - 2022	0,429	0,528	2010 - 2022	0,143	1,000
2011 - 2022	0,429	0,465	2011 - 2022	0,143	1,000
2012 - 2022	0,429	0,528	2012 - 2022	0,429	0,406
2013 - 2022	0,429	0,575	2013 - 2022	0,286	0,811
2014 - 2022	0,429	0,575	2014 - 2022	0,286	0,874
2015 - 2022	0,286	0,944	2015 - 2022	0,143	1,000
2016 - 2022	0,286	0,944	2016 - 2022	0,143	1,000
2017 - 2022	0,429	0,575	2017 - 2022	0,286	0,811
2018 - 2022	0,429	0,528	2018 - 2022	0,143	1,000
2019 - 2022	0,571	0,212	2019 - 2022	0,429	0,528

Tabla 6-18. Prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre dos muestras para las variables Riqueza y Frecuencia de flora

Riqueza			Frecuencia		
Año	D	p-value	Año	D	p-value
2020 - 2022	0,286	0,944	2020 - 2022	0,286	0,907
2021 - 2022	0,286	0,963	2021 - 2022	0,143	1,000

Puesto que el valor-p calculado para todas las muestras, tanto para la riqueza como para la abundancia de flora, es mayor que el nivel de significación  $\alpha=0,05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , por lo tanto, se puede considerar que las distribuciones de las muestras son las mismas. Consecuentemente, no se requiere un estudio adicional según lo establecido en el Protocolo de Tendencias.

#### b. Evaluación de tendencias

Respecto a las variables Riqueza y Abundancia de flora, es posible observar en la Tabla 6-19, que para la riqueza de flora solo los transectos N° 3, N° 5 y N° 7 muestran una tendencia significativa en el tiempo, según la prueba de significancia de la pendiente. Mientras que, para la abundancia, no hay tendencias significativas en el tiempo.

Tabla 6-19. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2022 para Riqueza y Abundancia de flora

Transectos de flora	Riqueza				Transectos de flora	Abundancia			
	R <sup>2</sup>	m	valor p	Resultado		R <sup>2</sup>	m	valor p	Resultado
TRF-1	0%	0,01	0,93	No significativo	TRF-1	4,9%	-0,13	0,41	No significativo
TRF-2	1%	0,03	0,75	No significativo	TRF-2	3,4%	-0,11	0,48	No significativo
TRF-3	45%	-0,23	0,00	Significativo	TRF-3	19,8%	-0,37	0,07	No significativo
TRF-4	0%	0,00	0,93	No significativo	TRF-4	0,5%	0,04	0,79	No significativo
TRF-5	27%	-0,15	0,03	Significativo	TRF-5	21,1%	-0,37	0,06	No significativo
TRF-6	20%	-0,03	0,07	No significativo	TRF-6	0,2%	0,00	0,87	No significativo
TRF-7	32%	-0,04	0,02	Significativo	TRF-7	8,3%	-0,07	0,26	No significativo

Dada la existencia de tendencias estadísticamente significantes en la riqueza florísticas del transecto TF3, TF5 y TF7, es que se deben complementar estos resultados con un análisis de convergencia de datos, para estimar si esta tendencia continúa al momento del monitoreo actual.

#### b1-Evaluación de convergencia de datos

Dado que el análisis de significancia de la pendiente para cada uno de los siete transectos de flora concluyó que más del 10% de ellos poseen tendencia (tres transectos, equivalentes al 42,9% del total), es que se evalúa si esta tendencia continúa al momento del monitoreo, mediante un análisis de convergencia de datos.

Este análisis se realiza sobre los datos de los transectos que presentaron tendencia, y consiste en suavizar los datos anuales de la riqueza del transecto N° 3, N° 5 y N° 7 desde 2006 a 2022, mediante un promedio móvil común, para luego obtener una curva de tendencia ajustada. Con esto, se calculan los residuos, es decir, la diferencia entre los datos observados y la curva de tendencia ajustada. Con los residuos calculados,

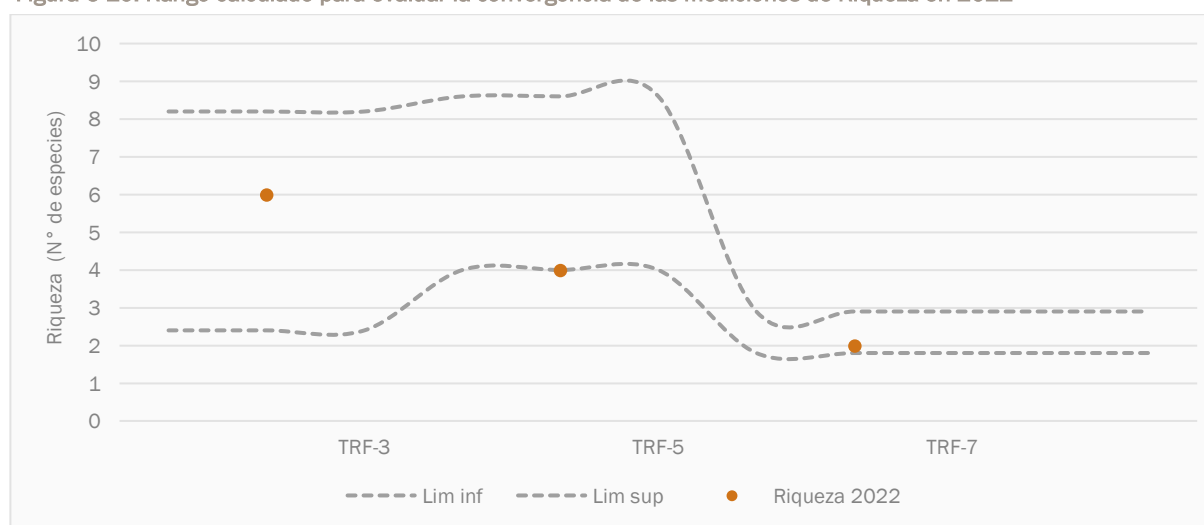
se evalúa la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, que indica si la varianza de los residuos se mantiene constante en el tiempo (Tabla 6-20), para ello se utilizó la prueba de White (1980). Esto último tiene por objetivo aplicar correctamente el rango [Riqueza (2022) ajustado  $\pm 1,64$  veces la desviación estándar], aplicable solo si los datos son homogéneos. Finalmente, se evalúa si los datos reales del año 2022 se encuentran dentro del rango calculado Figura 6-10.

Tabla 6-20. Resultado de la prueba de White para los transectos con tendencia estadística

Transecto	Prueba		Valor p	Resultado	
3	White	LM (Valor observado)	1,765	0,184	Los residuos son homocedásticos
		LM (Valor crítico)	3,841		
5	White	LM (Valor observado)	3,457	0,178	Los residuos son homocedásticos
		LM (Valor crítico)	5,991		
7	White	LM (Valor observado)	5,458	0,065	Los residuos son homocedásticos
		LM (Valor crítico)	5,991		

De acuerdo con el análisis de convergencia de datos, los transectos N°3, N°5 y N°7 no presentan tendencia al momento del monitoreo al compararlo con la serie histórica, por lo que no se debe realizar un estudio adicional de causalidad de tendencia.

Figura 6-10. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Riqueza en 2022



En resumen, la aplicación del Protocolo de análisis de Tendencias de variables ambientales indicó que al comparar el monitoreo 2022 con la serie histórica, la Riqueza se comportó según lo observado históricamente en cuatro de los siete transectos evaluados. Y mediante la evaluación de convergencias, se confirmó que la tendencia del transecto N°3, N°5 y N°7 no continuó en el monitoreo actual.

### 6.3.2 pH del sustrato

Se obtuvo valores de pH según los laboratorios de 1) Algoritmos y mediciones ambientales SPA (ETFA) y 2) Agroanálisis UC.

Las muestras se analizan en dos laboratorios dado que a partir del 1° de octubre de 2016 la Superintendencia del Medio Ambiente exige que las actividades de muestreo, medición y análisis sujetas a instrumentos de gestión ambiental sean realizadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) autorizada.

Los análisis del laboratorio Agroanálisis UC se han utilizado desde el año 2012 hasta la fecha<sup>12</sup>, y se realizan para dar continuidad histórica al monitoreo ya que las metodologías empleadas por las dos entidades de análisis son distintas.

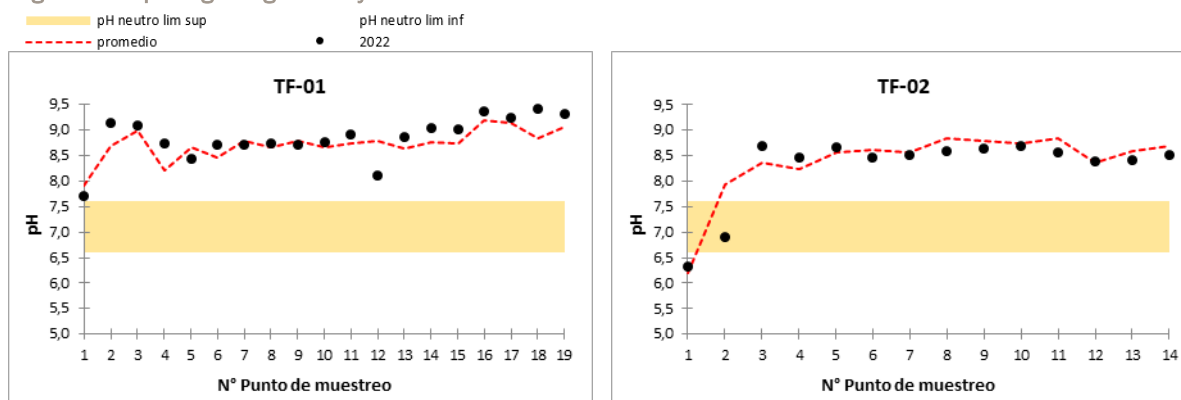
Con el objeto de verificar las consistencias y/o diferencias entre análisis, se comparan a continuación las mediciones de cada laboratorio.

### 6.3.2.1 pH del sustrato según la ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA

A continuación, se presentan los resultados de pH analizados por Algoritmos y mediciones ambientales SPA. Cabe destacar que el periodo de análisis con metodologías ETFA comenzó en 2018, por lo que se dispone solo de cinco (5) años de monitoreo (2018 – 2022). En la Figura 6-11 se ilustra el valor del pH para el año 2022, así como el valor promedio de los registros 2018 – 2021.

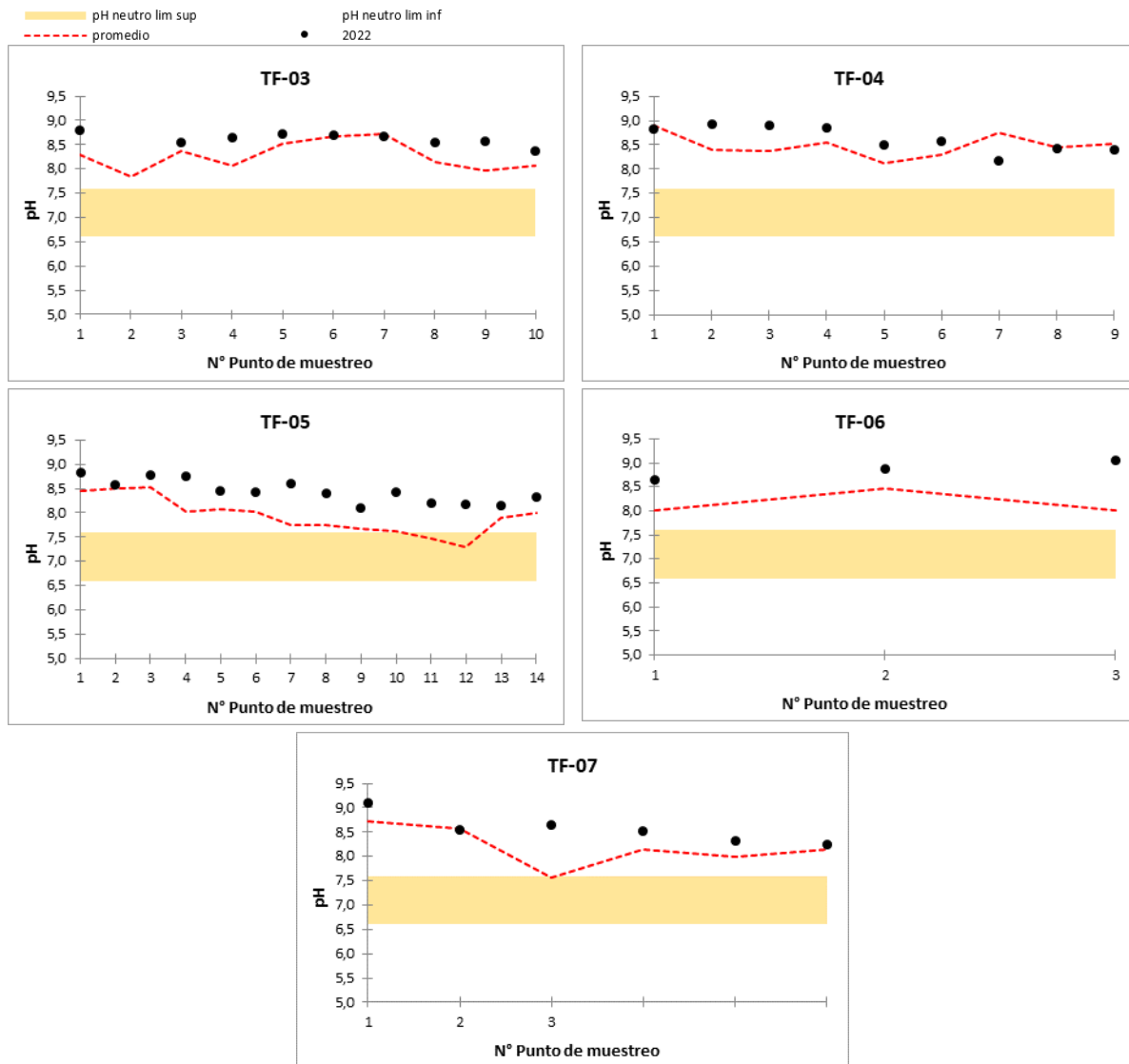
Las muestras del año 2022 en la mayoría de los transectos de flora poseen un pH alcalino, solo en casos puntuales llegan a ser neutros y solo en un punto se registró un pH ácido.

Figura 6-11. pH según Algoritmos y mediciones ambientales SPA 2022.



<sup>12</sup> Los datos utilizados entre el 2006 y el 2011 corresponden a datos estandarizados, los que están disponibles en el Informe: Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH, realizado por M. Adriana Carrasco Rimassa, Químico MSc. Especialista en Química de Suelos. 2017 y en el Anexo 4.2.

Figura 6-11. pH según Algoritmos y mediciones ambientales SPA 2022.



6.3.2.2 pH del sustrato según Agroanálisis UC (Complementario)

Respecto del monitoreo de pH del sustrato en los transectos de flora, en la Figura 6-12 se representan gráficamente los resultados 2022 junto a los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2006 - 2021). Las muestras están organizadas desde el borde este del salar hacia el núcleo (Este - Oeste).

La caracterización fisicoquímica de las muestras analizadas se encuentra dentro de una condición normal para el suelo en las parcelas de flora, dado que el 93,3% de las muestras están dentro de los rangos calculados (máximo y mínimo histórico) y solo un 6,7% (equivalente a cinco muestras) poseen valores levemente fuera de estos (Figura 6-12). Las muestras fuera de rango se ubican en las parcelas TF4 (TF4-8), TF-5 (TF5-1 y TF5-13) y TF-7 (TF7-3 y TF7-6).

En el Borde Este del Salar de Atacama abundan los suelos formados a partir de depósitos evaporativos, que representan condiciones extremas en términos de características y propiedades del suelo (Casanova *et al.*, 2013). En los análisis realizados a muestras de suelo en otros salares han detectado valores de pH alcalinos, con valores que han variado entre 8,5 a 8,9 aumentando con la profundidad hasta valores de 9,8 (Luzio *et al.*, 2010).

El comportamiento estable del pH en el tiempo no parece tener una directa relación con los resultados de la riqueza y frecuencia de la flora vascular. Ya que la flora se ve afectada principalmente por la disponibilidad hídrica en la zona, mientras que los cambios en el pH del suelo se consideran parte de la variabilidad natural del suelo de un salar, asociado a factores como la composición de los cationes intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio iónico, la composición y la concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos alcalinotérreos (carbonatos de calcio y magnesio) (Luzio y Casanova, 2006). De todos modos, en el capítulo 4.6.2.3 (Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales), se analizan en profundidad los datos.

Figura 6-12. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores

●: valor registrado en abril de 2022; ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del: valor promedio (en blanco)

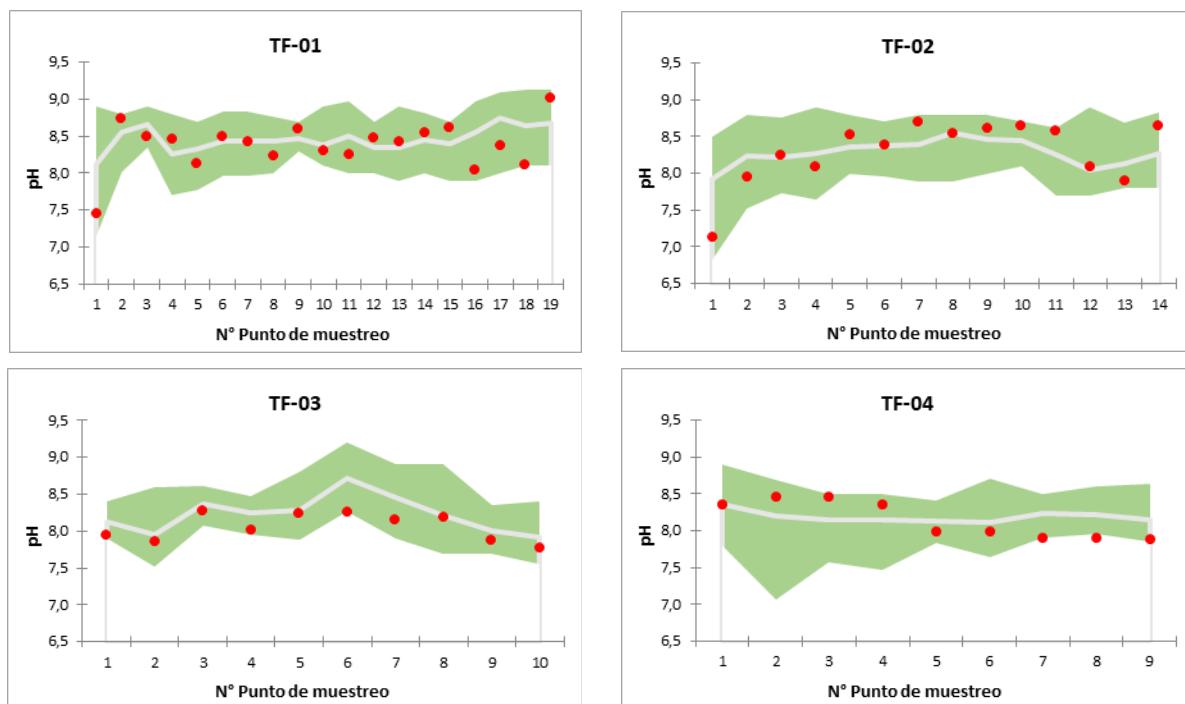
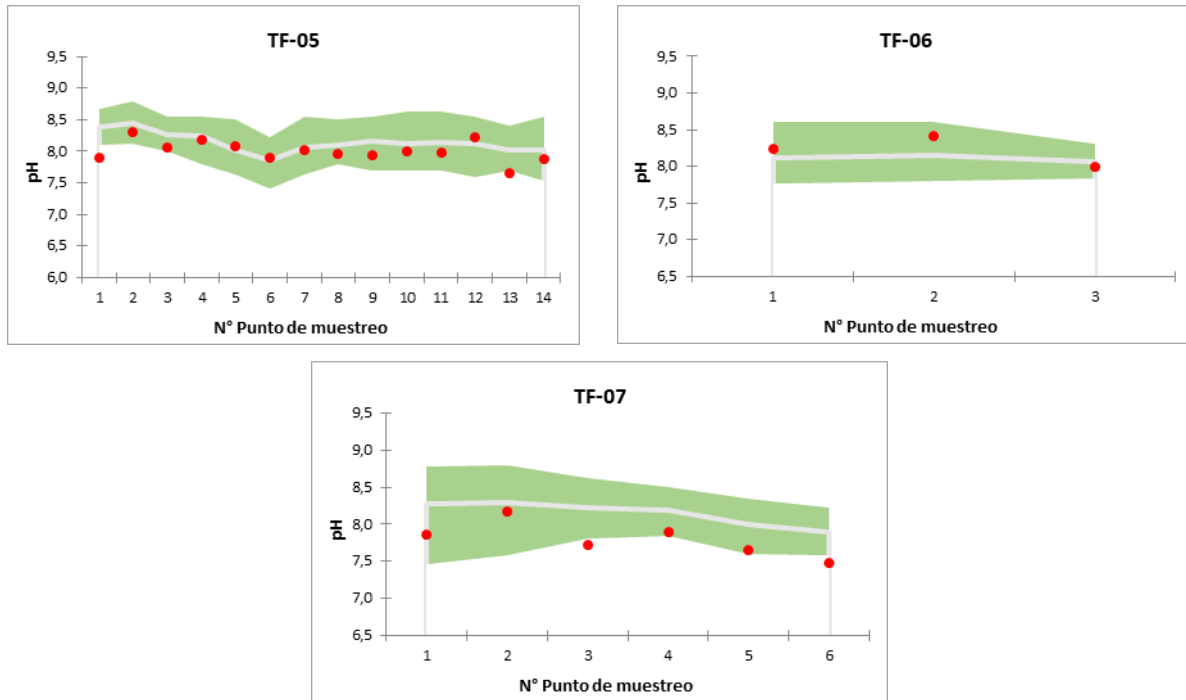




Figura 6-12. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores

●: valor registrado en abril de 2022; ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del: valor promedio (en blanco)



6.3.2.3 Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales

Este análisis responde al protocolo de análisis de tendencias ambientales diseñado por ECOS Consultores, para subsanar las faltas imputables al cargo N° 5 (Res. Ex. N° 1/ ROL F- 041-2016), detallado en el Anexo 4.2 del presente informe.

c. Comparación del monitoreo actual con la serie histórica

Para evaluar si las observaciones de la campaña actual (2022) se comportan según lo observado históricamente, se avalúan los datos de pH entregados por el laboratorio Agroanálisis UC, ya que el set de datos posee un tiempo mayor de monitoreo. Con ellos se llevarán a cabo los siguientes análisis:

a1- Análisis de rangos

Este análisis es realizado para evaluar si los datos del pH durante el año 2022 representan un cambio respecto a las observaciones previas, esto mediante una desagregación del monitoreo actual y comportamiento pasado.

Este análisis contempla el cálculo de un umbral para la variable pH para cada punto de monitoreo (UpH-TF), el cual se calculó según la siguiente formula:

$$\bar{X} \mp 1,64485 * \sigma$$

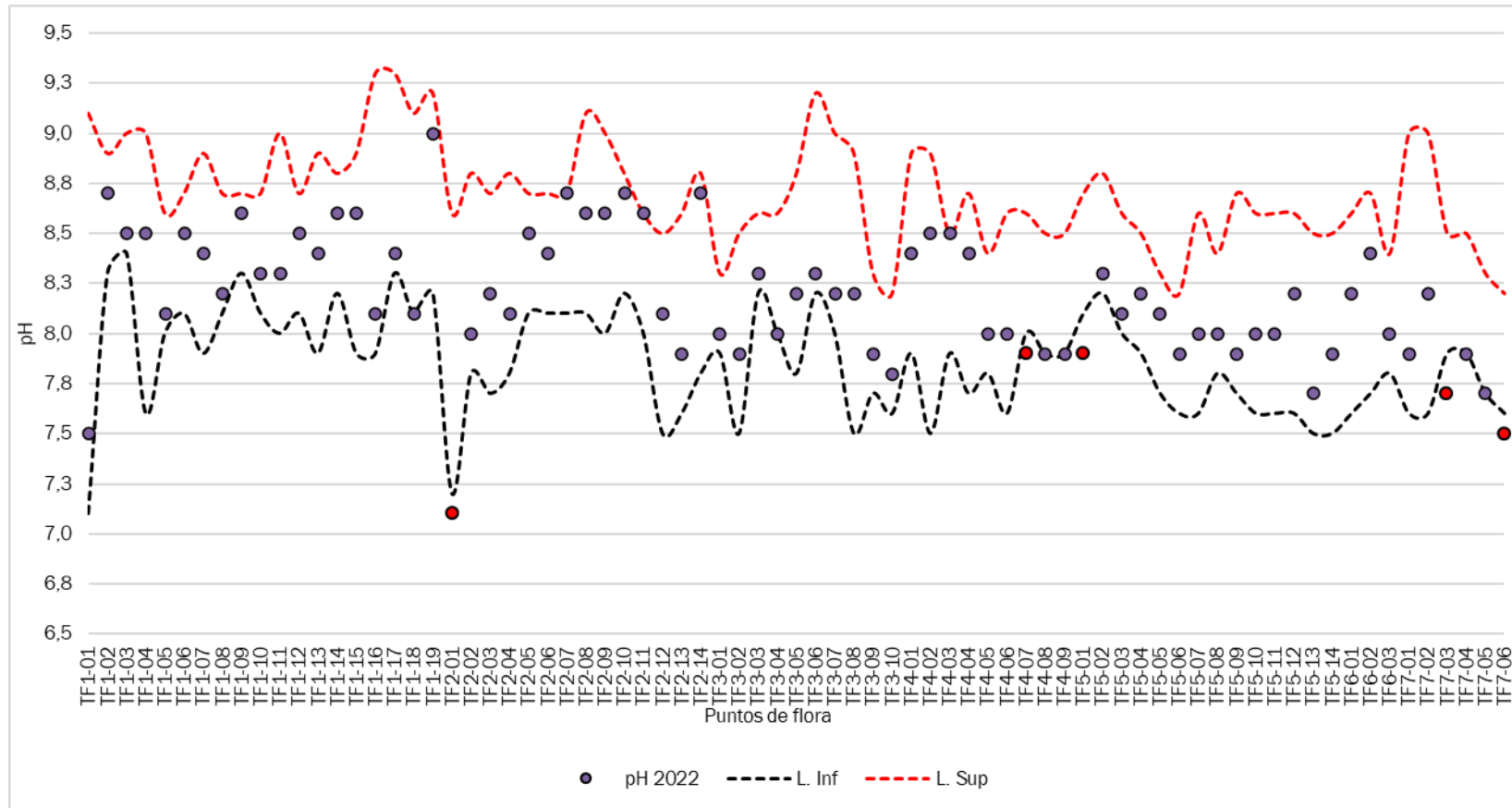
Donde:

$\bar{X}$  = Promedio del periodo 2006 - 2021

$\sigma$  = Desviación estándar periodo 2006 - 2021

Luego se compara el valor del pH para el 2022, estimando si se ubica dentro o fuera de los límites establecidos. La Figura 6-13, muestra gráficamente los límites construidos para el pH y el valor 2022.

Figura 6-13. Rangos históricos de pH versus valor reportado en 2022



En 70 muestras de las 75 monitoreadas, correspondiente 93,3% del total, se observa que los valores se encuentran dentro de los límites, comportándose dentro de los rangos históricos. Mientras que, sólo cinco (5) muestras (6,7% del total) se encuentran levemente fuera de los rangos establecidos.

Tabla 6-21. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo

Punto de muestreo	UCE-TF		Valor 2022
	L. Inferior	L. Superior	
TF2-01	7,2	8,6	7,1
TF4-07	8,0	8,6	7,9
TF5-01	8,1	8,7	7,9
TF7-03	7,9	8,5	7,7
TF7-06	7,6	8,2	7,5

El protocolo establece que, existirá diferencia con la serie histórica si la cantidad de muestras fuera de rango es superior a 12 elementos. Dado que, sólo cinco (5) elementos se ubican fuera de los rangos, es posible concluir que las mediciones de pH realizadas en el periodo 2022 no difieren a las observaciones históricas.

## a2. Análisis de distribución

Este análisis es realizado para evaluar si los datos de pH durante las campañas 2006 – 2021 representan un cambio previo al comportamiento del año 2022, evaluando si el set de datos del monitoreo actual posee la misma distribución de aquella observada durante los años anteriores (comparación del año 2022 con cada año anterior de manera separada). Para esto, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual detecta si hay diferencias significativas entre las distribuciones de dos muestras, bajo un nivel de confianza del 95%, de acuerdo con las siguientes hipótesis:

H0= La distribución de las dos muestras es la misma,

H1= Las distribuciones de las dos muestras son diferentes.

Esta prueba calcula un valor p bilateral, el que al ser mayor al nivel de confianza establecido (0,05), determina que no se puede rechazar la hipótesis nula H0 de igualdad de distribuciones. Mientras que, al ser menor a 0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0 y aceptar la hipótesis alternativa H1, por lo que las distribuciones de los años comparados son diferentes.

Los resultados de esta prueba, comparado el monitoreo actual con cada uno de los años anteriores se muestra a continuación:

Tabla 6-22. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2022 con cada año anterior

Comparación	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	valor-p (bilateral)	Interpretación de la prueba:
2006 – 2022	7,100	8,800	8,320	0,293	0,004	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		

Tabla 6-22. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2022 con cada año anterior

Comparación	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	valor-p (bilateral)	Interpretación de la prueba:
2007 - 2022	7,500	8,800	8,236	0,303	0,437	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2008 - 2022	7,400	9,100	8,416	0,372	0,0003	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2009 - 2022	7,600	9,000	8,388	0,342	0,002	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2010 - 2022	7,600	9,000	8,365	0,318	0,002	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2011 - 2022	7,400	8,800	8,176	0,261	0,287	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2012 - 2022	7,600	9,200	8,325	0,323	0,020	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2013 - 2022	7,400	9,000	8,281	0,324	0,128	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2014 - 2022	7,500	8,900	8,197	0,325	0,669	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2015 - 2022	7,700	8,900	8,265	0,286	0,304	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2016 - 2022	7,600	8,800	8,196	0,321	0,923	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2017 - 2022	7,500	9,100	8,401	0,317	0,002	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2018 - 2022	7,400	8,900	8,241	0,290	0,109	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2019 - 2022	7,200	9,000	8,153	0,357	0,700	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2020 - 2022	6,800	8,800	8,049	0,267	0,004	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	7,100	9,000	8,180	0,332		
2021 - 2022	7,200	9,000	8,188	0,308	0,940	La distribución de las dos muestras es la misma
	7,100	9,000	8,180	0,332		

Dado que el Protocolo establece que: “Si la totalidad de los pares de años analizados mostraran diferencias significativas con el período actual, será necesaria la elaboración de un estudio que profundice las causas”, y en vista que, sólo siete (7) de los 16 pares de años analizados muestran diferencias, es que no se requiere un estudio adicional.

#### d. Evaluación de tendencia

Se evaluó en cada punto de monitoreo, si la serie de tiempo de pH queda representada por una recta de pendiente cero, mediante un análisis lineal con significancia estadística de la pendiente. Los resultados de la variable pH se presentan en la Tabla 6-23.

Tabla 6-23. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 - 2022 para el pH

ID	Parcela	R <sup>2</sup>	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
1	TF1-01	64,1%	-0,10	0,000	Significativo
2	TF1-02	15,9%	0,02	0,126	No significativo
3	TF1-03	13,9%	0,01	0,154	No significativo
4	TF1-04	64,5%	0,06	0,000	Significativo
5	TF1-05	4,6%	0,01	0,427	No significativo
6	TF1-06	0,5%	0,00	0,804	No significativo
7	TF1-07	0,8%	0,00	0,740	No significativo

Tabla 6-23. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2022 para el pH

ID	Parcela	R <sup>2</sup>	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
8	TF1-08	16,9%	-0,02	0,113	No significativo
9	TF1-09	2,4%	0,00	0,564	No significativo
10	TF1-10	22,3%	-0,02	0,064	No significativo
11	TF1-11	10,3%	-0,02	0,225	No significativo
12	TF1-12	3,0%	-0,01	0,519	No significativo
13	TF1-13	37,4%	-0,04	0,012	Significativo
14	TF1-14	5,0%	-0,01	0,407	No significativo
15	TF1-15	27,5%	-0,03	0,037	Significativo
16	TF1-16	47,0%	-0,05	0,003	Significativo
17	TF1-17	4,5%	-0,01	0,430	No significativo
18	TF1-18	46,6%	-0,05	0,004	Significativo
19	TF1-FIN	5,8%	0,01	0,369	No significativo
20	TF2-01	41,4%	-0,06	0,005	Significativo
21	TF2-02	28,5%	-0,03	0,027	Significativo
22	TF2-03	0,2%	0,00	0,867	No significativo
23	TF2-04	0,1%	0,00	0,902	No significativo
24	TF2-05	8,5%	0,01	0,256	No significativo
25	TF2-06	1,5%	0,01	0,641	No significativo
26	TF2-07	0,4%	0,00	0,817	No significativo
27	TF2-08	3,9%	0,01	0,447	No significativo
28	TF2-09	0,4%	0,00	0,813	No significativo
29	TF2-10	2,1%	-0,01	0,579	No significativo
30	TF2-11	11,4%	-0,02	0,184	No significativo
31	TF2-12	38,2%	-0,04	0,008	Significativo
32	TF2-13	32,4%	-0,03	0,017	Significativo
33	TF2-FIN	15,7%	-0,02	0,115	No significativo
34	TF3-01	31,5%	-0,02	0,019	Significativo
35	TF3-02	2,9%	0,01	0,511	No significativo
36	TF3-03	6,4%	-0,01	0,327	No significativo
37	TF3-04	31,8%	-0,02	0,018	Significativo
38	TF3-05	29,7%	0,03	0,024	Significativo
39	TF3-06	12,7%	-0,02	0,176	No significativo
40	TF3-07	13,5%	-0,02	0,161	No significativo
41	TF3-08	5,2%	-0,02	0,394	No significativo
42	TF3-09	19,0%	-0,02	0,091	No significativo
43	TF3-FIN	26,8%	-0,02	0,040	Significativo
44	TF4-01	19,1%	-0,03	0,079	No significativo
45	TF4-02	4,2%	0,01	0,433	No significativo
46	TF4-03	20,8%	0,02	0,065	No significativo
47	TF4-04	42,3%	0,03	0,005	Significativo
48	TF4-05	4,3%	-0,01	0,426	No significativo
49	TF4-06	3,4%	0,01	0,477	No significativo
50	TF4-07	1,1%	0,00	0,685	No significativo
51	TF4-08	12,3%	-0,01	0,167	No significativo
52	TF4-FIN	0,8%	0,00	0,732	No significativo
53	TF5-01	27,3%	-0,02	0,031	Significativo
54	TF5-02	6,6%	-0,01	0,318	No significativo
55	TF5-03	42,1%	-0,02	0,005	Significativo
56	TF5-04	11,8%	-0,02	0,176	No significativo

Tabla 6-23. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2022 para el pH

ID	Parcela	R <sup>2</sup>	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
57	TF5-05	13,4%	0,02	0,148	No significativo
58	TF5-06	12,3%	0,02	0,168	No significativo
59	TF5-07	12,3%	-0,02	0,168	No significativo
60	TF5-08	29,2%	-0,02	0,025	Significativo
61	TF5-09	41,1%	-0,03	0,006	Significativo
62	TF5-10	44,8%	-0,04	0,003	Significativo
63	TF5-11	40,3%	-0,03	0,006	Significativo
64	TF5-12	27,0%	-0,03	0,033	Significativo
65	TF5-13	57,1%	-0,04	0,000	Significativo
66	TF5-FIN	62,6%	-0,05	0,000	Significativo
67	TF-6-01	9,1%	0,02	0,241	No significativo
68	TF-6-02	6,7%	0,01	0,317	No significativo
69	TF-6-FIN	4,0%	0,01	0,442	No significativo
70	TF-7-01	45,3%	0,05	0,003	Significativo
71	TF-7-02	0,3%	0,00	0,826	No significativo
72	TF-7-03	32,0%	-0,03	0,018	Significativo
73	TF-7-04	50,5%	-0,03	0,001	Significativo
74	TF-7-05	23,7%	-0,02	0,047	Significativo
75	TF-7-FIN	35,5%	-0,03	0,012	Significativo

Las parcelas sin tendencia llegan al 61% (46 muestras), mientras que el 39% restante (29 muestras) presenta alguna tendencia. Dado que más del 10% de la muestra presenta tendencia significativa, se debe evaluar si estas continúan al momento del monitoreo mediante un análisis de convergencia de datos.

### ***b1-Evaluación de convergencia de datos***

Dado que el análisis de significancia de la pendiente para cada uno de los 75 puntos de monitoreo arrojó que más del 10% de ellos poseen tendencia (29 puntos de muestreo, equivalentes al 39% del total), es que se evalúa si esta tendencia continúa al momento del monitoreo, mediante un análisis de convergencia de datos.

El análisis de convergencia se realiza sobre los 29 puntos de monitoreo que presentaron tendencia. Este análisis consiste en suavizar los datos anuales de pH, desde 2006 a 2022, mediante un promedio móvil común, para luego obtener una curva de tendencia ajustada. Con esta nueva curva, se calculan los residuos, es decir, la diferencia entre los datos observados y la curva de tendencia ajustada. Para luego, evaluar la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, que indica si la varianza de los residuos se mantiene constante en el tiempo (Tabla 6-24), con la finalidad de utilizar correctamente el rango [pH del 2022 ajustado  $\pm 1,64$  veces la desviación estándar], aplicable solo si los datos son homogéneos. Finalmente, se evalúa si los datos reales del año 2022 se encuentran dentro del rango calculado.

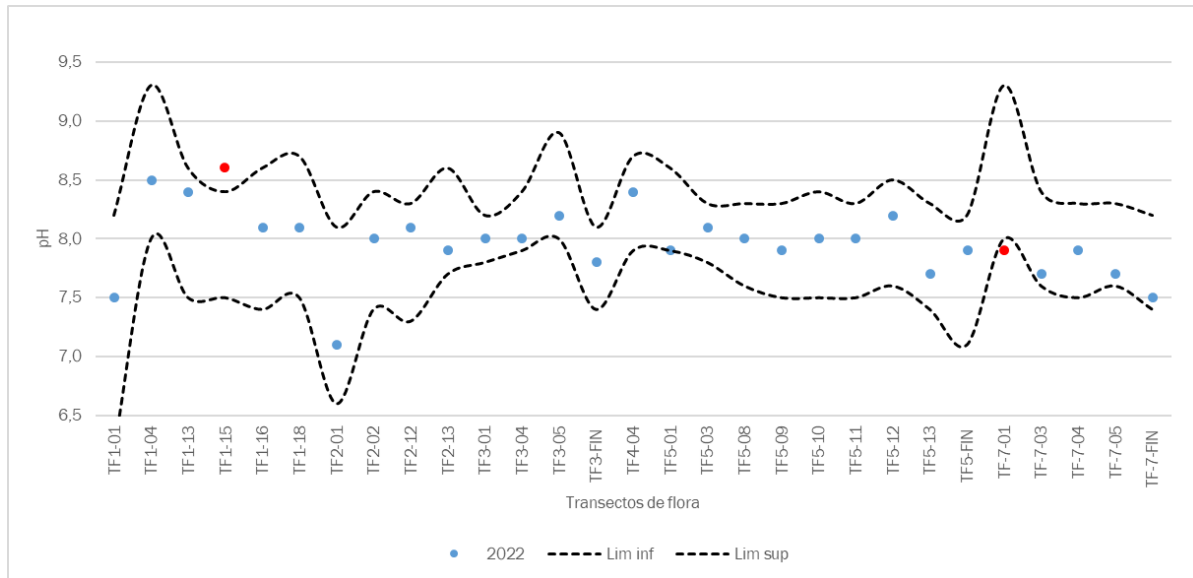
Tabla 6-24. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 29 puntos con tendencia significativa

Parcela	Prueba de White		Valor p	Resultado
TF1-01	LM (Valor observado)	1,315	0,518	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-04	LM (Valor observado)	1,334	0,513	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-13	LM (Valor observado)	1,330	0,514	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-15	LM (Valor observado)	1,379	0,502	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-16	LM (Valor observado)	1,362	0,506	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-18	LM (Valor observado)	1,348	0,510	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-01	LM (Valor observado)	3,346	0,188	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-02	LM (Valor observado)	0,488	0,783	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-12	LM (Valor observado)	2,482	0,289	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-13	LM (Valor observado)	1,287	0,525	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-01	LM (Valor observado)	1,799	0,407	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-04	LM (Valor observado)	2,739	0,254	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-05	LM (Valor observado)	0,077	0,962	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-FIN	LM (Valor observado)	1,336	0,513	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF4-04	LM (Valor observado)	1,152	0,562	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-01	LM (Valor observado)	1,600	0,449	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-03	LM (Valor observado)	0,231	0,891	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-08	LM (Valor observado)	0,950	0,622	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-09	LM (Valor observado)	0,026	0,987	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-10	LM (Valor observado)	0,220	0,896	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-11	LM (Valor observado)	0,148	0,929	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-12	LM (Valor observado)	0,004	0,998	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-13	LM (Valor observado)	0,858	0,651	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-FIN	LM (Valor observado)	0,578	0,749	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-01	LM (Valor observado)	0,830	0,660	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-03	LM (Valor observado)	1,134	0,567	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-04	LM (Valor observado)	0,004	0,998	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-05	LM (Valor observado)	0,313	0,855	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-FIN	LM (Valor observado)	0,752	0,687	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		



Los resultados indican que sólo dos (2) de los 29 puntos de monitoreo, correspondiente al TF1-15 y TF7-1 continúa mostrando tendencia en el monitoreo 2022. Dado que estos puntos equivalen a menos del 10% del total de muestras del plan de seguimiento, es que no se debe realizar un estudio adicional de causalidad de tendencia para el pH, ya que existe un estudio previo<sup>13</sup>.

Figura 6-14. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de pH en 2022



La aplicación del Protocolo de análisis de Tendencias de variables ambientales indicó que, al comparar el monitoreo 2022 con la serie histórica, el pH se comportó según lo observado históricamente. Mediante la evaluación de convergencias se detectó que sólo en dos (2) muestras la tendencia continuó en el monitoreo actual. En su mayoría, esta tendencia fue a la baja, sin embargo, los valores de pH siempre se mantuvieron en la alcalinidad del sustrato, lo que concuerda con lo reportado para otros salares según Luzio (2010).

El comportamiento del pH en el tiempo no tendrían una relación directa con los resultados de la riqueza y frecuencia de la flora vascular, ya que los resultados sugieren que esta última se encuentra ligada a la disponibilidad hídrica (régimen de precipitaciones locales y a la napa subterránea), y no a los cambios observados en las variables microambientales del suelo, dado que las plantas que crecen en el Borde Este del Salar de Atacama se encuentran adaptadas a condiciones extremas, logrando desarrollarse a pesar de los niveles de excesiva alcalinidad del sustrato.

<sup>13</sup> INFORME: Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH, realizado por M. Adriana Carrasco Rimassa, Química MSc. Especialista en Química de Suelos. 2017. INFORME: Correlaciones pH y Salinidad, realizado por SQM, en 2017.

### 6.3.3 Salinidad del sustrato (Conductividad eléctrica)

Tal como se explica en el capítulo 4.4.3, se obtuvo valores de Conductividad eléctrica según una entidad ETFA (Algoritmos y mediciones ambientales SPA) y según el laboratorio con el cual se han realizado los ensayos desde el año 2012 en adelante (Agroanálisis UC). Esto debido a que la metodología de análisis utilizada por ambos es distinta, implicando que los datos no sean comparables.

Con el objeto de verificar las consistencias y/o diferencias entre análisis, se comparan a continuación las mediciones de cada laboratorio.

#### 6.3.3.1 Conductividad eléctrica del sustrato según la ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA

A continuación, se presentan los resultados de la conductividad eléctrica analizada por Algoritmos y mediciones ambientales SPA. Cabe destacar que el periodo de análisis con metodologías ETFA comenzó en 2018, por lo que se dispone solo de cinco (5) años de monitoreo (2018 – 2022). En la Figura 6-15 se ilustra el valor de la CE para el año 2022, así como el valor promedio de los registros 2018 – 2021.

Las muestras del año 2022 en la mayoría de los transectos de flora poseen una conductividad eléctrica que da cuenta de un sustrato Fuertemente salino y Moderadamente salino (76% del total), y en menor medida llegan a ser Ligeramente salinos (9,3% del total), Muy ligeramente salinos (5,3% del total) y No salino (9,3% del total), concordando con los resultados esperados para suelos en un salar.

Los valores 2022 presentan diferencias respecto al promedio reportado en los 4 años anteriores, lo que podría relacionarse con la cantidad de años analizados, el evento de fuertes lluvias del año 2019 y la gran variabilidad que puede darse en la CE en la categoría Fuertemente salino, la cual establece que valores superiores a 6,08 mS/cm.

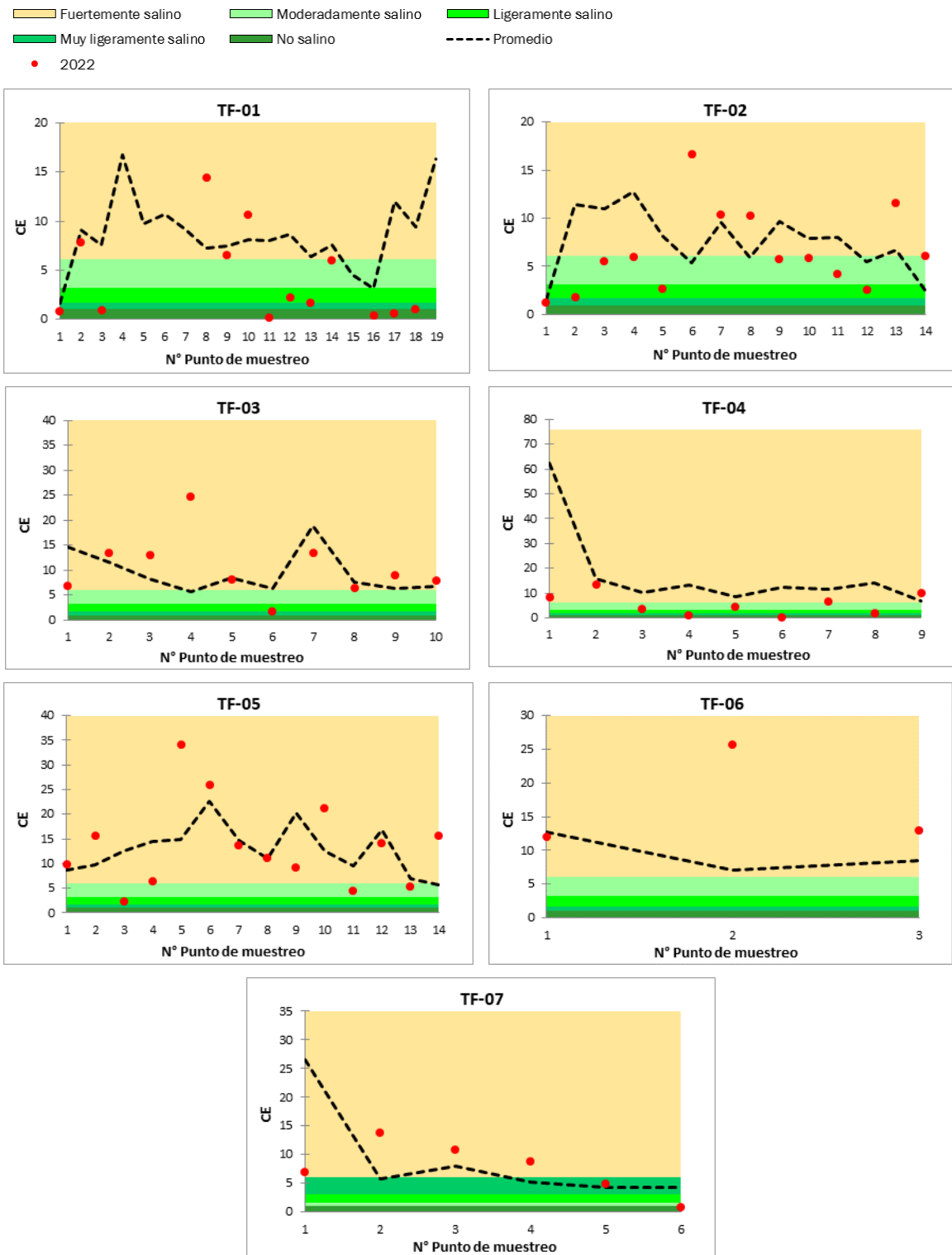
En el transecto N° 1 es donde se ha registrado el mayor número de muestras no salinas (CE inferior a 0,98 dS/m), con dos muestras en el año 2021 (TF1-10 y TF1-16) y cinco en el año 2022 (TF1-1, TF1-3, TF1-11, TF1-16 y TF1-17). Seguido del TF N° 4 donde una muestra en el 2018 (TF4-1) y una muestra en el año 2022 (TF4-6) mostraron valores no salinos.

Por otra parte, las muestras muy ligeramente salinas (CE entre 0,98 y 1,71 dS/m) predominan en el transecto de flora N° 2, específicamente en el punto TF2-1 se ha registrado esta categoría en cuatro años de monitoreo.

Las muestras Ligeramente salinas (CE entre 1,71 y 3,16 dS/m); Moderadamente salinas (CE entre 3,16 y 6,07 dS/m) y Fuertemente salinas (CE mayor a 6,07 dS/m), son las más abundantes en todos los años de monitoreo.

De todos modos, un análisis más detallado se presenta en la sección 4.6.3.3., aplicación del protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales.

Figura 6-15. Conductividad Eléctrica según Algoritmos y mediciones ambientales SPA para el año 2022



### 6.3.3.2 Conductividad eléctrica del sustrato según Agroanálisis UC (Complementario))

De acuerdo con la Figura 6-16 se observa que, del total de muestras obtenidas en la campaña de 2022 (75 muestras), el 94,7% se encuentran dentro de los valores máximo y mínimo observados entre abril de 2007 a abril de 2022.

De las muestras fuera de rango, una (1) se encuentran por debajo de los registros históricos (TF7-1), representando un 1,3% del total. Y tres (3) muestras presentaron un valor sobre los rangos establecidos (TF-15, TF3-4, TF5-13), equivalente al 4% del total.

Por otra parte, la conductividad eléctrica del presente año demostró las condiciones de alta salinidad esperables para un salar; donde el 89,3% de muestras estuvieron distribuidas en la categoría fuertemente salina, validando lo observado en otros salares donde los valores pueden alcanzar hasta los 500 dS/m en superficie (Luzio, 2010).

La presencia de flora en sectores con altos valores de salinidad permite inferir que esta variabilidad no afectaría a la riqueza y frecuencia de especies de plantas observadas en la temporada y en los años anteriores. En este contexto, la persistencia de la vegetación se explicaría por los mecanismos de adaptación de las especies a condiciones de extrema salinidad y probablemente, su expresión en el Borde Este del Salar de Atacama, estaría relacionada en primer lugar con la disponibilidad de agua.

En la Figura 6-16 se muestra la comparación de la conductividad eléctrica del año 2022 con el promedio de todos los años anteriores. Las parcelas en los gráficos están organizadas desde el borde este del salar hacia el núcleo (Este - Oeste).

Figura 6-16. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores

● : valor registrado en abril de 2022    ■ : valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)

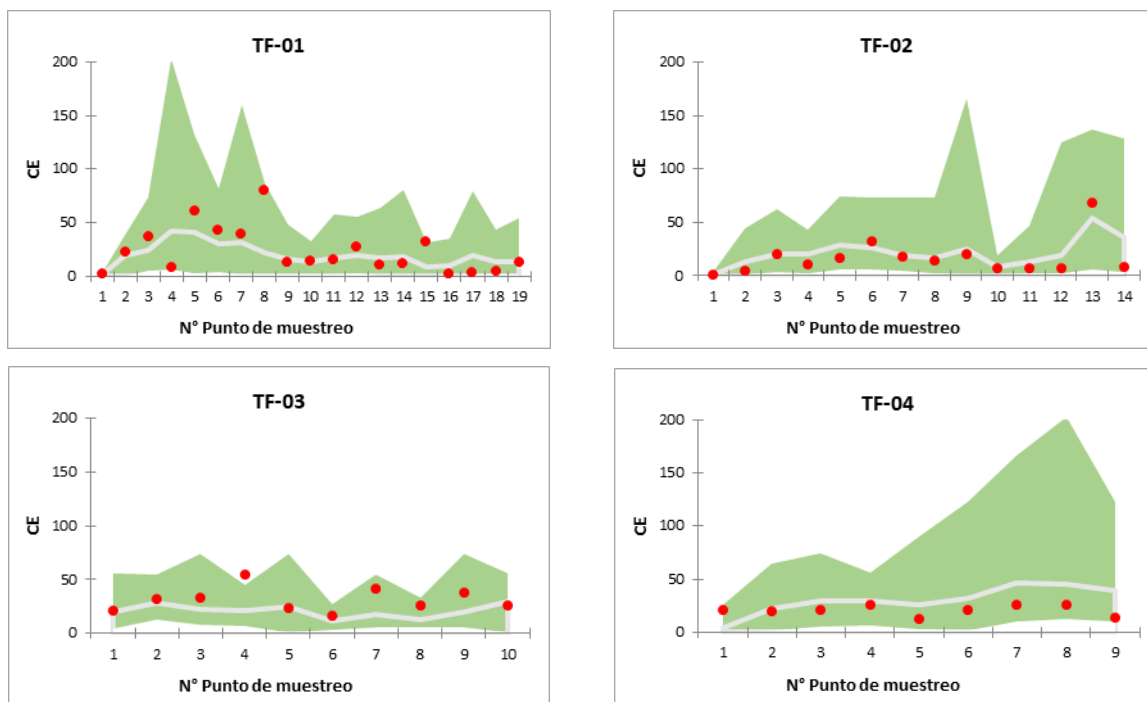
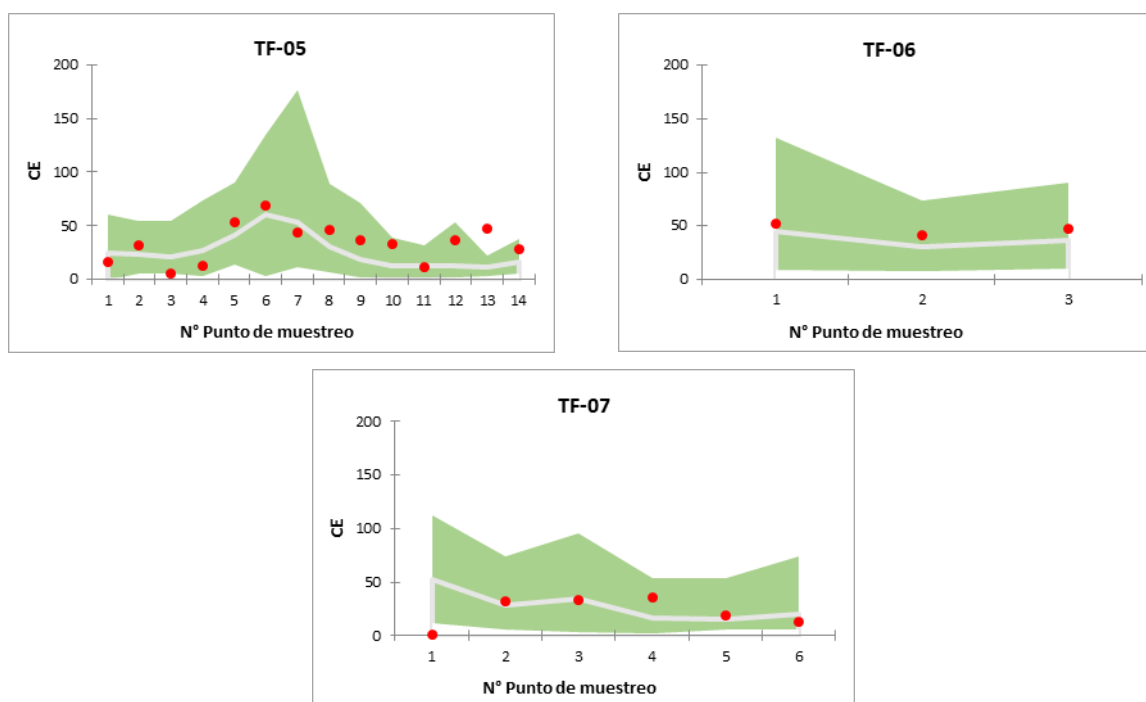


Figura 6-16. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores

●: valor registrado en abril de 2022 ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)



### 6.3.3.3 Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales

Este análisis responde al protocolo de análisis de tendencias ambientales diseñado por ECOS Consultores, que forma parte del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N° 38/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, detallado en el Anexo 4.2 del presente informe.

#### a. Comparación del monitoreo actual con serie histórica

Para evaluar si las observaciones sobre la conductividad eléctrica en la campaña actual (2022) se comportan según lo observado históricamente se evalúan los datos entregados por el laboratorio Agroanálisis UC, dado que el set de datos abarca un mayor tiempo de monitoreo.

#### a1-Análisis de rangos históricos

Este análisis es realizado para evaluar si los datos del CE durante el año 2022 representan un cambio respecto a las observaciones previas, esto mediante una desagregación del monitoreo actual y comportamiento pasado.

Este análisis contempla el cálculo de un umbral para la variable CE para cada punto de monitoreo, el cual se calculó según la siguiente fórmula:

$$\text{Umbral CE} = \bar{X} \mp 1,64485 * \sigma$$

Donde:

$\bar{X}$  = Promedio del CE del periodo 2006 - 2021

$\sigma$  = Desviación estandar de CE del periodo 2006 - 2021

Luego se comparó el valor de la conductividad eléctrica para el 2022, evaluando si la muestra se ubica dentro o fuera de los límites establecidos. La Figura 6-17, muestra gráficamente los límites construidos para la CE y los valores medidos en la temporada 2022, observándose que en nueve (9) puntos de monitoreo el valor registrado en 2022 se ubicó fuera de los límites establecidos (12% del total). Así, en 66 muestras, correspondiente 88% del total, se observa que los valores se encuentran dentro de los límites, comportándose dentro de los rangos históricos.

Figura 6-17. Rangos históricos de conductividad eléctrica y las mediciones reportado en 2022

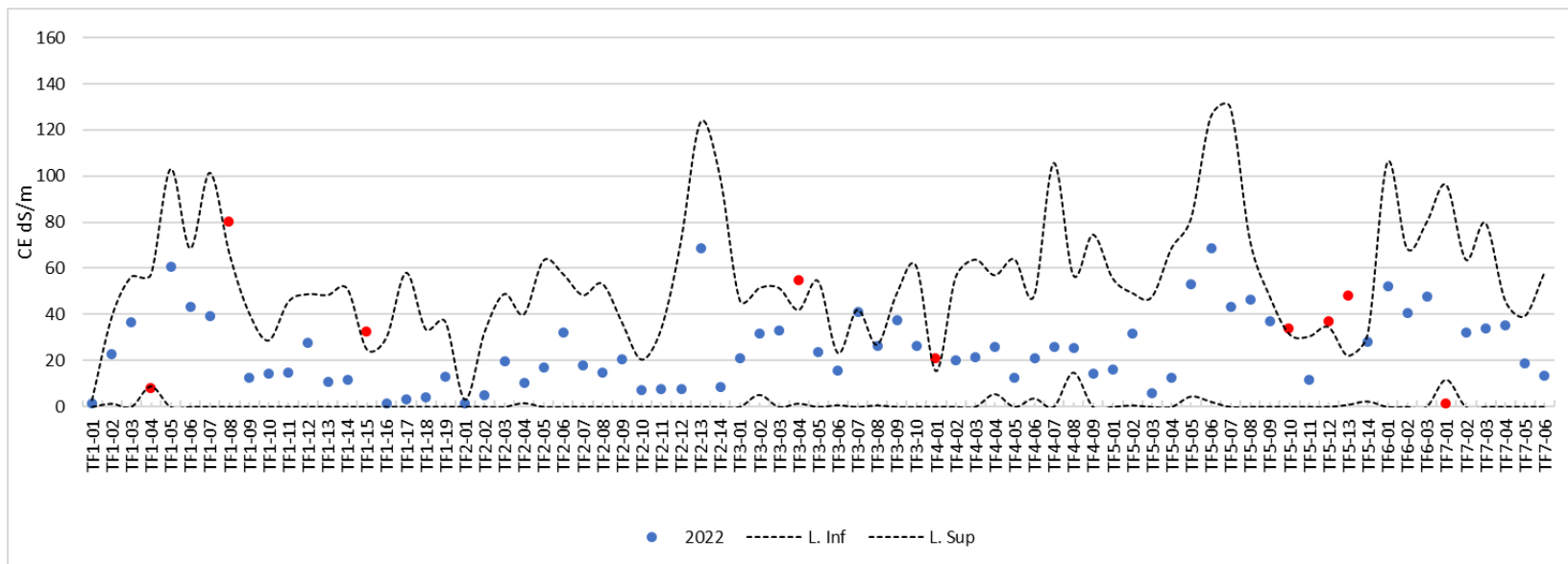


Tabla 6-25. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo

Punto de muestreo	UCE-TF		Valor 2022
	L. Inferior <sup>1</sup>	L. Superior	
TF1-04	8,9	57,3	8,00
TF1-08	0,0	66,1	80,00
TF1-15	0,0	24,7	32,20
TF3-04	1,5	41,8	54,80
TF4-01	0,0	15,3	20,91
TF5-10	0,0	31,3	33,50
TF5-12	0,0	34,4	36,90
TF5-13	0,9	21,9	47,80
TF7-01	11,7	96,1	1,34

(1) Matemáticamente los límites inferiores pueden tomar valores negativos, sin embargo, se restringieron a valores a la realidad física de la variable, cuyo límite es 0.

De acuerdo con lo establecido en el protocolo de tendencia, no es necesario realizar un estudio adicional para determinar causalidad de tendencias, dado que no se superó el número de casos fuera del rango definido (mayor a 12 elementos<sup>14</sup>).

## a2- Análisis de distribución

Este análisis es realizado para evaluar si los datos de la Salinidad, evaluado como conductividad eléctrica, durante las campañas 2006 - 2021 representan un cambio previo al comportamiento del año 2022, esto evaluando si el set de datos del monitoreo actual posee la misma distribución observada durante los años anteriores (comparación del año 2022 con cada año anterior de manera separada). Para esto se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual detecta si hay diferencias significativas entre las distribuciones de dos muestras, considerando un nivel de confianza del 95%, de acuerdo con las siguientes hipótesis:

H0= La distribución de las dos muestras es la misma,

H1= Las distribuciones de las dos muestras son diferentes.

Esta prueba calcula un valor p bilateral, el que, al ser mayor al nivel de confianza establecido, determina que no se puede rechazar la hipótesis nula H0 de igualdad de distribuciones. Mientras que, al ser menor a 0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0 y aceptar la hipótesis alternativa H1, por lo que las distribuciones de los años comparados son diferentes.

Los resultados de esta prueba, comparado el monitoreo actual con cada uno de los años anteriores se muestran a continuación:

<sup>14</sup> Para un conjunto de 75 elementos en donde se define el rango [ $\text{media} \pm 1,64485 * \text{desviación}$ ], se tiene que, si la variable se distribuye normal, la probabilidad de que a lo más 12 elementos estén fuera del rango es de 96,7%. Así, se escoge 12 elementos como la cantidad crítica cumpliéndose que, sin presencia de tendencias, menos del 4% de las veces habrá más de 12 elementos fuera del rango.



Tabla 6-26. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la CE de 2022 con cada año anterior

Comparación	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	valor-p (bilateral)	Interpretación de la prueba:
2006-2022	0,320	32,940	9,729	8,497	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2007-2022	0,560	73,490	18,106	12,369	0,008	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2008-2022	0,690	81,350	28,126	21,931	0,377	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2009-2022	0,620	90,050	23,456	22,663	0,037	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2010-2022	0,620	73,490	27,179	21,089	0,059	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2011-2022	0,510	90,050	43,635	26,281	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2012-2022	0,200	176,000	37,080	41,985	0,290	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2013-2022	0,200	130,400	35,205	34,146	0,512	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2014-2022	0,090	81,800	17,615	16,072	0,000	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2015-2022	0,460	108,400	22,918	17,836	0,293	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2016-2022	0,200	74,500	15,883	14,887	0,000	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2017-2022	0,520	99,900	31,200	21,403	0,289	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2018-2022	0,330	51,800	15,022	11,160	0,000	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2019-2022	0,810	68,700	19,914	14,762	0,065	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2020-2022	1,420	55,300	11,610	7,341	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		
2021-2022	0,420	64,600	17,025	13,530	0,000	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,340	80,000	25,644	17,399		

Dado que el Protocolo establece que: “Si la totalidad de los pares de años analizados mostraran diferencias significativas con el período actual, será necesaria la elaboración de un estudio que profundice las causas”, y en vista que, 7 de los 16 pares de años analizados no muestran diferencias, es que no se requiere un estudio adicional.

#### b. Evaluación de tendencias

Por otra parte, el protocolo indica que se debe evaluar para cada punto de monitoreo si su serie temporal queda representada por una recta de pendiente cero, esto para determinar si existen tendencias sostenidas en el tiempo.

En la Tabla 6-27, se presentan los análisis de tendencia de la Salinidad medida como Conductividad Eléctrica. Los resultados indican que el 93,3% de las muestras (70 de 75 muestras) no presentan significancia estadística en su serie temporal. Mientras que, el 6,7% de las observaciones (cinco muestras), presentan alguna tendencia. En vista que las observaciones del periodo 2022 se encuentran bajo del 10% de las parcelas muestran tendencias, no se requiere de un estudio adicional, tal como lo indica el Protocolo.

Tabla 6-27. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2022 para la Salinidad (CE)

ID	Transecto de flora	R <sup>2</sup>	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
1	TF1-01	5,0%	0,04	0,404	No significativo
2	TF1-02	2,4%	0,33	0,567	No significativo
3	TF1-03	0,3%	0,22	0,829	No significativo
4	TF1-04	4,2%	-0,69	0,462	No significativo
5	TF1-05	0,1%	0,25	0,896	No significativo
6	TF1-06	0,3%	-0,22	0,853	No significativo
7	TF1-07	0,0%	-0,01	0,997	No significativo
8	TF1-08	7,5%	1,61	0,305	No significativo
9	TF1-09	2,5%	0,44	0,557	No significativo
10	TF1-10	13,2%	0,66	0,166	No significativo
11	TF1-11	4,9%	0,70	0,412	No significativo
12	TF1-12	2,0%	0,47	0,606	No significativo
13	TF1-13	0,2%	0,15	0,871	No significativo
14	TF1-14	3,4%	0,68	0,495	No significativo
15	TF1-15	13,2%	0,79	0,166	No significativo
16	TF1-16	0,1%	-0,08	0,898	No significativo
17	TF1-17	3,0%	0,75	0,524	No significativo
18	TF1-18	0,5%	0,17	0,789	No significativo
19	TF1-19	0,8%	0,24	0,743	No significativo
20	TF2-01	11,1%	0,05	0,191	No significativo
21	TF2-02	1,3%	-0,25	0,662	No significativo
22	TF2-03	0,7%	0,27	0,746	No significativo
23	TF2-04	7,1%	-0,60	0,302	No significativo
24	TF2-05	0,8%	0,35	0,731	No significativo
25	TF2-06	3,2%	-0,62	0,491	No significativo
26	TF2-07	6,9%	-0,85	0,309	No significativo
27	TF2-08	1,2%	-0,43	0,680	No significativo
28	TF2-09	0,0%	0,04	0,951	No significativo
29	TF2-10	0,0%	0,01	0,982	No significativo
30	TF2-11	0,0%	-0,05	0,933	No significativo
31	TF2-12	1,1%	-0,60	0,692	No significativo
32	TF2-13	0,0%	-0,16	0,938	No significativo
33	TF2-14	5,8%	-1,74	0,350	No significativo
34	TF3-01	0,1%	0,10	0,903	No significativo
35	TF3-02	7,8%	0,73	0,276	No significativo
36	TF3-03	1,6%	-0,40	0,631	No significativo
37	TF3-04	0,1%	-0,08	0,918	No significativo
38	TF3-05	1,2%	-0,35	0,680	No significativo
39	TF3-06	7,3%	-0,35	0,310	No significativo
40	TF3-07	2,3%	-0,45	0,572	No significativo
41	TF3-08	2,1%	0,24	0,591	No significativo
42	TF3-09	2,5%	-0,54	0,558	No significativo
43	TF3-10	6,2%	-0,89	0,353	No significativo
44	TF4-01	3,2%	0,26	0,490	No significativo
45	TF4-02	2,2%	0,57	0,571	No significativo
46	TF4-03	0,2%	-0,16	0,873	No significativo
47	TF4-04	10,2%	-0,98	0,212	No significativo
48	TF4-05	8,3%	-1,24	0,263	No significativo
49	TF4-06	12,8%	-0,87	0,173	No significativo

Tabla 6-27. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2022 para la Salinidad (CE)

ID	Transecto de flora	R <sup>2</sup>	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
50	TF4-07	1,9%	-1,01	0,611	No significativo
51	TF4-08	1,1%	0,27	0,699	No significativo
52	TF4-09	42,6%	-2,93	0,006	Significativo
53	TF5-01	8,2%	-1,02	0,264	No significativo
54	TF5-02	11,9%	-1,00	0,176	No significativo
55	TF5-03	28,6%	-1,63	0,027	Significativo
56	TF5-04	30,5%	-2,57	0,022	Significativo
57	TF5-05	15,3%	-1,76	0,121	No significativo
58	TF5-06	0,3%	-0,39	0,843	No significativo
59	TF5-07	3,2%	-1,54	0,490	No significativo
60	TF5-08	0,0%	0,01	0,993	No significativo
61	TF5-09	8,2%	0,98	0,264	No significativo
62	TF5-10	19,9%	1,01	0,073	No significativo
63	TF5-11	18,8%	0,85	0,082	No significativo
64	TF5-12	34,0%	1,55	0,014	Significativo
65	TF5-13	6,9%	0,56	0,307	No significativo
66	TF5-14	0,8%	-0,15	0,737	No significativo
67	TF6-01	1,9%	-0,94	0,599	No significativo
68	TF6-02	10,0%	-1,35	0,216	No significativo
69	TF6-03	9,0%	-1,46	0,241	No significativo
70	TF7-01	16,3%	-2,20	0,108	No significativo
71	TF7-02	9,2%	-1,21	0,237	No significativo
72	TF7-03	7,5%	-1,37	0,289	No significativo
73	TF7-04	2,1%	0,49	0,583	No significativo
74	TF7-05	2,6%	-0,42	0,535	No significativo
75	TF7-06	24,0%	-2,06	0,046	Significativo

Basado en todo lo anterior, se puede señalar que la conductividad eléctrica del sustrato, considerando la serie histórica estandarizada, evidencia que los suelos monitoreados en los transectos de flora varían entre ligeramente salino a fuertemente salino, cuyos valores son típicos de un salar (Luzio, 2010). El análisis respecto a la comparación del monitoreo actual mostró que el monitoreo 2022 no difiere a la serie histórica (2006 – 2021), mientras que, solo cinco (5) muestras de monitoreo presentaron tendencia, por lo que la variable se mantiene relativamente estable en términos del comportamiento histórico.

## 6.4 Monitoreo de Algarrobos

### 6.4.1 Ejemplares de Algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2

La población de algarrobos objeto de estudio ha sufrido los efectos de aluviones a través del tiempo, registrándose desde los 2012 individuos desaparecidos o desprendidos. Tal como se mencionó en la sección

anterior, en 2019 se produjo un evento aluvial<sup>15</sup> de gran envergadura, el que arrasó con 8 ejemplares, lo que significó que un total de 12 ejemplares han sido desprendidos a lo largo de los periodos de monitoreo.

En vista de que se ha producido una variación en el universo de individuos, generando imprecisiones en la evaluación temporal y distorsión en la comparación histórica, es que los ejemplares desaparecidos son agregados a una categoría específica para ellos dentro de los análisis<sup>16</sup>.

#### 6.4.1.1 Vitalidad

Los resultados históricos de las mediciones de la Vitalidad y sus tendencias según categoría realizadas sobre los algarrobos (período 2006 a 2022) se muestran en la Tabla 6-28 y Figura 6-18.

- **Seco:** En la línea base del año 2006 se identificaron 12 individuos secos, estos ejemplares fueron incorporados al monitoreo con el fin de evaluar la dinámica de los algarrobos del sector. Los registros reflejan una tendencia al aumento en el número de individuos secos con el pasar de los años, manteniéndose en 30 individuos, al igual que los años 2020 y 2021 (Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,85 Ver Figura 6-18 (1)).
- **Muy Débil:** La cantidad histórica de ejemplares catalogados como muy débiles es variable en el tiempo, con un máximo de nueve ejemplares (registrados en 2016) y un mínimo de cero ejemplares (registros de los años 2013 y 2019). En el presente año se registraron seis (6) ejemplares en esta categoría, valor que se encuentra sobre el promedio del monitoreo (5 ejemplares) y sobre lo registrado en la línea base (5 ejemplares). No se observa una tendencia a lo largo de los años ( $R^2 = 0,0003$ ), por lo que se considera dentro de los rangos históricos. (Ver Figura 6-18 (2)).
- **Débil:** Al igual que la categoría de vitalidad “muy débil”, el número de individuos débiles es variable en el tiempo entre un máximo de 24 ejemplares (registrados en el año 2011) y un mínimo de cuatro ejemplares (registrados en el año 2019). Respecto de la línea base (año 2006), en el 2022 se reporta un individuo menos en esta categoría (5 ejemplares). Dada la variación en el número de ejemplares catalogados como débiles durante los 17 años de este monitoreo, no se observa una tendencia ( $R^2 = 0,023$ ; Figura 6-18 (3)).
- **Crecimiento Normal:** El número de ejemplares se ha distribuido entre un máximo de 48 registros (año 2006) y un mínimo de nueve individuos (registrados en el año 2021), ubicando a lo reportado en la campaña actual dentro de los rangos históricos al registrarse 18 individuos en esta categoría. Respecto a la línea base (año 2006), en el 2022 se registraron 30 ejemplares menos llegando a 18 individuos. Estos resultados indican una tendencia hacia la baja en la cantidad de árboles en esta categoría ( $R^2 = 0,66$ ) (Ver Figura 6-18 (4)).
- **Excepcionalmente Vigoroso:** En la mayor parte de los años de monitoreo la cantidad de ejemplares en esta categoría llega a cero, con un máximo de ocho (8) individuos observados en el año 2019. ( $R^2 = 0,0115$ ), (ver Figura 6-18 (5)), con la excepción de los años 2008, 2011, 2012, 2018, 2019, 2020 y 2021.

<sup>15</sup> Comprobante reporte de aviso/contingencia/incidente. Cod: RIA4549

<sup>16</sup> El monitoreo contempla la prospección de los 71 ejemplares, visitando de igual forma el sitio donde se ubicaron los ejemplares desaparecidos.

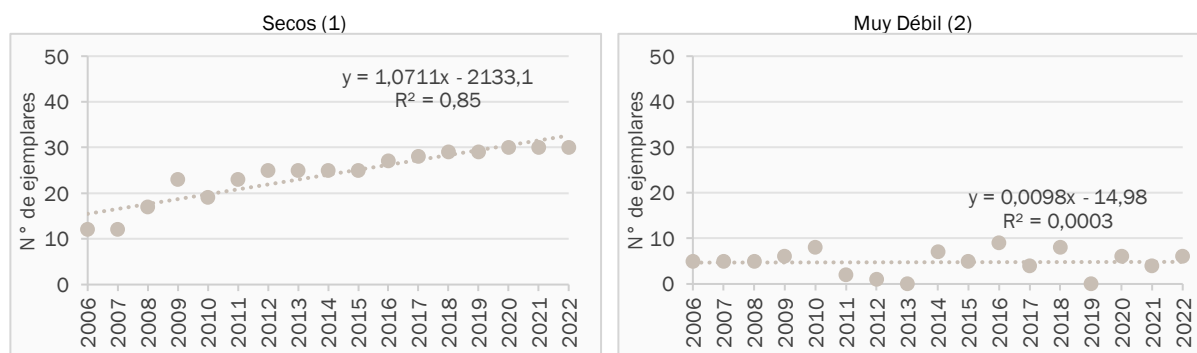
- **Individuos Desaparecidos:** En la actual campaña no se identificaron nuevos individuos desaparecidos. Sin embargo, los individuos acumulados en esta categoría alcanzan un total de 12, los que han sido reportados debidamente a la SMA<sup>17</sup>.

Se observa que, en las mediciones del 2022 los individuos secos se mantienen en 30, al igual que en los dos años anteriores, mientras que aumentan aquellos con vitalidad normal y disminuyen los débiles. Los ejemplares muy débiles aumentaron en 2 ejemplares respecto al año anterior y aquellos vigorosos están ausentes en la campaña actual, como ha sido tónica en los monitoreos.

Tabla 6-28. Vitalidad de la población de Algarrobos. Campañas 2006 – 2022

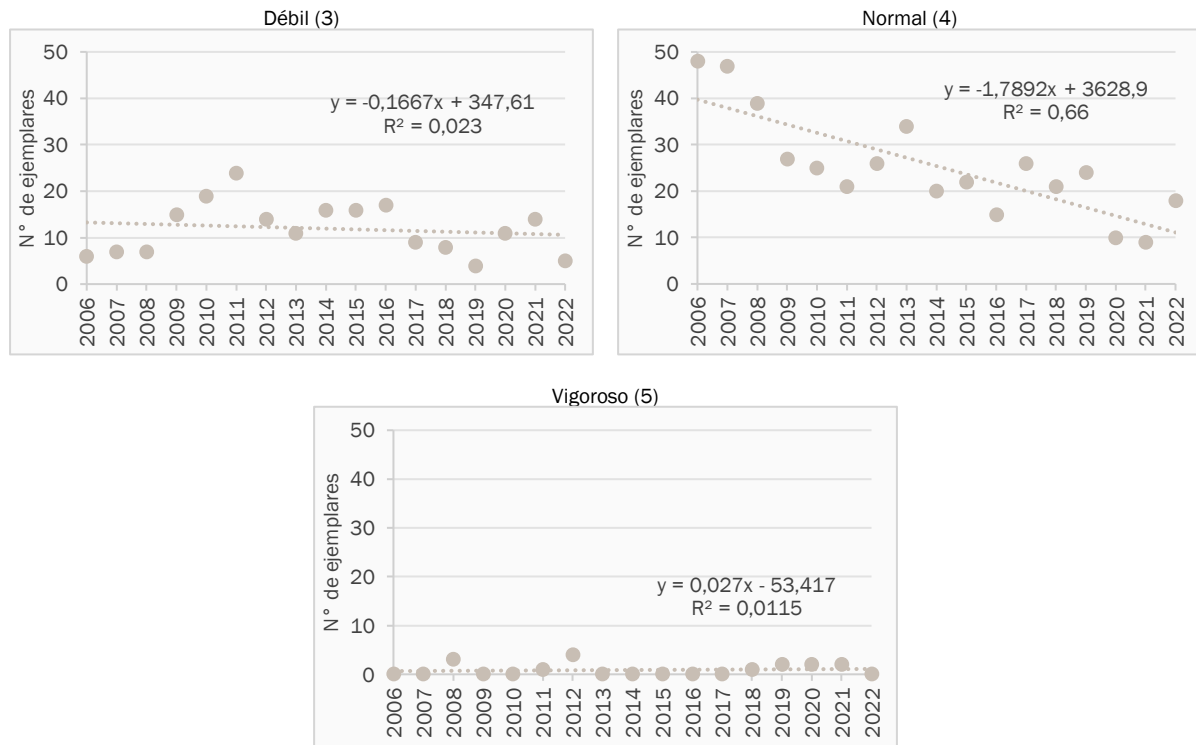
Vitalidad	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Máximo	Mínimo	Promedio
Seco	12	12	17	23	19	23	25	25	25	25	27	28	29	29	30	30	30	30	12	24
Muy débil	5	5	5	6	8	2	1	0	7	5	9	4	8	0	6	4	6	9	0	5
Débil	6	7	7	15	19	24	14	11	16	16	17	9	8	4	11	14	5	24	4	12
C. normal	48	47	39	27	25	21	26	34	20	22	15	26	21	24	10	9	18	48	9	25
Vigoroso	0	0	3	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	4	0	1
Desaparecidos	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	-	-	-
Desaparecidos acumulados	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	4	4	12	12	12	12	-	-	-
Total, por año	71	71	71	71	71	71	70	70	68	68	68	67	67	59	59	59	59	-	-	-
Total, muestra	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	-	-	-

Figura 6-18. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022



<sup>17</sup> Comprobante reporte de aviso/contingencia/incidente. Cod: RIA4549.

Figura 6-18. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022



#### 6.4.1.2 Porcentaje de copa viva

Los resultados de las mediciones del porcentaje de copa viva realizadas sobre los Algarrobos durante las campañas de monitoreo (período 2006 a 2021), se muestran en la Tabla 6-29 y Figura 6-19. Al respecto se observa:

- **Copa viva 0%:** En la línea base del año 2006 se identificaron 12 individuos sin follaje verde, los que fueron incorporados al monitoreo con el fin de evaluar la dinámica natural de la población de algarrobos. Los registros reflejan una tendencia al aumento en el número de individuos sin follaje ( $R^2=0,87$ ), lo que se condice con los resultados de vitalidad expuestos en la sección anterior. Actualmente, existen 30 individuos en esta categoría, cantidad que se ha mantenido estable durante los últimos tres años de monitoreo. (Ver Figura 6-19 (1)).
- **Copa viva <5%:** La cantidad histórica de ejemplares con copa viva inferior al 5% es variable en el tiempo, con un máximo de ocho ejemplares (registrados en 2010) y un mínimo de cero ejemplares (registros de los años 2008 y 2019). En el presente año se registraron seis (6) ejemplares en esta categoría, valor que se encuentra sobre el promedio del monitoreo (4 árboles) y dentro de los rangos históricos. Además, se encuentra sobre lo registrado en la línea base (1 individuo). No se observa una tendencia a lo largo de los años ( $R^2=0,01$ ; Figura 6-19 (2)).
- **Copa viva 5 – 25%:** Al igual que la categoría de copa verde <5%, el número de individuos en esta categoría es variable en el tiempo entre un máximo de 14 ejemplares (registrados en el año 2006) y un mínimo de tres ejemplares, registrados en el año 2011, 2019 y 2020, el monitoreo actual se encuentra dentro de estos rangos al registrar 5 ejemplares con esta característica. Respecto de la línea base (año 2006), en

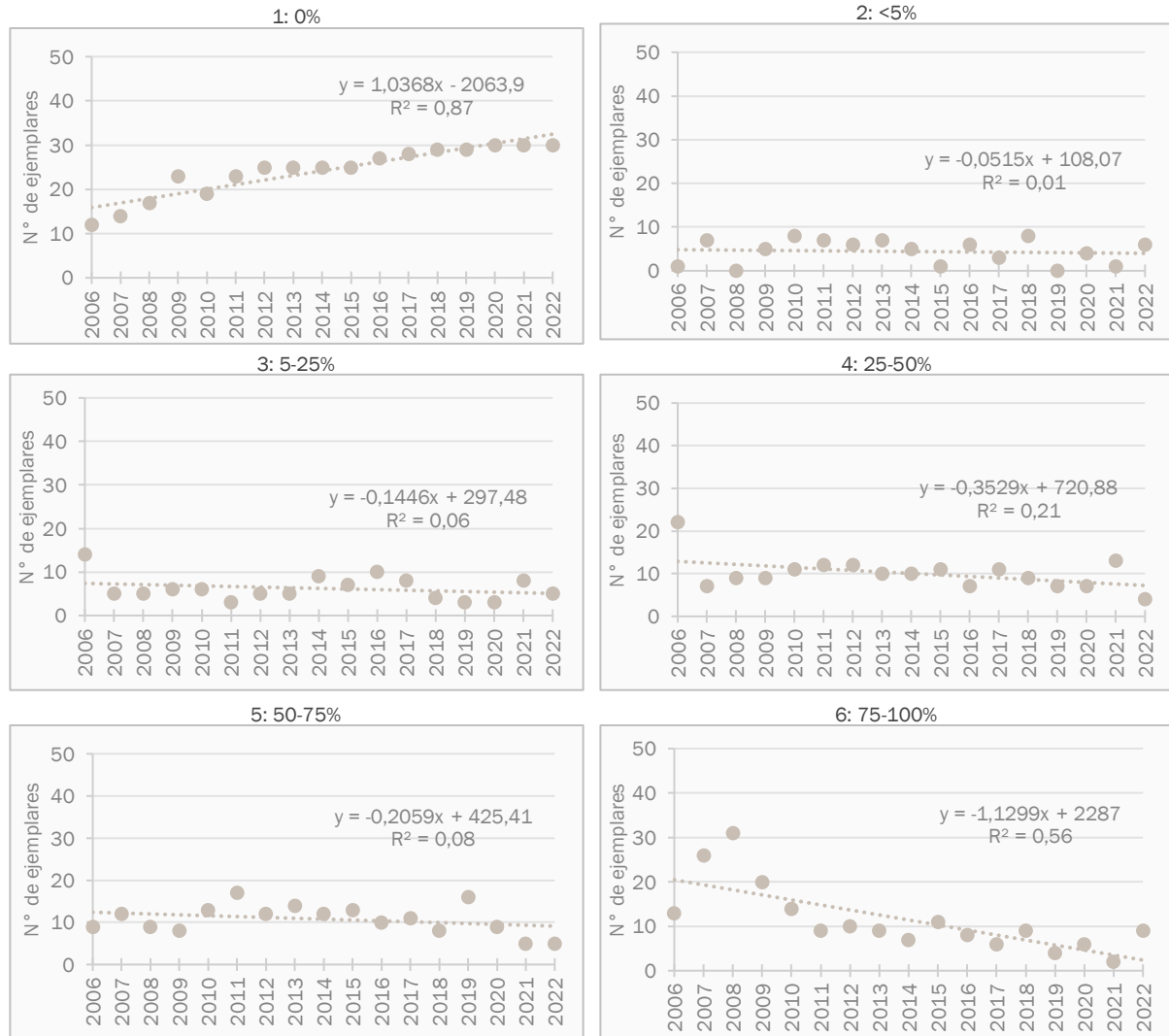
el 2022 se reportan nueve individuos menos en esta categoría. En esta categoría de %copa viva no se observa una tendencia ( $R^2=0,06$ ; Figura 6-19 (3)).

- **Copa viva 25 – 50%:** La cantidad histórica de ejemplares con copa viva entre 25 – 50% varía entre un máximo de 22 ejemplares (registrados en 2006) y un mínimo de cuatro individuos observados en el monitoreo actual. El valor reportado actual (2022) se ubicó por debajo del promedio histórico. Dadas las fluctuaciones observadas en los 17 años de monitoreo, se establece una tendencia leve a la disminución de ejemplares con follaje en esta categoría, tal como se ilustra en la Figura 6-19 (4) ( $R^2 = 0,21$ ).
- **Copa viva 50 – 75%:** El número de individuos en esta categoría es variable en el tiempo entre un máximo de 17 ejemplares (registrados en el año 2011) y un mínimo de cinco ejemplares (registrados en el monitoreo actual). Respecto de la línea base (año 2006), en el 2022 se reportan cuatro individuos menos en esta categoría. Dada la variación en el número de ejemplares catalogados con follaje 50 – 75%, no se observa una tendencia ( $R^2=0,08$ ; Figura 6-19 (5)).
- **Copa viva 75 – 100%:** Finalmente, respecto de la categoría de mayor copa viva (75 – 100%), se observa en el año 2008 al máximo histórico, con 13 ejemplares, mientras que el mínimo se registró en año 2021 con solo 2 individuos. En la presente campaña (2022) se observaron nueve árboles en esta categoría, lo que equivale a siete (7) individuos más que lo registrado el año anterior. El comportamiento histórico muestra una disminución que inicia posterior a los registros del año 2008. Estas fluctuaciones están representadas con un  $R^2$  de 0,56 (Ver Figura 6-19 (6)).

Tabla 6-29. Copa viva de la población de Algarrobo. Campañas 2006 – 2022

Copa viva	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Máximo	Mínimo	Promedio
0%	12	14	17	23	19	23	25	25	25	25	27	28	29	29	30	30	30	30	12	24
<5%	1	7	0	5	8	7	6	7	5	1	6	3	8	0	4	1	6	8	0	4
5-25%	14	5	5	6	6	3	5	5	9	7	10	8	4	3	3	8	5	14	3	6
25-50%	22	7	9	9	11	12	12	10	10	11	7	11	9	7	7	13	4	22	4	10
50-75%	9	12	9	8	13	17	12	14	12	13	10	11	8	16	9	5	5	17	5	11
75-100%	13	26	31	20	14	9	10	9	7	11	8	6	9	4	6	2	9	31	2	11
Desaparecidos	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	-	-	-
Desaparecidos acumulados	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	4	4	12	12	12	12	-	-	-
Total por año	71	71	71	71	71	71	70	70	68	68	68	67	67	59	59	59	59	-	-	-
Total muestra	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	-	-	-

Figura 6-19. Tendencia de la Copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022



### 6.4.1.3 Fenología

Respecto a la fenología, la Tabla 6-30 y Figura 6-20 muestran los resultados a lo largo de los años de monitoreo.

- Senescente:** la cantidad de individuos en esta categoría varía entre un máximo de 31 ejemplares (registrados en los años 2020 y 2021) y un mínimo de 17 individuos (año 2008). En el monitoreo actual se observan 30 ejemplares senescentes, concordando con lo reportado en el análisis de vitalidad y follaje verde. Respecto al monitoreo de línea base, actualmente se registran 10 individuos más que lo reportado en 2006.

A través del tiempo se aprecia una tendencia al aumento de individuos en esta categoría, con un coeficiente de determinación de 0,86 (Figura 6-20 (1)).



- **Crecimiento vegetativo:** La cantidad histórica de ejemplares en esta categoría, varía entre un máximo de 53 individuos (registrados en el año 2008) y un mínimo de 28 individuos (registros de los años 2012, 2020 y 2021). Actualmente se registraron 29 ejemplares en esta categoría, correspondiendo a 20 individuos menos que lo reportado en el monitoreo de línea base del proyecto. Se aprecia una tendencia a la baja de individuos en esta categoría, lo que podría estar relacionado al aumento de ejemplares secos. Dado que las otras categorías de fenología no se muestran predominantes en la época de monitoreo.
- **Floración:** A lo largo de todos los años no se han registrado individuos con floración, lo cual se debe principalmente a que esta etapa fenológica se produciría durante los meses de primavera tardía para esta especie (diciembre a enero).
- **Fructificación:** La tendencia hacia el registro de individuos en categoría de fructificación es variable en el tiempo. Se aprecian años donde los registros llegan a 0 y años donde este valor se presenta excepcionalmente alto (como es el caso del año 2012, donde hubo 16 registros). Si bien estas variaciones son aisladas en el tiempo, la tendencia a encontrar poca cantidad de individuos con frutos en la época del monitoreo predomina a través de los años, tal como se muestra en la Figura 6-20 (4).

Tabla 6-30. Fenología de los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2022

Fenología	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Máxima	Mínima	Promedio
Senescente	20	20	17	23	19	22	26	25	24	25	29	28	30	29	31	31	30	31	17	25
C. Vegetativo	49	46	53	48	52	48	28	45	44	43	34	39	37	29	28	28	29	53	28	40
Floración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fructificación	2	5	1	0	0	1	16	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	16	0	2
Desaparecidos	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	8	0	0	0	-	-	-
Desaparecidos acumulados	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	4	4	12	12	12	12	-	-	-
Total por año	71	71	71	71	71	71	70	70	68	68	68	67	67	59	59	59	59	-	-	-
Total	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	-	-	-

Figura 6-20. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2022

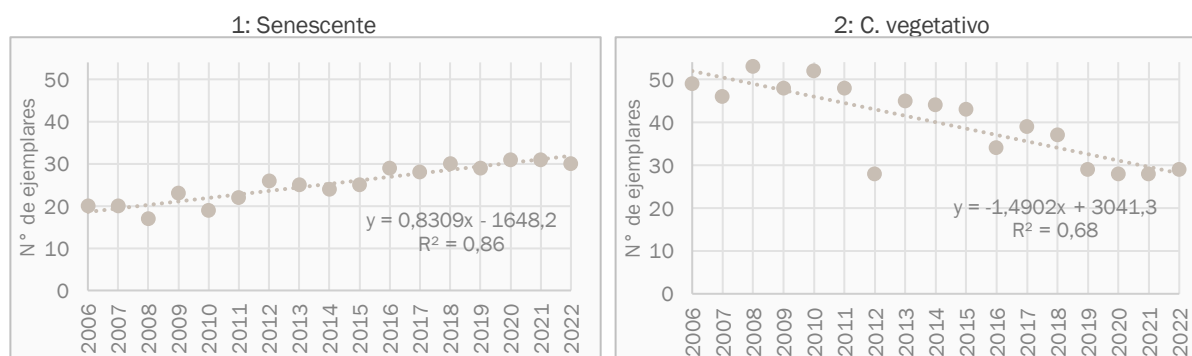
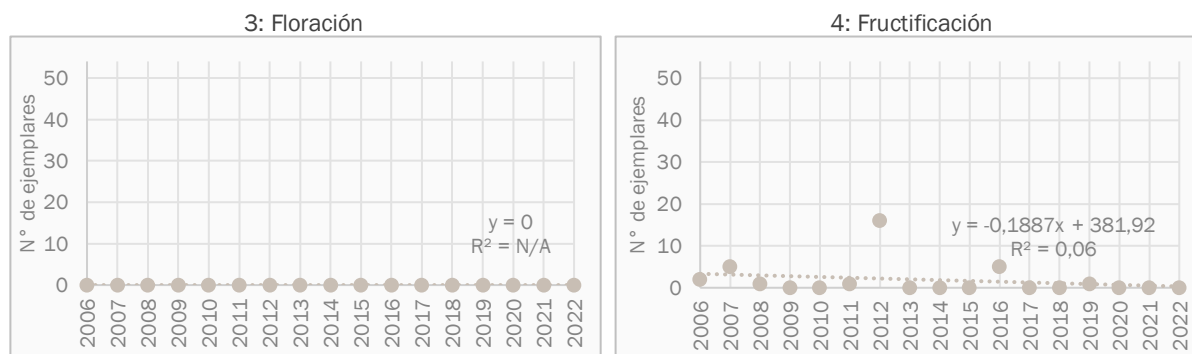


Figura 6-20. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2022



### 6.4.1.4 Daño por agentes externos

Tal como se mencionó en los análisis anteriores, el año 2022 se mantuvo en 30 la cantidad de ejemplares secos (50,8%); de aquellos con algún grado de vitalidad (29 ejemplares, 49,2% del total), todos presentaron daño producto de ramoneo.

Respecto a los seis años analizados (2017 a 2022), el daño animal predomina en los ejemplares vivos (Figura 6-21), siendo este tipo de daño el que posee mayor incidencia en la vitalidad y follaje verde de la población; ya que los animales tienden a alimentarse de frutos y ramillas con poca lignificación, reduciendo la superficie fotosintética del follaje, lo que genera una degradación de los Algarrobos.

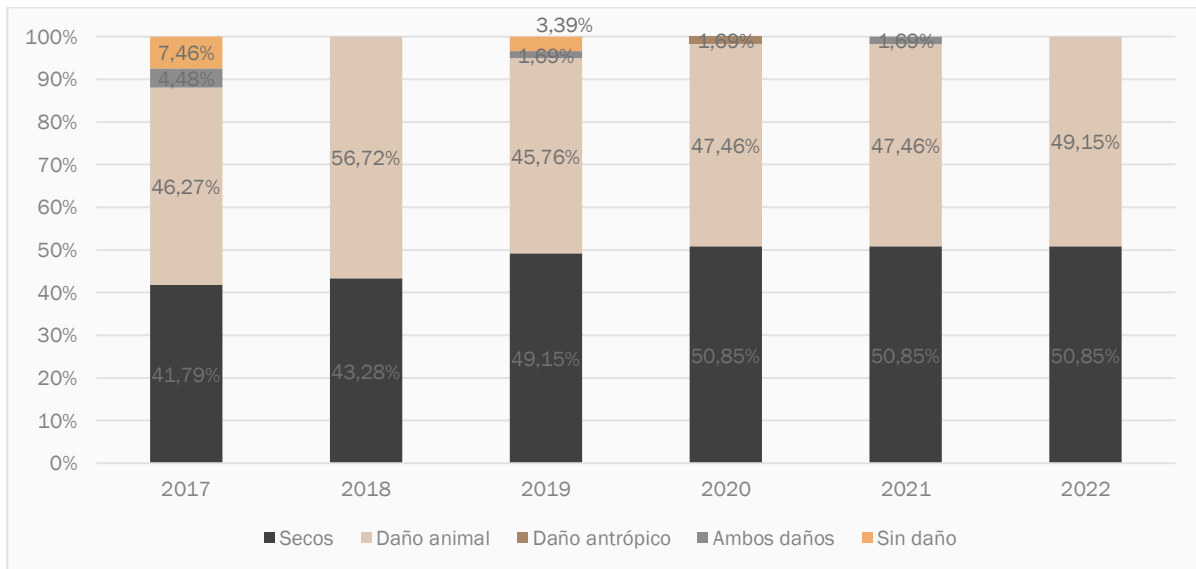
El daño antrópico se observa en pocos individuos a través del tiempo, siendo el corte de ramas el más común de visualizar.

Los individuos desaparecidos a la fecha no son incorporados en el análisis anterior.

Tabla 6-31. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2022

Daño	2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Ambos daños	3	4,5%	0	0,0%	1	1,7%	0	0,0%	1	1,7%	0	0,0%
Daño animal	31	46,3%	38	56,7%	27	45,8%	28	47,5%	28	47,5%	29	49,2%
Daño antrópico	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,7%	0	0,0%	0	0,0%
Sin daño	5	7,5%	0	0,0%	2	3,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Secos	28	41,8%	29	43,3%	29	49,2%	30	50,8%	30	50,8%	30	50,8%
No aplica	4	-	4	-	12	-	12	-	12	-	12	-
Total	67	-	67	-	59	-	59	-	59	-	59	-
Total acumulado	71	-	71	-	71	-	71	-	71	-	71	-

Figura 6-21. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2022



En la Figura 6-22 se muestran ejemplos de daño por ramoneo, en la temporada 2022.

Figura 6-22. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo en el año 2022



#### 6.4.1.5 Análisis de la dinámica de los algarrobos

El género *Prosopis* posee 44 especies arbustivas y arbóreas que se distribuyen principalmente en ambientes áridos y semiáridos de Sudamérica, conformando poblaciones vinculadas históricamente con los habitantes del desierto (Álvarez y Villagra, 2009).

En Chile, *Prosopis alba* se distribuye en el extremo norte, específicamente en las quebradas costeras de la región de Arica y Parinacota (Luebert & Pliscoff, 2006), en la Pampa del Tamarugal y siguiendo la quebrada del río Loa hasta su desembocadura (Luebert & Pliscoff, 2006, Rodríguez *et al.* 1983, Altamirano & Donoso, 2006).

Al igual que la mayoría de las especies del género *Prosopis*, *P. alba* desarrolla un sistema de raíces dimórfico, con raíces verticales pivotantes que profundizan varios metros y raíces superficiales que se extienden lateralmente y que facilita el acceso al agua en profundidad y superficial, lo que, además, permite redistribuir el agua en el perfil de suelo (Cisneros & Moglia, 2017; Villagra *et al.*, 2010).

Se desconoce la profundidad máxima de enraizamiento de esta especie, pero hay evidencias de que puede llegar a desarrollar raíces superficiales laterales de más de 30 m que absorberían principalmente agua de lluvia infiltrada en el suelo (Villagra *et al.*, 2010). Además, existen evidencias directas (análisis isotópico) e indirectas que muestran que puede acceder a la napa freática si ésta se encuentra entre los 13 y 17 metros de profundidad (Jobbágy *et al.*, 2008; Villagra *et al.*, 2010).

El caso de los ejemplares de algarrobo de la quebrada de Camar, estos aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última en el sector de Camar se ubica a más de 50 m. Dicha afirmación se basa en el estudio isotópico de fuentes de agua y agua xilemática de algarrobo realizado por el CRICYT (2018), al verificar que los algarrobos de Camar estarían consumiendo principalmente agua de horizontes superficiales del suelo, considerando que el agua xilemática de los ejemplares medidos presenta firmas isotópicas distintas a la del agua subterránea y al agua superficial.

Por lo anteriormente indicado, es que se analiza la relación de la vitalidad con dos factores que afectan directamente el balance hídrico en la Quebrada de Camar: Las precipitaciones y las temperaturas medias de los meses cálidos en los últimos años en el Salar de Atacama.

#### Régimen de precipitaciones

Tal como se indicó previamente, los algarrobos objeto de monitoreo se ubican en el cono aluvial de la quebrada de Camar, los que se originaron posiblemente mediante el depósito de semillas provenientes del sector alto la quebrada y cuyo principal aporte hídrico proviene de las esporádicas escorrentías debido a las lluvias estivales altoandinas, las que se infiltran por los horizontes superficiales arenosos hasta el horizonte arcilloso (CRICYT, 2018).

La precipitación anual ha presentado importantes variaciones en todo el periodo de monitoreo (2006 – 2022). Es así como, en los primeros años de monitoreo (2006 – 2010) se presentó un periodo de sequía, en el cual, los montos de lluvia fueron escasos (<15 mm anuales), siendo el periodo más seco en los años de monitoreo. En este periodo se verifica una importante disminución de ejemplares en categoría crecimiento normal y un aumento del número de nuevos ejemplares en categoría secos (12 secos en 2006 a 23 en 2011).

Luego de esto, la precipitación presenta una tendencia alcista, pero con significativas oscilaciones interanuales. Pese al aumento en las precipitaciones, el número de los ejemplares normales y vigorosos no ha aumentado ni se ha estabilizado, lo que se puede explicar principalmente por la modificación de la red de drenajes y los efectos de aluviones debido a precipitaciones extremas.

Por una parte, Hidroestudios (2020) a partir de imágenes satelitales identificó una modificación de la red de drenaje en la quebrada de Camar, la cual generó una reactivación de un(os) cauce(s) en el lóbulo sur del

abanico y un progresivo abandono del sistema de cauces en el sector norte y centro de la población de algarrobos. Es así como, previo al año 2008, el escurrimiento desbordaba principalmente hacia el norte. Posteriormente, producto de un desborde del cauce principal producido 1.200 metros aguas arriba del pozo Camar-2, el escurrimiento se dirige con mayor flujo hacia el sur.

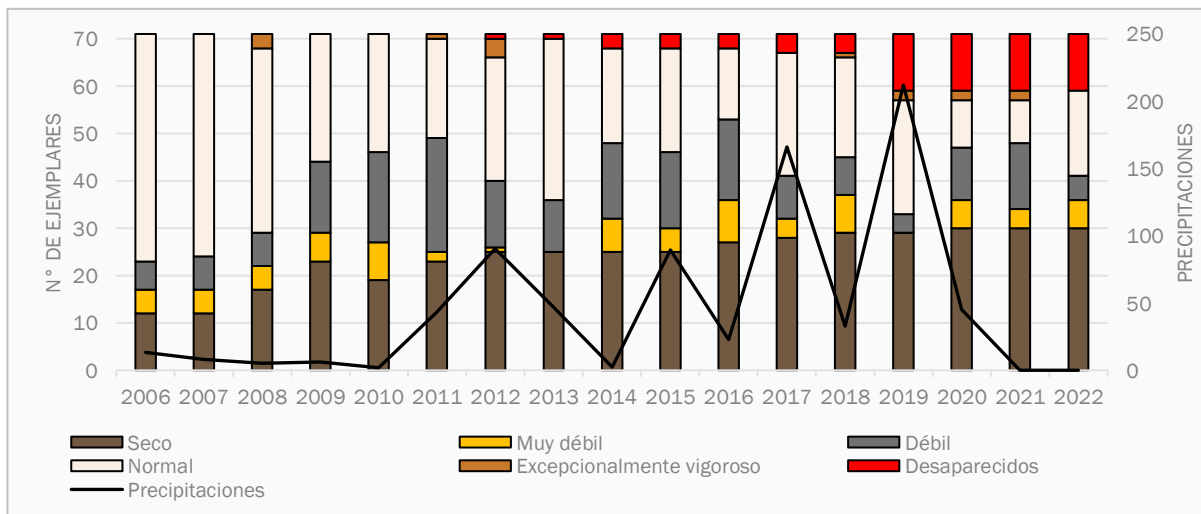
Figura 6-23. Modificación de los escurrimientos superficiales en el sector de Camar



Fuente: Hidroestudios, 2020

Esta modificación de cauces sería una de las causas principales del detrimento de la vitalidad y la disminución del porcentaje de copa viva en los algarrobos en el sector norte, al disminuir del aporte hídrico relacionado a escurrimientos superficiales y subsuperficiales. Estos efectos se observan tanto en la Figura 6-24, y Figura 6-28. En particular, se observa que la categoría seco tuvo un aumento desde el inicio del monitoreo; mientras que las categorías intermedias muy débil y débil muestran oscilaciones, sin una tendencia en el tiempo. La categoría crecimiento normal evidencia disminuciones en el número de ejemplares descritos en cada periodo, pasando de 48 individuos en 2006 a 18 en 2022.

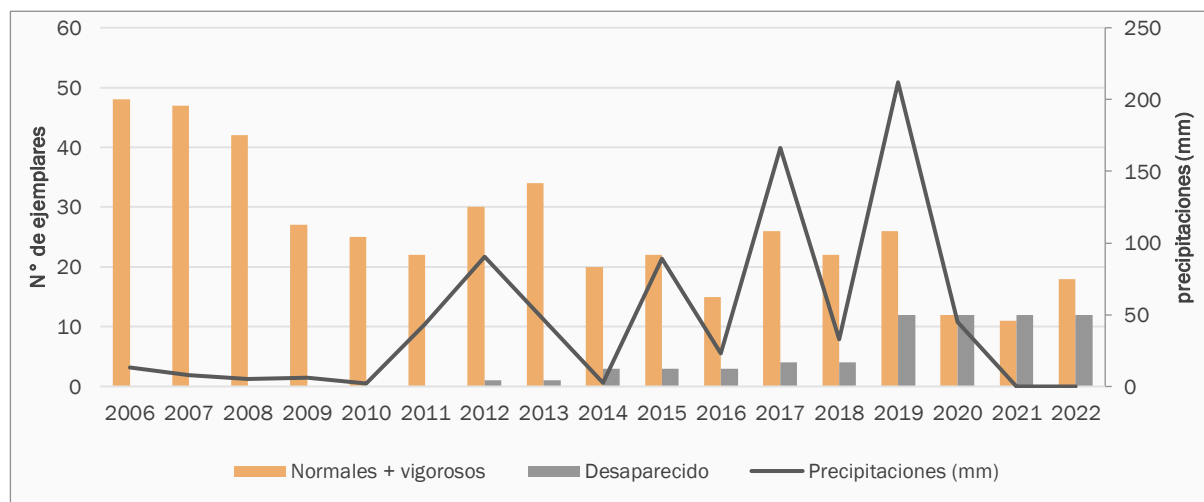
Figura 6-24. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2022



Por otra parte, los aluviones producto de precipitaciones han sido una de las causas del descepeado y posterior desaparición de algunos de los ejemplares de algarrobos. En efecto, a lo largo del monitoreo se han visualizado ejemplares de algarrobo enterrados y/o desprendidos del suelo por efecto de la activa dinámica aluvial en el sector, asociada a las intensas precipitaciones, especialmente en los periodos 2012, 2017 y 2019. El fenómeno de mayor incidencia se produjo en el 2019, donde precipitaron 212 mm (según la estación Camar de la DGA) provocando un evento aluvial de gran volumen, el cual desprendió ocho ejemplares. En 2020 y 2021, se registraron precipitaciones similares a las presentadas en el año 2013, sin ocurrir desapariciones de los individuos ya existentes y presentes en el área. En el periodo actualmente reportado (2022) las precipitaciones fueron escasas, al igual que el año anterior, sin identificarse ejemplares desprendidos.

Es necesario indicar que, no sólo los eventos aluviales han sido responsables de la desaparición de ejemplares desaparecidos. Por ejemplo, en el año 2014 prácticamente no llovió, registrando una precipitación anual de 2,4 mm, pero sí se registraron dos ejemplares desaparecidos, de los cuales no se tienen antecedentes de su causalidad.

Figura 6-25. Número de ejemplares en la categoría normales y vigorosos, desaparecidos por año de monitoreo y su relación con las precipitaciones en la zona

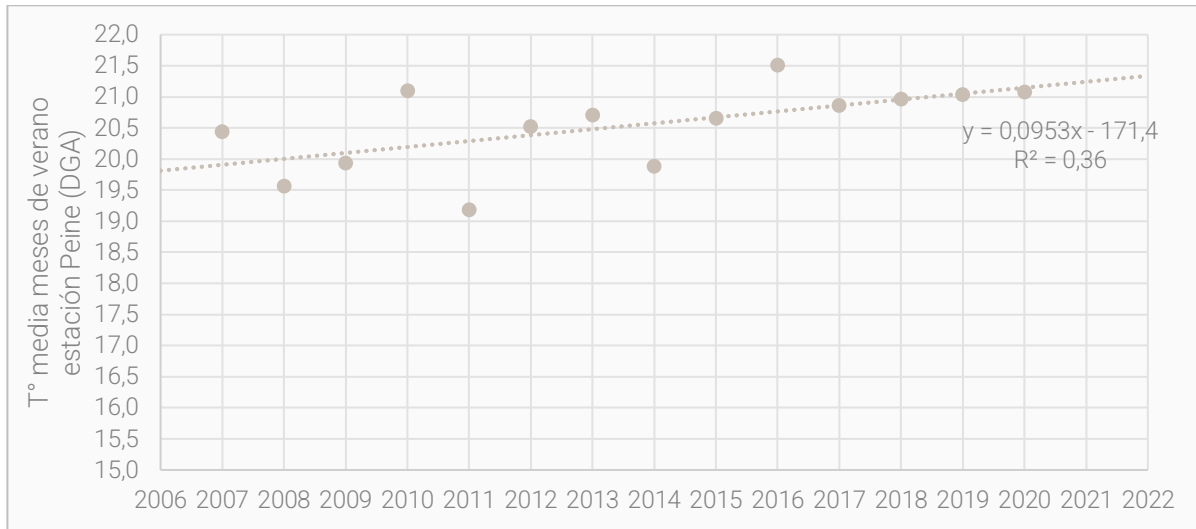


Cambios en la temperatura media de los meses cálidos

La temperatura se considera un factor (que junto a otros mencionados anteriormente) influiría en la vitalidad de las plantas que habitan el Borde Este del Salar (incluida la población de algarrobos en Camar).

Utilizando como referencia la Estación de Camar, la temperatura media ha evidenciado un aumento desde 2007 a la fecha (Figura 6-26), el cual bordea los 0,6 °C con oscilaciones interanuales, con una mínima de 19,2 °C en 2011 y máxima de 21,5 °C en 2016. La correlación de la temperatura en el tiempo es positiva y significativa (pendiente= 0,095 y valor-p= 0,02).

Figura 6-26. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) en la estación Peine (DGA), para el periodo 2007 – 2022

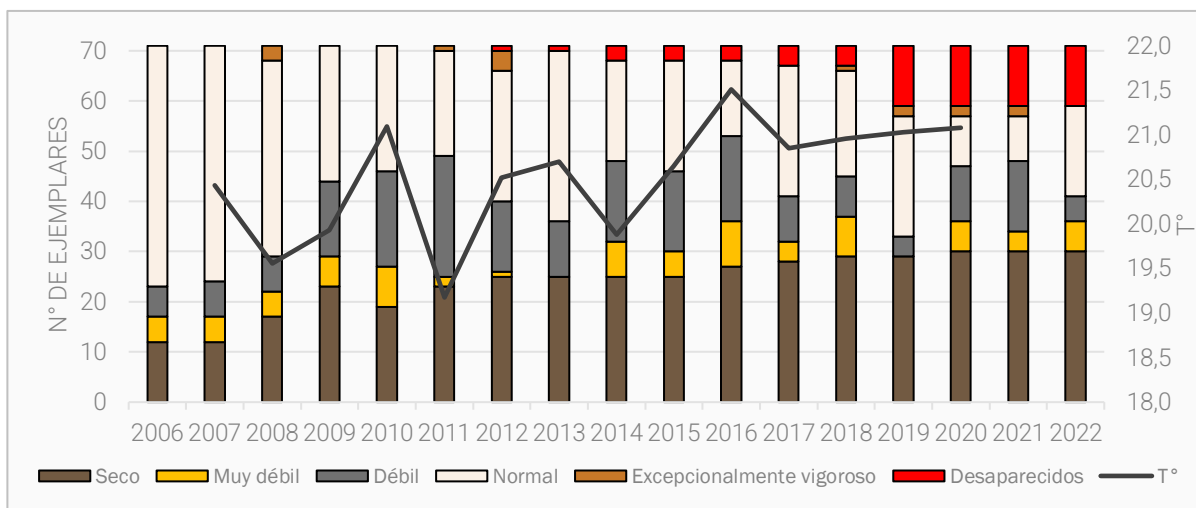


\*Sin datos en la estación meteorológica para el año 2021 y 2022.

La temperatura media alcanzada en los meses de verano podría ser un factor que, junto a los factores hídricos mencionados en la sección anterior, influirían en la vitalidad de la población de algarrobos, al disminuir el tiempo de retención de la humedad en el suelo producto de la evaporación, lo que implicaría un aumento en la demanda evaporativa tanto de los árboles y otras especies de la quebrada de Camar como para el suelo, tornando el ambiente más seco.

Tal como se observa en la Figura 6-27, la temperatura media de los meses cálidos (diciembre – marzo) tiene una leve tendencia al alza, al igual que la cantidad de individuos secos y disminución de aquellos en categoría de crecimiento normal.

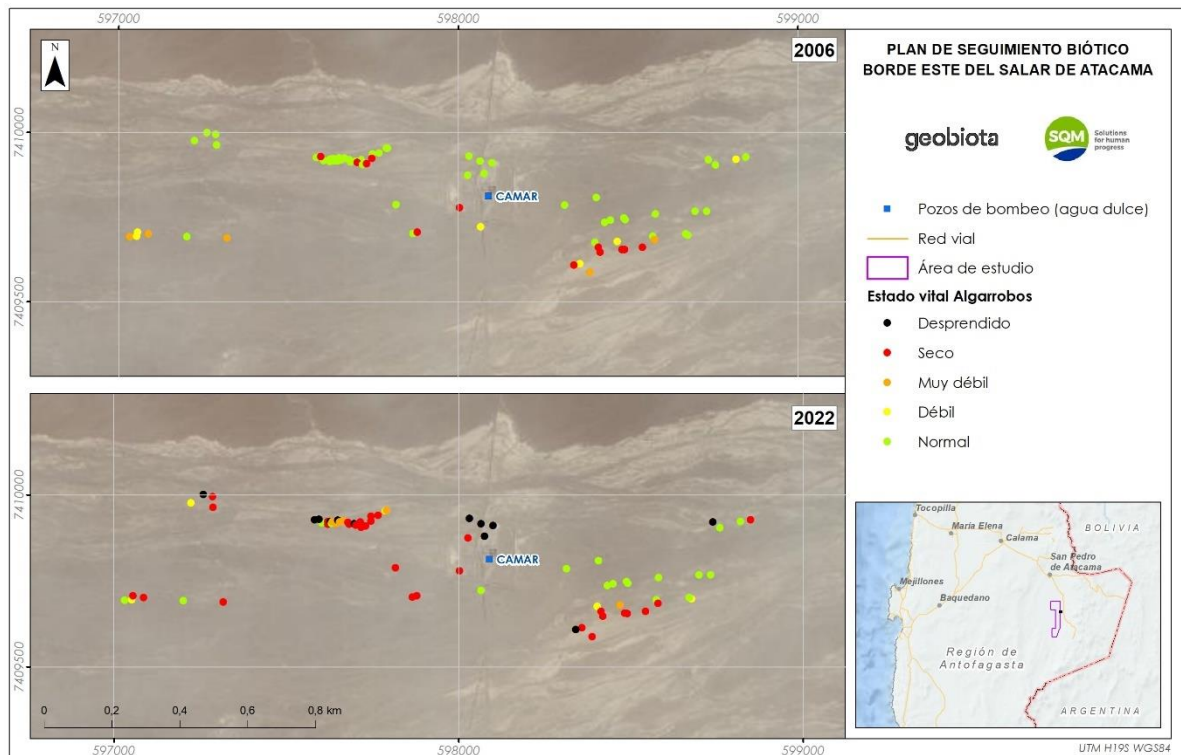
Figura 6-27. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) y número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2022



Es necesario indicar que, por sí solo, el aumento de la temperatura no explicaría el detrimento de la vitalidad de la población de algarrobos, sino que la integración de esta variable en el sistema. Todo esto, considerando que el régimen de precipitaciones sería el principal aportante a la escorrentía superficial, a la dinámica activa aluvial debido a precipitaciones extremas y a los cambios en la red de drenaje en el sector.

Evidentemente hay otros factores que están actuando de manera concomitante sobre el estado de la población de algarrobos, como lo es el ramoneo de burros asilvestrados. Sin embargo, al no contar con datos históricos completos no es posible generar relaciones de causalidad directa. Pese a lo anterior, los datos medidos desde el periodo 2017 muestran que entre un 86,8% a un 100,0% de los algarrobos vivos ha presentado signos de impacto por daño animal. Este nivel de afectación sobre los algarrobos puede ser significativa e irreparable en ejemplares cuyo follaje está completamente disponible para el ramoneo, como lo son pequeños y medianos individuos, debido a una reducción al mínimo de la cobertura fotosintéticamente activa y la pérdida de tallos con poca lignificación. Asimismo, se deben considerar los daños sobre ejemplares adultos, cuyos efectos acumulados también pueden ser considerables en el tiempo.

Figura 6-28. Estado vital de los algarrobos en el periodo 2006 y 2022 (actual) en el sector de Camar



### 6.4.2 Fisiología de Algarrobos

En la campaña de abril 2022, no se encontraron diferencias en el  $\Psi_{pa}$  entre los cauces centro-sur y norte, observando un valor promedio de -2,74 MPa (Tabla 5-45), donde los valores individuales por árbol fluctuaron entre -1,6 y <-4,0 MPa. Considerando que durante la pre-alba, el potencial de la ramilla está en equilibrio con el potencial hídrico del suelo (Bucci et al., 2004), y que por lo tanto este es un indicador indirecto del estado



hídrico del suelo, se puede deducir que no hay diferencias en el estado hídrico del suelo entre los cauces estudiados. La medición de potencial a mediodía, que refleja el potencial hídrico de la ramilla (Johnson et al., 2018), tampoco mostró diferencias entre los cauces, observándose un valor promedio de -3,60 MPa (Tabla 3), fluctuando entre -2,3 y <-4,0 MPa. El valor de potencial en mediodía es más negativo que el medido en pre-alba, debido al mayor déficit de presión de vapor presente al mediodía, lo que produce una mayor tensión sobre la columna de agua de los árboles.

Dentro de la gran variación de potencial hídrico observado entre los árboles en estudio, se destacan los árboles A12, A21, A22 y A30, ubicados en el cauce norte, y los árboles A04, A07, A08, A38, A41, A43 y A58, ubicados en el cauce centro-sur. En estos árboles solo se pudo seleccionar una ramilla por medición en pre-alba y mediodía. La mayoría de estos árboles presentan una baja cobertura (Anexo 5.2), y casi ninguna ramilla que haya crecido en la última temporada. Otros árboles, que presentan una mayor cobertura (A21, A04, A07 y A58) tampoco presentan ramillas de la última temporada, y sus ramillas son demasiado gruesas para la medición en la cámara de presión. Esta falta de ramillas apropiadas para la medición se debe al ramoneo producido por burros que hay en la zona y que se alimentan de individuos de Algarrobos y a que vegetativamente, la regeneración de ramillas que tienen estos árboles es medianamente lenta.

De estos árboles, el A22 no registra un valor de potencial en pre-alba debido a que la ramilla fue destruida por la presión ejercida, mientras que el árbol A41 registra el valor más negativo en pre-alba (<-4,0 MPa), lo que se debe a que estas ramillas no presentaban hojas. Al mediodía, estos árboles registran valores bajos de potencial (<-4,0 y 3,9 MPa. respectivamente).

Al mediodía también se registran valores inferiores a -4,0 MPa en los árboles A12, A04, A08, A38 y A58, mostrando un estado hídrico más desfavorable. Se pudo observar en terreno, que al pasar el límite de los -4,0 MPa, las ramillas no dan una lectura de potencial hídrico o eran destruidas por la presión ejercida sobre ellas.

Por el contrario, los árboles A43 y A21, a pesar de que no presentan ramillas suficientes, presentan un buen estado hídrico, alcanzando en pre-alba -1,6 y -2,6 MPa respectivamente, mientras que a mediodía alcanzan -2,3 y -3,1 MPa respectivamente.

Otros algarrobos medidos fuera del área de estudio, con buena disponibilidad hídrica, evaluados en la Quebrada de Camar en la misma fecha que los de este estudio, tuvieron un valor promedio de -2,70 MPa en pre-alba y -3,21 MPa a mediodía (Anexo 5.2). En pre-alba los valores son similares ( $p=0,8926$ ), sin embargo, al mediodía los algarrobos fuera del área de estudio presentan un mejor estado hídrico con un nivel de confianza del 90% ( $p=0,0833$ ). Esto puede ser resultado del acceso de estos a una fuente hídrica, que permite un mayor crecimiento de estos árboles (Anexo 5.2).

Los valores de potencial hídrico de pre-alba y mediodía obtenidos en esta campaña son más bajos que los observados en diciembre de 2021 y marzo de 2022 en este mismo grupo de Algarrobos (Tabla 6-32). Este

cambio temporal de potenciales coincide con lo evaluado en *Prosopis tamarugo*, donde se observa un patrón de mayor potencial hídrico de pre-alba en la época estival (SAP, 2021).

Tabla 6-32. Potencial hídrico de pre-alba y potencial hídrico de mediodía medidos entre 2017 y 2022 en árboles en el Área de Estudio

Año	Mes	$\Psi_{pa}$ (MPa)	$\Psi_{md}$ (MPa)
2017	enero	-1,69±0,10	-2,54±0,22
2020	noviembre	-2,13±0,06	-2,95±0,07
2021	julio	-4,10±0,16	-4,68±0,67
2021	diciembre	-2,38±0,10	-3,29±0,10
2022	marzo	-2,68±0,13	-3,45±0,11
2022	abril	-2,74±0,19	-3,60±0,12

Por otro lado, la conductancia estomática muestra diferencias entre los cauces norte y centro-sur, alcanzando los valores más bajos de conductancia en los árboles del cauce norte (gs de 144,9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, indicando una afectación en el estado hídrico de estos árboles al registrar un cierre parcial de estomas que reduce la transpiración. Así mismo, se observa en el anexo 5.2 que los árboles fuera del área de estudio tuvieron un valor de 215,3 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, el que se diferencia significativamente con los árboles en el área de estudio (p=0,0299) reflejando un mejor estado hídrico. Respecto a esta variable, Giordano et al. (2011) señalan valores de alrededor de 250 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para árboles en contacto con la napa freática, y valores inferiores a 60 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para árboles con dificultad de acceso a la napa freática en el desierto del monte central en Argentina.

## 6.5 Monitoreo de fauna

En el Anexo 6.2, se presenta el catastro de especies con la composición de fauna en el área de estudio registrada a lo largo de los 17 años de monitoreo. Entre estas se incluye la campaña de Línea Base, realizada el año 2006, una campaña en etapa pre-operacional efectuada el año 2007, y quince campañas de monitoreo en etapa operacional, realizadas desde el año 2008 hasta el 2022. De acuerdo con las prospecciones de terreno efectuadas desde abril de 2006 hasta abril de 2022, el listado de fauna silvestre del Borde Este del Salar de Atacama está compuesto por un total de 72 especies. Estas corresponden a 1 anfibio, 3 reptiles, 59 aves (19 Passeriformes y 40 no Passeriformes) y 9 mamíferos.

Se debe mencionar que, a partir de la revisión de los antecedentes de literatura, así como a la revisión del registro correspondiente a la especie *Liolaemus paulinae* cf., se descartó definitivamente su presencia en el Borde Este del Salar<sup>18</sup>. De esta forma, no hay un incremento neto en la riqueza de especies.

<sup>18</sup> Las especies *Liolaemus puna* y *Liolaemus paulinae* son confundidas debido a similitudes en su morfología y en la coloración, diferenciándose solo por su rango de distribución geográfica: *L. paulinae* se encuentra principalmente en los alrededores del Río Loa (Donoso-Barros, 1961; Pincheira-Donoso & Núñez, 2005, Demangel, 2016; Mella, 2017), mientras que *Liolaemus puna* se encuentra descrita para las regiones de Tarapacá y Antofagasta, donde habita en ambientes arbustivos en las inmediaciones de San Pedro de Atacama, entre otras. Por lo anterior, el registro de *L. paulinae* se modifica, estableciendo el ejemplar como *Liolaemus puna*, con lo cual se establece la presencia de solo tres especies de reptiles en el área de estudio (Borde Este del Salar de Atacama).

De las 72 especies descritas en el catastro del PSA, todas corresponden a especies nativas, de las cuales, dos son endémicas de nuestro territorio nacional, perteneciendo exclusivamente a la clase Reptilia. En términos de sus categorías de conservación, 22 especies presentan alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE).

### 6.5.1 Transectos para la evaluación de reptiles

Para los siguientes análisis es importante destacar que durante el periodo 2020 no hubo acceso al Cruce Camar correspondiente a los hábitats de Brea-Cachiyuyo, Pajonal y Marginal salar, tampoco para Aguas de Quelana en los ambientes de Pajonal y Marginal salar., y tampoco hubo acceso al sector de Peine (laguna Interna), en el ambiente de Salar. Como consecuencia, los resultados evidencian una baja abundancia para ese periodo, producto del muestreo incompleto Figura 6-29. Durante el 2022, el muestreo se desarrolló con normalidad.

La Tabla 6-33 muestra la abundancia total de reptiles por especie, registrados en cada uno de los años de monitoreo. En base a las observaciones, la abundancia de reptiles de la campaña 2022 es menor al promedio para el total de especies detectadas en el área de estudio durante los años 2006-2022 (*L. constanzae*, *L. fabiani* y *L. puna*). Al comparar estos valores con los últimos diez años de muestreo (2013-2022), corresponde a la tercera abundancia más baja después del 2020 y 2021 (Tabla 6-33, Figura 6-29). Sin embargo, es un valor que se encuentra por sobre los valores registrados en los años con mínimos históricos durante todos los años de monitoreo (2009, 2010 y 2020). Es importante destacar que la abundancia registrada para *Liolaemus puna* en este periodo, es la tercera más abundante en comparación los últimos diez años de datos (2013-2022). Para esta especie se describe un patrón de rango unimodal, con un estrecho rango de actividad entre las 9 y 15 hrs (Labra y Vidal, 2003), por lo que la hora en la que se realizan los transectos tiene una importancia particular para su detección. Con relación a *Liolaemus constanzae* durante el presente año se registró un aumento en su abundancia con respecto a la campaña anterior, no así para el caso de *Liolaemus fabiani*, especie que presentó una menor abundancia en comparación con el 2021.

Tabla 6-33. Abundancia promedio de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2022

Item	Año	<i>Liolaemus constanzae</i>	<i>Liolaemus fabiani</i>	<i>Liolaemus puna*</i>	Total
Abundancia	2006	1,67	5,66	0,00	7,30
	2007	5,00	5,66	0,00	10,61
	2008	1,67	6,99	0,00	8,64
	2009	3,00	2,66	0,00	5,64
	2010	2,99	0,33	0,00	3,32
	2011	7,67	7,66	0,00	15,28
	2012	5,34	8,67	0,00	13,94
	2013	8,99	8,99	0,00	17,97

Tabla 6-33. Abundancia promedio de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2022

Item	Año	<i>Liolaemus constanzae</i>	<i>Liolaemus fabiani</i>	<i>Liolaemus puna*</i>	Total
	2014	5,33	6,00	0,00	11,28
	2015	14,34	11,67	2,33*	28,01
	2016	15,66	4,66	3,99	24,31
	2017	10,34	7,33	0,67	18,34
	2018	3,99	7,34	0,33	11,63
	2019	7,53	3,96	0,00	11,49
	2020	2,34	0,67	0,00	3,01
	2021	3,65	5,65	0,33	9,63
	2022	5,66	3,33	2,00	10,99
Abundancia promedio		6,19	5,72	0,57	12,43

\* Se descarta la presencia de *L. cf. Paulinae* (2015), clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

## 6.5.2 Transectos para la evaluación de aves en ambientes terrestres

Durante el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) 2006-2022, en el Borde Este del Salar de Atacama, las aves terrestres se han caracterizado por exhibir bajas abundancias, independiente de la cobertura y composición de la vegetación predominante en los distintos hábitats (Anexo 6.2). En la campaña correspondiente al monitoreo de abril de 2022, se registraron cinco especies de aves asociadas a transectos en ambientes terrestres. La abundancia de ejemplares fue baja, existiendo concordancia con los registros en años anteriores. Considerando las distintas campañas del PSA, se pueden observar fluctuaciones en el tiempo en cuanto al registro de las distintas especies, detectándose en algunos casos especies en forma intermitente e incluso, algunos años sin avistamientos (Tabla 6-34). De las 37 especies de aves catalogadas en los ambientes terrestres hasta la fecha, 16 tienen registros en solo uno de los diecisiete años de seguimiento. En contraparte, dos especies (*Geranoaetus polyosoma* y *Anthus correndera*) mostraron el mayor grado de presencia, siendo detectadas en 10 y 11 de los diecisiete años de monitoreo, respectivamente.

En cuanto al número de especies identificadas anualmente a lo largo del PSA, este parámetro ha fluctuado entre 4 y 12 especies, con un promedio de 7,5 especies por año. Durante la campaña de 2022 se detectó 5 especies, al igual que en las campañas del 2006, 2007, 2010, 2011 y 2018. Este valor se encuentra por debajo del promedio, pero corresponde a un valor mayor al mínimo histórico, que correspondió al año 2008, con 4 especies. Por otra parte, los mayores registros fueron obtenidos en los años 2013, 2014 y 2016, con 12 especies en cada uno (Tabla 6-34).

Tabla 6-34. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2022

Especies observadas	Abundancia (*)																	Pro-medio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
1 <i>Agriornis microptera</i>	-	-	-	1	0,67	0,33	(**)	0,67	0,66	-	-	(**)	-	-	-	-	-	0,20
2 <i>Agriornis montanus</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	2,33	(**)	-	-	0,33	-	0,67	0,23
3 <i>Anthus correndera</i>	1,33	0,33	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	-	0,33	1,67	-	-	2	-	0,33	-	0,43
4 <i>Asthenes modesta</i>	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
5 <i>Athene cunicularia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	0,33	-	-	1	-	-	-	0,08
6 <i>Bartramia longicauda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,02
7 <i>Bubulcus ibis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	0,02
8 <i>Calidris bairdii</i>	-	-	-	-	-	-	3	2,34	6,67	-	0,66	0,67	0,66	-	-	-	-	0,82
9 <i>Charadrius alticola</i>	-	-	-	-	-	-	4	3,67	5,67	2	4,01	2	0,33	-	-	1	-	1,33
10 <i>Chroicocephalus serranus</i>	-	-	-	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
11 <i>Circus cinereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	(**)	-	0,33	-	-	-	0,04
12 <i>Falco peregrinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,02
13 <i>Geositta punensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,67	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04
14 <i>Geranoaetus polyosoma</i>	-	-	(**)	(**)	0,33	(**)	(**)	0,33	0,33	0,33	-	-	-	-	0,66	0,99	1	0,23
15 <i>Hirundo rustica</i>	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,33	0,04
16 <i>Leptasthenura aegithaloides</i>	-	0,33	-	-	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06
17 <i>Lessonia oreas</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	(**)	-	-	0,04
18 <i>Metriopelia aymara</i>	-	-	-	0,33	-	-	-	0,67	10,67	-	8,67	(**)	1	0,5	-	-	-	1,28
19 <i>Metriopelia melanoptera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	0,67	-	-	0,19
20 <i>Muscisaxicola cinereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	0,02

Tabla 6-34. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2022

Especies observadas	Abundancia (*)																	Pro-medio (***)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
21 <i>Muscisaxicola flavinucha</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1	-	-	0,11
22 <i>Muscisaxicola frontalis</i>	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02
23 <i>Muscisaxicola maculirostris</i>	-	0,33	(**)	0,67	0,66	1,66	(**)	0,33	0,66	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31
24 <i>Oreopholus ruficollis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,67	-	-	-	0,16
25 <i>Parabuteo unicinctus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,02
26 <i>Phalaropus tricolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,33	-	-	-	-	-	-	-	0,78
27 <i>Phalcooboenus megalopterus</i>	-	0,33	(**)	(**)	-	-	-	-	-	0,33	-	(**)	-	-	0,33	-	1	0,12	
28 <i>Phoenicoparrus andinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,33	5	0,66	5,66	1,33	-	5	-	0,33	-	1,14	
29 <i>Phoenicoparrus jamesi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33	-	14	4	-	-	-	1,25	
30 <i>Phoenicopterus chilensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,04	
31 <i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0,06	
32 <i>Recurvirostra andina</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	
33 <i>Sicalis auriventris</i>	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	
34 <i>Leistes superciliaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	
35 <i>Thinocorus rumicivorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	0,02	
36 <i>Upucerthia dumetaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	
37 <i>Zonotrichia capensis</i>	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	3,5	-	-	-	0,24	
Número de especies	5	5	4	7	5	5	6	12	12	9	12	8	5	10	8	6	5	37	
Abundancia acumulada	2,32	1,65	0	2,33	2,32	2,65	7,33	11	30,65	6,31	40,98	4	16,32	22	3,65	3,31	3,33	-	

(\*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m. (un transecto por tres días).

Tabla 6-34. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2022

Especies observadas	Abundancia (*)																Pro-medio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	

(\*\*) Al menos un ejemplar registrado fuera del tiempo de recorrido (fuera de transecto). Estos ejemplares no son incluidos en el cálculo de Abundancia.

(\*\*\*) El cálculo del promedio se realizó considerando todos los años evaluados, incluyendo aquellos en los que no se observaron ejemplares.

Históricamente, el sector que registra la mayor riqueza de especies es Cruce SQM, con 20 especies, mientras que Cruce Camar, Vega de Carvajal y Aguas de Quelana muestran valores similares entre sí, con 17, 16 y 16 especies registradas, respectivamente. Por su parte, durante el periodo 2022, en el sector de laguna Interna, se registraron cinco especies, las que se caracterizan por ser especies acuáticas y/o estar asociadas a ambientes acuáticos y salobres (*Calidris bardii*, *Charadrius alticola*, *Lessonia oreas*, *Phalaropus tricolor* y *Phoenicopterus chilensis*). La baja riqueza de especies en este sector se puede explicar por la baja representatividad de muestreo para este grupo, en particular si se considera la realización de un único transecto en este ambiente (Salar), asociado a la presencia de especies de ambientes acuáticos (Tabla 6-35).



Tabla 6-35. Indicadores generales de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2022

Indicador	Vega de Carvajal	Cruce Camar	Aguas de Quelana	Cruce SQM	Peine – Laguna Interna
Riqueza acumulada	16	17	16	20	5
Abundancia promedio*	0,61	0,29	0,35	0,46	0,98
Especies más abundantes (N° de individuos**)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64)	<i>Metriopelia aymara</i> (22)	<i>Charadrius alticola</i> (33)	<i>Metriopelia aymara</i> (27)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40)
	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (34)	<i>Metriopelia melanoptera</i> (10)	<i>Calidris bardi</i> (25)	<i>Charadrius alticola</i> (19)	<i>Charadrius alticola</i> (12)
Especies registradas en sólo un sector (N° de individuos**)	<i>Asthenes modesta</i> (+)	<i>Athene cunicularia</i> (4)	<i>Falco peregrinus</i> (1)	<i>Bubulcus ibis</i> (1)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40)
	<i>Circus cinereus</i> (2)	<i>Bartramia longicauda</i> (1)	<i>Parabuteo unicinctus</i> (1)	<i>Geositta punensis</i> (2)	
	<i>Chroicocephalus serranus</i> (+)	<i>Muscisaxicola cinereus</i> (1)	<i>Muscisaxicola frontalis</i> (1)	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (3)	
	<i>Oreopholus ruficollis</i> (8)	<i>Metriopelia melanoptera</i> (10)		<i>Recurvirostra andina</i> (1)	
	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64)	<i>Leistes superciliaris</i> (1)	<i>Sicalis auriventris</i> (+)		
			<i>Thinocorus rumicivorus</i> (1)		
		<i>Upucerthia dumetaria</i> (1)			
Especies compartidas	<i>Agriornis montanus</i> ; <i>Geranoaetus polyosoma</i> ; <i>Metriopelia aymara</i> ; <i>Muscisaxicola maculirostris</i> .				
	<i>Phalacrocorax macrorhynchos</i> ; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (presentes en cuatro sectores, excepto Laguna Interna)				
	<i>Calidris bardi</i> ; <i>Charadrius alticola</i> (presentes en los cinco sectores)				

\*Este valor se obtuvo a partir del promedio total en los transectos de las campañas del 2006 al 2022

\*\*Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2022.

+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto).

Fuente: Elaboración propia.

Dos especies han sido las más abundantes durante los diecisiete años de seguimiento. La primera es *Charadrius alticola* (chorlo de la puna) con un total de 68 avistamientos en transecto, la cual, es un ave asociada fuertemente a los ambientes acuáticos, lo que se refleja en la alta abundancia que alcanza en los ambientes de Marginal de salar y salar, con 53 y 12 ejemplares respectivamente, detectándose solo dos ejemplares en el ambiente de Pajonal y uno en el de Rica rica - Pingo pingo durante el transcurso del PSA. En segundo lugar, se ubica *Metriopelia aymara* (tortolita de la puna) con un total de 66 avistamientos en transectos, esta especie se distribuye ampliamente en el Borde Este del Salar, encontrándose en todos los sectores y utilizando todos los ambientes a excepción del salar, principalmente los hábitats Rica rica - Pingo pingo y Brea - Cachiyuyo, con 42 y 16 avistamientos respectivamente.

Una especie que destaca por su amplia distribución en el área de estudio es *Calidris bairdii* (playero de Baird), especie acuática detectada en ambientes de salar en laguna Interna y Marginal de salar en los cinco sectores. El mayor número de registros acumulados en transectos a lo largo del PSA son del ambiente Marginal de Salar, con 40 individuos. Otras especies relevantes en los diferentes sectores y/o ambientes son *Muscisaxicola maculirostris*, *Anthus correndera*, *Geranoaetus polyosoma*, *Agriornis montanus* y *Zonotrichia capensis*. Si bien estas especies presentan una amplia distribución en el área de estudio (i.e. en los distintos ambientes), han presentado un bajo número de ejemplares.

Respecto a las especies observadas en un único sector y/o ambiente en las distintas campañas de monitoreo, es importante señalar que la mayor parte se obtuvieron fuera de transecto o a partir de avistamientos de ejemplares en forma individual, no existiendo un registro en el tiempo. Las especies con valores de abundancia altos como *Phalaropus tricolor* (pollito de mar), registrados en el ambiente de salar en laguna Interna, corresponde a ejemplares observados durante un día de prospección, avistando 40 individuos. Esta especie, al igual que el playero de Baird, es migratoria boreal. De manera similar, el registro de 64 ejemplares de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) en el ambiente Marginal de salar en el sector de Vegas de Carvajal se obtuvo en tres oportunidades, con registros de 10, 42 y 12 individuos en los años 2016, 2018 y 2019, respectivamente. En conclusión, estas especies no son consideradas como indicadoras del sector o ambiente en que se observaron, pues son registros esporádicos. Hasta la fecha no se ha encontrado ninguna especie de ave presente en los cinco ambientes y sectores de estudio.

Tabla 6-36. Indicadores generales de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2022

Indicador	Rica rica-Pingo pingo	Brea-Cachiyuyo	Pajonal	Marginal de Salar	Salar
Riqueza acumulada de especies	21	18	13	9	5
Abundancia promedio*	0,40	0,28	0,15	0,86	0,98
Especies más abundantes (N° de individuos**)	<i>Metriopelia aymara</i> (42)	<i>Metriopelia aymara</i> (16)	<i>Anthus correndera</i> (12)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40)
	<i>Zonotrichia capensis</i> (12)	<i>Muscisaxicola maculirostris</i> (10)	<i>Metriopelia aymara</i> (5)	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (57)	<i>Charadrius alticola</i> (12)
Especies registradas en sólo un ambiente (N° de individuos**)	<i>Bubulcus ibis</i> (1)	<i>Bartramia longicauda</i> (1)	<i>Asthenes modesta</i> (+)	<i>Recurvirostra andina</i> (1)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40)
	<i>Chroicocephalus serranus</i> (+)	<i>Falco peregrinus</i> (1)	<i>Circus cinereus</i> (2)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (1)	
	<i>Metriopelia melanoptera</i> (10)	<i>Muscisaxicola cinereus</i> (1)			
	<i>Muscisaxicola frontalis</i> (1)	<i>Muscisaxicola flavinucha</i> (6)			
	<i>Oreopholus ruficollis</i> (8)	<i>Parabuteo unicinctus</i> (1)			
	<i>Sicalis auriventris</i> (+)	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (1)			
	<i>Leistes superciliaris</i> (1)				
	<i>Thinocorus rumicivorus</i> (1)				
<i>Upucerthia dumetaria</i> (1)					
Especies compartidas	<i>Anthus correndera</i> , <i>Charadrius alticola</i> , <i>Geranoaetus polyosoma</i> , <i>Metriopelia aymara</i> (presentes en cuatro ambientes)				
	<i>Agriornis montanus</i> , <i>Muscisaxicola maculirostris</i> , <i>Phalcoboenus megalopterus</i> y <i>Zonotrichia capensis</i> (presentes en tres ambientes)				

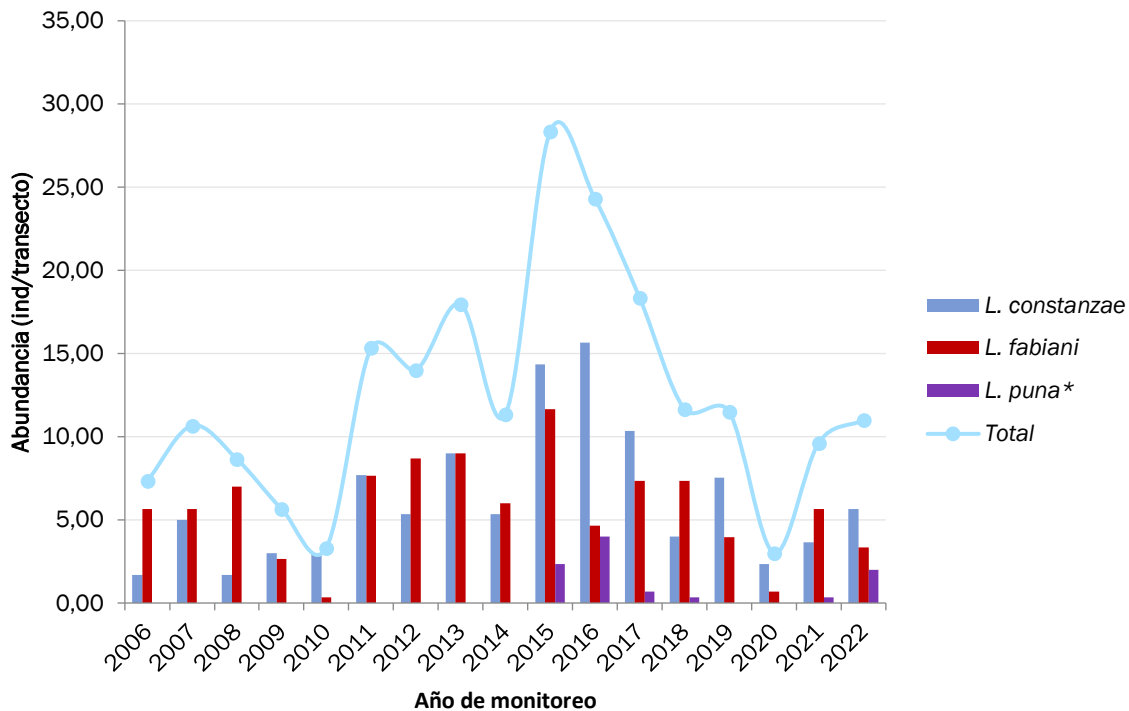
\*Este valor se obtuvo a partir del promedio total en los transectos de las campañas del 2006 al 2022

\*\*Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2022.

+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto o por registros circunstanciales).

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-29. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 – 2022.



(\*) Se descarta la presencia de *L. cf. paulinae*, clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

En términos generales, las especies más abundantes durante las diecisiete campañas de monitoreo corresponden a *L. constanzae* y *L. fabiani*, con una abundancia promedio de 6,19 y 5,72 ind/transecto, respectivamente (Tabla 6-33, Figura 6-29). Ambas especies han sido registradas durante los distintos años de monitoreo, encontrándose presentes en los cinco sectores de estudio (Figura 6-30) y en los cinco hábitats de estudio (Figura 6-31). No obstante, se puede detectar una diferenciación importante en la preferencia de hábitat de ambas especies. Por un lado, *Liolaemus constanzae* es la especie dominante en los hábitats de Rica rica-Pingo pingo y de Brea-Cachiyuyo (i.e. sectores más alejados de ambientes salinos y lacustres), mientras que *L. fabiani* predomina en el ambiente Marginal de Salar y Salar. Por su parte, en el ambiente de Pajonal ambas especies se encuentran en simpatría, siendo más abundante *L. fabiani* (Figura 6-31).

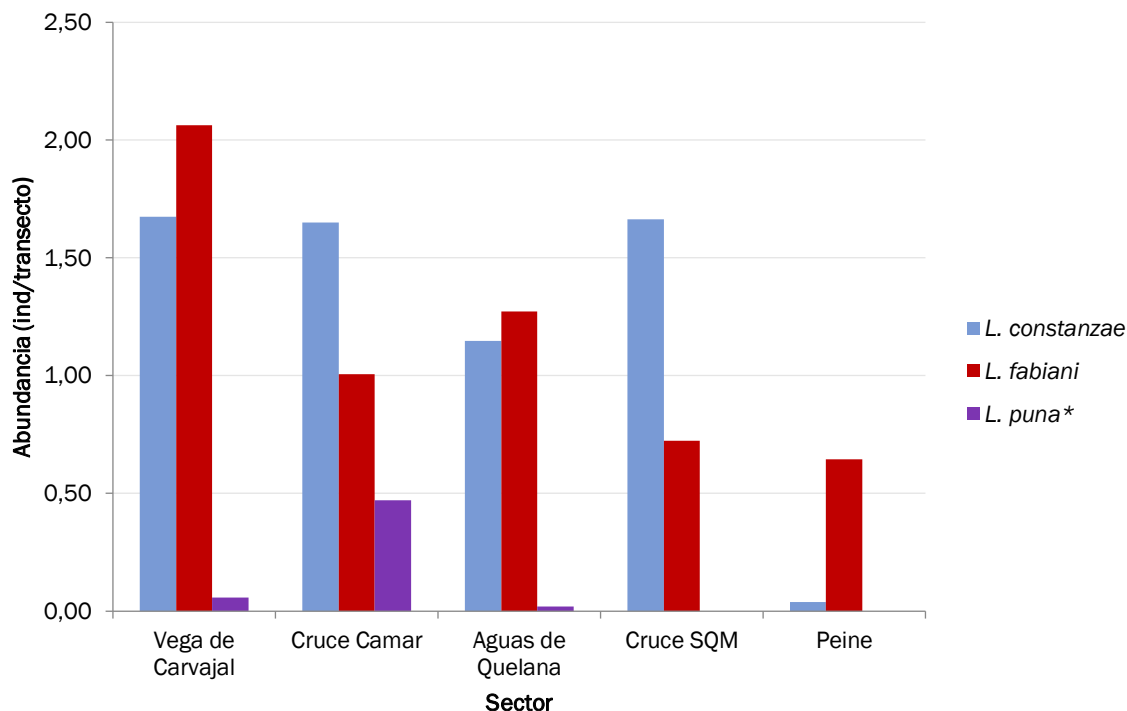
Estas variaciones en el ensamble de especies de reptiles dan cuenta del alto grado de especialización que pueden llegar a mostrar las especies de baja movilidad. Considerando las restricciones fisiológicas y/o ecológicas que presenta este taxón, con ámbitos de hogar reducidos, promueven el desarrollo de especializaciones para optimizar la utilización de los recursos disponibles en su ambiente. Este es el caso de *L. fabiani*, que habita en costras y suelos más salinos del Salar de Atacama, en cambio, *L. constanzae* habita en ambientes con vegetación, de suelos pedregosos o arenosos, siendo especialmente abundante en el ambiente de Rica rica-Pingo pingo.

Por su parte, *L. puna* ha sido registrada desde el año 2015 al 2018 y del 2021 a la presente campaña (2022), principalmente en el ambiente de Brea-Cachiyuyo, siendo detectada también en los ambientes de Marginal

Salar y Pajonal, en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce de Camar y Aguas de Quelana (Figura 6-30, Figura 6-31). En términos generales esta especie es la menos abundante, con un promedio de 0,57 ind/transecto (Tabla 6-33).

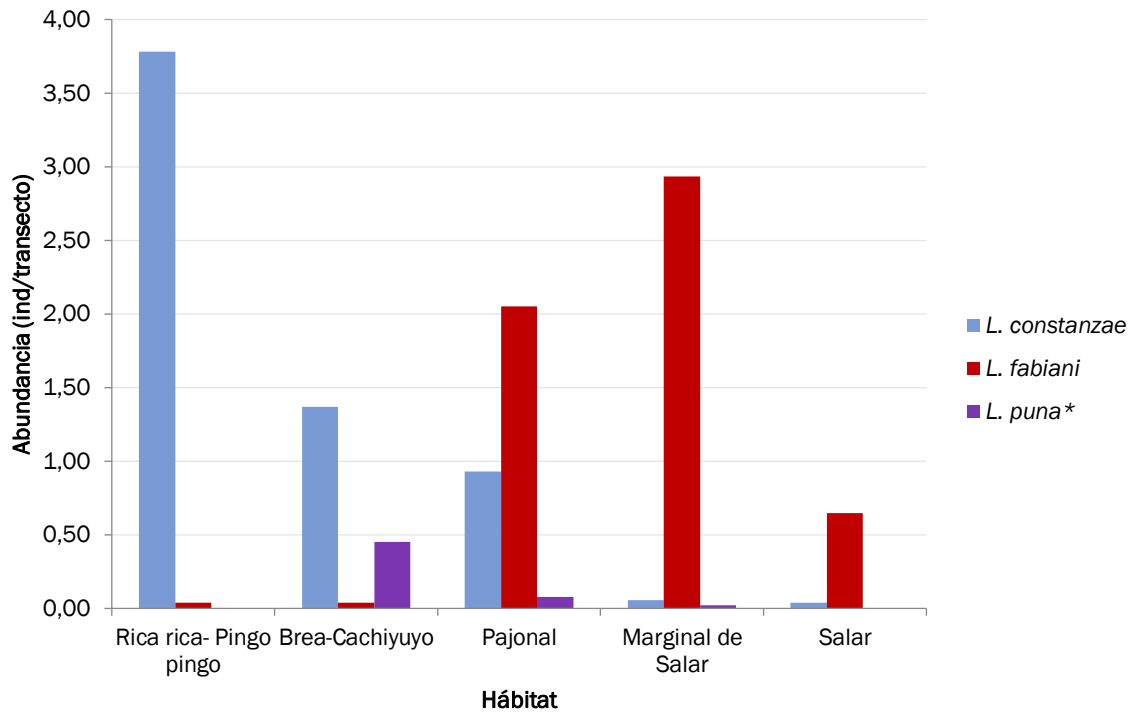
En cuanto a la predominancia por ambiente, la forma en que se distribuyen las abundancias de las tres especies de reptiles en los diferentes ambientes en la presente campaña es similar a lo observado históricamente, manteniéndose una mayor predominancia de *L. fabiani*, seguido de *L. constanzae* y *L. puna*.

Figura 6-30. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 – 2022



(\*) Se descarta la presencia de *L. cf. paulinae*, clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

Figura 6-31. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 – 2022



(\* Se descarta la presencia de *L. cf. paulinae*, clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*).

### 6.5.3 Censos para la evaluación de aves en ambientes acuáticos

En la Tabla 6-37 se presenta la abundancia de las aves acuáticas durante el periodo 2020 a 2022. Cabe destacar que durante la campaña del 2020 no se tuvo acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo cual no hay resultados para ese año, esto en marco de la Resolución N° 162/220 emitida por CONAF el 16 de marzo del 2020, que instruye el cierre de todas las áreas silvestres y protegidas del estado administradas por CONAF. Sin embargo, los análisis para el sector de Peine se realizaron utilizando referencialmente los datos del Informe del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico – PMB, del Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N° 21/2016)” Informe Semestral N° 9 Monitoreo Invierno 2020 (datos de septiembre) los cuales fueron incorporados en la base de datos histórica. Cabe destacar que estos datos no detallan cuales registros corresponden a las distintas lagunas que conforman el sistema de Peine, por lo cual se utilizaron en los análisis por sistema y no en los análisis por laguna.

En base a los resultados, la especie más abundante fue la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) durante el año 2022, alcanzado un total de 859 individuos, seguido del flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) durante el año 2021 con un total de 849 individuos contabilizados. Con relación a los años anteriores se observa un notorio incremento en ambas especies de parina, no así para el flamenco chileno (Tabla 6-37).

Las especies menos abundantes, durante el año 2022, fueron *Anthus correndera* con 1 individuo, en los años anteriores no se registró observación de individuos para la especie, seguida por *Lophonetta specularioides* con un total de 4 individuos contabilizados.

Tabla 6-37. Número de individuos de aves registradas a través de censos en ambientes acuáticos en los periodos 2020-2022

Especie	Nombre común	Número de individuos		
		2020 (*)	2021	2022
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico	-	-	1
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	24	90	284
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	4	191	111
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	5	3	46
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	15	217	40
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande	105	609	859
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Parina chica	29	135	337
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	41	849	517
<i>Phoenicopteriforme sp</i>	Flamenco sp	-	-	228
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	1	78	196
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato Juarjual	-	-	4
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	1	-	-
<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	1	-	-
N° de especies		10	8	10

(\*) Datos 2020 provienen del Informe del 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 Semestral N°9 Monitoreo Invierno 2020. Noviembre 2020.

Con relación al Sistema lacustre Soncor las especies dominantes para esta campaña son los flamencos, siendo la más abundante la parina grande, la cual se ha mantenido históricamente como la especie más abundante (Figura 6-32). Los valores registrados en este sector durante la campaña de 2022 son mayores en comparación a la campaña del 2021 pero son bajos en comparación a los años con mayor abundancia (2013, 2014 y 2015; Figura 6-32), donde se registraron sobre 2.400 individuos en cada campaña; sin embargo, los resultados del presente monitoreo se encuentran dentro de las variaciones históricas que han sido detectadas a través de los monitoreos.

Cabe destacar que este sistema corresponde a un sitio de congregación de individuos reproductivos, lo que se ve reflejado en la abundancia de pollos registrada durante los años 2007, 2008 y durante el periodo 2012 - 2016, Debido a las restricciones de ingreso al sistema lacustre, perteneciente a la reserva, en las etapas reproductivas de la especie, es relevante poner atención a la ausencia de registros observados en los últimos años y verificar el correcto desarrollo del muestreo en terreno.

Con relación a las distintas lagunas, para esta campaña las mayores abundancias de parina grande (*P. andinus*) se observaron en Puilar, mientras que el flamenco chileno (*P. chilensis*) y la parina chica (*P. jamesi*) fueron las especies más abundantes en Chaxa (Tabla 5-57; ver 5.5).

Con respecto al resto de las especies de aves presentes en el sistema lacustre Soncor (Figura 4-15Figura 4-15. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas Sistema Soncor.), se puede observar que la abundancia total en el periodo está por sobre el promedio (553 individuos). Además, históricamente Chaxa es la laguna que ha congregado el mayor número de individuos, seguido en la mayoría de las veces por Canal Burro muerto, el cual se ha posicionado en primer lugar durante las dos últimas campañas (Figura 6-33). Los datos de la campaña actual se encuentran dentro del rango normal histórico.

Figura 6-32. Abundancia de especies de flamencos en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2022 (año 2020 no censado).

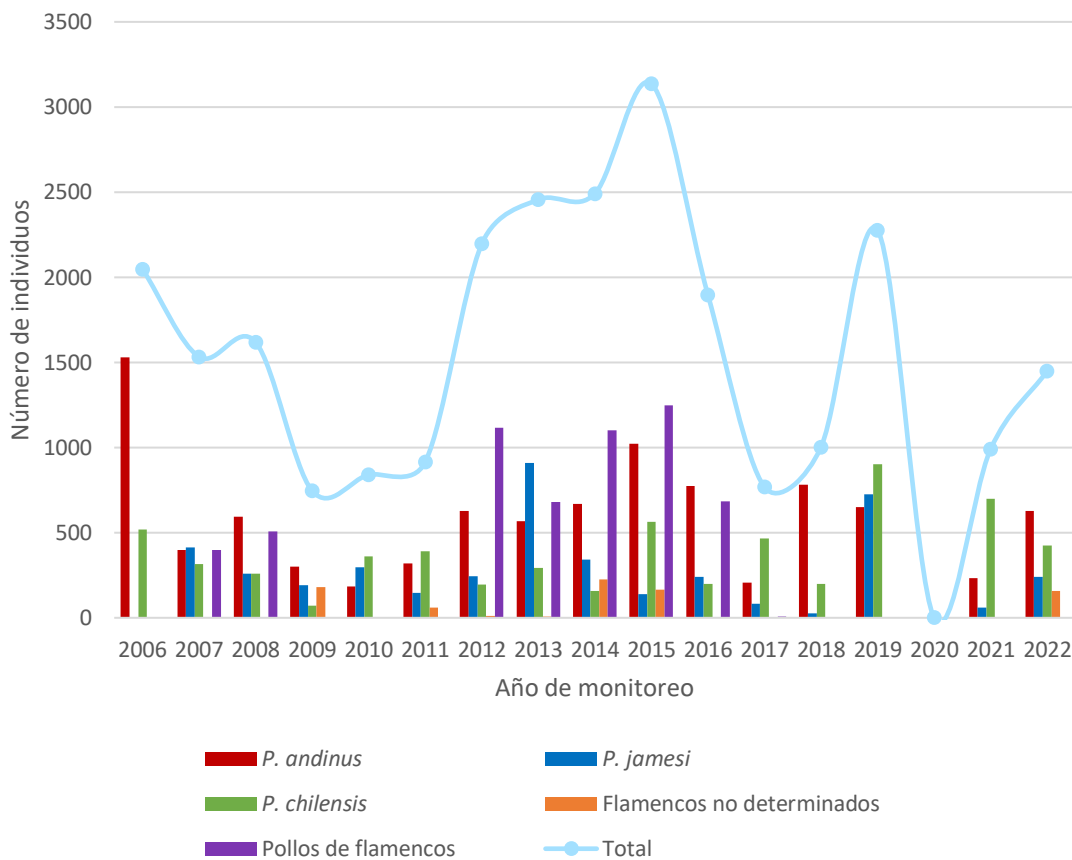
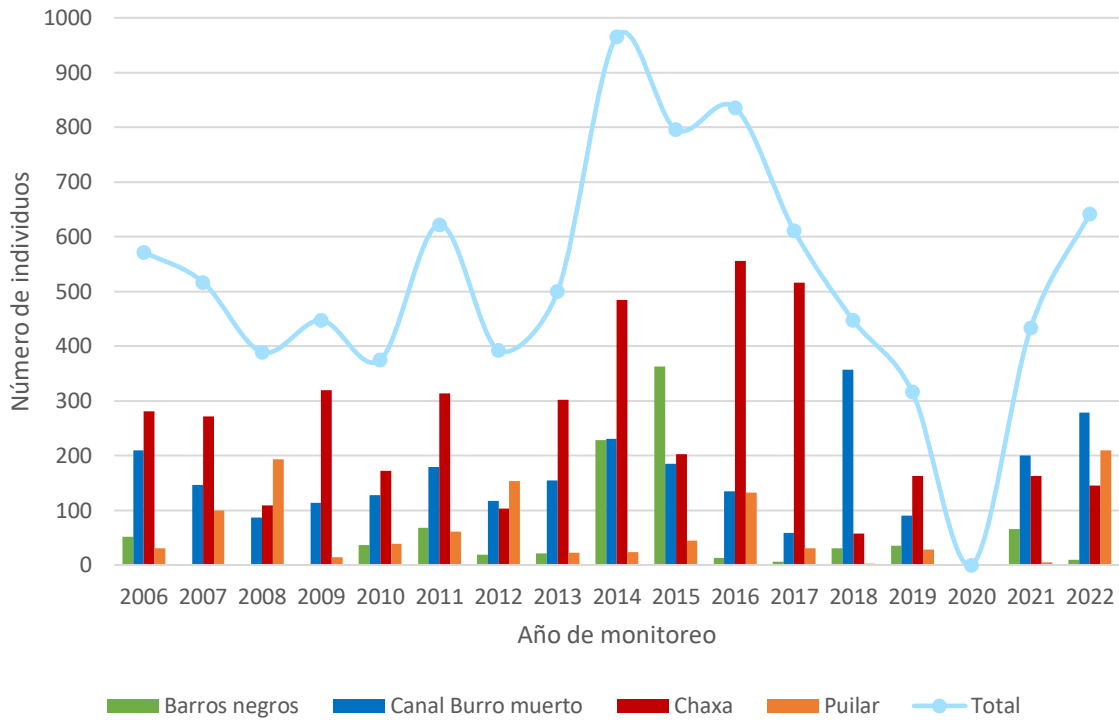


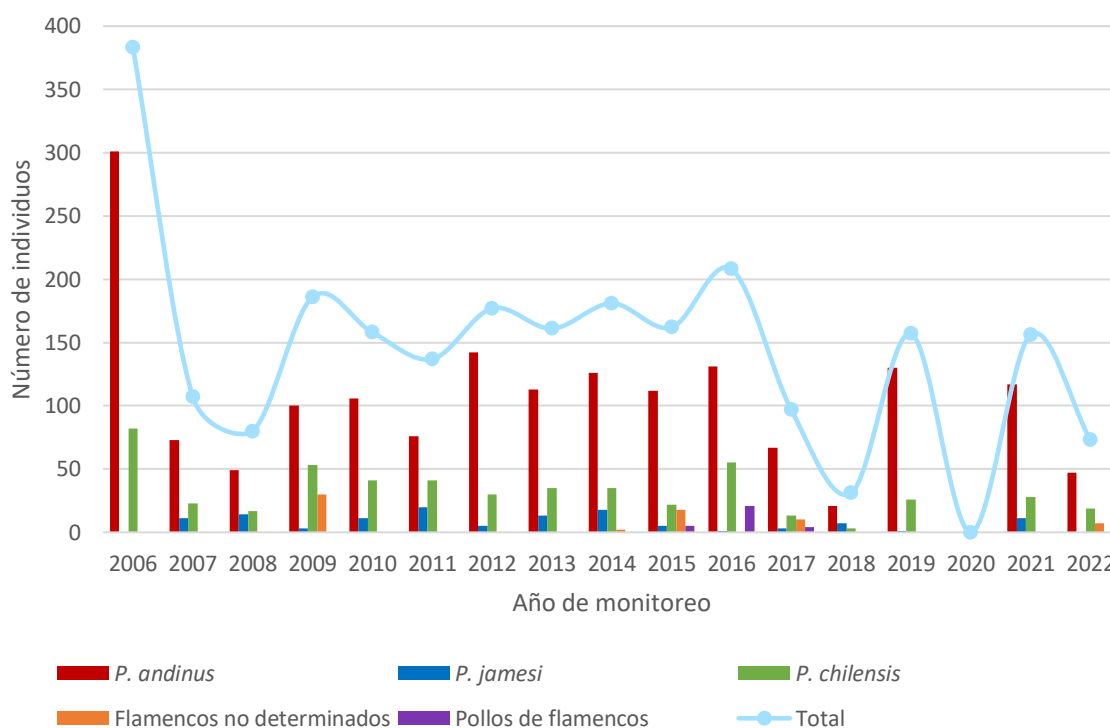


Figura 6-33. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2022.



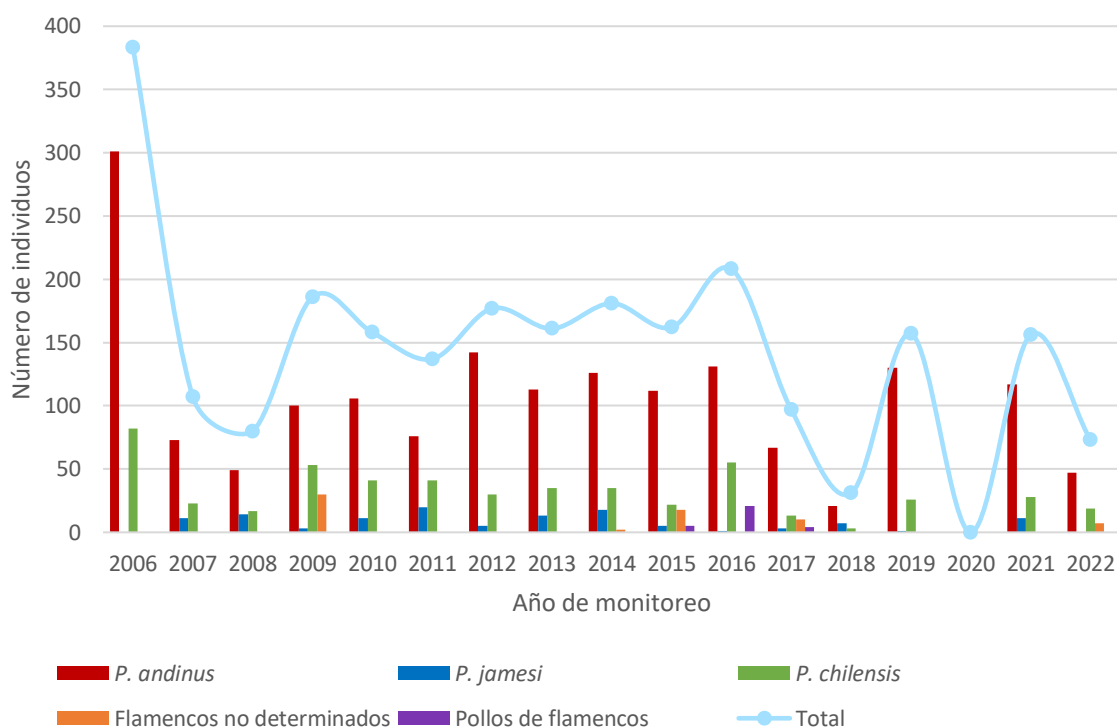
Los resultados obtenidos durante la presente campaña en el sistema lacustre de Aguas de Quelana (

Figura 6-34. Abundancia de flamencos en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



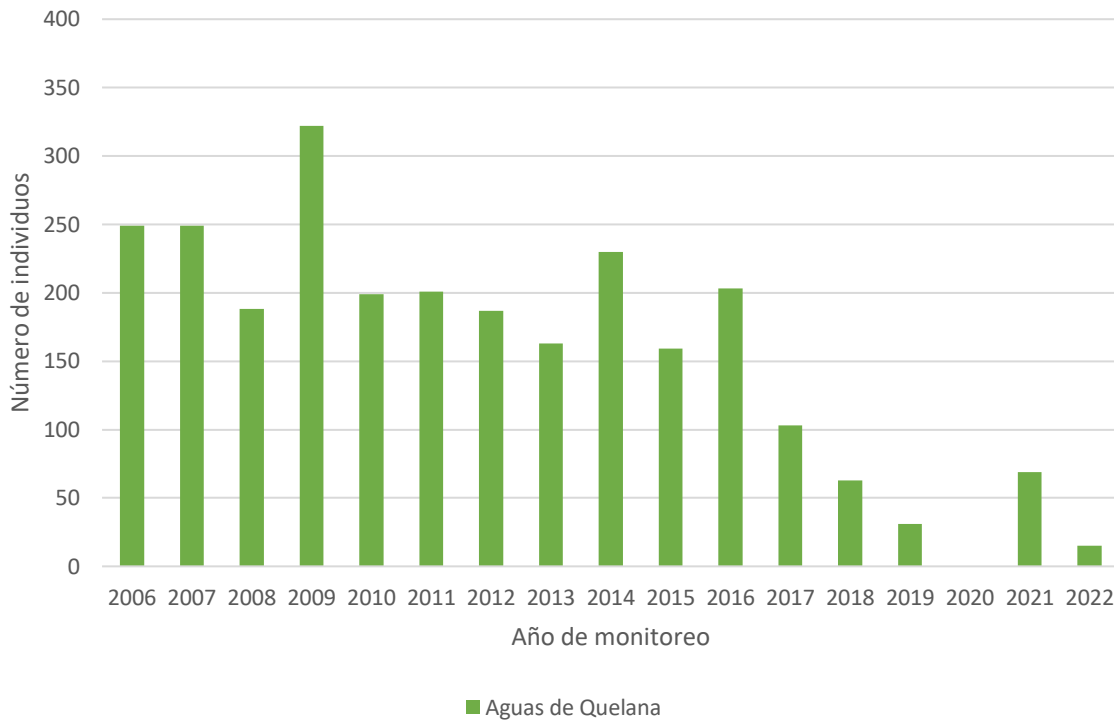
) demuestra que la abundancia de flamencos tiende a la oscilación. Sin embargo, durante la campaña actual se mantienen las proporciones de participación de las distintas especies en el sistema (parina grande con los mayores valores de abundancia, seguido por el flamenco chileno), destacando además la ausencia de la parina chica (

Figura 6-34. Abundancia de flamencos en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



). Con respecto al resto de las especies de aves presentes en Aguas de Quelana (

Figura 6-35. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022



), se puede observar una tendencia a la disminución.

Es importante verificar las tendencias de estos parámetros en los próximos monitoreos a realizar en el sector, en consideración al descenso observado en el número de ejemplares en las últimas campañas realizadas. Sin embargo, sería importante también considerar que el comportamiento de las oscilaciones en relación con la variabilidad del número de individuos responda a variaciones en la dinámica de desplazamientos entre lagunas y/o salares dentro de su rango de distribución.

Figura 6-34. Abundancia de flamencos en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.

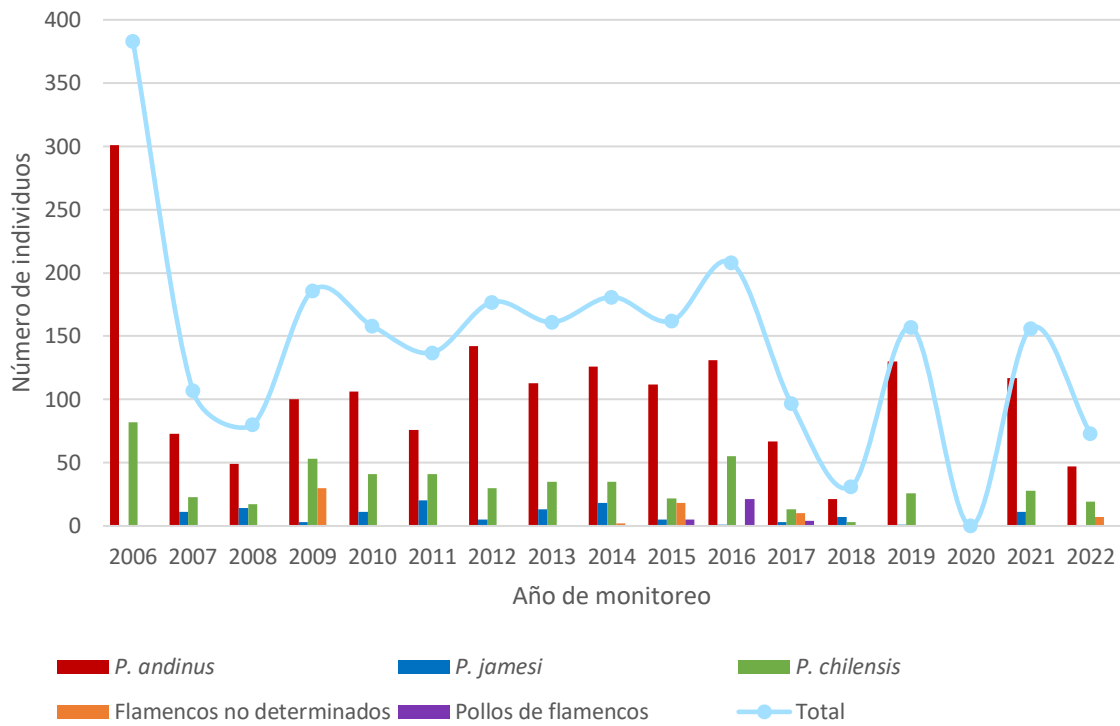
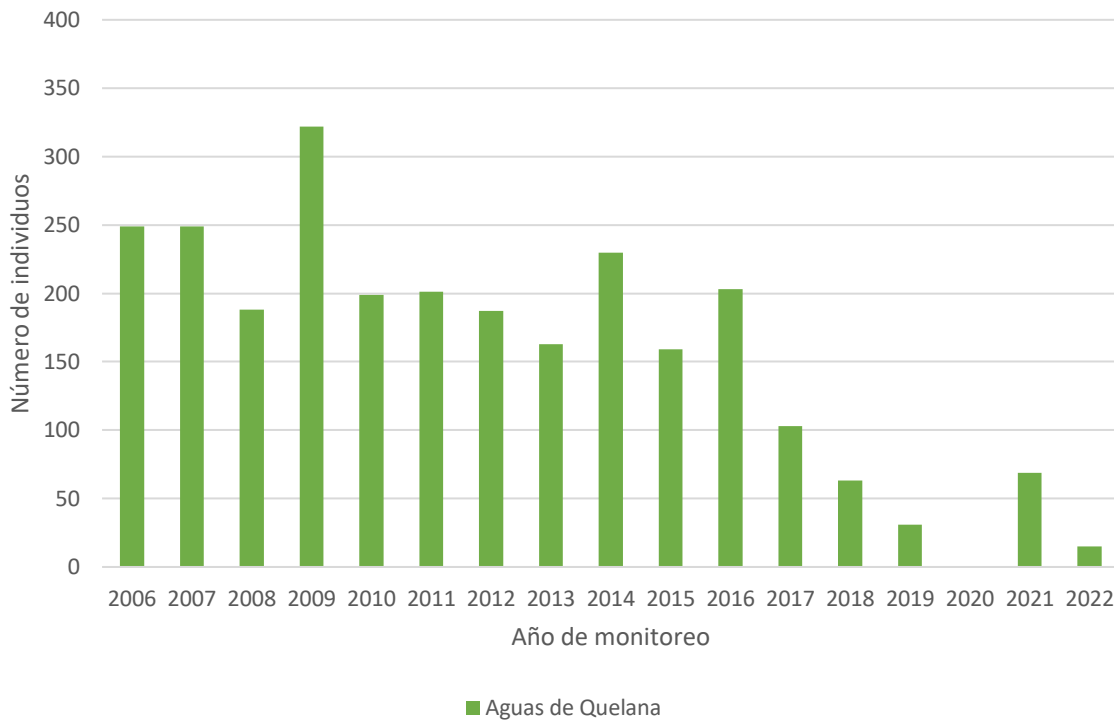


Figura 6-35. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022



Finalmente, en el sistema lacustre de Peine, la tendencia de los datos históricos disponibles muestra una oscilación en la abundancia de flamencos, con una disminución hasta el año 2017. Posteriormente a este año a este se evidencia nuevamente un comportamiento oscilatorio, pero con una tendencia al aumento (Figura 6-36).

Con respecto al resto de las especies de aves presentes en los sistemas lacustres de Peine (Figura 6-37), al igual que en el caso de los flamencos, evidencian una oscilación en su abundancia. Se puede observar que, históricamente, laguna Salada es el sector que ha congregado el mayor número de individuos, seguido por laguna Interna y finalmente laguna Saladita (Figura 6-37). Los datos de la campaña actual mantienen esta misma dinámica histórica. Cabe destacar que los datos bibliográficos del año 2020 no fueron incorporados al gráfico dado que no se cuenta con la información por laguna, sino de todo el sistema.

Figura 6-36. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 – 2022.

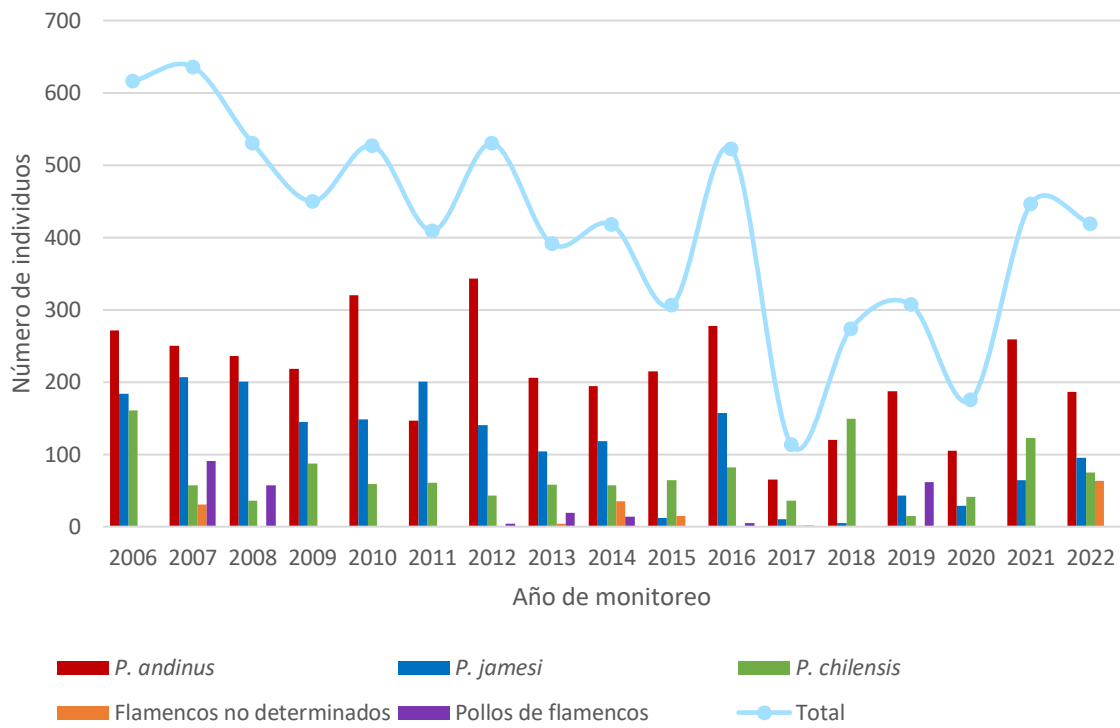
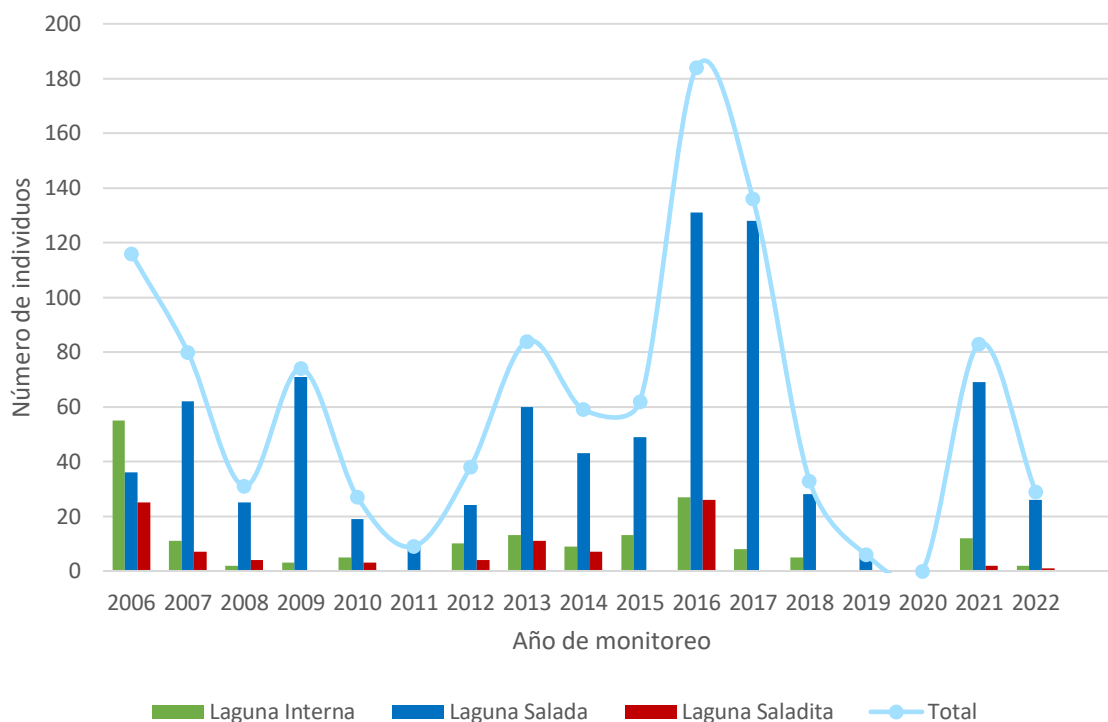


Figura 6-37. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en el sistema lacustre Peine. Campañas 2006 – 2022.



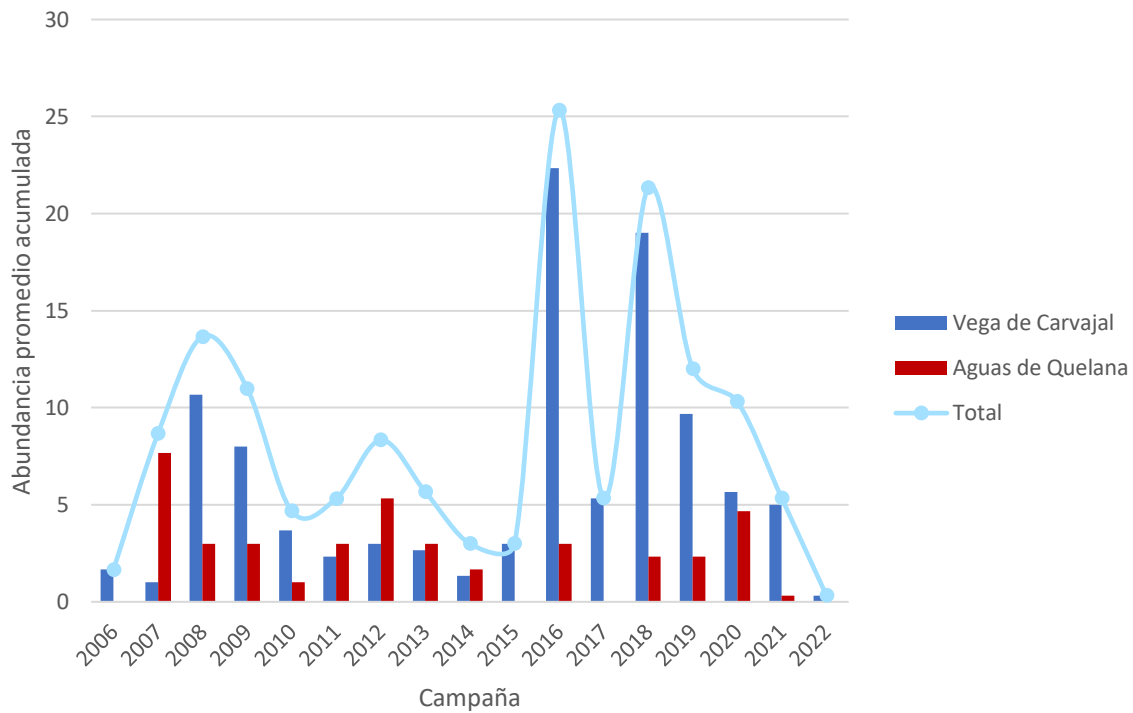
### 6.5.4 Trampas Sherman para la evaluación de micromamíferos

Para la actual campaña de monitoreo se obtuvo registro de micromamíferos sólo en Vegas de Carvajal, registrando 1 ejemplar de la especie *Abrothrix andinus*. Estos resultados contrastan con los obtenidos durante la temporada 2021, en la cual se capturaron 16 individuos en total en Vegas de Carvajal y Aguas de Quelana. Cabe señalar que los registros del presente año permiten evidenciar una disminución en las abundancias desde el año 2019 (Figura 6-38), sin embargo, debido a las fluctuaciones históricas estos resultados podrían corresponder a fluctuaciones naturales en la dinámica poblacional de cada especie.

Al comparar los valores de abundancia promedio según sector, es posible observar que las mayores abundancias tienden a registrarse en Vegas de Carvajal, registrando su máximo durante el año 2016, con 22,34 individuos capturados por día de trapeo; mientras que el sector Aguas de Quelana registró su máximo durante el año 2007 con 7,67 individuos/sector (Figura 6-38). Con respecto a la abundancia total, los monitoreos de los años 2016 y 2018 muestran un incremento de la abundancia respecto a las campañas anteriores, esto se atribuye a las fluctuaciones naturales en la dinámica poblacional de cada especie o a un aumento de la oferta trófica en el ambiente. Esta situación se puede relacionar con un desfase en el aumento de la oferta trófica en el ambiente, aspecto propio de las poblaciones de roedores donde se aprecia este tipo de fluctuaciones en función de la disponibilidad de recursos, producción primaria y precipitaciones, entre otros factores (Brown & Zeng, 1989).

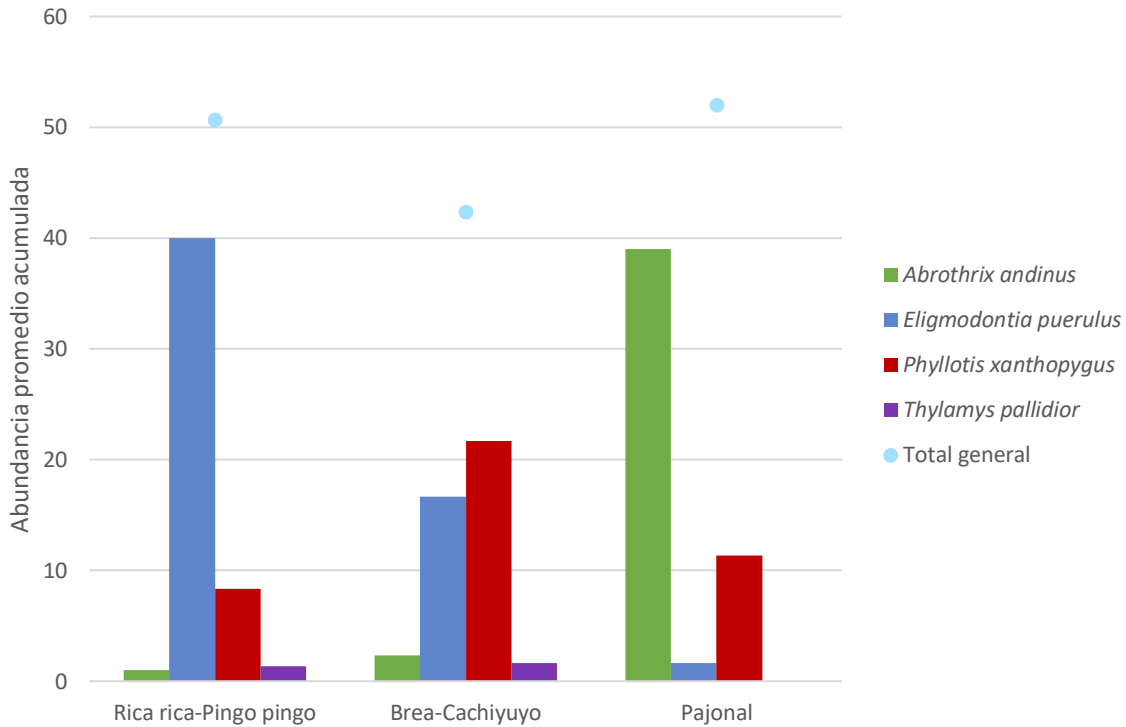


Figura 6-38. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2022



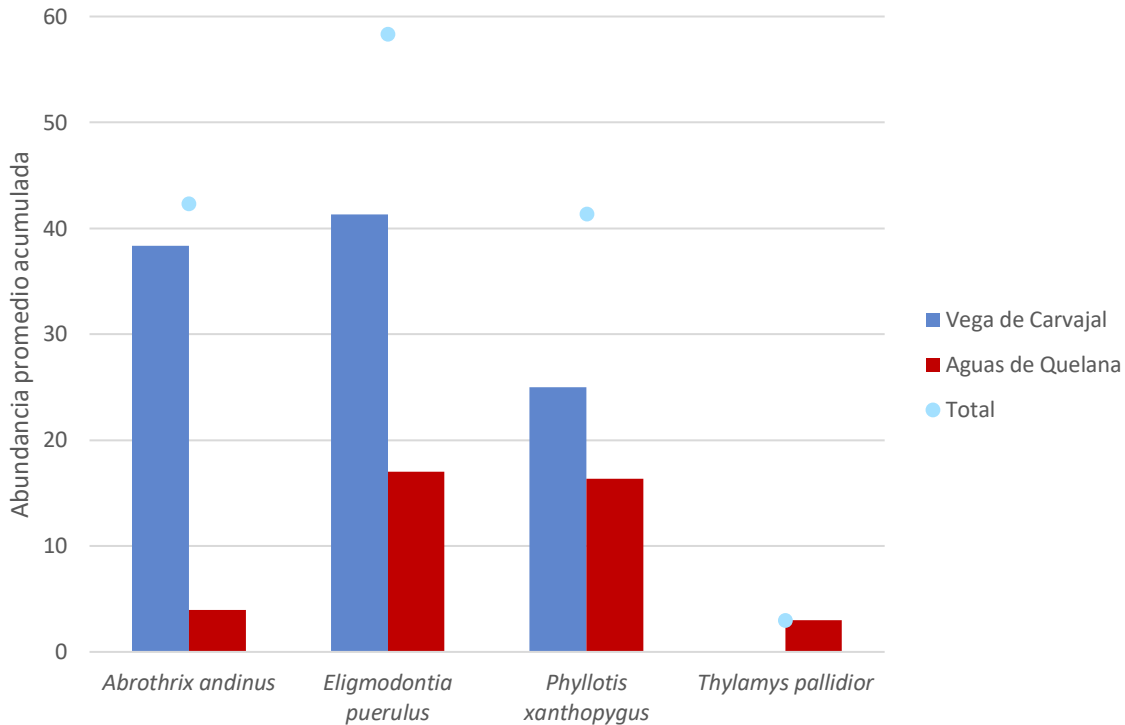
El análisis de los registros históricos del seguimiento ambiental desde el año 2006-2022 en el borde este del Salar de Atacama, muestra un predominio de tres especies de clase mammalia, las que se distribuyen en función del ambiente en que viven (Figura 6-39): la especie *A. andinus* se encuentra predominantemente en ambientes de Pajonal (38,99 ind/hábitat), mientras que *Eligmodontia puerulus* se encuentra predominantemente en ambientes de Rica rica-Pingo pingo (39,99 ind/hábitat), por otra parte *Phyllotis xanthopygus* ha presentado una abundancia homogénea en los tres ambientes, pero con una predominancia en el ambiente de Brea-Cachiyuyo (21,67 ind/hábitat), seguido por *E. puerulus* (16,67 ind/hábitat). Por último, *Thylamys pallidior*, ha presentado los menores valores de captura, dando cuenta de sus bajas densidades poblacionales, así como su difícil captura. De esta forma, el ensamble de roedores varía en los distintos ambientes prospectados, en función de sus características, en donde el ratón andino (*A. andinus*) se encuentra asociado principalmente a sectores con humedad, en tanto que la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) presenta preferencia por sitios de arbustos bajos y sectores más abiertos. En el caso del ambiente de características intermedias presenta una simpatría entre *P. xanthopygus* y *E. puerulus*.

Figura 6-39. Abundancia de micromamíferos por tipo de hábitat. Campañas 2006 – 2022.



En cuanto a los sectores Aguas de Quelana y Vega de Carvajal, correspondientes al estudio (Figura 6-40), la riqueza de especies es mayor en Aguas de Quelana en donde, hasta la fecha se han registrado cuatro especies capturadas durante los monitoreos, mientras que en Vega de Carvajal solo se han registrado, a través de capturas, tres de las cuatro especies que se han detectado históricamente en el borde Este del Salar de Atacama a través de trampas Sherman, no existiendo a la fecha registros de *T. pallidior* en el sector de Vegas de Carvajal. (Figura 6-40).

Figura 6-40. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2022



### 6.5.5 Estaciones de atracción olfativa para la evaluación de macromamíferos

En el presente monitoreo, hubo registro en tres de las cuatro las estaciones olfativas, esto fue complementado con la metodología de trampas cámara en las mismas estaciones, a través de las cuales fue posible identificar la presencia de las dos especies presentes en el área de estudio, el zorro culpeo (*L. culpaeus*) y el zorro chilla (*L. griseus*). Así mismo, la presencia de zorro se pudo verificar mediante el registro de evidencia indirecta (huellas y fecas) en otros ambientes y sectores dentro del área de estudio.

Durante los distintos años de monitoreo (Figura 6-41 y Figura 6-42), ha sido posible determinar la presencia de zorros en todos los años de monitoreo, a excepción de la campaña 2010, donde no hubo registros para estas especies, el resto de los años la detección ha sido en al menos uno de los dos sectores prospectados (Vega de Carvajal y Aguas de Quelana). Al comparar la cantidad de registros positivos acumulados hasta la fecha (Figura 6-43), no hay diferencias entre ambientes (25 registros para cada ambiente), sin embargo, la comparación entre sectores evidencia un mayor número de registros en el sector Vega de Carvajal en comparación con Aguas de Quelana, con 26 y 24 registros positivos, respectivamente. La ocupación regular de ambos ambientes y ambos sectores dan cuenta del amplio ámbito de hogar de estas especies. Estos resultados son corroborados, durante el monitoreo actual, por la presencia de fecas y huellas en distintos sectores prospectados, así como en los distintos ambientes presentes en el área de estudio, incluyendo registros en

el ambiente de salar, en el sector de Peine. Esto sustenta el planteamiento realizado en anteriores monitoreos, en cuanto al amplio ámbito de hogar de los zorros, y al extenso uso que hacen del territorio, recorriendo los diferentes sectores del Borde Este del Salar de Atacama.

Figura 6-41. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 - 2022

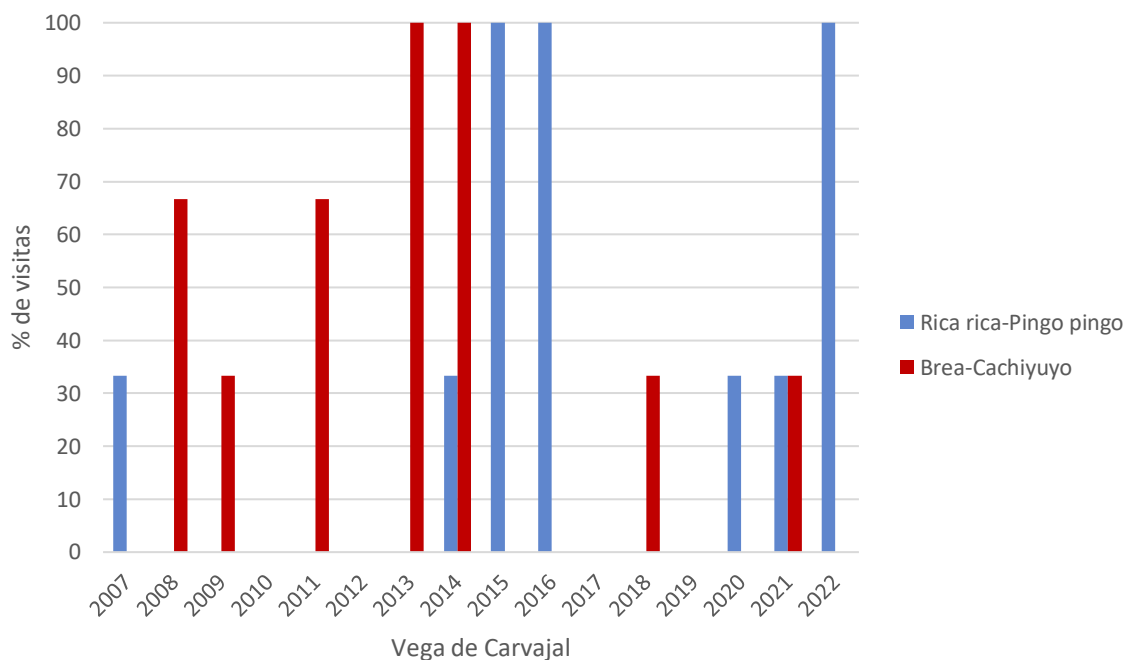


Figura 6-42. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 – 2022

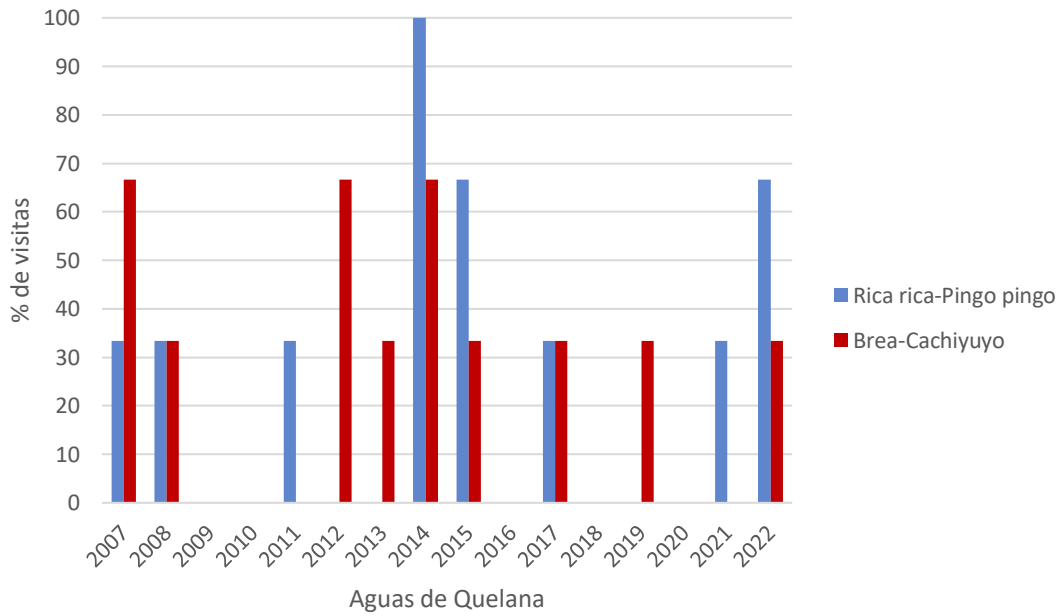
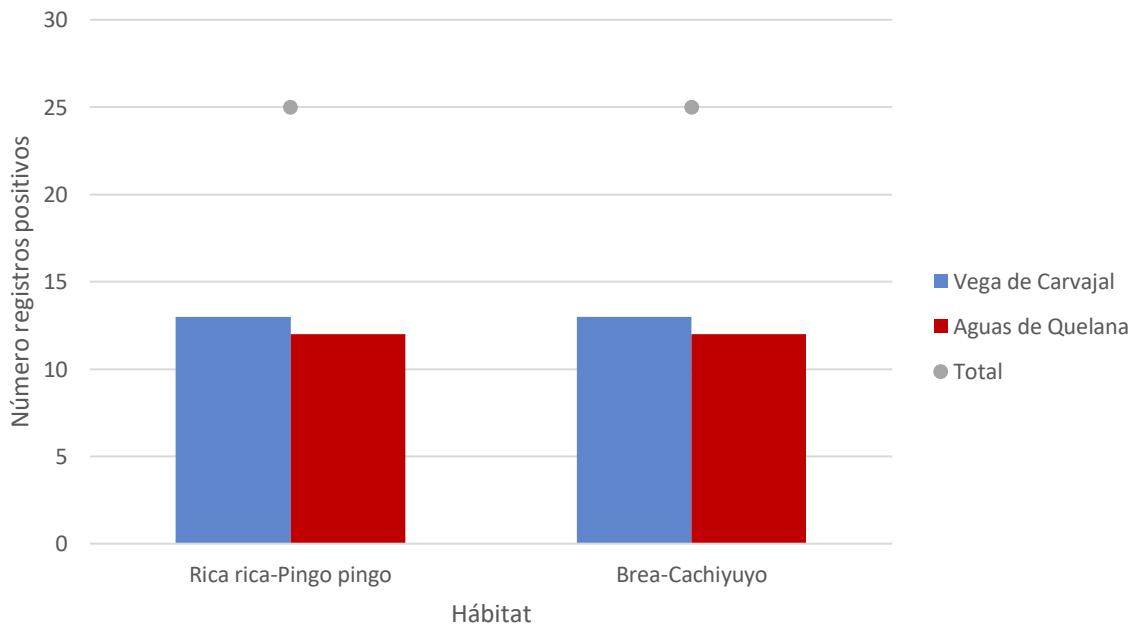


Figura 6-43. Registros positivos de visitas de *Lycalopex sp.* en estaciones olfativas. Campañas 2007 – 2022



## 6.6 Monitoreo de biota acuática

### 6.6.1 Medio Abiótico

Los principales resultados obtenidos de los análisis comparativos interanuales para el medio abiótico se presentan desde la desde la Tabla 6-38 a la Tabla 6-65 y de la Figura 6-44 a la Figura 6-71. Cabe indicar que en la comparación interanual no se incluyó el año 2020 debido a que no se realizaron muestreos durante dicho año, esto debido a la situación generada por la pandemia por Covid-19, donde las cuarentenas sanitarias impuestas por la autoridad no permitieron el monitoreo del año 2020 y por consiguiente no se pudieron obtener datos.

#### 6.6.1.1 Temperatura

La comparación interanual de los datos de temperatura medidos en el área de estudio a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022) indica la existencia de diferencias significativas entre los distintos periodos de estudio. Cabe destacar que, la temperatura presenta de forma natural cambios a nivel diario, estacional e interanual, dependiendo del grado de radiación solar incidente a la hora del muestreo, por lo que las diferencias o similitudes encontradas al analizar los datos medidos a lo largo de los años no tienen una significancia biológica.

A lo largo de todo el periodo de monitoreo la temperatura ha variado entre valores de 3,8 °C (sector Aguas de Quelana año 2014) y 33 °C (sector de Soncor y Peine año 2017) indicando fuertes oscilaciones espaciales e interanuales, sin embargo, estas oscilaciones no responden a un patrón determinado y como se mencionó anteriormente están estrechamente ligadas al momento puntual del muestreo, por lo que estas variaciones no tienen una implicancia biológica en las comunidades acuáticas que se desarrollan en los distintos sistemas estudiados.

Respecto al sector de Puillar, la temperatura durante todo el periodo de monitoreo (2006 – 2022), varió entre 4,2 y 29,0 °C (Tabla 6-38), los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puillar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=57,27$ ,  $g.I=16$ ,  $p<0,001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022), el cual varió significativamente respecto a años 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2017 y 2019, estas diferencias mostraron que el año 2022 presentó temperaturas más calidas que las medidas los años 2008, 2009, 2010 y 2019 mientras que presentó temperaturas más frías que los años 2007, 2012 y 2017 (Figura 6-44). Cabe señalar que todos los valores de temperatura medido en la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico de este parámetro.

Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puillar.

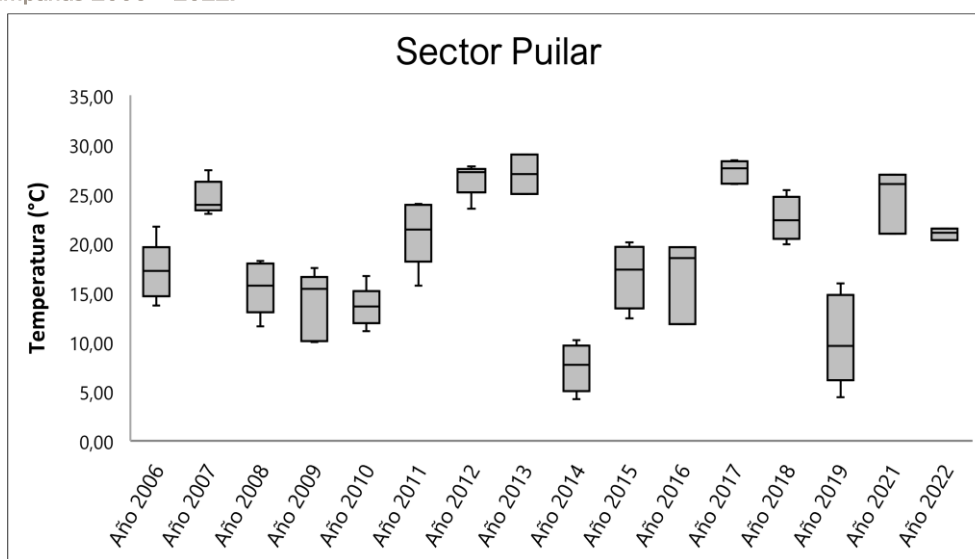
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	13,70	21,70	17,14	17,20	2,96	17,29
Año 2007	5	23,00	27,40	24,62	23,90	1,73	7,02
Año 2008	5	11,60	18,20	15,52	15,70	2,67	17,23

Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	10,00	17,50	13,76	15,40	3,44	24,98
Año 2010	5	11,10	16,70	13,54	13,60	2,04	15,07
Año 2011	5	15,70	24,00	21,10	21,40	3,36	15,93
Año 2012	5	23,50	27,80	26,52	27,20	1,73	6,51
Año 2013	2	25,00	29,00	27,00	27,00	2,83	10,48
Año 2014	4	4,20	10,20	7,45	7,70	2,47	33,18
Año 2015	4	12,40	20,10	16,80	17,35	3,30	19,64
Año 2016	3	11,80	19,60	16,63	18,50	4,22	25,38
Año 2017	5	26,00	28,40	27,26	27,60	1,14	4,20
Año 2018	4	19,90	25,40	22,50	22,35	2,26	10,05
Año 2019	5	4,39	15,94	10,28	9,59	4,58	44,56
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	20,96	26,95	24,64	26,01	3,22	13,07
Año 2022	3	20,33	21,48	20,96	21,07	0,58	2,78

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-44. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura\* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

En cuanto al sector de Soncor, los valores de temperatura medidos durante todo el periodo de estudio (2006-2022) variaron entre 4,8 y 33°C, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-39). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=33,16, g.l=16, p=0,001, Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a los años 2006, 2007, 2016, 2017 y 2018; el periodo de monitoreo 2022 presentó menores temperaturas que las registradas en el mismo sector durante

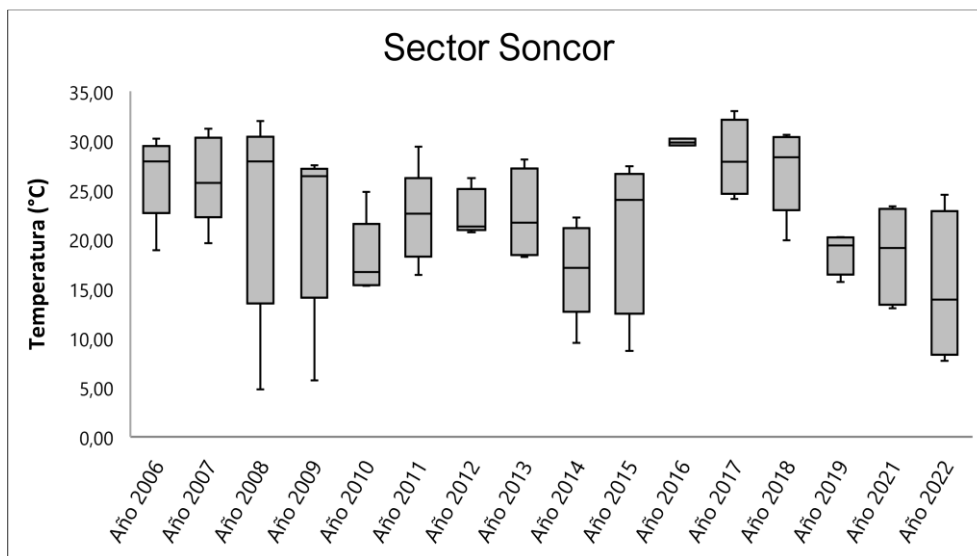
los años mencionados (Figura 6-45). Todos los valores medidos en la actual campaña en el sector de Soncor estuvieron dentro del rango histórico para este parámetro.

Tabla 6-39. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura\* (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	18,90	30,20	26,42	27,90	4,42	16,74
Año 2007	5	19,60	31,20	26,16	25,70	4,49	17,17
Año 2008	5	4,80	32,00	23,14	27,90	10,84	46,87
Año 2009	5	5,70	27,50	21,78	26,40	9,20	42,23
Año 2010	5	15,30	24,80	18,10	16,70	3,94	21,75
Año 2011	5	16,40	29,40	22,30	22,60	4,76	21,35
Año 2012	5	20,70	26,20	22,68	21,30	2,35	10,38
Año 2013	4	18,20	28,10	22,43	21,70	4,68	20,87
Año 2014	5	9,50	22,20	16,94	17,10	4,86	28,67
Año 2015	4	8,70	27,40	21,03	24,00	8,38	39,83
Año 2016	3	29,50	30,20	29,83	29,80	0,35	1,18
Año 2017	4	24,10	33,00	28,20	27,85	3,90	13,82
Año 2018	5	19,90	30,60	26,98	28,30	4,35	16,12
Año 2019	4	15,69	20,22	18,67	19,39	2,11	11,30
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	13,03	23,35	18,41	19,13	4,89	26,54
Año 2022	5	7,70	24,50	15,24	13,90	7,42	48,68

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-45. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.



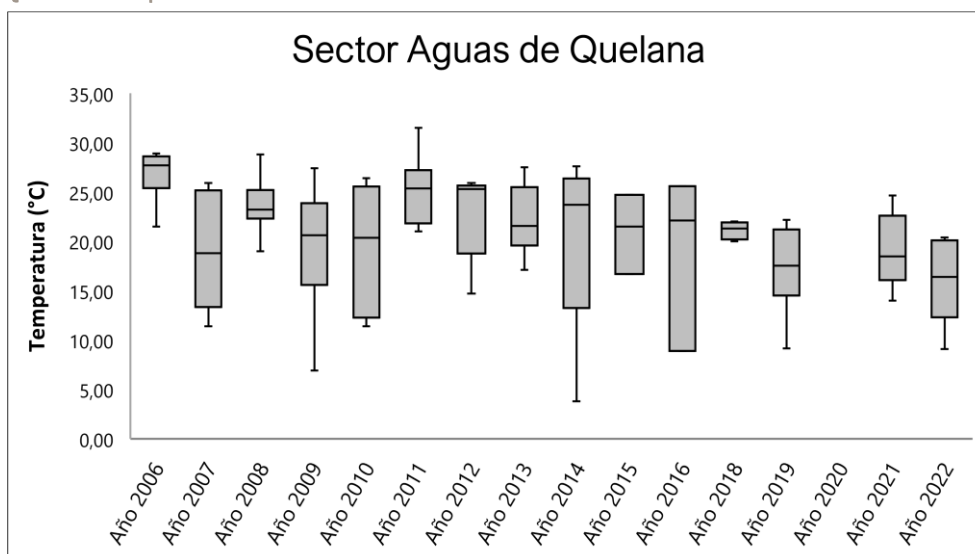
Por otro lado, para el sector Aguas de Quelana por su parte, las temperaturas anuales medidas durante todo el periodo de estudio (2006-2022), variaron entre 3,8 y 31,5 °C. Los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que también existe variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-40). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW=36,26$   $g.l=16$ ,  $p=0,001$ , Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2021) vario significativamente con los años 2006, 2008, 2011, 2013 y 2018, donde el año 2022 presentó menores temperaturas que el resto de los años (Figura 6-46). Todos los valores de temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana en el actual monitoreo (abril 2022) se encuentran dentro del rango histórico para este parámetro.

Tabla 6-40. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	7	21,50	28,90	26,49	27,70	2,60	9,81
Año 2007	10	11,40	25,90	19,29	18,80	5,59	28,97
Año 2008	9	19,00	28,80	23,70	23,20	2,72	11,47
Año 2009	10	6,90	27,40	19,57	20,60	6,37	32,55
Año 2010	10	11,40	26,40	19,19	20,35	6,72	35,01
Año 2011	8	21,00	31,50	25,21	25,35	3,47	13,75
Año 2012	5	14,70	25,90	22,82	25,30	4,70	20,58
Año 2013	6	17,10	27,50	22,15	21,55	3,60	16,27
Año 2014	5	3,80	27,60	20,58	23,70	9,56	46,45
Año 2015	3	16,70	24,70	20,97	21,50	4,03	19,20
Año 2016	3	8,90	25,60	18,87	22,10	8,81	46,68
Año 2017	1	29,00	29,00	29,00	29,00	-	-
Año 2018	7	20,00	22,00	21,10	21,30	0,77	3,65
Año 2019	9	9,14	22,19	17,43	17,52	4,26	24,44
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	14,00	24,65	18,91	18,48	3,65	19,31
Año 2022	7	9,10	20,40	16,03	16,40	4,26	26,55

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-46. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, los valores de temperatura medidos durante todo el monitoreo en el sector de Peine variaron entre 3,0 y 33,0 °C durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-41). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre algunos periodos de monitoreo evaluados (KW= 34,80, g.l=16, p=0,003, Anexo 7.3). Estas diferencias se detectaron entre el actual periodo (año 2022) respecto al año 2007, donde los valores de temperatura fueron significativamente mayores que los medido en el año 2022 (Figura 6-47).

Tabla 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

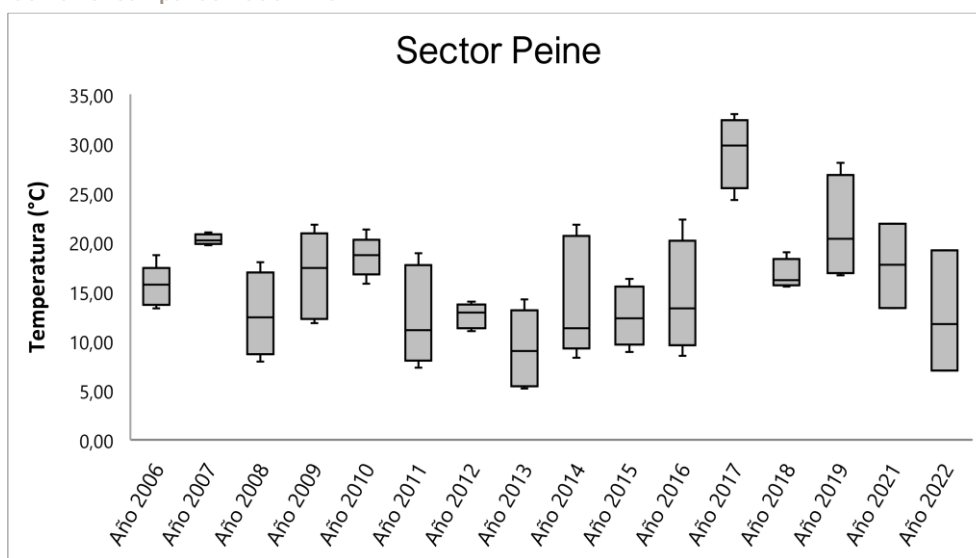
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	13,30	18,70	15,56	15,70	2,10	13,52
Año 2007	5	19,70	21,00	20,30	20,20	0,51	2,51
Año 2008	4	7,90	18,00	12,68	12,40	4,29	33,85
Año 2009	5	11,80	21,80	16,74	17,40	4,40	26,28
Año 2010	5	15,80	21,30	18,54	18,70	2,02	10,89
Año 2011	5	7,30	18,90	12,50	11,10	5,01	40,08
Año 2012	5	11,00	14,00	12,58	12,90	1,25	9,93
Año 2013	5	5,20	14,20	9,20	9,00	3,93	42,74
Año 2014	5	8,30	21,80	14,22	11,30	6,02	42,35
Año 2015	5	8,90	16,30	12,52	12,30	3,03	24,19
Año 2016	4	8,50	22,30	14,35	13,30	5,78	40,26
Año 2017	4	24,30	33,00	29,23	29,80	3,66	12,52
Año 2018	4	15,50	19,00	16,70	16,15	1,56	9,37
Año 2019	4	16,66	28,05	21,36	20,37	5,30	24,82

Tabla 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	3,00	21,88	17,65	17,73	4,28	24,23
Año 2022	3	7,00	19,20	12,63	11,70	6,15	48,71

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-47. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 6.6.1.2 pH

El análisis comparativo del parámetro pH a través de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), indica en general que los valores de pH entre los distintos sectores monitoreados del Salar de Atacama han variado entre 6,21 y 9,31 unidades, mostrando ambientes que van desde lugares levemente ácidos a medianamente alcalinos. Los coeficientes de variación en general fueron bajos en todos los sectores y periodos, indicando una homogeneidad en los valores de pH. Cabe indicar que todos los valores registrados a lo largo del periodo de estudio y en todos los sitios de monitoreo se encuentran dentro de lo establecido por la normativa ambiental vigente para la conservación de la vida acuática, por lo que se considerarían adecuados para el mantenimiento y desarrollo de las comunidades acuáticas (NCh 1.333 Of. 78).

En relación con el sector de Puilar, los valores de pH medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 7,11 y 8,94 unidades (Tabla 6-42), los distintos coeficientes de variación indican una leve heterogeneidad en los datos, mostrando una variabilidad interanual en los datos de pH registrados en el sector. Por su parte, la comparación entre el actual periodo y los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=32,25, g.l=16, p=0,006, Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente

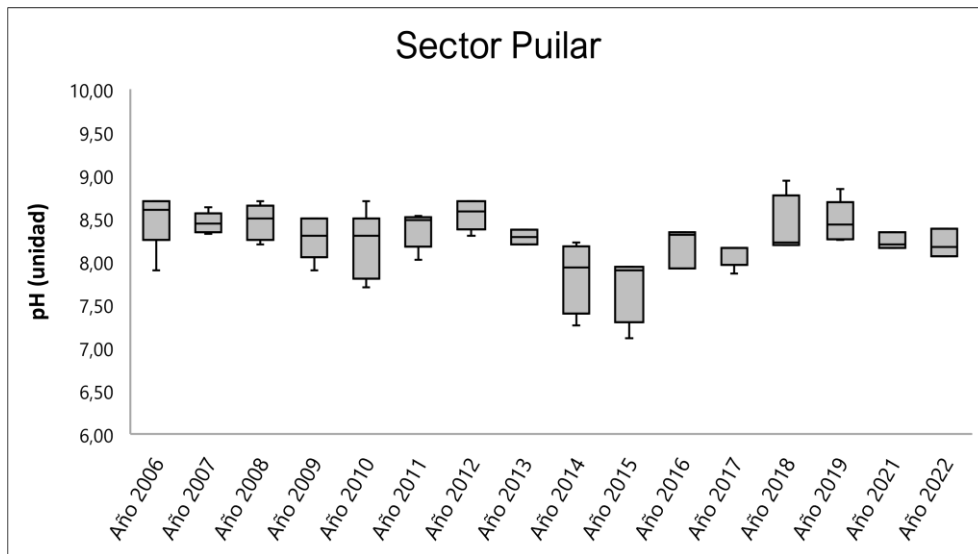
respecto al año 2015, indicando que el año 2022 presentó valores de pH más básicos que dicho año mencionado (Figura 6-48).

Tabla 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	7,90	8,70	8,50	8,60	0,34	3,99
Año 2007	5	8,32	8,63	8,45	8,44	0,12	1,44
Año 2008	5	8,20	8,70	8,46	8,50	0,21	2,45
Año 2009	5	7,90	8,50	8,28	8,30	0,25	3,01
Año 2010	5	7,70	8,70	8,18	8,30	0,39	4,77
Año 2011	5	8,02	8,53	8,37	8,48	0,21	2,52
Año 2012	5	8,30	8,70	8,55	8,58	0,17	2,01
Año 2013	2	8,20	8,37	8,29	8,29	0,12	1,45
Año 2014	4	7,26	8,22	7,84	7,93	0,42	5,34
Año 2015	4	7,11	7,94	7,71	7,90	0,40	5,23
Año 2016	3	7,92	8,34	8,19	8,31	0,23	2,86
Año 2017	5	7,86	8,16	8,08	8,16	0,13	1,61
Año 2018	4	8,19	8,94	8,39	8,22	0,37	4,36
Año 2019	5	8,25	8,84	8,47	8,43	0,24	2,84
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	8,16	8,34	8,23	8,20	0,09	1,15
Año 2022	3	8,06	8,38	8,20	8,17	0,16	1,98

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-48. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH\* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 - 2022



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

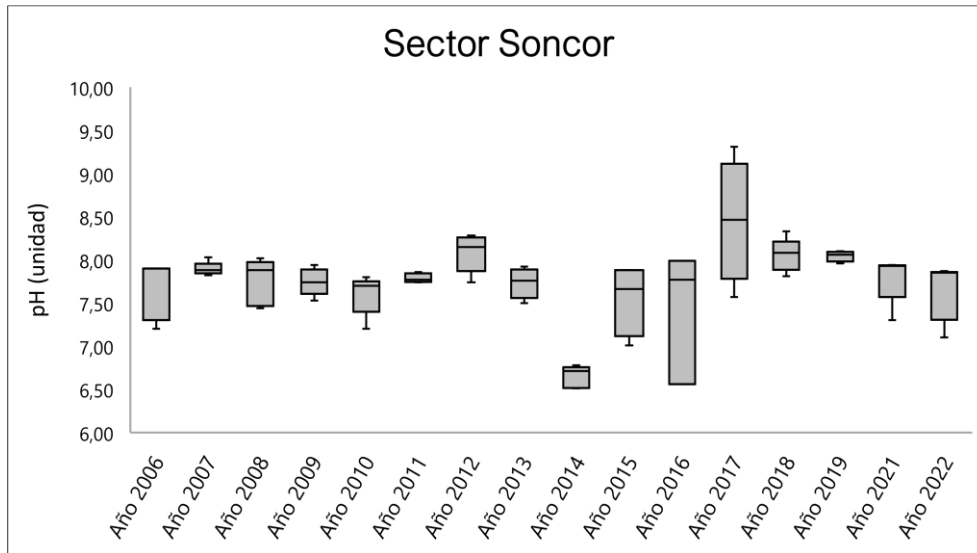
En cuanto al sector de Soncor, los valores de pH variaron entre 6,51 y 9,31 unidades, por su parte al igual que lo ocurrido en el sistema de Puillar, los distintos coeficientes de variación indican una baja heterogeneidad en tres de los sitios de muestreo, indicando a su vez que existe en general una baja variabilidad interanual en los datos de pH registrados en el sector (Tabla 6-43). Sin embargo, la comparación estadística entre el periodo 2022 y los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=38,31$ ,  $g.l=16$ ,  $p=0,001$ , Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a los años 2014 y 2019, estas diferencias están dadas principalmente ya que el año 2022 presentó valores de pH más neutros que los años anteriormente mencionados, (Figura 6-49). Cabe indicar que todos los valores de pH medidos durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico medido para el Salar de Atacama.

Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	7,20	7,90	7,66	7,90	0,34	4,39
Año 2007	5	7,82	8,03	7,90	7,88	0,08	1,00
Año 2008	5	7,44	8,02	7,75	7,88	0,27	3,45
Año 2009	5	7,53	7,94	7,75	7,74	0,16	2,02
Año 2010	5	7,20	7,80	7,60	7,70	0,23	3,09
Año 2011	5	7,74	7,86	7,79	7,77	0,05	0,67
Año 2012	5	7,74	8,28	8,08	8,15	0,22	2,71
Año 2013	4	7,50	7,92	7,74	7,76	0,18	2,27
Año 2014	5	6,51	6,78	6,65	6,71	0,13	1,89
Año 2015	4	7,01	7,88	7,55	7,66	0,42	5,52
Año 2016	3	6,56	7,99	7,44	7,77	0,77	10,35
Año 2017	4	7,57	9,31	8,45	8,47	0,71	8,42
Año 2018	5	7,81	8,33	8,05	8,08	0,19	2,38
Año 2019	4	7,96	8,10	8,05	8,06	0,06	0,75
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	7,30	7,94	7,79	7,93	0,28	3,54
Año 2022	5	7,10	7,87	7,64	7,85	0,34	4,39

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-49. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, los valores de pH variaron entre 6,63 y 8,90 °C, al igual que en los otros sistemas estudiados, los distintos coeficientes de variación indican una baja heterogeneidad entre los distintos sitios muestreados, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual en los datos de pH registrados en el sector (Tabla 6-44). A pesar de esta baja variabilidad, el análisis estadístico indica que la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana muestra que sí existen diferencias significativas ( $KW=31,08$   $g.l=15$ ,  $p=0,005$ , Anexo 7.3). Las principales diferencias indican que el actual periodo (año 2022) varió respecto al año 2014, los valores de pH medidos durante el actual periodo fueron más básicos que los medidos durante el año 2014 (Figura 6-50). Cabe indicar que los valores de pH medidos en el actual periodo de monitoreo se encuentran dentro del rango de valores históricos medidos en el Salar de Atacama.

Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

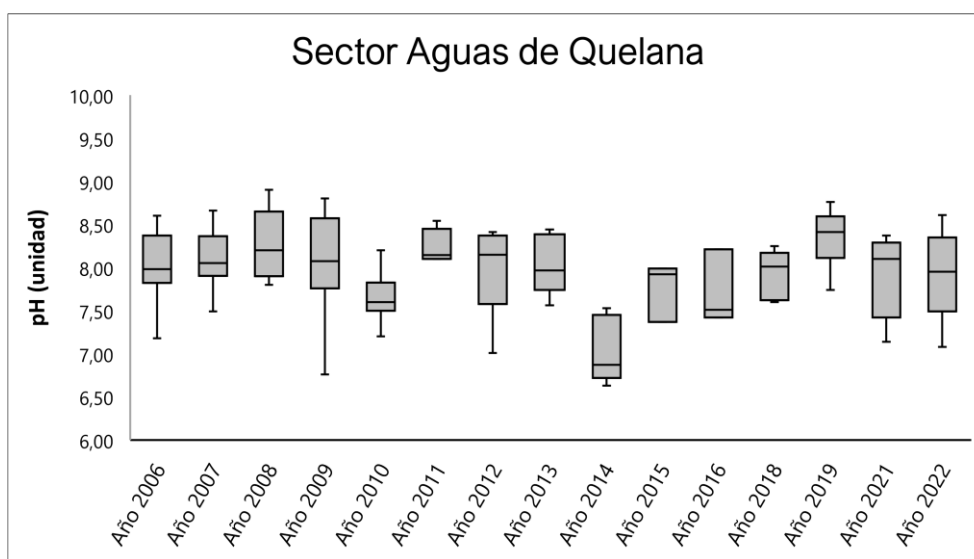
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	7	7,18	8,60	8,01	7,98	0,46	5,73
Año 2007	10	7,49	8,66	8,09	8,05	0,33	4,07
Año 2008	9	7,80	8,90	8,29	8,20	0,39	4,73
Año 2009	10	6,76	8,80	8,06	8,08	0,60	7,40
Año 2010	10	7,20	8,20	7,66	7,60	0,28	3,60
Año 2011	8	7,33	8,54	8,15	8,15	0,37	4,59
Año 2012	5	7,01	8,41	8,01	8,15	0,57	7,12
Año 2013	6	7,56	8,44	8,02	7,97	0,34	4,22
Año 2014	5	6,63	7,53	7,04	6,87	0,39	5,49
Año 2015	3	7,37	7,99	7,76	7,92	0,34	4,38
Año 2016	3	7,42	8,21	7,71	7,51	0,43	5,61

Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2017	1	8,01	8,01	8,01	8,01	-	-
Año 2018	7	7,60	8,25	7,95	8,01	0,26	3,30
Año 2019	9	7,74	8,76	8,33	8,41	0,32	3,89
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	7,14	8,37	7,88	8,10	0,49	6,26
Año 2022	7	7,08	8,61	7,95	7,95	0,53	6,61

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-50. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

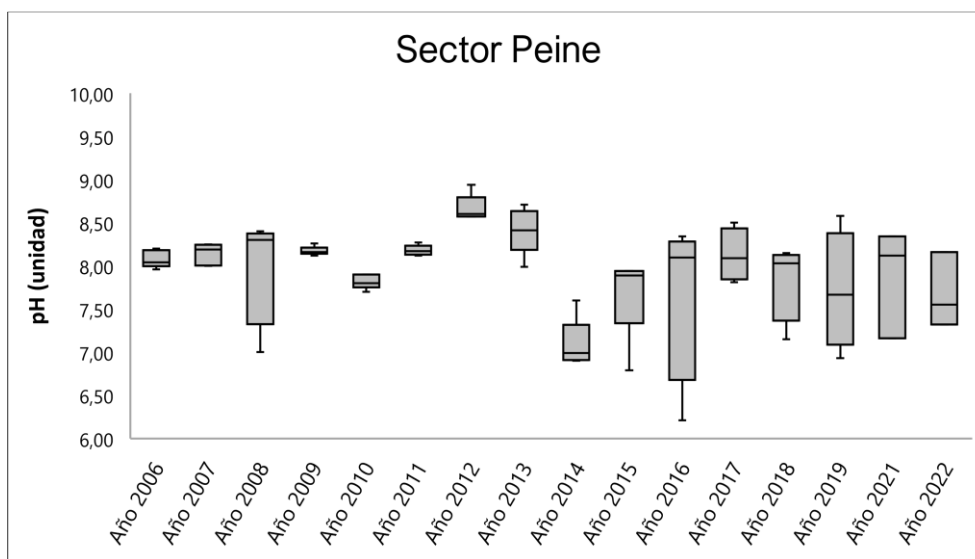
Finalmente, los valores de pH medidos en el sector de Peine variaron entre 6,21 y 8,94 unidades durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-45). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el periodo 2022 respecto al año 2012 (KW= 43,66; g.l=16, p<0,001; Anexo 7.3) (Figura 6-51). Los valores de pH medidos en la actual campaña de monitoreo son más bajos y cercanos a neutro en comparación a los medidos el año 2012. Al igual que lo analizado en los otros sitios de muestreo, los valores de pH medidos durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico de valores medidos en toda el área de estudio.

Tabla 6-45. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	7,96	8,20	8,08	8,04	0,10	1,23
Año 2007	5	8,00	8,25	8,14	8,19	0,12	1,52
Año 2008	4	7,00	8,40	8,00	8,30	0,67	8,35
Año 2009	5	8,12	8,26	8,17	8,16	0,05	0,64
Año 2010	5	7,70	7,90	7,82	7,80	0,08	1,07
Año 2011	5	8,12	8,27	8,18	8,17	0,06	0,72
Año 2012	5	8,57	8,94	8,67	8,60	0,16	1,81
Año 2013	5	7,99	8,71	8,41	8,41	0,27	3,20
Año 2014	5	6,90	7,60	7,09	6,99	0,29	4,11
Año 2015	5	6,79	7,94	7,69	7,89	0,50	6,54
Año 2016	4	6,21	8,34	7,69	8,10	0,99	12,88
Año 2017	4	7,81	8,50	8,12	8,09	0,31	3,77
Año 2018	4	7,15	8,15	7,84	8,03	0,46	5,92
Año 2019	4	6,93	8,58	7,71	7,67	0,68	8,85
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	7,16	8,34	7,87	8,12	0,63	7,97
Año 2022	3	7,32	8,16	7,68	7,55	0,43	5,65

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-51. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, cabe señalar que a lo largo de todo el periodo de monitoreo el pH ha presentado un rango de variación de  $\pm 3$  unidades indicando que existe una tendencia estable dentro de los sistemas, no representado en ningún periodo una tendencia de aumento en el pH en los sectores estudiados a lo largo de los años.



En este sentido, como se mencionó anteriormente los rangos observados en los distintos sectores del Salar de Atacama se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa ambiental que establece requisitos para el desarrollo de la vida acuática (NCh 1.333, 6,0-9,0) y aun cuando los máximos valores exceden levemente dicha norma, estas variaciones no tendrían efectos negativos sobre las comunidades acuáticas que se desarrollan en los distintos sistemas estudiados, debido a que el rango de variación del pH en los lagos salinos se ha descrito como extenso, variando entre 3,0 y 11 unidades, rango en el cual distintas comunidades acuáticas pueden desarrollarse (Hammer 1986). Por ejemplo, el estudio realizado por Conte y Geddes (1988), mostró que en los lagos salinos con bajos valores de pH sólo se registró una especie de invertebrado, mientras que en otras condiciones de pH se pudo encontrar una alta variedad de especies. Cabe indicar también, que toda la biota acuática detectada en estos sitios de muestreo se encuentra altamente adaptada a estas condiciones fisicoquímicas.

### 6.6.1.3 Conductividad eléctrica del agua

La conductividad eléctrica (CE) corresponde a un parámetro que permite tener una aproximación de los minerales y sales disueltos en la columna de agua los cuales se descomponen en iones cargados positiva y negativamente, por lo tanto, la conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos. Además, como las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua, también influyen en el desarrollo de la biota acuática, ya que cada organismo distinto tolera una gama de valores de conductividad diferentes. Cabe indicar que todos los sistemas del Salar de Atacama corresponden a cuerpos de agua hipersalinos los cuales por su naturaleza imposibilitan sus aguas para su uso en actividades tales como riego.

De acuerdo con el monitoreo histórico, en general el sector de Puilar presentó una mediana a baja variación en sus valores de conductividad durante todo el periodo de monitoreo, la cual varió entre 2,50 (valor atípico) y 115,80 mS/cm (Tabla 6-46). Los distintos coeficientes de variación medidos durante todo el periodo de estudio indican en general una baja variabilidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de CE registrados en el sector. Por su parte, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican que no existen diferencias significativas respecto a este parámetro ( $KW=15,71$ ,  $g.I=16$ ,  $p=0,402$ , Anexo 7.3) (Figura 6-52).

Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

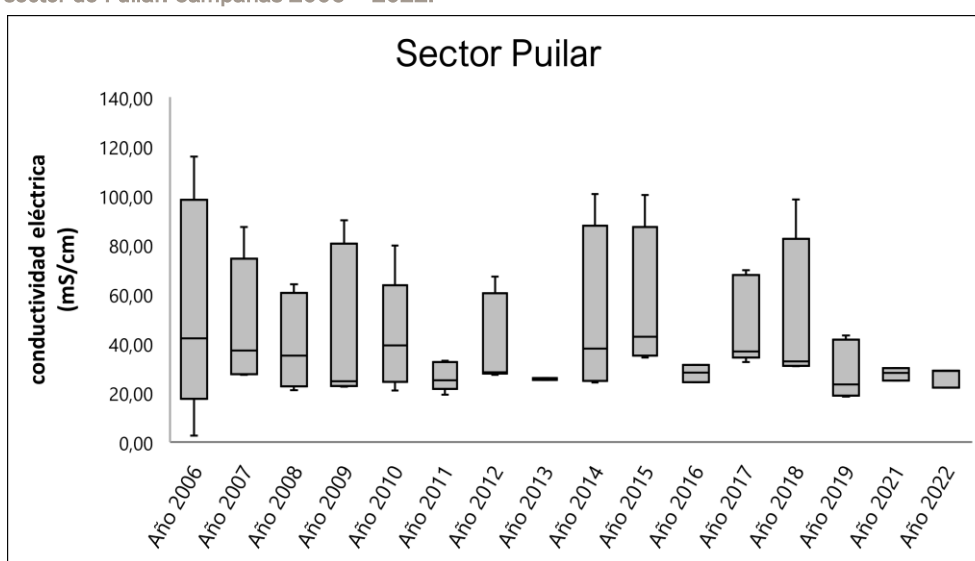
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	2,50	115,80	54,70	42,10	44,13	80,68
Año 2007	5	27,20	87,30	48,16	37,10	25,93	53,85
Año 2008	5	21,00	64,00	40,20	35,00	19,41	48,28
Año 2009	5	22,40	90,00	46,18	24,60	32,01	69,33
Año 2010	5	20,90	79,70	43,04	39,20	22,92	53,26
Año 2011	5	19,20	33,00	26,61	25,05	5,81	21,84
Año 2012	5	27,30	67,10	40,90	28,30	18,39	44,96
Año 2013	2	25,10	25,90	25,50	25,50	0,57	2,22
Año 2014	4	24,10	100,60	50,15	37,95	35,49	70,77
Año 2015	4	34,30	100,20	54,98	42,70	30,75	55,94
Año 2016	3	24,30	31,30	27,90	28,10	3,50	12,56

Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puillar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2017	5	32,40	69,70	48,14	36,70	18,07	37,54
Año 2018	4	30,81	98,50	48,67	32,69	33,26	68,33
Año 2019	5	18,41	43,25	28,85	23,33	11,84	41,06
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	24,96	29,91	27,64	28,04	2,50	9,04
Año 2022	3	22,02	28,87	26,56	28,80	3,93	14,81

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-52. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua\* medidos en el sector de Puillar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Por otro lado, en el sector de Soncor los valores de conductividad eléctrica del agua variaron entre 84,20 y 225,20 mS/cm, los distintos coeficientes de variación indican homogeneidad en los datos analizados, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de conductividad registrados en el sector (Tabla 6-47). En complemento, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio indican que no existen diferencias significativas ( $KW=13,49$ ,  $g.I=16$ ,  $p=0,565$ , Anexo 7.3) (Figura 6-53) por lo que se puede señalar que en función de este parámetro el sector Soncor se ha comportado de manera estable a través del tiempo y ha presentado baja variabilidad en la cantidad de sales disueltas en la columna de agua.

Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

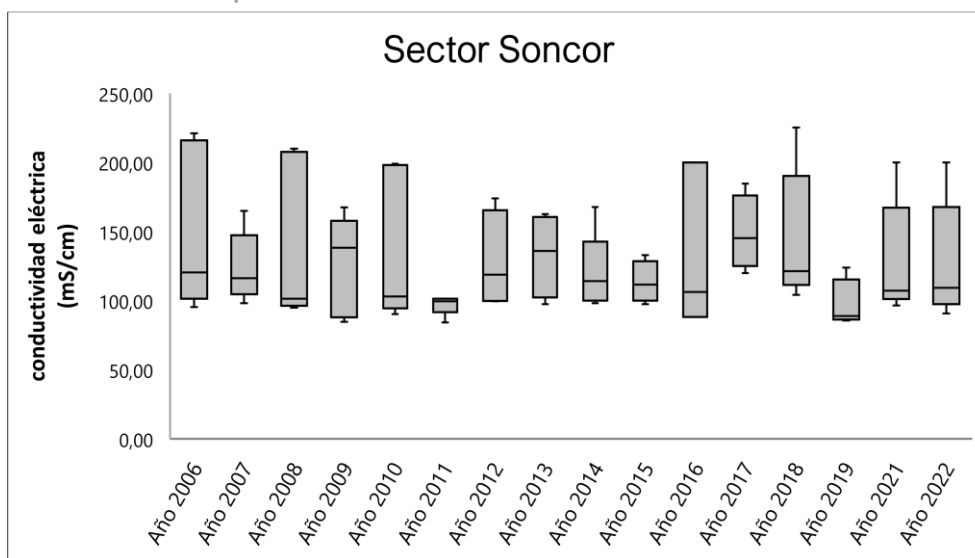
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	95,20	221,00	150,96	120,40	60,14	39,84
Año 2007	5	98,00	164,80	123,96	116,20	25,46	20,54
Año 2008	5	94,80	210,00	141,70	101,30	60,14	42,44

Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	84,70	167,50	125,86	138,20	36,41	28,93
Año 2010	5	90,20	199,00	137,56	102,90	55,37	40,25
Año 2011	5	84,20	101,20	97,00	99,40	7,23	7,45
Año 2012	5	99,40	174,00	129,74	118,60	33,92	26,15
Año 2013	4	97,30	162,50	132,88	135,85	30,78	23,16
Año 2014	5	98,00	167,70	119,82	114,10	27,98	23,35
Año 2015	4	97,40	132,80	113,30	111,50	14,89	13,15
Año 2016	3	88,10	199,90	131,37	106,10	60,03	45,70
Año 2017	4	119,80	184,50	148,70	145,25	27,02	18,17
Año 2018	5	104,10	225,20	144,92	121,30	48,64	33,56
Año 2019	4	85,51	123,90	96,69	88,67	18,20	18,83
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	96,42	>200,00	128,70	107,20	42,29	32,86
Año 2022	5	90,56	>200,00	127,81	109,10	43,51	34,04

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-53. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las conductividades históricas variaron entre 3,0 y 234 mS/cm, a pesar del amplio rango en los valores de conductividad para este sector (dado principalmente por la existencia de valores atípicos a la tendencia), los distintos coeficientes de variación indican mediana heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-48) y además, la comparación estadística entre los distintos periodos

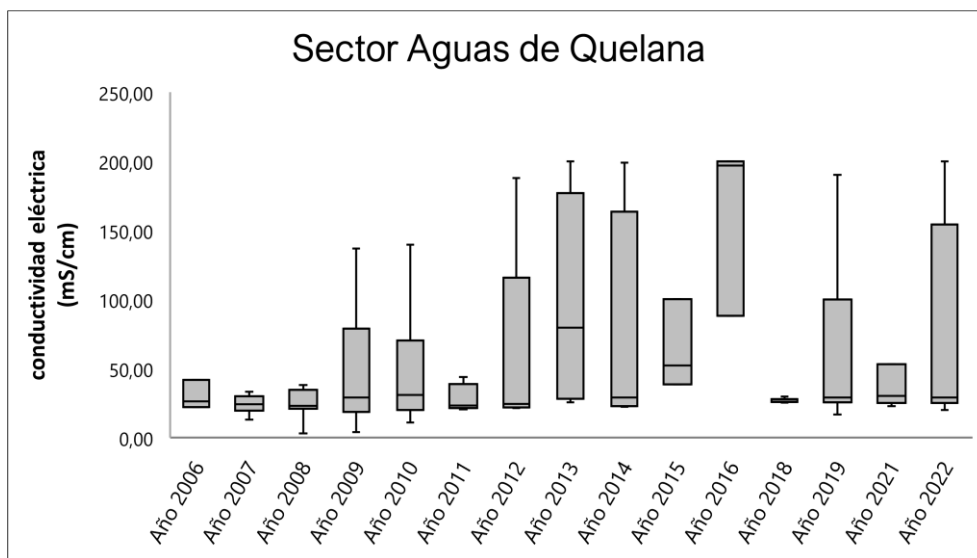
de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas (KW=15,95, g.l=15, p=0,182, Anexo 7.3) (Figura 6-54).

Tabla 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	7	22,00	233,00	56,97	26,20	77,91	136,76
Año 2007	10	3,66	234,00	43,08	24,25	67,59	156,91
Año 2008	9	3,00	184,00	40,78	23,00	54,52	133,69
Año 2009	10	3,90	197,00	55,16	29,05	62,41	113,14
Año 2010	10	11,00	197,00	56,13	30,80	61,83	110,15
Año 2011	8	20,40	188,10	45,69	23,20	58,05	127,05
Año 2012	5	21,30	187,80	59,94	24,40	72,07	120,23
Año 2013	6	25,50	199,99	97,12	79,55	77,09	79,38
Año 2014	5	22,30	199,00	80,32	29,10	80,02	99,62
Año 2015	3	38,50	100,20	63,67	52,30	32,38	50,86
Año 2016	3	88,10	199,99	161,70	197,00	63,75	39,43
Año 2017	1	133,00	133,00	133,00	133,00	-	-
Año 2018	7	25,26	29,77	26,69	25,93	1,59	5,96
Año 2019	9	16,78	190,10	61,04	28,96	65,42	107,19
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	22,81	>200,00	56,28	30,25	64,24	114,15
Año 2022	7	19,94	>200,00	71,98	29,12	73,63	102,29

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-54. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

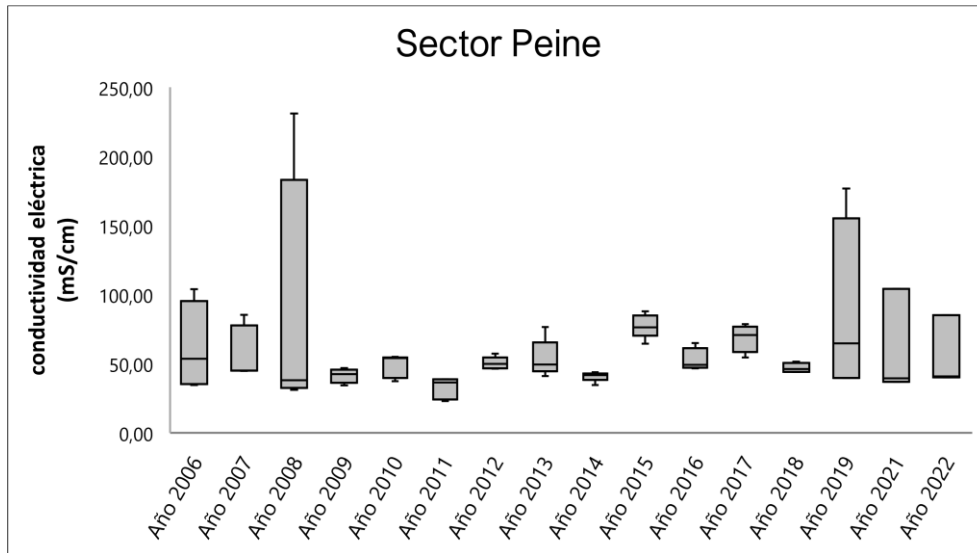
Finalmente, la conductividad eléctrica en el sector de Peine varió entre 23,0 y 231,0 mS/cm durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022). Además, los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, indicando una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-49). En relación con la comparación interanual, a diferencia de lo ocurrido en los otros sectores del Salar de Atacama, el sector de Peine presentó diferencias significativas entre algunos de los periodos de monitoreo ( $KW= 27,94$ ,  $g.I=15$ ,  $p=0,002$ , Anexo 7.3). Estas diferencias se detectaron entre el actual periodo (año 2022) y el año 2011, donde los valores de conductividad fueron significativamente menores que los medidos en la campaña actual (Figura 6-55).

**Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	34,50	103,90	62,96	53,50	31,09	49,37
Año 2007	5	44,80	85,20	57,98	45,00	18,70	32,25
Año 2008	4	31,00	231,00	84,50	38,00	97,73	115,65
Año 2009	5	34,30	46,70	41,16	42,30	4,97	12,08
Año 2010	5	37,20	54,80	48,48	53,90	8,21	16,94
Año 2011	5	23,00	38,60	32,28	36,30	7,65	23,69
Año 2012	5	46,30	57,30	50,32	49,80	4,44	8,82
Año 2013	5	40,90	76,60	53,78	49,30	13,58	25,25
Año 2014	5	34,60	43,70	40,70	41,70	3,51	8,64
Año 2015	5	64,50	87,90	77,28	76,20	8,63	11,17
Año 2016	4	46,50	65,00	52,40	49,05	8,51	16,25
Año 2017	4	54,40	78,60	68,60	70,70	10,18	14,85
Año 2018	4	43,94	51,46	46,85	45,99	3,52	7,52
Año 2019	4	39,56	176,80	86,47	64,76	64,68	74,80
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	36,73	104,00	60,01	39,30	38,12	63,52
Año 2022	3	40,00	85,07	55,31	40,86	25,78	46,60

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-55. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Cabe indicar que las diferencias dadas respecto a este parámetro se suscitaron principalmente debido a la existencia de valores atípicos medidos en momentos puntuales que no representan la tendencia del parámetro en la mayoría de los sitios de estudio. Cabe señalar también, que, dada la naturaleza del sector estudiado (sistemas hidrológicos hipersalinos), el recurso hídrico no es apto para riego, y que los grandes valores de conductividad medidos a través de todo el periodo de monitoreo incluyendo los valores de línea de base, indican que no existirían implicancias para el desarrollo de la biota acuática en el sector, la cual está adaptada a estas altas concentraciones de sales y minerales disueltos en la columna de agua. Por último, todos los valores de Conductividad medidos en los distintos sitios del Salar de Atacama durante la actual campaña de monitoreo (abril 2022) se encuentran dentro del rango de valores históricos determinados para estos sitios.

#### 6.6.1.4 Salinidad

Las sales en solución ejercen efectos derivados de la presión osmótica sobre los organismos vivos en la columna de agua. Existe una estrecha relación entre la salinidad y la conductividad, ya que ambos parámetros indican la cantidad de solutos presentes en el agua y se derivan de la misma medición, los cuales nos entregan información sobre los posibles efectos que pudiese tener el recurso hídrico para el desarrollo de la vida acuática, principalmente sobre organismos que presenten una alta sensibilidad a distintos rangos de presión osmótica.

De acuerdo con la comparación histórica de los valores de Salinidad obtenidos a través de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), se puede indicar que la mayoría de los sectores presentaron diferencias significativas en la variabilidad interanual en los valores de Salinidad a excepción del sector de Puillar, el cual no presentó diferencias temporales en términos estadísticos.

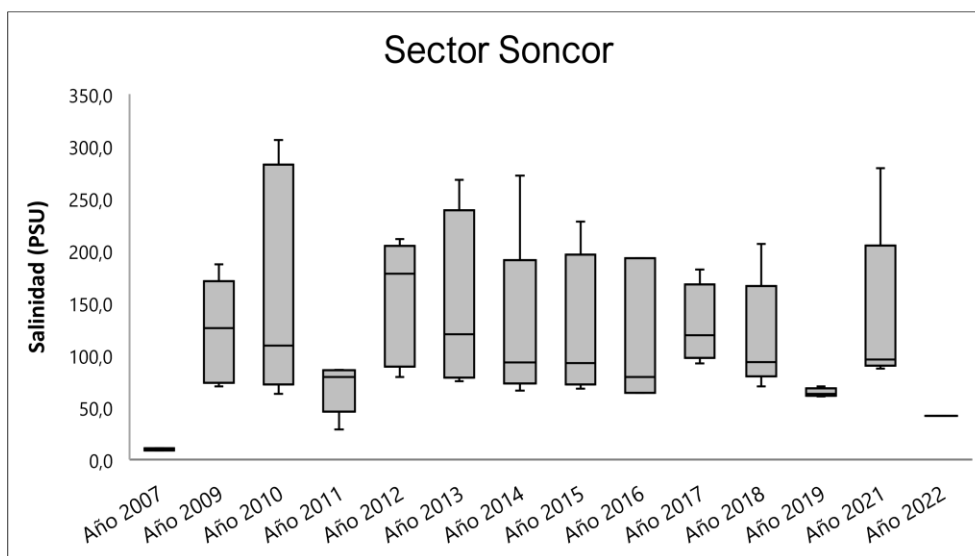
Respecto al sector de Puilar, la salinidad medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 10,96 y 100,0 PSU (Tabla 6-50) los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de salinidad registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar evidencian que no existen diferencias significativas en los valores de Salinidad medidos a través de los años en el sector de Puilar ( $KW=15,95$ ,  $g.I=15$ ,  $p=0,385$ , Anexo 7.3) por lo que este parámetro en este sector se ha comportado de manera estable, al igual que la conductividad.

Tabla 6-50. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	4	12,70	56,30	28,85	23,20	19,16	66,41
Año 2007	5	16,70	62,40	32,20	23,60	19,62	60,94
Año 2008	5	12,60	42,90	25,64	21,10	13,72	53,52
Año 2009	5	13,70	100,00	42,54	20,00	37,08	87,17
Año 2010	5	17,10	52,00	28,02	24,00	13,71	48,93
Año 2011	5	14,00	28,00	17,78	14,50	5,97	33,57
Año 2012	5	17,10	48,00	27,10	17,80	13,93	51,39
Año 2013	2	15,60	16,30	15,95	15,95	0,49	3,10
Año 2014	4	14,40	68,00	32,08	22,95	25,16	78,44
Año 2015	4	17,60	52,00	28,35	21,90	16,25	57,30
Año 2016	3	13,50	15,80	14,60	14,50	1,15	7,90
Año 2017	5	19,40	58,00	33,48	22,00	17,46	52,16
Año 2018	4	19,17	63,95	30,97	20,39	22,01	71,07
Año 2019	5	10,96	27,65	17,87	14,12	7,89	44,18
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	17,20	22,20	20,13	21,00	2,61	12,96
Año 2022	3	15,30	18,40	17,23	18,00	1,69	9,78

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-56. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad\* medidos en el sector de Pui-lar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

En cuanto al sector de Soncor, los valores de Salinidad medidos durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), variaron entre 8,70 y 306,0 PSU. Por su parte, los distintos coeficientes de variación indican en general leve heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe ligera variabilidad interanual en los datos de Salinidad registrados en este sector (Tabla 6-51). Por otro lado, la comparación estadísticas entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que existen diferencias significativas en los valores de salinidad medidos ( $KW=31,19$ ,  $g.l=15$ ,  $p=0,003$ , Anexo 7.3) estas diferencias estuvieron dadas principalmente entre el actual periodo de estudio (año 2022) y todos los demás periodos evaluados. Los valores medidos en el actual periodo fueron menores que la mayoría de los valores de Salinidad medidos durante los otros años, sin embargo, estos valores corresponden al límite de detección de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, por lo que podrían ser más altos y, en consecuencia, similares a los detectados en otros años. Cabe destacar que todos los valores medidos durante el periodo actual se encontraron dentro del rango histórico de valores de salinidad para este sector.

Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	1	69,30	69,30	69,30	69,30	-	-
Año 2007	2	8,70	11,00	9,85	9,85	1,63	16,51
Año 2008	1	65,50	65,50	65,50	65,50	-	-
Año 2009	5	70,00	187,00	123,00	126,00	50,13	40,76
Año 2010	5	63,00	306,00	163,60	109,00	111,02	67,86
Año 2011	5	29,00	86,00	68,40	79,00	23,87	34,90
Año 2012	5	79,00	211,00	153,00	178,00	60,01	39,22
Año 2013	4	75,00	268,00	145,75	120,00	87,94	60,33
Año 2014	5	66,00	272,00	124,20	93,00	84,20	67,80

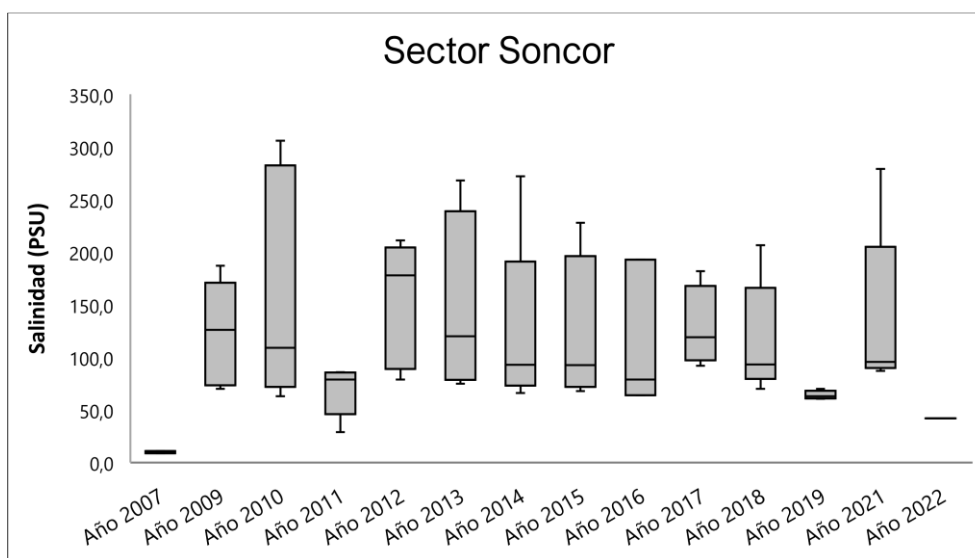


Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2015	4	68,00	228,00	120,25	92,50	73,09	60,78
Año 2016	3	64,00	193,00	112,00	79,00	70,55	62,99
Año 2017	4	92,00	182,00	128,00	119,00	38,50	30,08
Año 2018	5	70,00	206,51	116,95	93,20	53,95	46,13
Año 2019	4	60,49	70,00	64,14	63,03	4,09	6,38
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	87,00	279,00	137,12	95,70	81,16	59,19
Año 2022	5	>42,00	>42,00	42,00	42,00	0,00	0,00

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-57. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

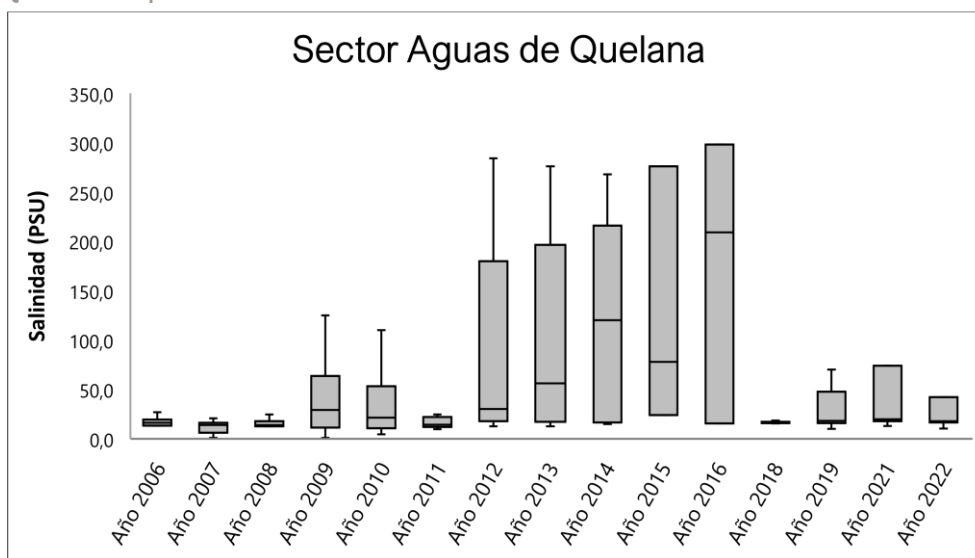
El sector Aguas de Quelana, presentó valores de salinidad que variaron entre 0,70 y 329,0 PSU. Además, los distintos coeficientes de variación indicaron heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de Salinidad registrados en el sector (Tabla 6-52). A diferencia de lo ocurrido con la conductividad, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW=27,12$ ,  $g.I=15$ ,  $p=0,019$ , Anexo 7.3). Esta diferencia se presentó entre el año 2022 y el año 2007, principalmente debido a que los valores medidos de salinidad fueron mucho menores durante el año 2007 respecto al monitoreo actual. (Figura 6-58). Cabe destacar que todos los valores medidos durante el actual periodo se encontraron dentro del rango histórico para este sector.

Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	6	13,20	26,80	17,10	16,10	5,01	29,33
Año 2007	10	0,70	20,80	11,92	13,70	6,59	55,27
Año 2008	8	1,60	24,50	14,09	13,70	6,45	45,81
Año 2009	10	0,70	329,00	63,51	29,00	99,56	156,76
Año 2010	10	4,45	232,00	48,72	21,40	71,32	146,40
Año 2011	8	9,51	237,00	42,30	14,05	78,79	186,27
Año 2012	5	12,70	284,00	85,14	30,00	113,77	133,63
Año 2013	6	12,60	276,00	98,23	56,00	106,09	108,00
Año 2014	5	14,90	268,00	116,94	120,00	106,40	90,99
Año 2015	3	24,00	276,00	126,00	78,00	132,68	105,30
Año 2016	3	15,50	298,00	174,17	209,00	144,44	82,93
Año 2017	1	105,00	105,00	105,00	105,00	-	-
Año 2018	7	15,41	18,35	16,40	15,89	1,03	6,28
Año 2019	9	9,90	70,00	29,29	17,94	23,49	80,20
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	12,90	277,00	63,41	19,60	96,48	152,14
Año 2022	7	10,30	42,00	25,10	17,90	13,07	52,07

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-58. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, la Salinidad en el sector de Peine varió entre 19,3 y 86,30 PSU durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), por su parte los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican heterogeneidad interanual respecto a este pa-

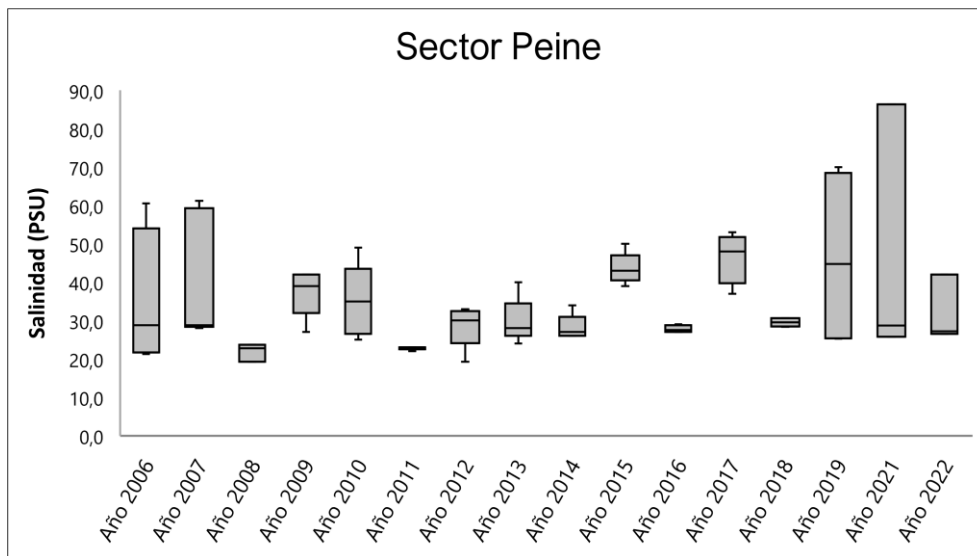
rámetro (Tabla 6-53). En relación con la comparación interanual, estadísticamente se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo respecto al año 2011 de monitoreo (KW= 31,34, g.l=16, p=0,008, Anexo 7.3). Esta diferencia se debe a que el año 2011, presentó menores valores de salinidad. (Figura 6-59). No obstante, todos los valores de salinidad medidos en el sector de Peine estuvieron dentro del rango histórico medido para este parámetro.

Tabla 6-53. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	4	21,30	60,50	34,83	28,75	18,11	52,02
Año 2007	5	28,00	61,20	40,80	28,80	16,90	41,43
Año 2008	3	19,30	23,70	21,93	22,80	2,32	10,60
Año 2009	5	27,00	42,00	37,40	39,00	6,19	16,55
Año 2010	5	25,00	49,00	35,00	35,00	9,41	26,88
Año 2011	5	22,00	23,00	22,80	23,00	0,45	1,96
Año 2012	5	19,30	33,00	28,66	30,00	5,47	19,07
Año 2013	5	24,00	40,00	29,80	28,00	6,02	20,19
Año 2014	5	26,00	34,00	28,20	27,00	3,35	11,87
Año 2015	5	39,00	50,00	43,60	43,00	4,04	9,26
Año 2016	4	27,00	29,00	27,75	27,50	0,96	3,45
Año 2017	4	37,00	53,00	46,50	48,00	6,76	14,53
Año 2018	4	28,39	30,64	29,52	29,53	1,19	4,02
Año 2019	4	25,31	70,00	46,19	44,72	24,14	52,26
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	25,80	86,30	46,93	28,70	34,12	72,71
Año 2022	3	26,50	42,00	31,90	27,20	8,75	27,44

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-59. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



*Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.*

Cabe indicar que a pesar de que la salinidad está estrechamente ligada con la conductividad, algunos sectores mostraron diferencias significativas en la comparación interanual, el principal motivo que explicaría esta variabilidad es la existencia de valores atípicos en las mediciones que no necesariamente representan la tendencia que ha mostrado este parámetro a lo largo de todos los periodos de estudio. Además, cabe señalar que estas variaciones, al igual que lo ocurrido con varios parámetros anteriores no tienen una implicancia biológica en las comunidades acuáticas que se desarrollan en los distintos sistemas estudiados. Al respecto, Williams y colaboradores (1995), basados en un reconocimiento de la naturaleza química y la fauna de invertebrados de siete lagos salinos en el Altiplano de Bolivia meridional, determinaron que en un rango de salinidades entre 4,4 y 156 g/l, la fauna de invertebrados se caracterizó por la ausencia de rotíferos en salinidades superiores a 5 g/l. Por otro lado, a altas salinidades (> 50 g/l), solamente se registraron individuos de *Artemia*, *Boeckella*, *Ephyridae* y *Dolichopodidae*, lo que indicaría que, a pesar de las fluctuaciones en la salinidad, es posible la mantención de los ensambles de biota acuática a altas salinidades, como lo son las registradas en el Salar de Atacama durante los distintos periodos de monitoreo. Por último, los valores de Salinidad medidos durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico medido en los sitios de muestreo.

#### 6.6.1.5 Oxígeno disuelto

Una característica física y química fundamental del agua salina es la disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que, por consiguiente, los cuerpos de agua salina presentan menores concentraciones de oxígeno disuelto que los cuerpos de agua dulce en condiciones ambientales similares, convirtiendo a estos parámetros en variables importantes para determinar la calidad del agua (Roldán, 2003; Wetzel, 2001). Es importante considerar las interdependencias que se dan entre los distintos parámetros que definen la calidad del agua y que se ven estrechamente ligados, definiendo la disponibilidad de oxígeno disuelto en la columna de agua.

Considerando todos los datos levantados en terreno, la comparación interanual de las concentraciones de oxígeno disuelto medidas a lo largo de todo el periodo de monitoreo (2006-2022), se observaron diferencias significativas en todos los sectores de estudio, presentando un rango de concentraciones amplio y que varió entre 0,50 mg/L y 13,90 mg/L ambos valores, obtenidos en el sistema lacustre Aguas de Quelana, en los periodos 2014 y 2008 respectivamente. Para este periodo abril 2022, los valores representados en el sector Aguas de Quelana arrojaron una media de 3,29 mg/L. En relación con las medias de Puilar 6,82 mg/L, Soncor 3,26 mg/L y Peine 3,12 mg/L.

Respecto al sector de Puilar, las concentraciones de oxígeno disuelto medidas durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 1,40 y 13,00 mg/L (Tabla 6-54), además, los distintos coeficientes de variación medidos a lo largo del tiempo indican una alta heterogeneidad en los datos, mostrando que existe una alta variabilidad interanual entre los datos de oxígeno disuelto registrados en el sector. Complementariamente, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=56,75$ ,  $g.I=16$ ,  $p<0,001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) respecto a los años 2006, 2008, 2009, 2015 y

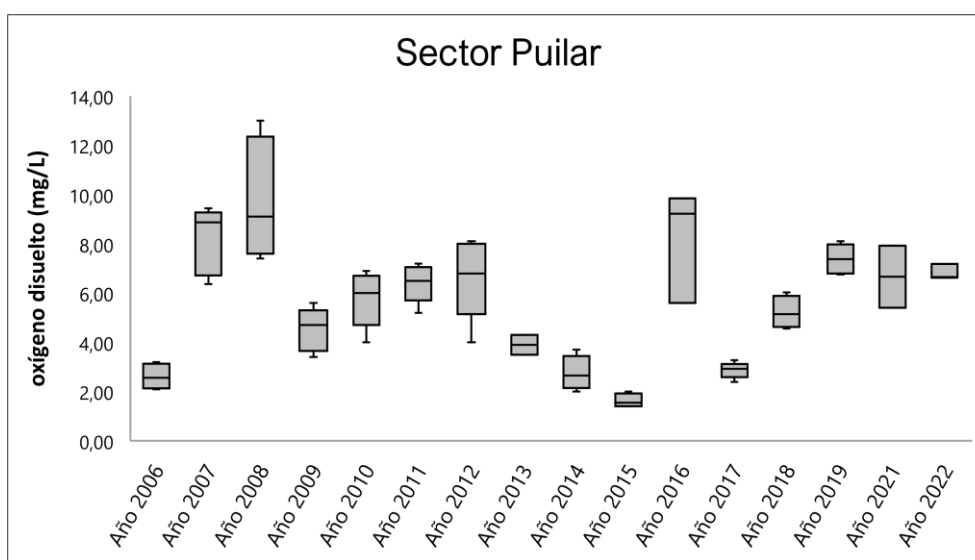
2017. El año 2022 presentó mayores concentraciones de Oxígeno disuelto que los años 2006, 2009, 2015 y 2017 mientras que fueron significativamente menores que las detectadas el año 2008 (Figura 6-60). Estos resultados evidencian una oscilación interanual sin un patrón específico respecto a este parámetro.

Tabla 6-54. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	2,09	3,20	2,62	2,56	0,51	19,34
Año 2007	5	6,37	9,45	8,17	8,87	1,37	16,71
Año 2008	5	7,40	13,00	9,80	9,10	2,45	25,05
Año 2009	5	3,40	5,60	4,52	4,70	0,88	19,38
Año 2010	5	4,00	6,90	5,76	6,00	1,13	19,66
Año 2011	5	5,20	7,20	6,40	6,50	0,77	12,05
Año 2012	5	4,00	8,10	6,62	6,80	1,65	24,85
Año 2013	2	3,50	4,30	3,90	3,90	0,57	14,50
Año 2014	4	2,00	3,70	2,75	2,65	0,70	25,63
Año 2015	4	1,40	2,00	1,63	1,55	0,29	17,68
Año 2016	3	5,60	9,85	8,22	9,22	2,29	27,89
Año 2017	5	2,39	3,27	2,86	2,92	0,32	11,16
Año 2018	4	4,56	6,03	5,22	5,15	0,66	12,57
Año 2019	5	6,76	8,10	7,39	7,38	0,59	8,05
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	5,41	7,93	6,67	6,66	1,26	18,90
Año 2022	3	6,62	7,19	6,82	6,65	0,32	4,70

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-60. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto\* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

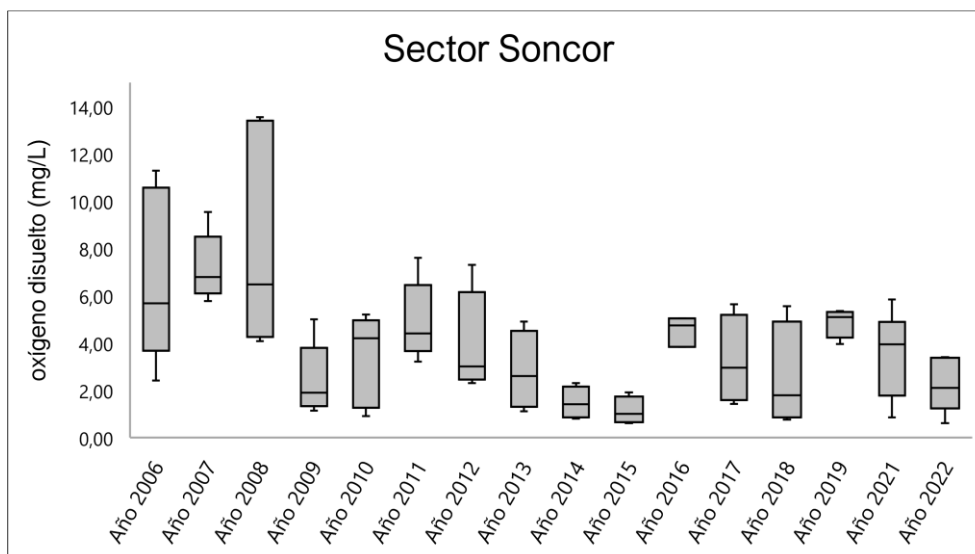
En cuanto al sector de Soncor, los valores de oxígeno disuelto variaron entre 0,60 y 13,54 mg/L y al igual que lo detectado en el sector de Puilar, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, y una leve tendencia entre los primeros tres años de monitoreo, en una homogeneidad de las máximas entre 9,53 y 13,54 mg/L, a su vez existe una alta variabilidad interanual en las concentraciones de registrados en el sector (Tabla 6-55). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=40,68$ ,  $g.l=16$ ,  $p<0,001$ , Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a los periodos 2006, 2007, 2008, 2011, 2016 y 2019 ya que en el año 2022, presentó en promedio menores valores de concentración de oxígeno que los respectivos años mencionados (Figura 6-61). No obstante, todos los valores de oxígeno disuelto medidos durante el actual periodo de monitoreo estuvieron dentro del rango de valores históricos para este sector.

Tabla 6-55. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	2,40	11,28	6,83	5,67	3,66	53,54
Año 2007	5	5,77	9,53	7,19	6,78	1,45	20,11
Año 2008	5	4,07	13,54	8,35	6,47	4,69	56,17
Año 2009	5	1,13	5,00	2,42	1,89	1,54	63,48
Año 2010	5	0,90	5,20	3,32	4,20	1,94	58,38
Año 2011	5	3,20	7,60	4,92	4,40	1,68	34,05
Año 2012	5	2,30	7,30	4,04	3,00	2,11	52,12
Año 2013	4	1,10	4,90	2,80	2,60	1,67	59,62
Año 2014	5	0,80	2,30	1,48	1,40	0,66	44,67
Año 2015	4	0,60	1,90	1,13	1,00	0,57	51,00
Año 2016	3	3,83	5,03	4,53	4,73	0,62	13,79
Año 2017	4	1,42	5,63	3,24	2,95	1,89	58,46
Año 2018	5	0,76	5,55	2,66	1,78	2,13	80,23
Año 2019	4	3,95	5,35	4,87	5,10	0,63	12,94
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	0,85	5,83	3,45	3,94	1,84	53,26
Año 2022	5	0,60	3,40	2,26	2,10	1,16	51,47

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-61. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana, las concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre 0,50 y 13,90 mg/L, en este sector los distintos coeficientes de variación determinados en los distintos periodos de monitoreo nuevamente, al igual que en los anteriores sectores estudiados, indican alta heterogeneidad en los datos, indicando a que una alta variabilidad interanual en las concentraciones de oxígeno disuelto presente en la columna de agua registrados en el sector (Tabla 6-56). En complemento, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio para el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=68,81, g.l=15, p<0,001, Anexo 7.3). Los valores de oxígeno disueltos medidos el 2022 variaron respecto a los años 2006, 2007, 2008, 2018 y 2019. El actual periodo mostro en promedio menores valores de concentración de oxígeno disuelto respecto a los años mencionados (Figura 6-62). Sin embargo, a pesar de estas diferencias en la variación temporal, todos los valores de oxígeno disueltos medidos en el sector de Aguas de Quelana se encuentran dentro del rango histórico medido para este sitio.

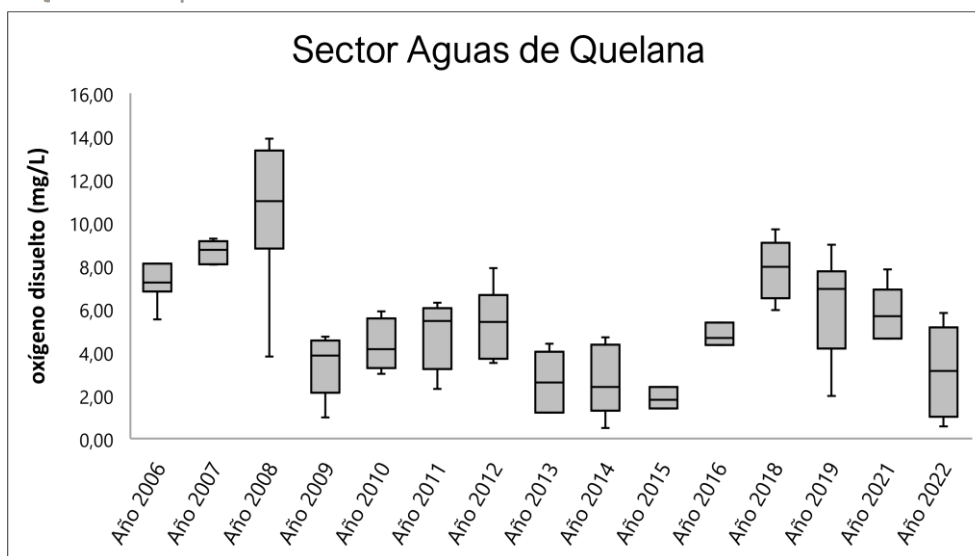
Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	7	5,52	12,10	7,81	7,23	2,08	26,61
Año 2007	10	6,22	11,00	8,68	8,75	1,20	13,83
Año 2008	9	3,80	13,90	10,61	11,00	3,23	30,44
Año 2009	10	0,99	8,33	3,70	3,84	2,05	55,23
Año 2010	10	3,00	5,90	4,32	4,15	1,10	25,47
Año 2011	8	2,30	6,30	4,88	5,45	1,54	31,64
Año 2012	5	3,50	7,90	5,22	5,40	1,73	33,11
Año 2013	6	1,20	4,40	2,65	2,60	1,45	54,57
Año 2014	5	0,50	4,70	2,74	2,40	1,66	60,45
Año 2015	3	1,40	2,40	1,87	1,80	0,50	26,96

Año 2016	3	4,34	5,37	4,79	4,66	0,53	11,01
Año 2017	1	3,79	3,79	3,79	3,79	-	-
Año 2018	7	5,95	9,70	7,82	7,96	1,39	17,72
Año 2019	9	1,98	8,98	6,22	6,94	2,46	39,55
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	1,23	7,84	5,37	5,67	2,11	39,24
Año 2022	7	0,57	5,82	3,29	3,14	2,04	61,90

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-62. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, el oxígeno disuelto medido en el sector de Peine varió entre 0,58 y 11,89 mg/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), por su parte, los coeficientes de variación determinados para los distintos monitoreos indican alta variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-57). En relación con la comparación estadística interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos respecto al periodo 2007 (KW= 52,51, g.l=16, p<0,001, Anexo 7.3). Para el periodo de monitoreo 2022 los valores de oxígenos fueron más bajos que los medidos el año 2007 (Figura 6-63). Los valores de oxígeno disuelto medidos en el sector de Peine durante el año 2022 en general estuvieron dentro del rango histórico de valores en este sector, sin embargo, se detectó el menor valor de este rango en la estación PE-1 ubicada en la Laguna Interna. Cabe indicar que como se ha mencionado con anterioridad, la variación de este parámetro está estrechamente ligado a la hora y momento del muestreo y no tendrían implicancias para la biota acuática que se desarrolla en estos sistemas, los cuales están ambientados a este tipo de hábitat extremos.

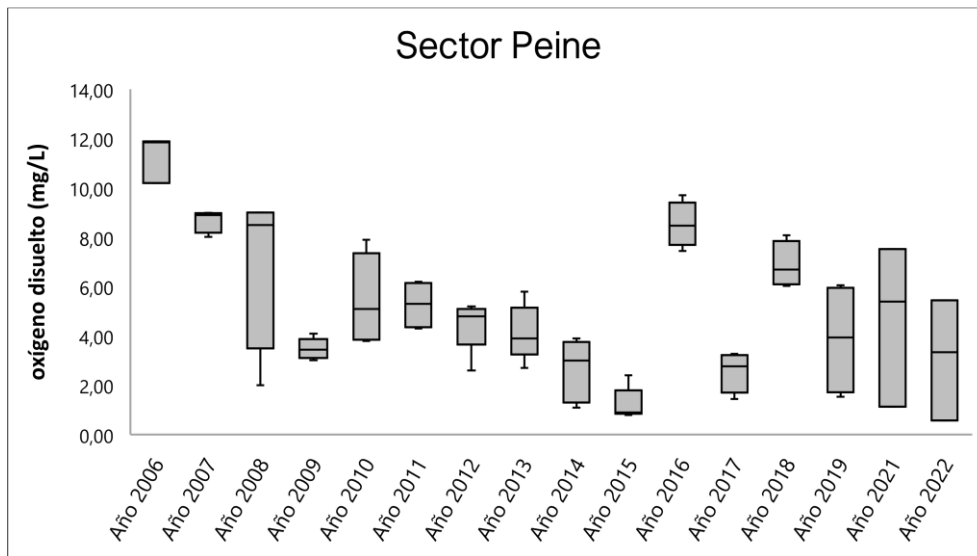


Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	3	10,20	11,89	11,31	11,85	0,96	8,52
Año 2007	5	8,02	8,99	8,64	8,90	0,44	5,05
Año 2008	4	2,00	9,00	7,00	8,50	3,37	48,09
Año 2009	5	3,01	4,10	3,48	3,45	0,42	12,07
Año 2010	5	3,80	7,90	5,50	5,10	1,81	32,85
Año 2011	5	4,30	6,20	5,26	5,30	0,90	17,14
Año 2012	5	2,60	5,20	4,46	4,80	1,06	23,71
Año 2013	5	2,70	5,80	4,14	3,90	1,13	27,36
Año 2014	5	1,10	3,90	2,62	3,00	1,26	47,93
Año 2015	5	0,80	2,40	1,24	0,90	0,67	53,68
Año 2016	4	7,45	9,70	8,52	8,47	0,92	10,82
Año 2017	4	1,44	3,28	2,57	2,78	0,82	32,02
Año 2018	4	6,03	8,08	6,88	6,70	0,93	13,57
Año 2019	4	1,54	6,06	3,87	3,94	2,30	59,42
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	1,13	7,52	4,68	5,39	3,25	69,52
Año 2022	3	0,58	5,45	3,12	3,34	2,44	78,19

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-63. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, en relación al parámetro oxígeno disuelto, como se ha mencionado anteriormente, la principal característica de estos sistemas hipersalinos, la cual tiene una estrecha relación con la conductividad, es la

disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que los cuerpos de agua salina en general presentan menores concentraciones de oxígeno disuelto que los cuerpos de agua dulce bajo las mismas condiciones y, por consiguiente, la biota presente en estos sistemas se encuentra adaptada a estas condiciones de hábitat. Esto indicaría que estas fuertes oscilaciones interanuales detectadas respecto al parámetro oxígeno disuelto medido en los distintos sistemas hidrológicos estudiados no tendrían implicancias biológicas. Además, al igual que lo ocurrido con el parámetro temperatura, las concentraciones de oxígeno disuelto dependen estrechamente de la hora y momento puntual del muestreo mostrando variaciones naturales a distintos niveles (diarios, mensuales, interanuales, entre otros). Finalmente, cabe reiterar que la mayoría de los valores de oxígeno disuelto medido durante la actual campaña de muestreo se encuentran dentro del rango histórico medido en todos los sitios prospectados en el Salar de Atacama.

#### 6.6.1.6 Conductividad eléctrica del sedimento

Tal como se mencionó con la conductividad eléctrica de agua, esta variable corresponde a un parámetro que permite tener una aproximación de la cantidad de los minerales y sales presentes en los distintos sustratos, los cuales se descomponen en iones cargados positiva y negativamente. Además, como las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua, también influyen en el desarrollo de la biota acuática, ya que cada organismo distinto tolera una gama de valores de conductividad diferentes. Cabe indicar que la medición de esta matriz tiene como finalidad detectar diferencias que pudiesen presentarse debido a las diferencias entre la composición y tipo de sustrato sedimentológico que presenta cada lugar estudiado, además, su comportamiento fue distinto al de la conductividad eléctrica media en la columna de agua ya que a diferencias de la conductividad del agua, respecto a este parámetro si se presentaron diferencias significativas a nivel interanual para todos los sectores del Salar de Atacama.

Respecto al sector de Puilar, la conductividad del sedimento determinada durante todo el periodo de monitoreo varió entre 7,66 y 93,80 mS/cm (Tabla 6-58). Los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una variabilidad interanual en los valores de conductividad del sedimento registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW= 39,39$ ,  $g.I=13$ ,  $p<0,001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022), el cual varió respecto al periodo 2009. Los valores de conductividad fueron significativamente más bajos en el año 2022 respecto a los valores medidos en el año 2009. (Figura 6-64). Cabe destacar que todos los valores medidos durante el actual periodo estuvieron dentro del rango histórico en este sector.

Tabla 6-58. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Puilar.

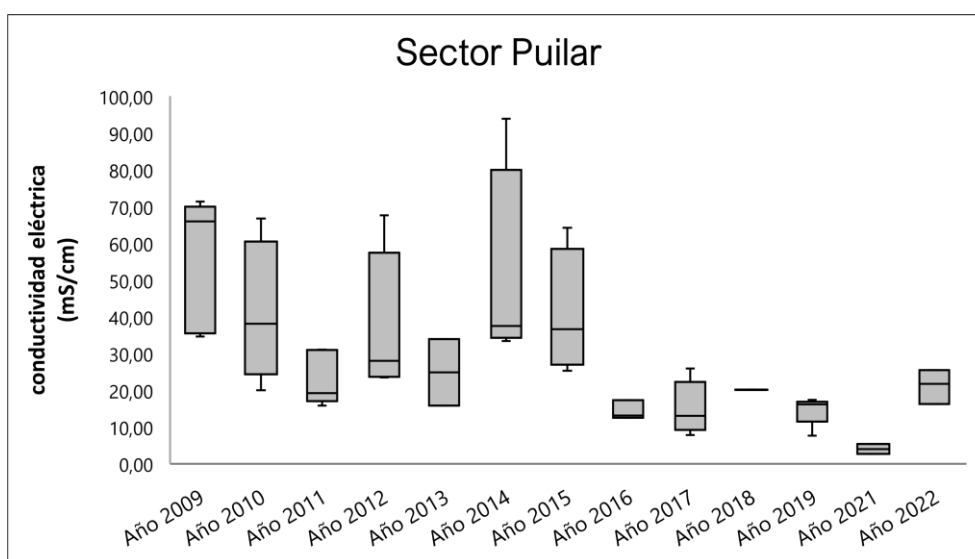
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	34,60	71,30	55,36	65,90	18,24	32,95
Año 2010	5	20,00	66,70	41,52	38,10	18,95	45,64
Año 2011	5	15,80	31,00	23,04	19,20	7,33	31,80
Año 2012	5	23,50	67,60	38,00	28,00	19,18	50,46
Año 2013	2	15,80	33,90	24,85	24,85	12,80	51,50
Año 2014	4	33,40	93,80	50,55	37,50	28,91	57,18
Año 2015	4	25,30	64,20	40,68	36,60	16,98	41,75
Año 2016	3	12,50	17,30	14,30	13,10	2,62	18,29

Tabla 6-58. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Puillar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2017	5	7,79	25,85	15,15	12,98	7,18	47,42
Año 2018	4	20,06	20,13	20,09	20,09	0,04	0,18
Año 2019	5	7,66	17,40	14,56	16,14	3,93	26,99
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	2,63	5,37	3,98	3,94	1,37	34,48
Año 2022	3	16,20	25,43	21,12	21,72	4,64	21,99

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-64. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento\* medidos en el sector de Puillar. Campañas 2009 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

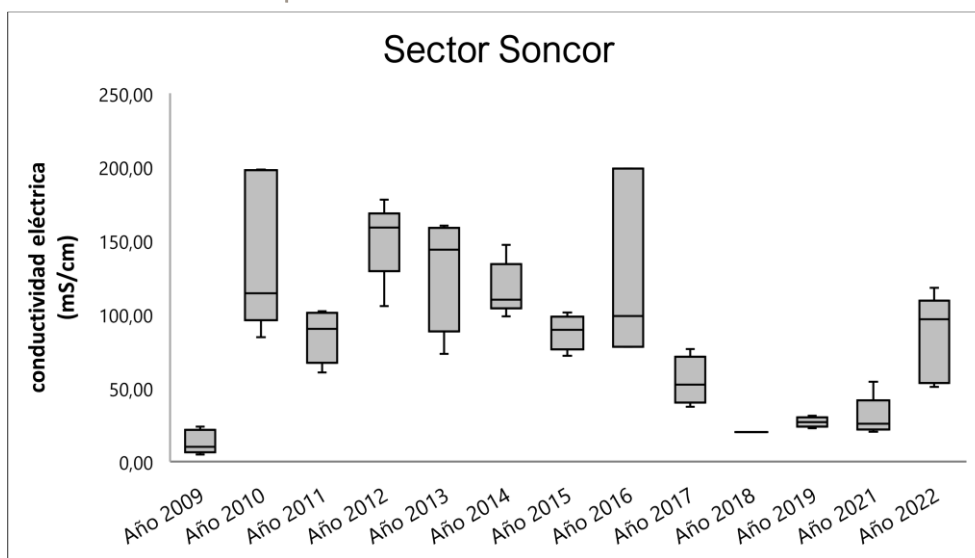
En cuanto al sector de Soncor, los valores de conductividad variaron entre 4,90 y 199,00 mS/cm, los distintos coeficientes de variación indican nuevamente una alta heterogeneidad en los datos, mostrando que existe una alta variabilidad interanual en los valores de conductividad eléctrica medida en el sedimento del sector (Tabla 6-59). La comparación entre los distintos periodos de monitoreo en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW= 48,88$ ,  $g.I=13$ ,  $p < 0,001$ , Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió respecto a los años 2009, 2012, 2018, 2019 y 2021. Los valores de conductividad del año 2022 fueron mayores respecto a los periodos 2009, 2018, 2019 y 2021 pero fueron menores que los medidos el año 2012 (Figura 6-65). Al igual que lo detectado en Puillar, todos los valores medidos durante el actual periodo en el sector de Soncor estuvieron dentro del rango histórico en este sector.

Tabla 6-59. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	4,90	23,70	13,18	10,00	8,07	61,24
Año 2010	5	84,50	198,20	140,32	114,20	53,61	38,21
Año 2011	5	60,40	102,00	85,22	90,00	17,83	20,92
Año 2012	5	105,50	177,90	150,82	158,80	27,02	17,91
Año 2013	4	73,10	160,20	130,23	143,80	39,71	30,49
Año 2014	5	98,60	147,10	117,22	110,00	18,46	15,74
Año 2015	4	71,90	101,30	88,03	89,45	12,12	13,77
Año 2016	3	78,00	199,00	125,27	98,80	64,70	51,65
Año 2017	4	37,25	76,48	54,52	52,17	16,48	30,23
Año 2018	5	20,01	20,08	20,04	20,05	0,03	0,14
Año 2019	4	22,70	31,06	26,84	26,81	3,41	12,72
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	20,23	54,24	30,44	25,65	13,68	44,94
Año 2022	5	50,61	118,00	84,36	96,56	29,52	34,99

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-65. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Por otro lado, para el sector Aguas de Quelana, las conductividades del sedimento variaron entre 1,50 y 199,00 mS/cm, además, al igual que en los sectores de Puilar y Soncor, los distintos coeficientes de variación determinados a través de todos los periodos de estudio indican heterogeneidad en los datos y la existencia de mayor variabilidad interanual en los niveles de conductividad eléctrica media en los sedimentos de este sector (Tabla 6-60). Por su parte, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW= 27,60, g.l=12, p= 0,004,

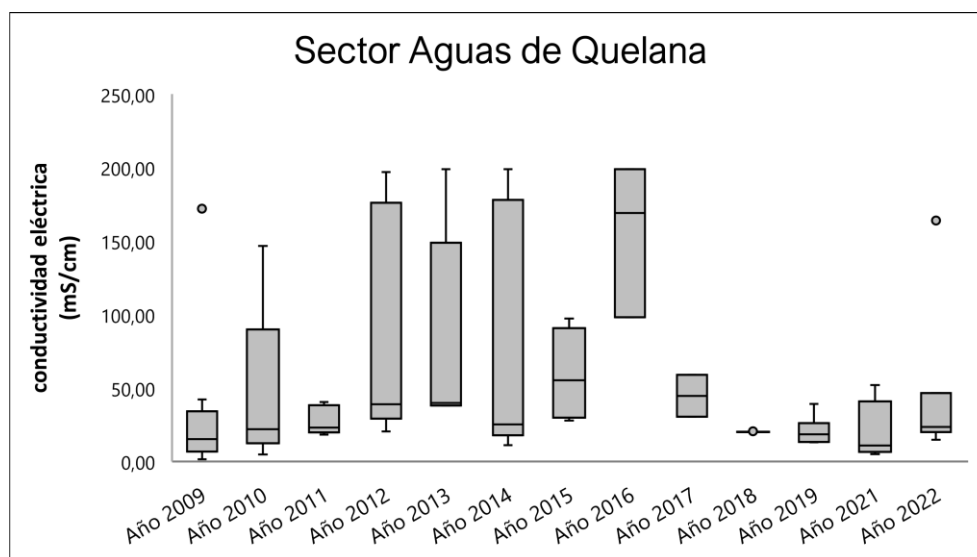
Anexo 7.3). Las principales diferencias estuvieron dadas entre el actual periodo respecto al año 2016. Los valores de conductividad eléctrica del sedimento medidos durante el actual año 2022 fueron menores respecto a los detectados en el año 2016 (Figura 6-66). Al igual que en los sectores mencionados anteriormente, todos los valores medidos durante el actual periodo estuvieron dentro del rango histórico en este sector.

Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	10	1,50	172,00	32,72	15,25	50,59	154,64
Año 2010	10	4,70	146,60	46,44	22,00	50,61	108,99
Año 2011	8	18,20	170,00	43,23	23,00	51,76	119,75
Año 2012	5	20,40	197,00	89,86	38,90	80,36	89,43
Año 2013	6	38,00	199,00	81,15	39,80	68,72	84,68
Año 2014	5	11,10	199,00	83,34	25,20	87,86	105,42
Año 2015	5	27,80	97,20	59,36	55,30	30,92	52,09
Año 2016	3	98,10	199,00	155,37	169,00	51,81	33,35
Año 2017	2	30,40	58,92	44,66	44,66	20,17	45,16
Año 2018	7	20,02	20,56	20,16	20,11	0,18	0,90
Año 2019	10	13,11	43,20	23,14	19,25	10,76	46,50
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	5,10	52,03	19,54	10,84	18,87	96,53
Año 2022	7	14,87	164,00	46,28	23,57	52,91	114,33

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-66. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2009 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Por último, la conductividad del sedimento en el sector de Peine varió entre 11,60 y 76,58 mS/cm durante todo el periodo de monitoreo (años 2009-2022) y los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en

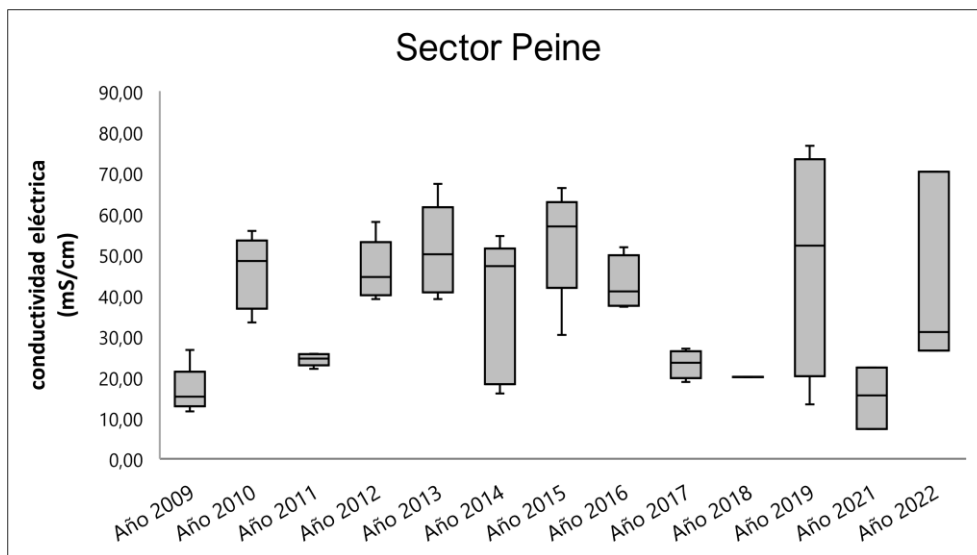
los datos durante algunos periodos respecto a otros, además indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-61). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con el 2011 ( $KW= 30,69$ ,  $g.l=13$ ,  $<=0,001$ , Anexo 7.3). Los valores de conductividad del sedimento medidos en el periodo de monitoreo 2022 fueron mayores que los medidos el año 2011 (Figura 6-67). Sin embargo, cabe indicar que, todos los valores medidos durante el actual periodo estuvieron dentro del rango histórico en este sector.

**Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	11,60	26,60	16,72	15,20	5,77	34,54
Año 2010	5	33,40	55,80	45,76	48,40	8,96	19,58
Año 2011	5	22,00	25,70	24,28	24,50	1,51	6,21
Año 2012	5	39,10	58,00	46,12	44,50	7,46	16,18
Año 2013	5	39,10	67,30	50,94	50,10	11,24	22,06
Año 2014	5	16,00	54,50	37,32	47,20	17,70	47,42
Año 2015	5	30,30	66,30	53,24	56,90	13,68	25,69
Año 2016	4	37,20	51,80	42,75	41,00	6,70	15,66
Año 2017	4	18,83	26,95	23,19	23,48	3,42	14,74
Año 2018	4	20,00	20,08	20,05	20,06	0,04	0,18
Año 2019	4	13,32	76,58	48,58	52,20	27,74	57,12
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	7,28	22,34	15,04	15,49	7,54	50,15
Año 2022	3	26,51	70,28	42,60	31,02	24,07	56,51

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-67. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 – 2022.**



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 6.6.1.7 Conductividad del Agua intersticial en Sedimentos

Al igual que lo detectado para la conductividad eléctrica del sedimento, los valores de conductividad del agua intersticial presentaron variaciones significativas desde el punto de vista estadístico en la mayoría de los sectores monitoreados, con excepción del sector Aguas de Quelana donde no se detectó una variación temporal significativa.

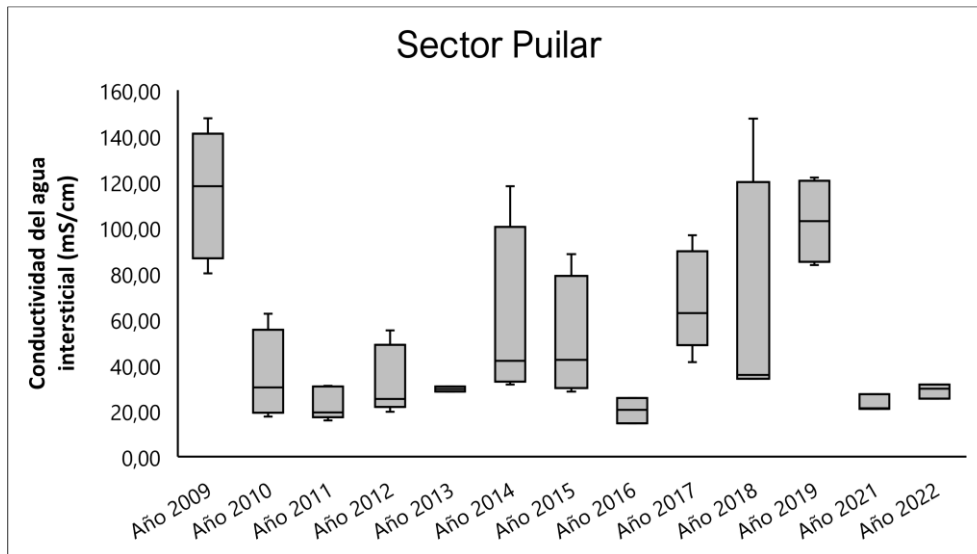
Respecto al sector de Puilar, la conductividad del agua intersticial medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 14,50 y 147,70 mS/cm (Tabla 6-62), los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los valores de conductividad registrados en el sector. Por su parte, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=34,22$ ,  $g.l=12$ ,  $p<0,001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente respecto a los años 2009, 2017 y 2019, dado que los valores de conductividad fueron más altos durante los años 2009, 2017 y 2019 respecto a los medidos durante el actual periodo 2022 (Figura 6-68). Cabe destacar que todos los valores medidos en el sector de Puilar estuvieron dentro de los rangos históricos.

**Tabla 6-62. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Puilar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	80,00	147,70	114,62	118,00	28,05	24,47
Año 2010	5	17,50	62,30	35,78	30,10	19,10	53,39
Año 2011	5	15,80	30,80	22,98	19,30	7,12	30,99
Año 2012	5	19,50	55,00	33,20	25,10	15,04	45,31
Año 2013	2	28,30	30,60	29,45	29,45	1,63	5,52
Año 2014	4	31,40	118,00	58,25	41,80	40,37	69,30
Año 2015	4	28,40	88,40	50,28	42,15	27,04	53,79
Año 2016	3	14,50	25,50	20,13	20,40	5,50	27,34
Año 2017	5	41,23	96,60	67,83	62,64	21,90	32,28
Año 2018	4	33,88	147,50	63,13	35,57	56,26	89,13
Año 2019	5	38,40	67,43	46,99	43,01	11,90	25,33
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	20,82	27,20	23,01	21,01	3,63	15,78
Año 2022	3	25,26	31,42	28,78	29,67	3,17	11,03

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-68. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua intersticial\* medidos en el sector de Puillar. Campañas 2009 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

En cuanto al sector de Soncor, los valores de conductividad del agua intersticial variaron entre 12,30 y 228,90 mS/cm y los distintos coeficientes de variación medidos a través del tiempo indican, al igual que en los otros sectores, heterogeneidad en los datos, mostrando una alta variabilidad interanual en valores de conductividad del agua intersticial registrados en el sector (Tabla 6-63). La comparación desde el punto de vista estadístico entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=30,31 g.l=12, p=0,003, Anexo 7.3). Sin embargo, esta diferencia estadística se detectó entre periodos anteriores y no respecto al actual periodo de monitoreo (Figura 6-69). El rango de valores de conductividad del agua intersticial del sedimento media en el sector de Soncor se mantuvo dentro del rango histórico determinado para este parámetro.

Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	12,30	83,50	43,90	30,10	30,44	69,35
Año 2010	5	78,40	175,10	123,08	103,70	44,08	35,81
Año 2011	5	62,00	101,00	81,12	78,00	15,20	18,74
Año 2012	5	102,80	161,60	145,76	153,50	24,25	16,64
Año 2013	4	69,20	163,20	127,43	138,65	43,81	34,38
Año 2014	5	98,00	192,50	149,94	143,80	41,41	27,62
Año 2015	4	77,90	130,90	100,30	96,20	23,24	23,17
Año 2016	3	89,00	200,00	126,30	89,90	63,83	50,54
Año 2017	4	155,60	212,40	177,08	170,15	25,89	14,62
Año 2018	5	104,70	228,90	162,80	134,70	55,32	33,98
Año 2019	4	83,54	121,80	102,71	102,75	19,14	18,64
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*

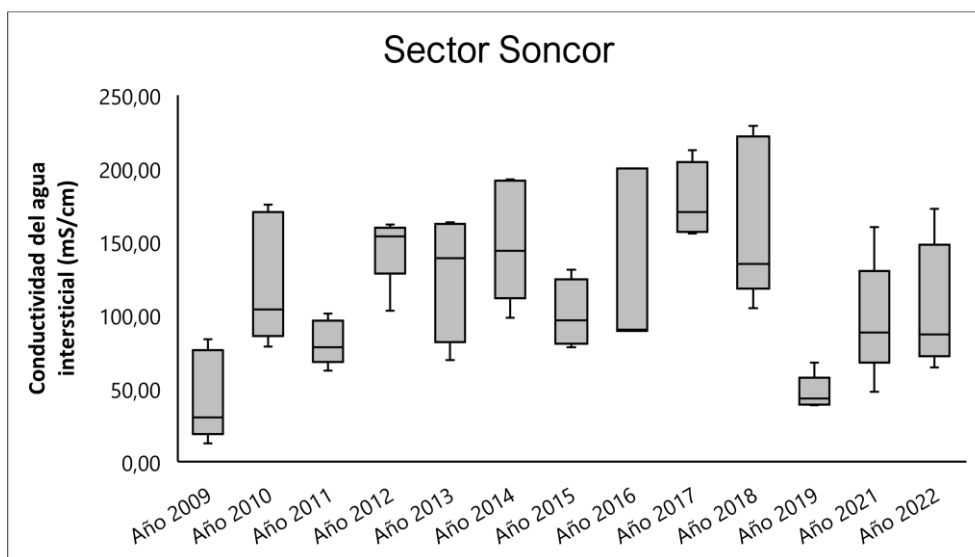


Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2021	5	47,46	159,90	96,61	87,97	40,59	42,01
Año 2022	5	64,12	172,40	105,17	86,62	43,40	41,27

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-69. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, los valores de la conductividades del agua intersticial variaron entre 2,60 y 247,80 mS/cm y los distintos coeficientes de variación indican mayor heterogeneidad en los datos para los años 2009-2010-2011, 2021 y 2022 respecto a los otros periodos de monitoreo, sin embargo, en su mayoría los valores medidos indican que existe mediana variabilidad interanual en los valores de conductividad registrados en el sector (Tabla 6-64). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana, desde un punto de vista estadístico indican que no existen diferencias significativas ( $KW=16,61$ ,  $g.I=12$ ,  $p=0,165$ , Anexo 7.3) (Figura 6-70). Cabe indicar que los valores de conductividad del agua intersticial medidos durante el actual periodo (año 2022), estuvieron dentro del rango histórico medido en este sector del Salar de Atacama.

Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

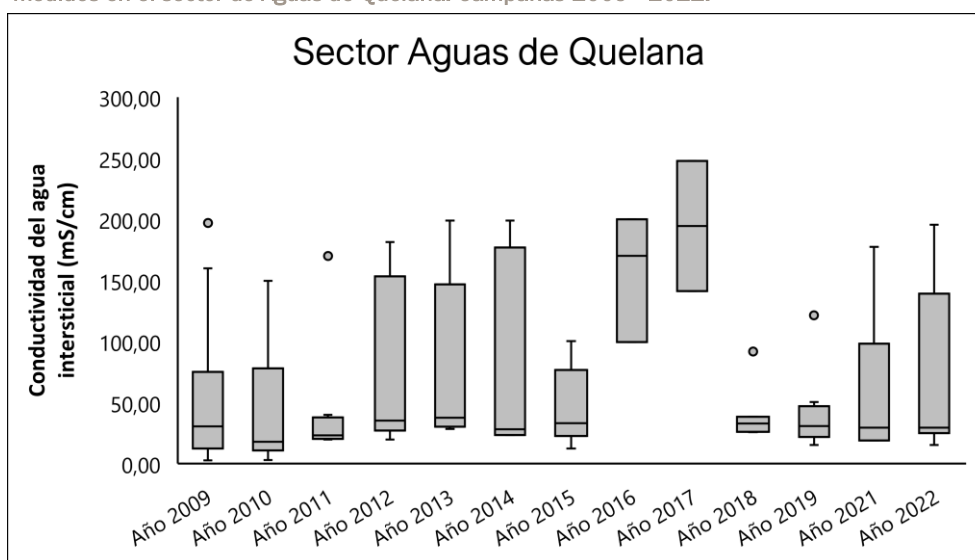
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	10	2,60	197,00	54,57	30,35	67,01	122,79
Año 2010	10	2,77	149,60	44,02	17,85	50,96	115,77
Año 2011	8	19,70	170,00	43,46	23,00	51,60	118,72
Año 2012	5	19,60	181,30	79,14	35,20	70,77	89,43
Año 2013	6	28,30	199,00	77,08	37,50	71,06	92,19
Año 2014	5	23,30	199,00	85,66	28,10	84,69	98,87
Año 2015	5	12,30	100,20	46,40	33,20	33,39	71,95

Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Período	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2016	3	99,50	200,00	156,50	170,00	51,59	32,97
Año 2017	2	141,10	247,80	194,45	194,45	75,45	38,80
Año 2018	7	25,63	91,78	39,59	32,72	23,54	59,47
Año 2019	9	15,34	121,40	40,08	30,78	32,52	81,14
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	18,85	177,40	57,91	29,36	59,42	102,60
Año 2022	7	15,35	195,40	66,57	29,44	70,95	106,57

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-70. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2009- 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

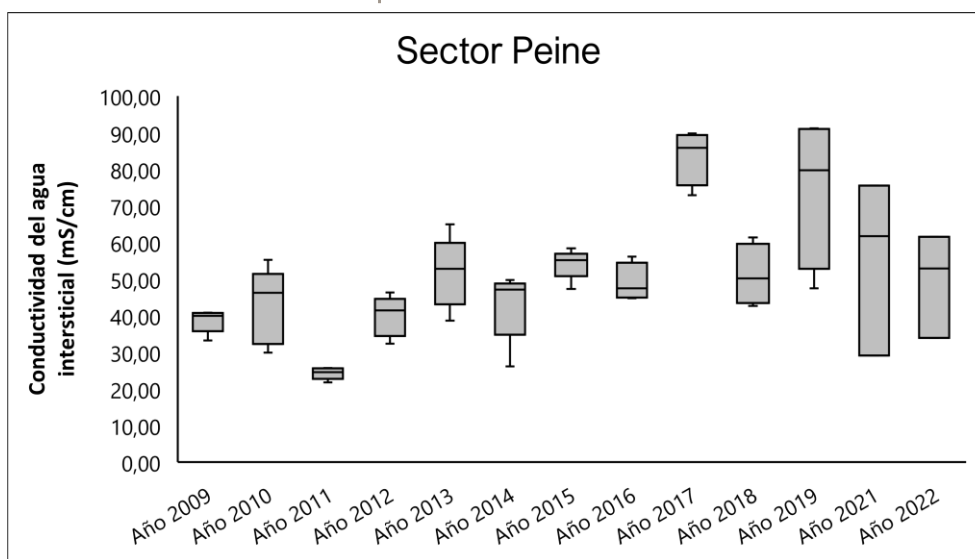
Finalmente, la conductividad del agua intersticial medida en el sector de Peine varió entre 21,70 y 91,17 mS/cm durante todo el periodo de monitoreo (años 2009-2022), por su parte, los coeficientes de variación determinados a través del tiempo indican la existencia de una baja variabilidad en los datos y baja heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-65). Sin embargo, a pesar de esta baja heterogeneidad, desde un punto de vista estadístico la comparación interanual presentó diferencias significativas entre el actual periodo y el periodo 2011 (KW= 36,05; g.l=12, p <0,0001, Anexo 7.3). Para el periodo de monitoreo 2022, en el sector de Peine los valores de conductividad del agua intersticial medidos fueron más altos que el año 2011. (Figura 6-71). Los valores para este periodo año 2022 muestran una media de 49,40 mS/cm. Históricamente las medias han fluctuado en rangos entre 38,5 4y 91,17 mS/cm.

Tabla 6-65. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2009 - 2022 en el sector de Peine.

Período	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	33,20	40,80	38,54	39,90	3,16	8,19
Año 2010	5	29,90	55,20	42,66	46,20	10,28	24,09
Año 2011	5	21,70	25,70	24,22	24,50	1,62	6,70
Año 2012	5	32,30	46,30	39,86	41,40	5,50	13,79
Año 2013	5	38,60	64,90	51,72	52,80	9,67	18,70
Año 2014	5	26,10	49,70	42,82	47,10	9,62	22,47
Año 2015	5	47,30	58,40	54,08	55,10	4,10	7,58
Año 2016	4	44,70	56,10	48,93	47,45	5,23	10,69
Año 2017	4	72,92	89,72	83,59	85,86	7,60	9,09
Año 2018	4	42,62	61,32	51,04	50,12	8,42	16,49
Año 2019	4	47,43	91,17	74,52	79,73	20,81	27,92
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	29,10	75,50	55,44	61,71	23,83	42,98
Año 2022	3	33,85	61,51	49,40	52,85	14,15	28,64

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-71. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 6.6.1.8 Consideraciones

Todos los sistemas muestreados presentaron condiciones de temperatura variables y valores de pH que permiten la mantención y conservación de la Vida Acuática según la normativa nacional vigente. Históricamente y durante la actual campaña de monitoreo la mayor parte de los sitios monitoreados presentaron concentraciones de oxígeno disuelto relativamente bajas. Sin embargo, cabe destacar y como se mencionó con anterioridad, una característica física y química fundamental del agua salina, y la cual tiene una estrecha relación

con la conductividad, es la disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que los cuerpos de agua salina en presentan menores concentraciones de oxígeno disuelto que los cuerpos de agua dulce y por consiguiente, la biota presente en estos sistemas se encuentra adaptada a estas condiciones de hábitat, lo cual se ve evidenciado con la presencia de las comunidades de biota acuática en todos los sectores prospectados. Cabe indicar que, en el caso de variables como temperatura superficial y oxígeno disuelto, las principales diferencias detectadas tanto en el actual periodo, como en las comparaciones interanuales estarían dadas principalmente por la condición y horario ambiental al momento del muestreo.

Por su parte los parámetros conductividad eléctrica de agua, sedimento, agua intersticial y Salinidad presentaron concentraciones que permiten indicar que en función de estos parámetros el recurso hídrico se cataloga como aguas no aptas para riego por sus características naturalmente hipersalinas. Sin embargo, estas elevadas conductividades y salinidades no tienen una implicancia directa en el desarrollo de la vida acuática, la cual se encuentra adaptada a dichas condiciones.

## 6.6.2 Medio Biótico

Los principales resultados obtenidos de los análisis comparativos para el medio biótico se presentan desde la Tabla 6-66 a la Tabla 6-105 y Figura 6-72 a la Figura 6-111.

### 6.6.2.1 Clorofila-a de la Fracción Planctónica

El análisis de las variaciones interanuales de la concentración de la clorofila-a presente en la fracción fitoplanctónica es un indicador de la condición trófica, más específicamente de la productividad de un sistema, ya que proporciona una medida indirecta de la cantidad de organismos fotosintéticos presentes en el lugar. Este parámetro se encuentra estrechamente ligado con la abundancia de microalgas planctónicas presentes en la columna de agua.

De acuerdo con el análisis interanual de las concentraciones de clorofila-a presente en la fracción planctónica se evidenció la presencia de diferencias significativas en la cantidad de clorofila medida en todos los sectores monitoreados en el salar de Atacama.

Los valores de clorofila-a medidos a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), han variado entre valores 0 y 264,00  $\mu\text{g/L}$ . los menores valores de clorofila han sido determinados en todos los sectores, mientras que el mayor valor se detectó en el sector de Aguas de Quelana el año 2016.

Respecto al sector de Puillar, la clorofila-a planctónica medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 0,00 y 41,00  $\mu\text{g/L}$ . (Tabla 6-66) los distintos coeficientes de variación medidos a lo largo de todo el periodo de estudio indican una alta heterogeneidad en los datos, evidenciando la existencia de una alta variabilidad interanual en los datos de clorofila planctónica medidas en el sector. Por su parte, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puillar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=37,25$ ;  $g.I=14$ ,  $p<0,001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente de los años 2006 y 2008, los valores determinados en los años 2006 y 2008 fueron menores respecto a los del actual periodo (Figura

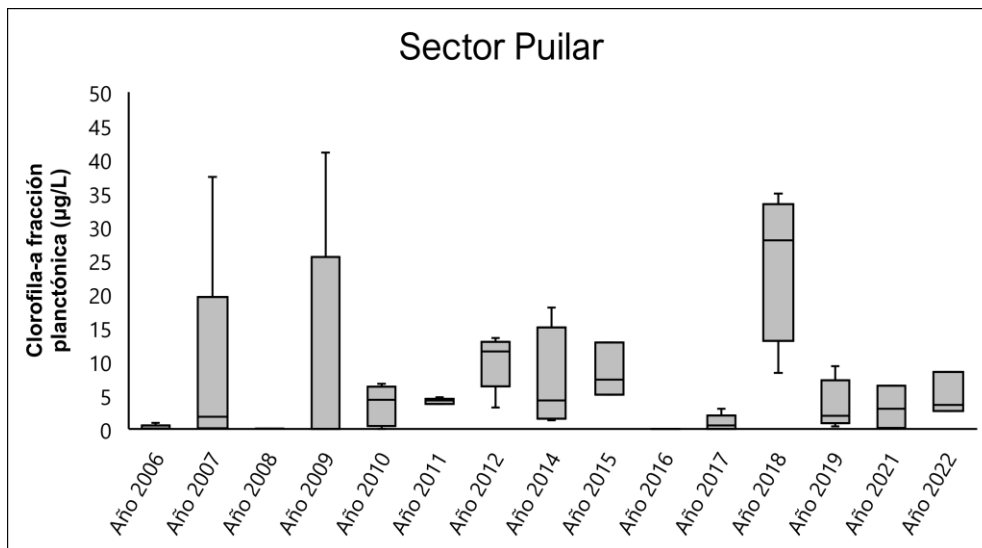
6-72). Cabe indicar que todas de las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2022 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama.

Tabla 6-66. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0170	0,9000	0,2128	0,0250	0,3858	181,2867
Año 2007	5	0,1000	37,3800	8,2280	1,7800	16,3181	198,3240
Año 2008	5	0,0100	0,0107	0,0101	0,0100	0,0003	3,0002
Año 2009	5	0,0000	41,0000	10,2000	0,0000	17,7539	174,0576
Año 2010	5	0,0000	6,7000	3,5200	4,3000	2,9878	84,8809
Año 2011	5	3,7000	4,7000	4,1000	4,2000	0,4183	10,2032
Año 2012	5	3,1600	13,4800	9,9840	11,4800	4,0847	40,9121
Año 2013	-	-	-	-	-	-	-
Año 2014	4	1,2900	17,9900	6,9175	4,1950	7,6911	111,1826
Año 2015	3	5,0700	12,8100	8,4000	7,3200	3,9814	47,3978
Año 2016	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Año 2017	5	0,0000	3,0000	0,9000	0,5000	1,2450	138,3322
Año 2018	4	8,2900	34,9200	24,7925	27,9800	11,4924	46,3544
Año 2019	5	0,3800	9,2900	3,5980	1,9100	3,6459	101,3316
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	3	0,1100	6,4100	3,1633	2,9700	3,1544	99,7191
Año 2022	3	2,6600	8,4300	4,8733	3,5300	3,1107	63,8316

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-72. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica\* medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

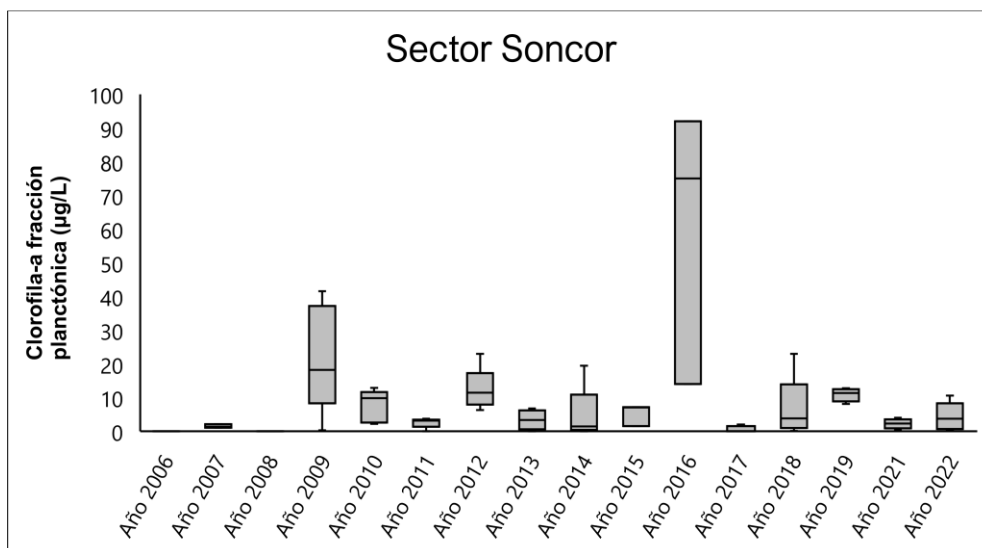
En cuanto al sector de Soncor, los valores de concentración de clorofila-a planctónica variaron entre 0,00 y 92,00  $\mu\text{g/L}$ , además, los distintos coeficientes de variación determinados durante los distintos periodos indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de clorofila-a planctónica registrados en el sector (Tabla 6-67). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=48,80$ ,  $g.l=16$ ,  $p < 0,001$ , Anexo 7.3). Estas diferencias indican que el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a años 2006, 2008, 2012, 2016 y 2019. Las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas el año 2022 fueron mayores que las determinadas en los años mencionados 2006 y 2008, y fueron menores que las determinadas el año 2012, 2016 y 2019. No obstante, es importante señalar que todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2022 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama.

Tabla 6-67. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica ( $\mu\text{g/L}$ ) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0070	0,0360	0,0156	0,0120	0,0116	74,5632
Año 2007	5	1,0680	2,1360	1,5486	1,3350	0,5472	35,3343
Año 2008	5	0,0100	0,0427	0,0167	0,0100	0,0146	87,2889
Año 2009	5	0,3000	41,6000	21,8400	18,2000	15,9312	72,9450
Año 2010	5	2,2000	12,9000	7,6200	9,8000	4,7819	62,7552
Año 2011	5	0,0000	3,7000	2,5400	3,2000	1,4724	57,9690
Año 2012	5	6,3200	22,9600	12,3420	11,4700	6,2988	51,0357
Año 2013	4	0,0000	6,8200	3,3725	3,3350	2,8831	85,4876
Año 2014	5	0,0000	19,4600	4,7940	1,4300	8,2415	171,9138
Año 2015	3	1,5800	7,1600	5,2667	7,0600	3,1931	60,6292
Año 2016	3	14,0000	92,0000	60,3333	75,0000	41,0163	67,9827
Año 2017	4	0,0000	2,0000	0,5000	0,0000	1,0000	200,0000
Año 2018	5	0,1300	22,9500	6,7170	3,8200	9,2637	137,9146
Año 2019	4	8,1600	12,7800	10,8925	11,3150	1,9788	18,1670
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	5	0,4200	4,0400	2,2240	2,3200	1,4094	63,3703
Año 2022	5	0,2400	10,6300	4,3200	3,6900	4,1702	96,5333

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-73. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las concentraciones de clorofila-a variaron entre 0,00 y 264,00 µg/L, al igual que lo detectado en Puilar y Soncor los distintos coeficientes de variación determinados en las diferentes campañas de monitoreo revelan una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe variabilidad interanual en los datos de clorofila-a planctónica registrados en el sector (Tabla 6-68). Además, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican la existencia de diferencias significativas en las concentraciones de clorofila-a planctónica (KW=74,58, g.l=15, p<0,001, Anexo 7.3). La concentración de clorofila-a planctónica determinada en el actual periodo 2022 varió respecto a los valores determinados durante los años 2007, 2010, 2015, 2019 y 2021. Los valores de clorofila medidos el año 2022 fueron mayores que las determinadas los años 2007 y 2010 pero fueron menores que las determinadas los años 2015, 2019 y 2021. Por su parte, todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2022 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama. (Figura 6-74).

Tabla 6-68. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

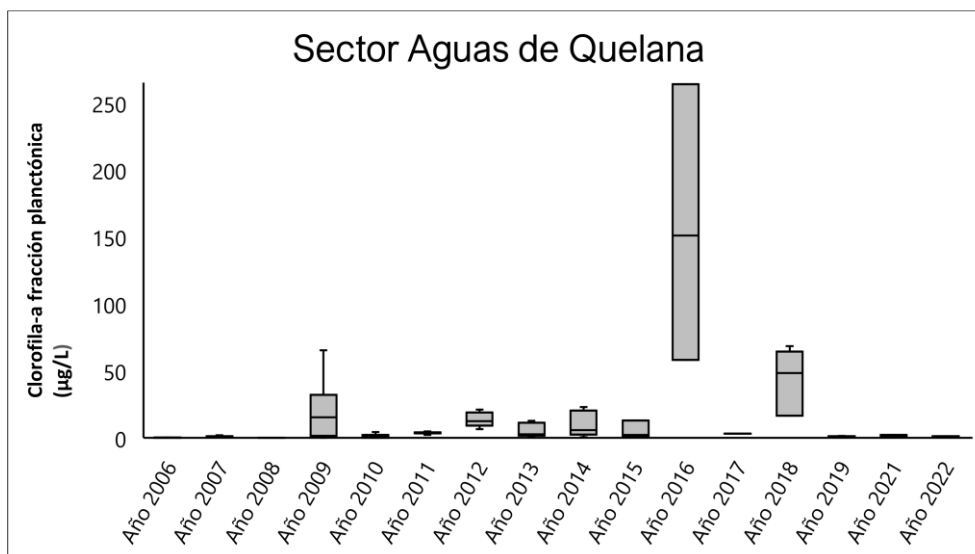
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	7	0,0040	0,0760	0,0360	0,0200	0,0302	83,9330
Año 2007	10	0,1000	1,9071	0,8040	0,9536	0,5657	70,3641
Año 2008	10	0,0100	0,0320	0,0136	0,0107	0,0073	53,9961
Año 2009	10	0,0000	65,2000	19,7500	15,3000	21,4550	108,6331
Año 2010	10	0,0000	4,1900	1,3500	1,1050	1,4933	110,6162
Año 2011	8	2,1000	4,7000	3,4375	3,2000	0,7800	22,6908
Año 2012	5	6,3200	20,9600	13,5440	12,3200	5,5346	40,8638
Año 2013	6	0,7100	12,4900	5,1333	2,5800	5,0402	98,1866
Año 2014	5	0,5000	22,9400	10,1640	5,7400	9,6365	94,8097

Tabla 6-68. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (µg/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2015	3	1,0800	12,7700	5,3367	2,1600	6,4601	121,0506
Año 2016	3	58,0000	264,0000	157,6667	151,0000	103,1617	65,4302
Año 2017	1	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	-	-
Año 2018	7	16,4100	68,2900	44,4271	48,2800	20,7564	46,7200
Año 2019	9	0,1600	5,4200	1,1911	0,6400	1,6244	136,3810
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	7	0,2700	32,6400	5,5029	0,9700	11,9788	217,6831
Año 2022	7	0,2300	3,2600	0,9971	0,5500	1,0622	106,5270

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-74. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica\* medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, la concentración de la clorofila-a planctónica medida en el sector de Peine varió entre 0,00 y 209,00 µg/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-69). Por otro lado, la comparación estadística de la temporalidad interanual para el sector indica que se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo de monitoreo con algunos de los periodos de monitoreo anteriores (KW= 75,58, g.l=15, p<0,0001, Anexo 7.3). Las principales diferencias se presentaron para el actual periodo de monitoreo 2022, el cual varió respecto a la mayoría de los periodos evaluados excepto de los años 2007, 2010, 2015, 2019 y 2021 con los que no presentó diferencias, en general las concentraciones del actual periodo fueron más bajas que los demás periodos (Figura 6-75). Por su parte, todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2022 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama

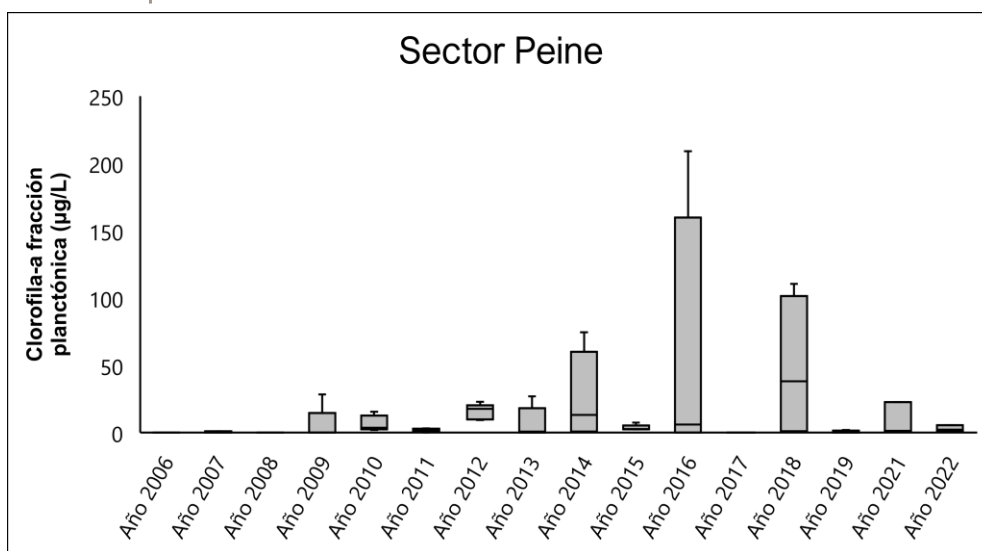


Tabla 6-69. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0010	0,0040	0,0022	0,0020	0,0011	49,7930
Año 2007	5	0,1000	0,9889	0,6197	0,9207	0,4752	76,6878
Año 2008	3	0,0100	0,0320	0,0173	0,0100	0,0127	73,3559
Año 2009	5	0,0000	28,5000	5,8400	0,0000	12,6710	216,9683
Año 2010	5	2,1000	15,6000	6,8400	3,6000	5,7839	84,5593
Año 2011	5	0,0000	3,2000	2,0000	2,1000	1,2062	60,3117
Año 2012	5	9,4800	22,9600	15,6720	17,8000	5,6824	36,2580
Año 2013	5	0,0000	27,0000	7,3960	0,7900	11,6251	157,1815
Año 2014	5	0,6800	74,6200	26,9720	13,1400	32,2518	119,5750
Año 2015	5	2,5800	7,4800	3,6980	2,7400	2,1253	57,4705
Año 2016	4	0,0000	209,0000	55,2500	6,0000	102,6560	185,8027
Año 2017	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Año 2018	4	0,6650	110,4700	46,8500	38,1325	54,6580	116,6659
Año 2019	4	0,0400	1,9700	0,6475	0,2900	0,9003	139,0383
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	3	1,3200	22,8100	8,5000	1,3700	12,3928	145,7982
Año 2022	3	80,9200	91,7900	87,6967	90,3800	5,9110	6,7402

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-75. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Cabe mencionar que la variabilidad detectada en todos los sectores evaluados no responden a un patrón específico, por su parte la clorofila-a planctónica tiene estrecha relación con los niveles de abundancia de las microalgas planctónicas por lo que debiera esperarse una relación directamente proporcional con la abundancia de estos microorganismos, sin embargo, durante todo el periodo de monitoreo este patrón no se ha

visto evidenciado, por lo que se sugiere continuar evaluando este parámetro con especial atención. Finalmente, cabe indicar que todos los valores de clorofila-a medidos durante la actual campaña de monitoreo en todos los sectores del Salar de Atacama, se encuentran dentro del rango histórico medido.

### 6.6.2.2 Clorofila-a de la Fracción Bentónica

En relación con la clorofila-a presente en la fracción bentónica, el análisis interanual histórico de las concentraciones de clorofila-a presente en los sustratos (fitobentos) evidenció la existencia de diferencias significativas en la cantidad de clorofila-a medida en los distintos sectores monitoreados en el Salar de Atacama. Los valores de clorofila-a a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), han variado entre valores 0,00 y 1.262,28 mg/m<sup>2</sup>. Los menores valores de clorofila han sido determinados en todos los sectores del área de estudio, mientras que el mayor valor se detectó en el sector de Aguas de Quelana el año 2022.

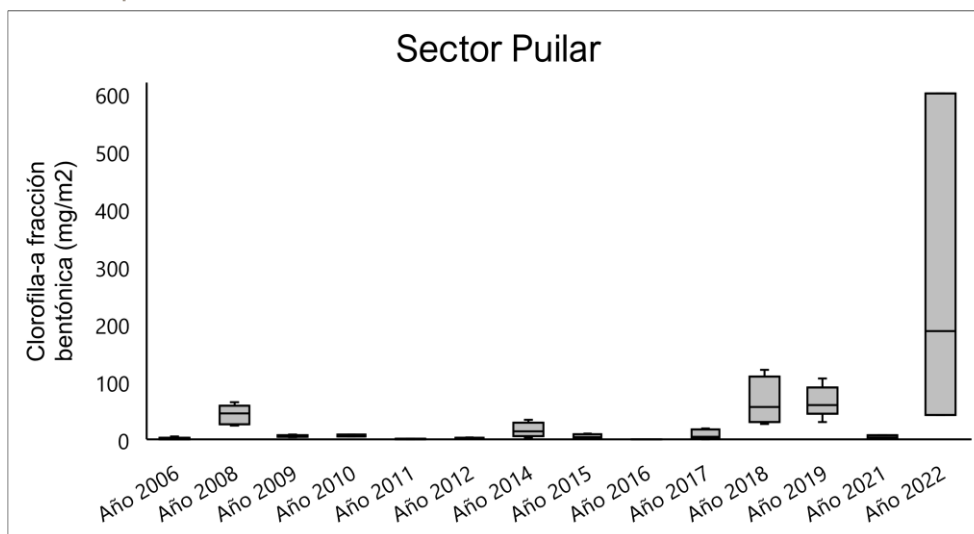
De acuerdo con análisis por sitio, en el sector de Puilar los valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022) variaron entre 2,8 y 601,54 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 6-70) por su parte, los distintos coeficientes de variación determinados durante las distintas campañas de monitoreo indican una alta heterogeneidad en los datos indicando una alta variabilidad interanual en las concentraciones de clorofila-a bentónica registradas en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=56,43, g.l=15, p<0,001, Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente respecto la mayoría de los periodos excepto a los años excepto a 2008, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 y 2021 donde no mostró diferencias significativas. Los valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos en el actual periodo fueron mayores que la mayoría de los periodos analizados (Figura 6-76). Estas diferencias pueden verse explicadas por las grandes variaciones en la productividad primaria que presentan de forma natural y de manera estacional este tipo de sistemas hidrológicos (Wetzel, 2001).

Tabla 6-70. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,1120	5,0070	1,2064	0,1580	2,1346	176,9417
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	5	23,9768	64,5529	42,9738	45,1870	16,8106	39,1182
Año 2009	5	4,2000	8,5000	5,9000	5,1000	1,6897	28,6386
Año 2010	5	5,2000	8,8000	6,9600	6,9000	1,7271	24,8152
Año 2011	5	0,0000	1,3400	0,7300	0,9700	0,6833	93,6029
Año 2012	5	0,6300	3,3300	2,0660	2,2100	0,9718	47,0386
Año 2013	-	-	-	-	-	-	-
Año 2014	4	2,9700	34,2600	16,4600	14,3050	13,0188	79,0937
Año 2015	4	3,0900	10,4200	5,5800	4,4050	3,3886	60,7272
Año 2016	3	0,0418	0,3621	0,2201	0,2563	0,1632	74,1447
Año 2017	5	0,3440	19,2000	8,8228	4,9700	8,3404	94,5325
Año 2018	4	27,2150	120,9850	65,2850	56,4700	42,0960	64,4804
Año 2019	5	30,3000	106,1000	66,1200	59,9000	27,6075	41,7536
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	3	2,8200	7,4300	5,7900	7,1200	2,5768	44,5037
Año 2022	3	42,3700	601,5400	277,3533	188,1500	290,0615	104,5820

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-76. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

En cuanto al sector de Soncor, los valores de concentración de clorofila-a bentónica variaron entre 0,00 y 618,91 mg/m<sup>2</sup>, Además, los coeficientes de variación determinados en los diferentes periodos de monitoreo al igual que lo detectado en el sector de Puilar, indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de concentración de clorofila-a registrados en el sector (Tabla 6-71). La comparación estadística realizada entre los distintos periodos de estudio para el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=45,12, g.l=14, p<0,0001, Anexo 7.3), los valores de clorofila-a bentónica medidos durante el actual periodo de monitoreo (año 2022) variaron significativamente respecto todos los demás periodos excepto al año 2008 con el cual no mostró diferencias. Las concentraciones de clorofila-a bentónica, medidas el año 2022 fueron mayores que las registradas los otros periodos (Figura 6-77). La mayoría de los valores estuvo dentro del rango histórico medido a excepción de algunos valores atípicos, los cuales están estrechamente relacionados con las abundancias de las microalgas del bentos.

Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.

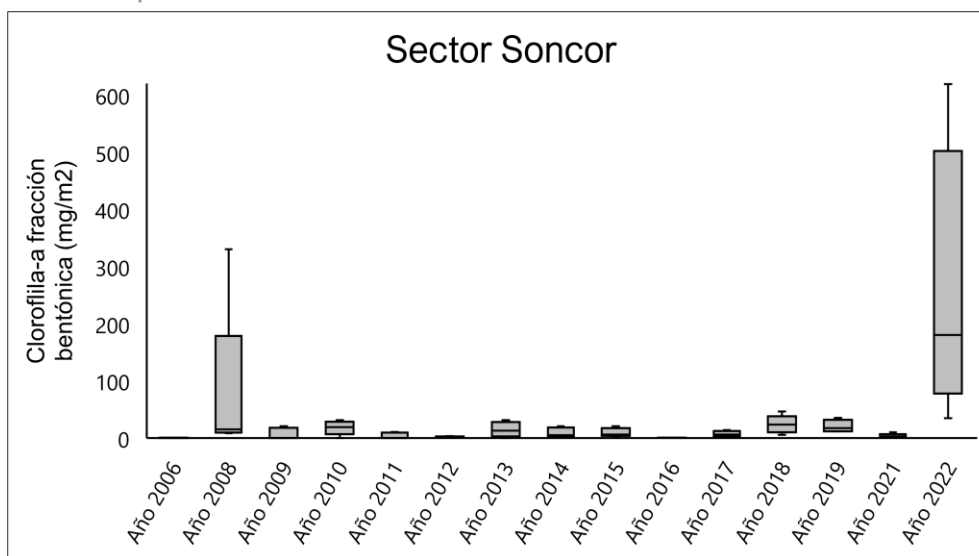
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0580	0,3050	0,1178	0,0790	0,1051	89,2299
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	5	8,2997	330,1420	78,0168	14,7549	141,1252	180,8908
Año 2009	5	0,0000	20,4000	7,1000	0,0000	9,9010	139,4508
Año 2010	5	0,0000	31,1000	17,6800	18,6000	11,9364	67,5134
Año 2011	5	0,0000	10,2500	3,6500	0,0000	5,0609	138,6542
Año 2012	5	0,6300	3,2100	1,6860	1,4300	1,0392	61,6354
Año 2013	4	0,0000	31,3100	14,2900	12,9250	13,1723	92,1784

Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2014	5	1,3000	20,3600	9,1960	5,0600	8,5768	93,2665
Año 2015	4	2,8500	20,3900	8,9125	6,2050	7,8166	87,7042
Año 2016	3	0,2726	0,6356	0,4057	0,3090	0,1999	49,2773
Año 2017	4	2,3700	13,9000	7,1700	6,2050	5,0137	69,9262
Año 2018	5	5,1850	46,2700	23,8280	23,2050	15,6155	65,5341
Año 2019	4	11,6000	35,2000	20,2250	17,0500	10,9856	54,3167
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	5	0,65	10,00	3,56	2,71	3,72	104,44
Año 2022	5	34,3500	618,9100	267,9720	180,0600	235,0050	87,6976

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-77. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica\* medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

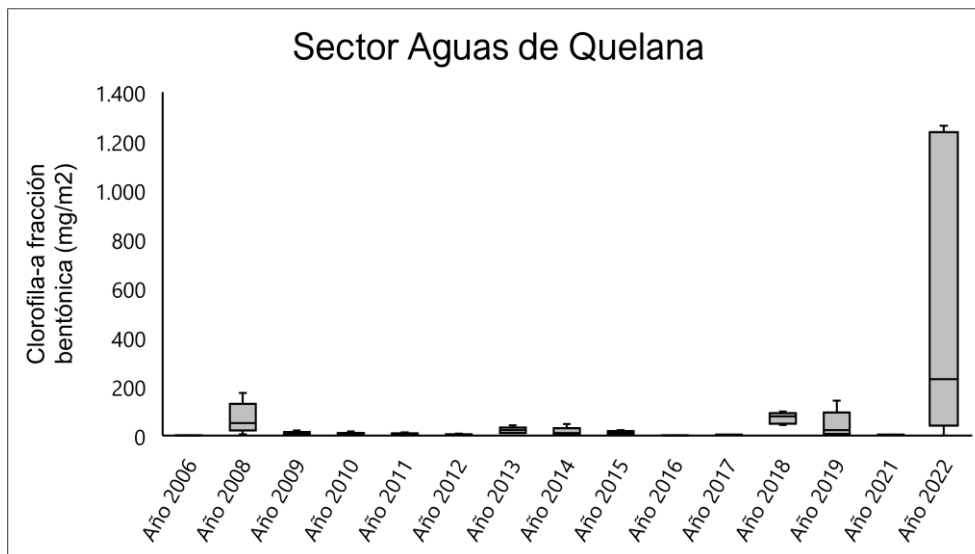
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, el rango de valores de concentración de clorofila-a bentónica varió entre 0,00 y 1.262,28 mg/m<sup>2</sup>. Los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de concentración de clorofila-a bentónica registrados en el sector (Tabla 6-72). La comparación estadística realizada entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican la existencia de diferencias significativas (KW=78,99, g.I=14, p<0,0001, Anexo 7.3). Los valores de clorofila-a determinados durante el actual periodo de monitoreo (año 2022) variaron respecto a los periodos 2006, 2007, 2009, 2010, 2011 y 2021. En general, los valores registrados durante el año 2022 fueron más altos bajos que los registrados en los otros periodos (Figura 6-78). La mayoría de los valores estuvieron dentro del rango histórico a excepción de dos valores atípicos en las estaciones Q-2 y Q-3.

Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	7	0,0260	0,6370	0,2927	0,1600	0,2508	85,6899
Año 2007	10	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	9	4,6109	173,3706	70,0860	50,7201	60,2656	85,9881
Año 2009	10	1,0000	20,1000	8,0500	6,8500	6,7116	83,3734
Año 2010	10	0,7000	16,8000	7,0900	7,8000	5,2284	73,7438
Año 2011	8	0,0000	12,8700	5,0663	4,4950	4,7823	94,3944
Año 2012	5	0,4800	7,2000	2,1960	0,9500	2,8162	128,2410
Año 2013	6	9,7900	40,8600	22,1267	21,5700	11,7373	53,0458
Año 2014	6	2,0400	46,3400	16,1367	9,7900	16,6446	103,1477
Año 2015	5	3,1200	22,3300	10,7280	10,8200	7,9017	73,6553
Año 2016	3	0,0221	1,0161	0,3789	0,0986	0,5531	145,9832
Año 2017	2	1,0200	3,5500	2,2850	2,2850	1,7890	78,2923
Año 2018	7	43,0600	97,1400	71,6079	77,5250	20,6707	28,8665
Año 2019	9	1,4000	142,0000	46,5778	21,3000	51,0566	109,6157
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	7	0,35	14,17	3,18	1,47	4,99	157,00
Año 2022	7	0,0800	1262,2800	453,7057	229,1200	555,3835	122,4105

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-78. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Finalmente, el rango de valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine varió entre 0,00 y 135,56 mg/m<sup>2</sup> durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022). Los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican como tendencia general una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla

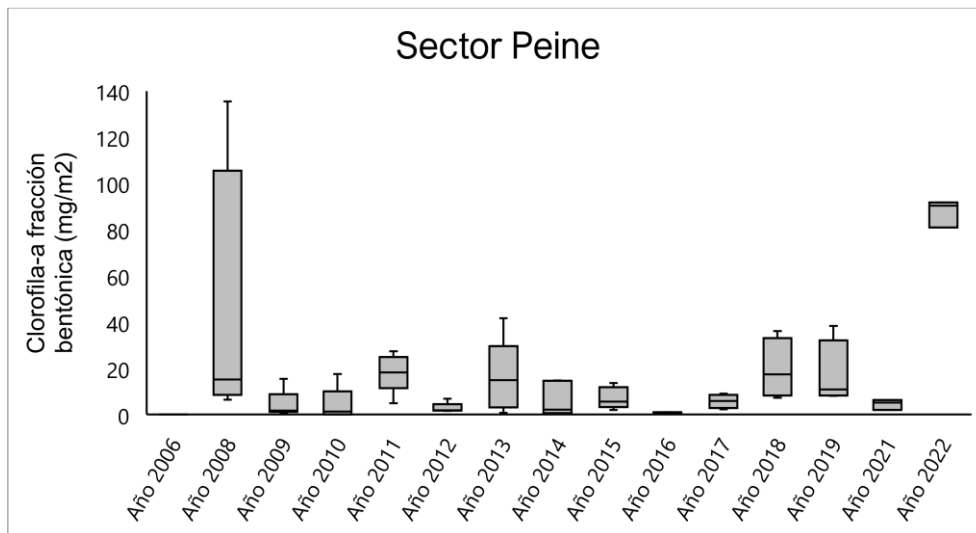
6-73). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con los años 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 (KW= 48,12, g.l=15, p<0,0001, Anexo 7.3). El periodo de monitoreo 2022 los valores de clorofila-a bentónica medidos este periodo fueron mayores a los medidos los periodos mencionados (Figura 6-79). Estas diferencias pueden verse explicadas por las grandes variaciones en la productividad primaria que presentan de forma natural y de manera estacional este tipo de sistemas hidrológicos (Wetzel, 2001).

Tabla 6-73. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0130	0,0390	0,0220	0,0190	0,0106	48,3188
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	4	6,4553	135,5611	43,1121	15,2160	61,7720	143,2822
Año 2009	5	0,5000	15,5000	4,2800	1,7000	6,2986	147,1629
Año 2010	5	0,0000	17,5000	4,2600	1,3000	7,4742	175,4497
Año 2011	5	4,8800	27,3600	18,1400	18,2000	8,3472	46,0157
Año 2012	5	1,6300	6,8900	2,8280	1,9000	2,2776	80,5383
Año 2013	5	0,7300	41,7200	16,0680	14,9400	15,9023	98,9686
Año 2014	5	0,2000	14,8200	6,4480	2,0600	7,4374	115,3449
Año 2015	5	1,9800	13,5800	7,1540	5,6400	4,6252	64,6521
Año 2016	4	0,4524	0,9736	0,7521	0,7912	0,2272	30,2020
Año 2017	4	2,2600	9,0200	5,7375	5,8350	2,9940	52,1822
Año 2018	4	7,2400	36,1500	19,5325	17,3700	13,1469	67,3076
Año 2019	4	8,1000	38,4000	17,0750	10,9000	14,3804	84,2190
Año 2020	-	-	-	-	-	-	-
Año 2021	3	1,92	6,31	4,49	5,23	2,29	50,98
Año 2022	3	1,3200	5,4900	3,0267	2,2700	2,1856	72,2098

Fuente: AquaExpert, 2022, (-): Año sin datos.

Figura 6-79. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica\* medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Al igual que lo detectado con la clorofila-a de la fracción planctónica, cabe señalar que a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), este parámetro ha presentado una gran variabilidad en todos los sectores evaluados, y tal como se presentó con la clorofila-a planctónica, ha presentado variaciones interanuales e intersectores que no responden a un patrón específico. Además, la clorofila-a bentónica tiene estrecha relación con los niveles de abundancia de las microalgas bentónicas por lo que debiera esperarse una relación directamente proporcional con la abundancia de estos microorganismos, sin embargo, durante todo el periodo de monitoreo este patrón no se ha visto evidenciado de manera clara, ya que existen periodos donde si se aprecia la correlación, pero otros periodos de muestreo donde no se evidencia dicha correlación, por lo que tal como se sugirió respecto a la clorofila-a planctónica este parámetro se debe continuar evaluando con especial atención. Por último, todos los valores de clorofila medidos en la fracción bentónica durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico determinado en todos los sitios prospectados del Salar de Atacama.

### 6.6.2.3 Fitoplancton

Los productores primarios que habitan la columna de agua son representantes típicos de sistemas lénticos y los principales responsables de la productividad primaria. A través del tiempo la comparación interanual de los valores de abundancia y riqueza de organismos fitoplanctónicos ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

#### Abundancia

En relación con el sector de Puilar, los valores de abundancia total medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 400.000 cél/l (Tabla 6-74) los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en niveles de abundancia total de microalgas planctónicas registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=27,27$ ,  $g.l=15$ ,  $p=0,027$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas se detectaron entre el año 2022 y los periodos 2010 y 2011. Las abundancias detectadas durante el actual periodo fueron menores que las determinadas los años mencionados (Figura 6-80). Cabe indicar que las abundancias detectadas durante el año 2022 se encuentran dentro del rango histórico detectado para este sector.

Tabla 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

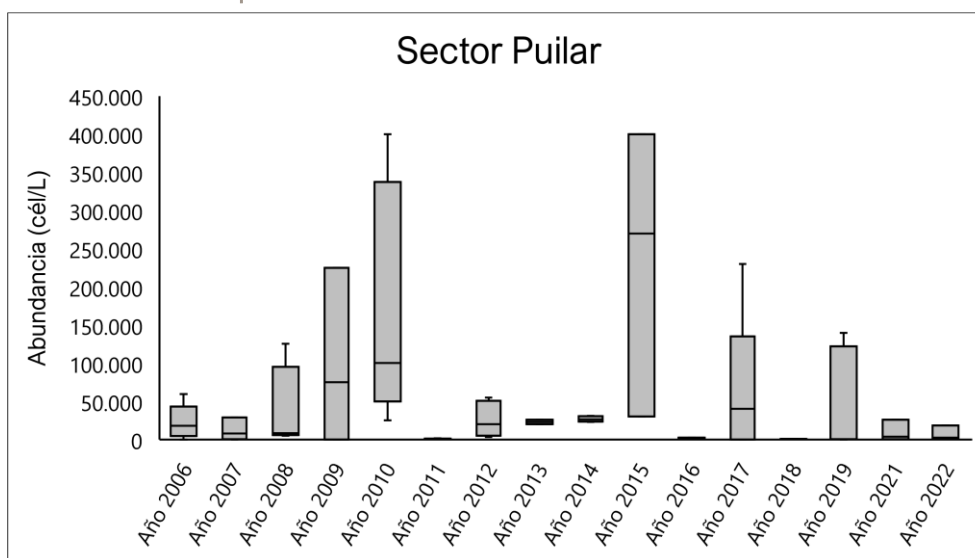
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0	59.509,0	22.465,6	17.694,0	22.920,7	102,0
Año 2007	5	0,0	29.008,0	13.171,0	7.631,0	14.470,8	109,9
Año 2008	5	5.022,0	125.353,0	41.973,4	8.084,0	52.967,9	126,2
Año 2009	5	0,0	225.000,0	105.000,0	75.000,0	113.743,1	108,3
Año 2010	5	25.000,0	400.000,0	175.000,0	100.000,0	157.122,6	89,8
Año 2011	5	320,0	1.420,0	714,0	490,0	461,9	64,7
Año 2012	5	3.000,0	54.900,0	26.320,0	20.100,0	23.365,9	88,8
Año 2013	2	20.000,0	26.000,0	23.000,0	23.000,0	4.242,6	18,4

Tabla 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2014	4	23.000,0	31.000,0	26.750,0	26.500,0	3.862,2	14,4
Año 2015	3	30.000,0	400.000,0	233.333,3	270.000,0	187.705,4	80,4
Año 2016	3	900,0	2.400,0	1.700,0	1.800,0	755,0	44,4
Año 2017	5	0,0	230.000,0	62.000,0	40.000,0	96.020,8	154,9
Año 2018	4	74,9	778,5	507,9	589,0	302,7	59,6
Año 2019	5	55,1	139.583,3	48.796,1	142,0	67.837,4	139,0
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	343,1	25.706,0	9.835,5	3.457,5	13.832,2	140,6
Año 2022	3	1.754,7	18.375,7	7.433,0	2.168,7	9.478,9	127,5

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-80. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia\* total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

En cuanto al sector de Soncor, los valores de abundancia total de microalgas planctónicas medidos durante todo el periodo de monitoreo (año 2006-2022) han variado entre 0 y 5.275.000 cél/l. Al igual que lo detectado en el sector de Puilar, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-75). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=43,52, g.l.=14, p=0,0001, Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a los años 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 y 2021. Los valores de abundancia total de microalgas planctónicas detectados el año 2022 fueron mayores respecto a los periodos 2018 y 2021 mientras que fueron menores que los años 2013, 2014, 2015 y 2017. Cabe indicar que el año 2009 fue el periodo que presentó significativamente las mayores abundancias de organismos fitoplanctónicos en el sector (Figura 6-81) debido a presencias de Bloom algales (proliferación masiva de microalgas).

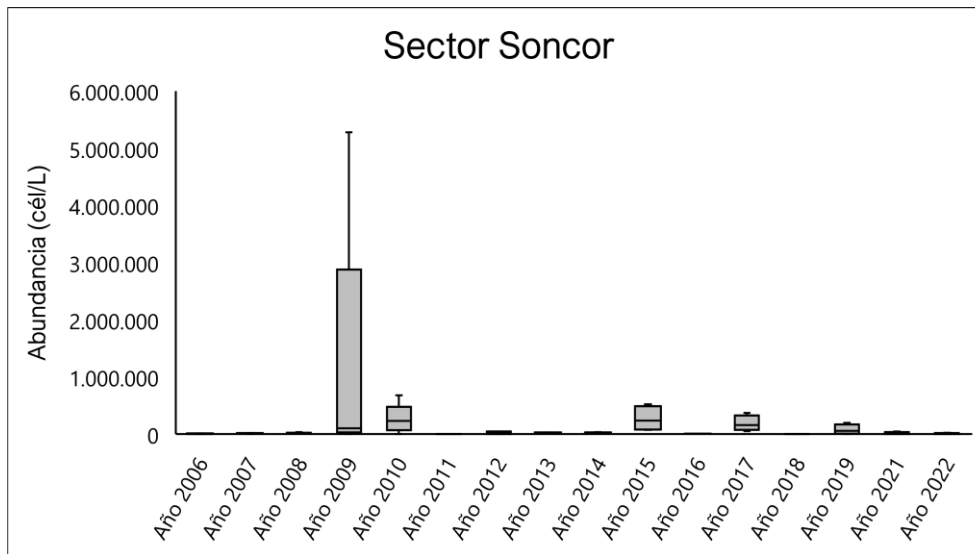


Tabla 6-75. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	183,0	8.895,0	3.827,8	3.659,0	3.402,4	88,9
Año 2007	5	543,0	15.441,0	8.109,0	5.100,0	6.573,4	81,1
Año 2008	5	5.883,0	29.130,0	12.544,8	9.285,0	9.433,4	75,2
Año 2009	5	0,0	5.275.000,0	1.180.000,0	100.000,0	2.296.832,1	194,6
Año 2010	5	0,0	675.000,0	260.000,0	225.000,0	254.705,7	98,0
Año 2011	5	310,0	710,0	432,0	370,0	160,4	37,1
Año 2012	5	0,0	45.400,0	17.820,0	8.000,0	21.283,1	119,4
Año 2013	4	20.000,0	25.000,0	22.750,0	23.000,0	2.061,6	9,1
Año 2014	5	22.000,0	29.000,0	25.800,0	26.000,0	2.588,4	10,0
Año 2015	4	70.000,0	520.000,0	265.000,0	235.000,0	217.025,3	81,9
Año 2016	2	800,0	2.500,0	1.650,0	1.650,0	1.202,1	72,9
Año 2017	4	50.000,0	370.000,0	182.500,0	155.000,0	135.000,0	74,0
Año 2018	5	41,5	337,0	126,3	61,2	124,9	98,9
Año 2019	4	50,2	191.620,4	75.445,9	55.056,4	88.229,1	116,9
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	59,1	44.839,8	14.342,2	4.575,5	19.299,1	134,6
Año 2022	5	334,7	19.416,0	6.193,9	4.364,8	7.834,1	126,5

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-81. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia\* total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias del fitoplancton variaron entre 0 y 7.350.000 cél/l, como ha sido la tendencia en todos los sectores evaluados, los distintos coeficientes de variación determinados en los distintos periodos de muestreo indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando a su vez que existe una alta y marcada variabilidad interanual en los valores de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-76). La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de

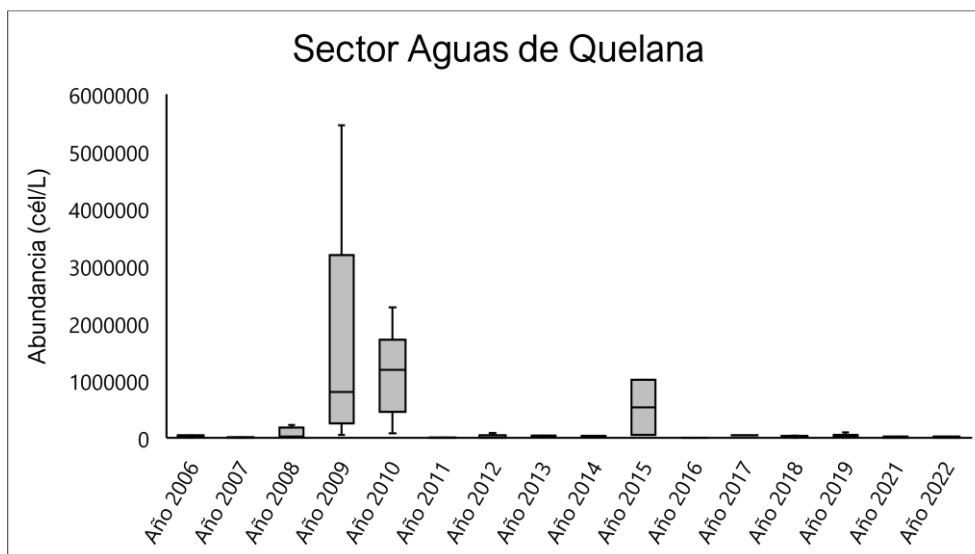
Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas respecto a los niveles de abundancia total de microalgas planctónicas ( $KW=7,24$ ,  $g.l=14$ ,  $p<0,0001$ , **Anexo 7.3**). Cabe indicar que los valores de abundancia total determinados durante el periodo 2022 presentaron diferencias significativas con respecto a los años 2008, 2009, 2010, 2013, 2014, 2019 y 2021 (Figura 6-82). Las abundancias de microalgas planctónicas el año 2022 fueron menores que los años mencionados. Cabe indicar que el sector de Aguas de Quelana ha tenido una gran variabilidad respecto a los niveles de agua detectados durante todo el periodo de monitoreo producto de las grandes variaciones anuales que este sistema históricamente ha presentado, las que son propias de su dinámica y que fueron descritas en la línea de base del proyecto, encontrándose en numerosas ocasiones varias de sus estaciones de muestreo sin agua superficial suficiente para el muestreo.

Tabla 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	7	743,0	182.215,0	40.224,0	10.602,0	64.940,0	161,4
Año 2007	9	77,0	9.463,0	4.614,3	6.137,0	3.704,3	80,3
Año 2008	9	12.940,0	937.731,0	156.272,4	19.556,0	302.035,5	193,3
Año 2009	10	50.000,0	5.455.000,0	1.788.000,0	800.000,0	1.947.775,4	108,9
Año 2010	10	75.000,0	7.350.000,0	1.632.500,0	1.187.500,0	2.114.895,9	129,5
Año 2011	8	240,0	4.044,0	1.625,5	755,0	1.568,1	96,5
Año 2012	5	0,0	83.400,0	16.880,0	0,0	37.188,3	220,3
Año 2013	6	16.000,0	36.000,0	25.500,0	24.000,0	8.018,7	31,4
Año 2014	6	18.000,0	31.000,0	25.666,7	27.000,0	4.966,6	19,4
Año 2015	2	50.000,0	1.010.000,0	530.000,0	530.000,0	678.822,5	128,1
Año 2016	3	0,0	700,0	300,0	200,0	360,6	120,2
Año 2017	1	40.000,0	40.000,0	40.000,0	40.000,0	-	-
Año 2018	7	51,8	37.049,2	13.261,7	3.325,8	15.770,6	118,9
Año 2019	9	89,1	95.466,8	33.211,1	33.298,6	30.445,9	91,7
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	140,9	106.305,6	20.407,2	1.011,7	38.836,2	190,3
Año 2022	7	337,3	20.064,8	6.278,9	1.449,1	8.914,9	142,0

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-82. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia\* total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Finalmente, las abundancias totales de microalgas planctónicas determinadas en el sector de Peine han variado entre 0 y 6.500.000 cél/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022). Por su parte, al igual que en todos los sectores monitoreados, los coeficientes de variación determinados en el sector de Peine indican una gran variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-77). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 52,31, g.l=14, p<0,0001, Anexo 7.3). Los valores de abundancia total de microalgas planctónicas medidos durante el periodo de monitoreo 2022 variaron significativamente respecto a los valores detectados el año 2015. Las abundancias detectadas durante el año 2022 fueron menores que las detectadas en el año 2015. Al igual que en los otros tres sectores del Salar de Atacama, el periodo de monitoreo 2009 fue el periodo que presentó los mayores niveles de abundancia en el sector de Peine (Figura 6-83). Cabe indicar que, respecto al rango de valores de abundancia total de microalgas planctónicas medido durante todo el periodo de monitoreo, los valores detectados el año 2022 se encuentran dentro del rango histórico, sin embargo, durante el periodo 2009 existió mayor abundancia en el sector, la cual tal vez pudo deberse a distintos factores, tales como climáticos o de concentración de nutrientes presentes en los cuerpos de agua en los momentos puntuales en los que fue realizado el muestreo. A pesar de esto, la tendencia detectada en la abundancia de microalgas planctónicas se ha mantenido en el tiempo.

Tabla 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

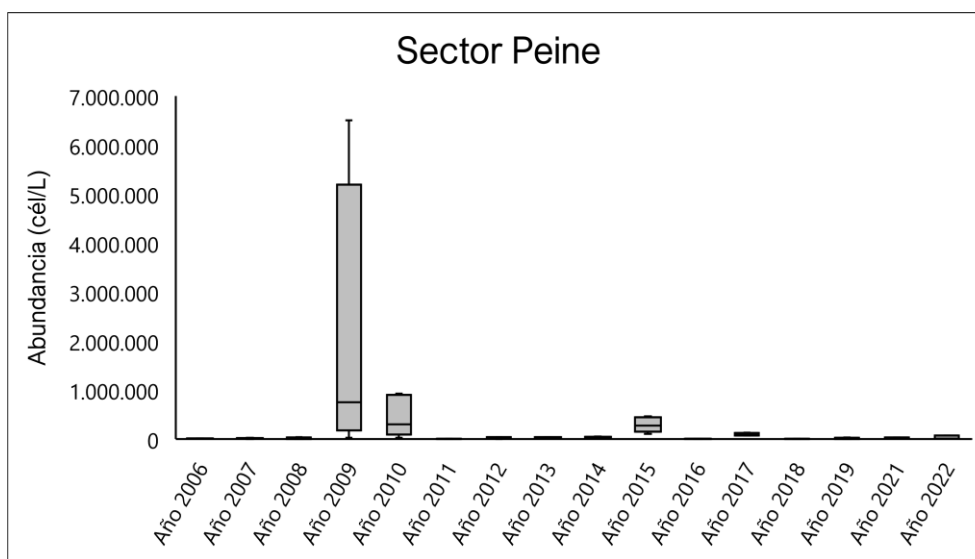
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	3	1.078,0	12.404,0	6.350,3	5.569,0	5.703,3	89,8
Año 2007	5	30,0	23.363,0	7.842,0	3.434,0	9.466,8	120,7
Año 2008	5	0,0	39.820,0	15.562,2	14.933,0	16.246,5	104,4
Año 2009	5	25.000,0	6.500.000,0	2.295.000,0	750.000,0	2.810.660,5	122,5

Tabla 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2010	5	25.000,0	925.000,0	455.000,0	300.000,0	418.105,8	91,9
Año 2011	5	330,0	1.760,0	752,0	440,0	598,0	79,5
Año 2012	5	500,0	39.400,0	16.700,0	4.000,0	19.949,4	119,5
Año 2013	5	26.000,0	37.000,0	30.000,0	27.000,0	5.147,8	17,2
Año 2014	5	19.000,0	48.000,0	32.600,0	32.000,0	11.414,9	35,0
Año 2015	5	100.000,0	460.000,0	290.000,0	270.000,0	154.110,4	53,1
Año 2016	4	300,0	3.500,0	1.500,0	1.100,0	1.423,6	94,9
Año 2017	4	70.000,0	130.000,0	92.500,0	85.000,0	26.299,6	28,4
Año 2018	4	154,7	7.437,5	2.158,0	519,9	3.525,3	163,4
Año 2019	4	41,3	33.194,4	9.334,8	2.051,6	16.004,9	171,5
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	2.585,6	32.505,8	12.816,2	3.357,2	17.056,0	133,1
Año 2022	3	1.099,0	69.400,7	24.343,9	2.532,0	39.026,9	160,3

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-83. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo)

Riqueza

Respecto a la riqueza del fitoplancton, para el sector de Puillar, los valores de riqueza total medidos durante todo el periodo de monitoreo han variado entre 0 y 41 taxa (Tabla 6-78) de la misma manera que lo detectado con la abundancia, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando una alta variabilidad interanual en los datos de riqueza registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puillar indican la existencia de diferencias significativas (KW=44,19, g.I=15, p<0,0001, Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el

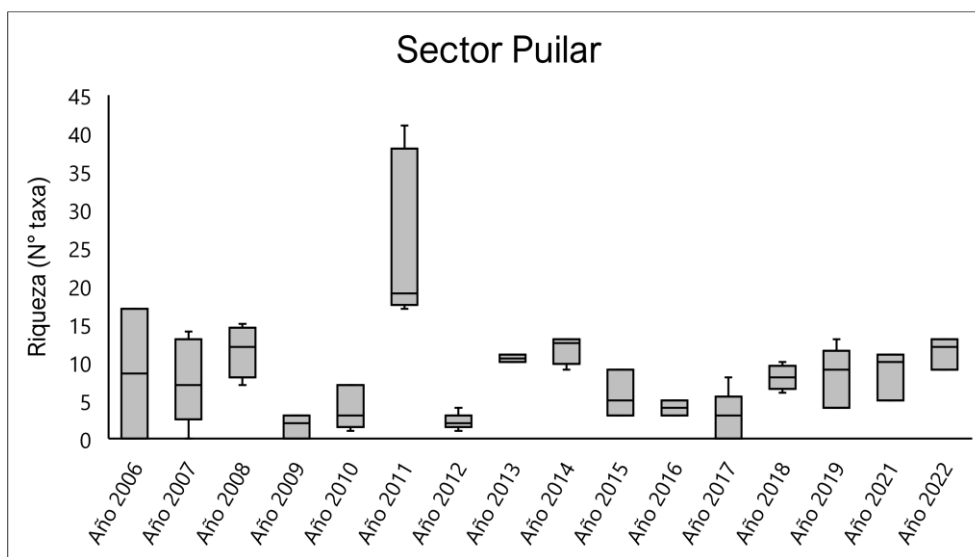
actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente respecto a los años 2009, 2010, 2011, 2012 y 2017. La riqueza del fitoplancton fue mayor durante el año 2022, respecto a los años 2009, 2010, 2012 y 2017 pero fue menor respecto al año 2011. (Figura 6-84). Cabe indicar que el periodo de monitoreo 2011 presentó los mayores niveles de riqueza y que los valores detectados en la actual campaña de monitoreo (año 2022) se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-78. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0	17	10	10	6,7	66,7
Año 2007	5	0	14	8	7	5,6	73,6
Año 2008	5	7	15	11	12	3,4	29,5
Año 2009	5	0	3	2	2	1,5	94,8
Año 2010	5	1	7	4	3	2,8	70,7
Año 2011	5	17	41	26	19	11,2	43,0
Año 2012	5	1	4	2	2	1,1	49,8
Año 2013	2	10	11	11	11	0,7	6,7
Año 2014	4	9	13	12	13	1,9	16,1
Año 2015	3	3	9	6	5	3,1	53,9
Año 2016	3	3	5	4	4	1,0	25,0
Año 2017	5	0	8	3	3	3,3	116,8
Año 2018	4	6	10	8	8	1,6	20,4
Año 2019	5	4	13	8	9	3,9	49,2
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	5	11	9	10	3,2	37,1
Año 2022	3	9	13	11	12	2,1	18,4

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-84. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

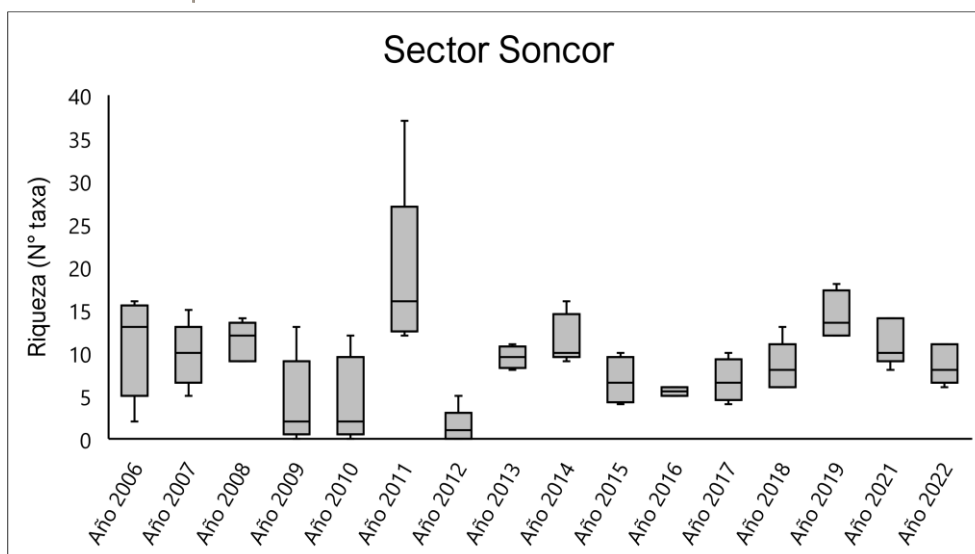
En cuanto al sector de Soncor, los valores de riqueza variaron entre 0 y 37 taxa, además, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de riqueza registrados en el sector (Tabla 6-79). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=41,34$ ,  $g.l.=15$ ,  $p<0,0001$ , Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022), varió significativamente respecto a los años 2011, 2012 y 2019. Los niveles de riqueza del fitoplancton detectados durante el año 2022 fueron mayores que los periodos 2012, pero fueron menores que los detectados los años 2011 y 2019 (Figura 6-85). Cabe señalar que el periodo de monitoreo 2011 presentó los mayores niveles de riqueza y que los valores detectados en la actual campaña se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	2	16	11	13	5,8	53,8
Año 2007	5	5	15	10	10	3,7	37,8
Año 2008	5	9	14	11	12	2,3	20,2
Año 2009	5	0	13	4	2	5,3	125,3
Año 2010	5	0	12	4	2	5,0	114,3
Año 2011	5	12	37	19	16	10,3	54,1
Año 2012	5	0	5	1	1	2,1	148,1
Año 2013	4	8	11	10	10	1,3	13,6
Año 2014	5	9	16	12	10	2,9	24,8
Año 2015	4	4	10	7	7	2,8	40,8
Año 2016	2	5	6	6	6	0,7	12,9
Año 2017	4	4	10	7	7	2,5	37,0
Año 2018	5	6	13	8	8	2,9	34,3
Año 2019	4	12	18	14	14	2,9	20,2
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	8	14	11	10	2,7	24,0
Año 2022	5	6	11	9	8	2,3	26,8

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-85. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

El sector Aguas de Quelana por su parte, presentó un rango de riqueza que ha variado entre 0 y 33 taxa a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), además, los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, señalando la existencia de una gran variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector (Tabla 6-80). La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=53,10, g.l.=13, p<0,0001, Anexo 7.3). Los niveles de riqueza detectado durante el actual periodo de monitoreo variaron respecto a los detectados durante los años 2006, 2008, 2011, 2012 y 2016. La riqueza del fitoplancton medida el año 2022 fue menor que la medida los años 2006, 2008 y 2011 pero fue mayor que la medida el año 2012 y 2016 (Figura 6-86). Cabe señalar que el periodo de monitoreo 2011 presentó los mayores niveles de riqueza y que los valores detectados en la actual campaña se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

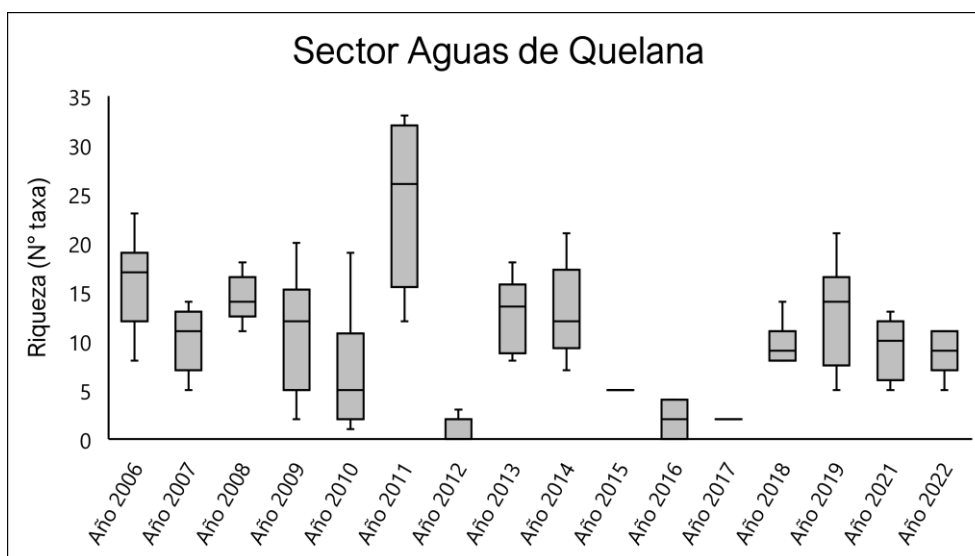
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	7	8	23	16	17	4,8	30,2
Año 2007	9	5	14	10	11	3,2	31,6
Año 2008	9	11	18	14	14	2,3	15,9
Año 2009	10	2	20	11	12	6,4	59,3
Año 2010	10	1	19	7	5	6,8	95,2
Año 2011	8	12	33	24	26	8,1	33,3
Año 2012	5	0	3	1	0	1,3	163,0
Año 2013	6	8	18	13	14	3,9	30,1
Año 2014	6	7	21	13	12	4,9	38,0
Año 2015	2	5	5	5	5	0,0	0,0

Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2016	3	0	4	2	2	2,0	100,0
Año 2017	1	2	2	2	2	-	-
Año 2018	7	8	14	10	9	2,1	21,5
Año 2019	9	5	21	12	14	5,4	43,7
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	5	13	9	10	3,0	32,7
Año 2022	7	5	11	9	9	2,1	25,1

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-86. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Finalmente, la riqueza de taxa medida en el sector de Peine durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022) ha variado entre 0 y 57 taxa y los coeficientes de variación determinados durante todos los periodos de estudio indican una leve variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros y muestran una heterogeneidad interanual en los niveles de riqueza en este sector (Tabla 6-81). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 35,68, g.l.=15, p=0,0019, Anexo 7.3). El año 2022 varió respecto a los años 2011, 2012, 2015 y 2017 (Figura 6-87). La riqueza medida el año 2022 fue significativamente menor que la del año 2011 y mayor que las medidas los años 2011, 2012 y 2015. Además, los valores detectados en la actual campaña se encuentran dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

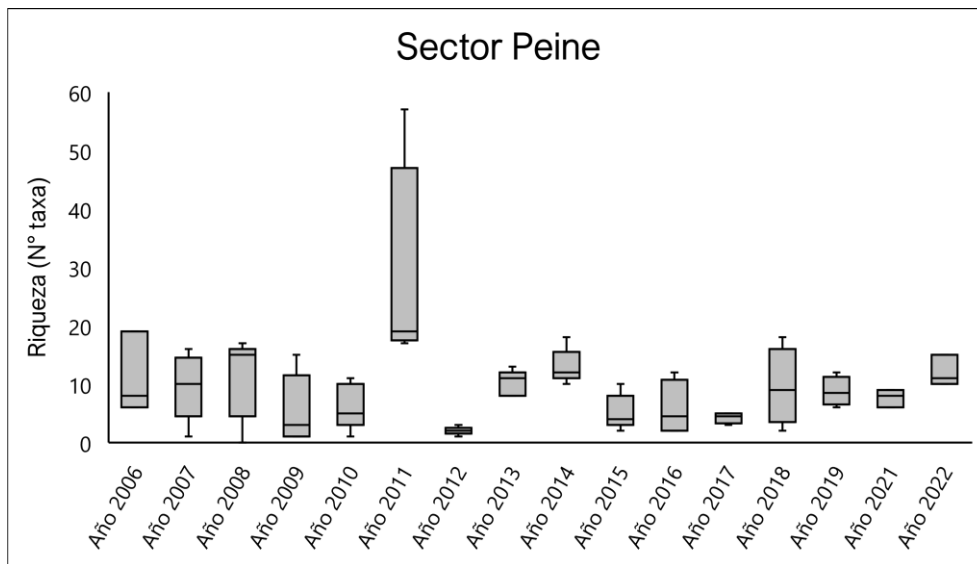


Tabla 6-81. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	3	6	19	11	8	7,0	63,6
Año 2007	5	1	16	10	10	5,7	59,2
Año 2008	5	0	17	11	15	6,9	62,0
Año 2009	5	1	15	6	3	6,0	106,8
Año 2010	5	1	11	6	5	3,9	62,9
Año 2011	5	17	57	30	19	17,4	58,8
Año 2012	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2013	5	8	13	10	11	2,2	21,3
Año 2014	5	10	18	13	12	3,0	23,1
Año 2015	5	2	10	5	4	3,0	58,3
Año 2016	4	2	12	6	5	4,8	83,3
Año 2017	4	3	5	4	5	1,0	22,5
Año 2018	4	2	18	10	9	6,6	69,6
Año 2019	4	6	12	9	9	2,5	28,6
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	6	9	8	8	1,5	19,9
Año 2022	3	10	15	12	11	2,6	22,0

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-87. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza\* total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

### 6.6.2.4 Fitobentos

Los productores primarios que habitan los sustratos de agua son representantes típicos de sistemas lóticos, no obstante, también se encuentran presentes en sistemas lénticos y, junto a las microalgas planctónicas, son los principales responsables de la productividad primaria. A través del tiempo la comparación interanual

de los valores de abundancia y riqueza de organismos fitobentónicos ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

#### Abundancia

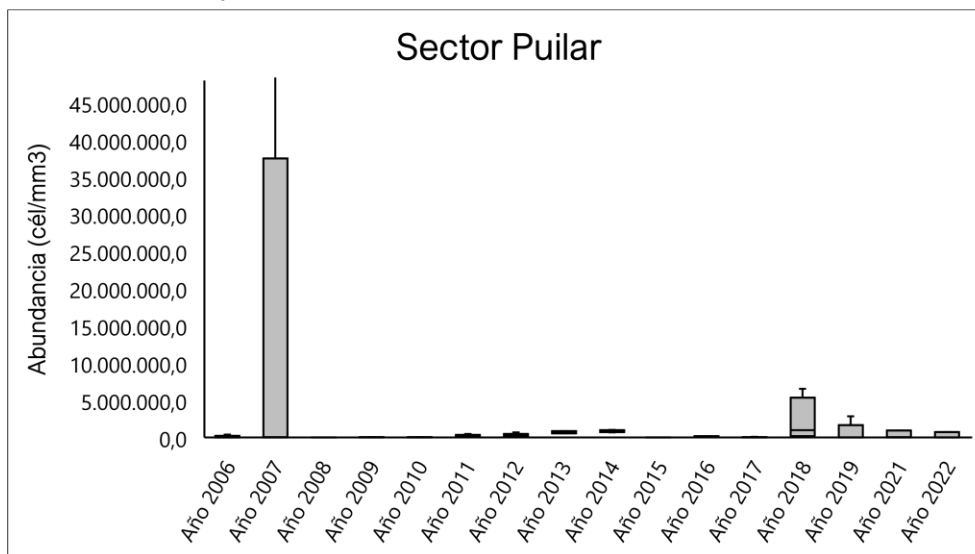
En relación con el sector de Puilar, los valores de abundancia total de microalgas bentónicas medidos durante todo el periodo de monitoreo han variado entre 0 y 74.543.000 cél/cm<sup>3</sup>, por su parte, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de abundancia registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=34,24, g.l.=14, p<0,0001, Anexo 7.3), cabe indicar que el año 2022, no presentó diferencias significativas con el resto de los años, las diferencias estuvieron dadas entre periodos anteriores al actual, con un año 2022 que se encuentra dentro de los rangos históricos. (Figura 6-88). Por su parte, las abundancias detectadas el año 2007, corresponden a las mayores abundancias detectadas para este sector y que todos los valores detectados durante el actual periodo de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico detectado para este sector manteniendo la tendencia de este parámetro en el tiempo.

Tabla 6-82. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	303,0	380.621,0	92.523,6	13.686,0	162.733,6	175,9
Año 2007	5	0,0	74.543.000,0	15.025.600,0	71.000,0	33.271.928,1	221,4
Año 2008	5	66,0	21.793,0	8.865,8	3.142,0	10.516,5	118,6
Año 2009	5	2.342,9	42.400,0	22.251,4	25.942,9	15.469,4	69,5
Año 2010	5	16.457,1	40.228,6	25.200,0	25.371,4	9.600,9	38,1
Año 2011	5	80.800,0	457.600,0	240.640,0	219.200,0	135.909,9	56,5
Año 2012	5	112.000,0	682.200,0	334.040,0	290.400,0	209.992,6	62,9
Año 2013	2	570.400,0	873.600,0	722.000,0	722.000,0	214.394,8	29,7
Año 2014	4	702.400,0	1.049.600,0	837.200,0	798.400,0	152.486,9	18,2
Año 2015	4	1.400,0	4.600,0	2.775,0	2.550,0	1.541,4	55,5
Año 2016	3	42.800,0	170.000,0	116.933,3	138.000,0	66.165,0	56,6
Año 2017	5	0,0	89.100,0	25.720,0	0,0	39.342,9	153,0
Año 2018	4	144.186,7	6.547.861,7	2.159.426,2	972.828,3	3.016.824,3	139,7
Año 2019	5	276,9	2.854.658,5	668.747,3	4.005,3	1.239.699,3	185,4
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	2.769,3	954.506,1	341.162,6	66.212,5	532.117,4	156,0
Año 2022	3	4.354,5	737.308,0	249.277,1	6.168,9	422.648,1	169,5

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-88. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Puillar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

En cuanto al sector de Soncor, los valores de abundancia total de organismos fitobentónicos variaron entre 0 y 16.322.149,0 cél/cm<sup>3</sup>, además, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando la existencia una alta variabilidad interanual en los datos de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-83). La comparación interanual de los niveles de riqueza de taxa entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=40,36, g.l=15, p<0,0001, Anexo 7.3). El actual periodo de monitoreo (año 2022) presentó diferencias significativas con el año 2008. Cabe señalar que las abundancias detectadas el año 2022, corresponden a unas de las mayores abundancias detectadas para este sector (Figura 6-89). Durante el actual periodo se detectó un Bloom algal (proliferación masiva de microalgas) que podría posiblemente estar relacionado con el aumento de algún nutriente o quizás relacionado a algún acontecimiento climático, y podría ser que esto estuviera generando mayor abundancia en este sector.

Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

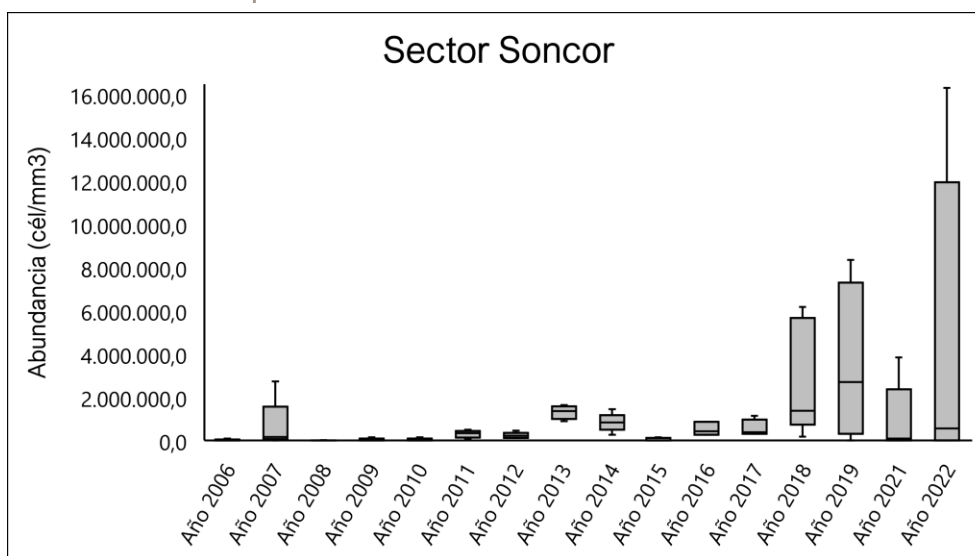
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	1.834,0	98.582,0	24.690,6	8.088,0	41.444,5	167,9
Año 2007	5	5.000,0	2.731.000,0	683.800,0	164.000,0	1.154.052,7	168,8
Año 2008	5	186,0	15.397,0	3.975,2	1.184,0	6.415,3	161,4
Año 2009	5	2.600,0	142.628,6	38.577,1	7.200,0	59.834,4	155,1
Año 2010	5	4.771,4	149.714,3	45.845,7	24.800,0	60.201,9	131,3
Año 2011	5	58.800,0	506.800,0	297.540,0	338.800,0	169.344,8	56,9
Año 2012	5	123.200,0	450.400,0	254.880,0	241.600,0	139.344,3	54,7
Año 2013	4	900.800,0	1.636.000,0	1.311.700,0	1.355.000,0	307.341,9	23,4
Año 2014	5	262.400,0	1.446.400,0	839.500,0	838.800,0	422.458,9	50,3
Año 2015	4	1.200,0	149.900,0	42.850,0	10.150,0	71.534,6	166,9
Año 2016	3	264.400,0	862.000,0	516.800,0	424.000,0	309.419,3	59,9
Año 2017	4	315.600,0	1.145.000,0	553.450,0	376.600,0	398.538,1	72,0

Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2018	5	184.066,0	5.170.756,1	2.276.603,7	1.373.127,6	1.982.220,3	87,1
Año 2019	4	1.537,4	8.357.005,8	3.440.809,4	2.702.347,1	3.712.400,6	107,9
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	2.607,0	3.842.292,9	971.000,3	97.761,0	1.649.623,7	169,9
Año 2022	5	2.883,9	16.322.149,0	4.892.737,9	555.274,4	7.149.721,6	146,1

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-89. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias variaron entre 0 y 28.547.646 células/cm<sup>3</sup>, los distintos coeficientes de variación indican una amplia heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los valores de abundancia total de microalgas bentónicas registrados en el sector (Tabla 6-84). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=63,43, g.l=15, p <0,0001, Anexo 7.3) (Figura 6-90). El actual periodo de monitoreo (año 2022) varió respecto a los periodos 2006, 2008, 2009, 2010 y 2015. El año 2022 presentó valores de abundancia más altos respecto a los periodos anteriores mencionados. Al igual que lo detectado en otros sitios y en años anteriores, en el sector de aguas de Quelana se evidenció un Bloom algal (proliferación masiva de microalgas) y por consiguiente se determinaron los valores altos en la data histórica del sector, cabe indicar que, la proliferación masiva de microalgas usualmente está asociada al aumento de nutrientes y CO<sub>2</sub> en la columna de agua junto a condiciones de luminosidad y temperatura propicias para el crecimiento de estas, sumado a la ausencia de pastoreo por parte de algunos grupos zooplanctónicos. También se puede señalar que a medida que incrementa la biomasa celular, todas las microalgas son capaces de utilizar la luz incidente con mayor eficiencia que en condiciones de mayor

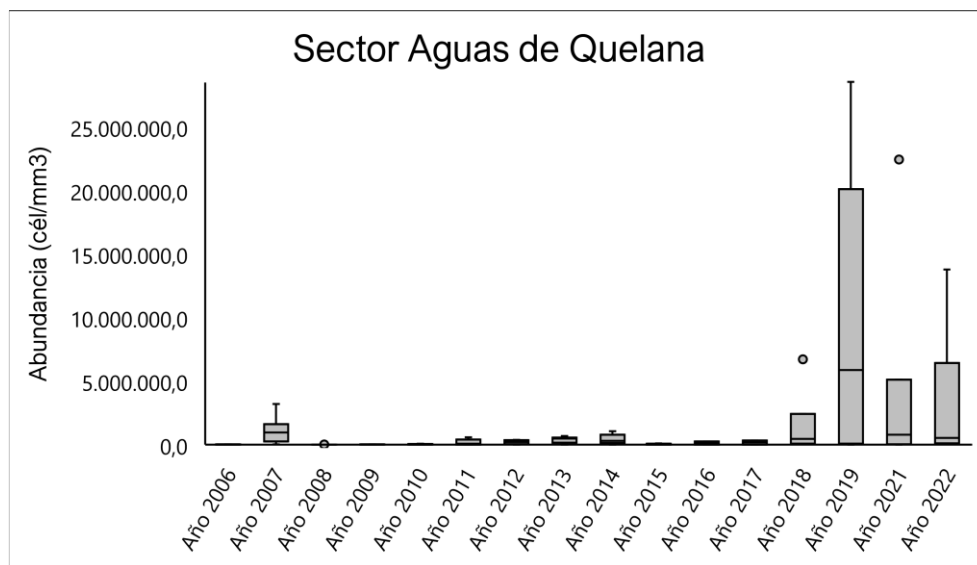
dilución (Contreras-Flores et al. 2003). Esto se debe principalmente al auto sombreado que se produce debido a que las células más cercanas a la superficie dan sombra a las capas inferiores generando un sistema de mezcla eficiente que permite un acceso periódico de todas las células a la luz y con ello el incremento de la fotosíntesis y por consiguiente aumento de biomasa (Hernández-Pérez y Labbé, 2014).

Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	10	0,0	35.287,0	11.119,7	2.695,5	13.962,8	125,6
Año 2007	10	27.000,0	3.213.000,0	1.126.100,0	964.000,0	980.902,2	87,1
Año 2008	10	0,0	21.911,0	3.541,4	779,5	6.786,5	191,6
Año 2009	10	57,1	39.428,6	13.748,6	9.071,4	14.533,7	105,7
Año 2010	10	257,1	80.685,7	27.922,9	7.257,2	33.355,2	119,5
Año 2011	8	868,0	587.200,0	222.546,0	136.800,0	221.414,3	99,5
Año 2012	5	300,0	376.400,0	201.240,0	216.100,0	161.526,2	80,3
Año 2013	6	1.500,0	676.600,0	396.750,0	485.200,0	249.336,9	62,8
Año 2014	6	3.100,0	1.065.600,0	428.383,3	301.600,0	389.467,1	90,9
Año 2015	5	600,0	119.000,0	37.840,0	800,0	53.915,0	142,5
Año 2016	3	3.400,0	252.000,0	136.133,3	153.000,0	125.155,3	91,9
Año 2017	2	1.700,0	341.000,0	171.350,0	171.350,0	239.921,3	140,0
Año 2018	7	63.503,8	6.729.697,5	1.581.444,6	461.398,6	2.428.638,7	153,6
Año 2019	9	1.079,1	28.547.646,3	9.643.846,4	5.885.100,0	10.590.637,4	109,8
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	4.029,8	22.440.865,9	4.195.634,5	780.213,6	8.245.329,5	196,5
Año 2022	7	46.543,8	13.779.646,6	3.421.582,3	525.105,7	5.133.778,4	150,0

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-90. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia\* total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

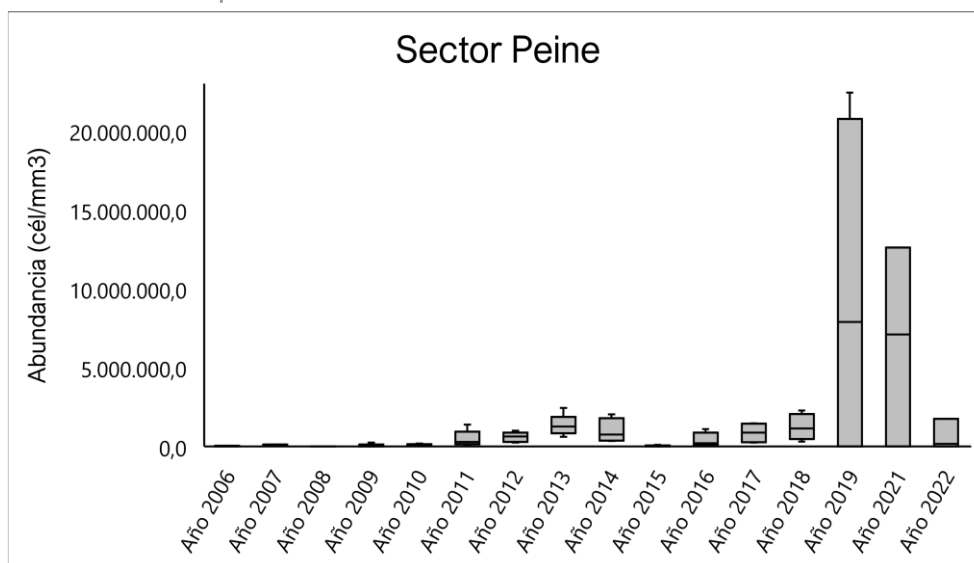
Las abundancias totales de microalgas bentónicas determinadas en el sector de Peine variaron entre 0 y 22.440.865 cél/cm<sup>3</sup> durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), por su parte, los coeficientes de variación indican alta variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-85). Con relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre los periodos de monitoreo (KW=44,45, g.l=15, p<0,001, Anexo 7.3). Sin embargo, el periodo de monitoreo 2022 no varió respecto a los periodos anteriores. (Figura 6-91), estas diferencias estuvieron dadas entre los periodos anteriormente evaluados. Al igual que en los otros sectores del Salar de Atacama, durante la actual campaña, los altos valores de abundancia de microalgas se debieron a un Bloom algal.

Tabla 6-85. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	3	2.146,0	50.838,0	21.785,3	12.372,0	25.674,6	117,9
Año 2007	5	55.000,0	129.000,0	97.200,0	109.000,0	34.615,0	35,6
Año 2008	5	0,0	12.555,0	4.004,4	1.675,0	5.293,1	132,2
Año 2009	5	7.657,0	247.314,0	61.674,0	18.171,0	104.057,1	168,7
Año 2010	5	20.800,0	190.285,7	71.771,4	29.257,0	72.696,3	101,3
Año 2011	5	121.400,0	1.390.400,0	495.800,0	291.600,0	521.127,7	105,1
Año 2012	5	244.200,0	1.008.000,0	590.760,0	633.600,0	309.221,5	52,3
Año 2013	5	606.400,0	2.440.000,0	1.339.260,0	1.271.600,0	674.561,7	50,4
Año 2014	5	345.600,0	2.035.400,0	1.017.640,0	764.000,0	747.867,6	73,5
Año 2015	5	3.700,0	114.800,0	40.560,0	26.200,0	43.305,9	106,8
Año 2016	4	64.000,0	1.110.000,0	396.700,0	206.400,0	480.514,5	121,1
Año 2017	4	241.000,0	1.462.537,0	864.384,3	877.000,0	656.701,6	76,0
Año 2018	4	154,7	7.437,5	2.158,0	519,9	3.525,3	163,4
Año 2019	4	2.320,5	22.440.865,9	9.562.037,5	7.902.481,7	11.354.927,8	118,8
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	3.666,9	12.619.406,1	6.575.122,8	7.102.295,3	6.324.369,7	96,2
Año 2022	3	2.903,0	1.747.522,8	639.227,1	167.255,5	963.323,6	150,7

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-91. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

### Riqueza

Respecto a la riqueza del fitobentos, para el sector de Puilar, los valores de riqueza total de taxa medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 70 taxa (Tabla 6-86), en conjunto, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando que existe una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=55,14 g.l.=13,  $p < 0,0001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente respecto a los años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 y 2014. Los niveles de riqueza de taxa de microalgas bentónicas de este periodo fueron menores respecto a los años 2009-2010-2011-2012 y 2014 pero fueron mayores que los detectados en año 2007 y 2008. (Figura 6-92). Sin embargo, cabe indicar que todos los niveles de riqueza detectados dentro del actual periodo de monitoreo fueron muy similares a los detectados el año 2008 y se mantuvieron dentro del rango histórico presentado para este parámetro en el sector de Puilar, lo que indicaría un patrón cíclico natural respecto a la variación de los niveles de riqueza taxonómica en el sector de Puilar.

Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

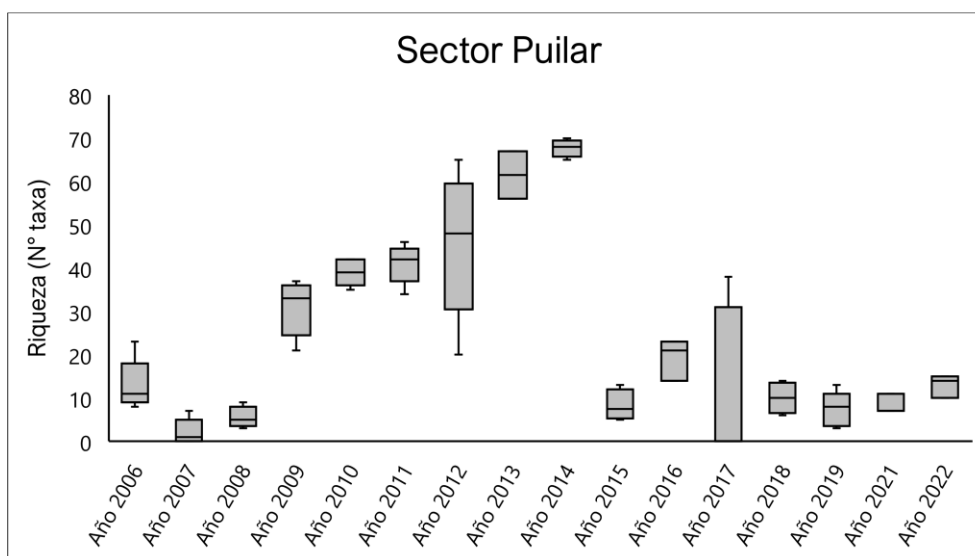
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	8	23	13	11	5,9	45,2
Año 2007	5	0	7	2	1	2,9	134,1
Año 2008	5	3	9	6	5	2,4	43,0
Año 2009	5	21	37	31	33	6,4	20,8
Año 2010	5	35	42	39	39	3,1	7,9
Año 2011	5	34	46	41	42	4,5	10,9

Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puillar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2012	5	20	65	46	48	16,8	36,8
Año 2013	2	56	67	62	62	7,8	12,6
Año 2014	4	65	70	68	68	2,1	3,0
Año 2015	4	5	13	8	8	3,6	43,6
Año 2016	3	14	23	19	21	4,7	24,4
Año 2017	5	0	38	12	0	17,7	142,6
Año 2018	4	6	14	10	10	3,7	36,5
Año 2019	5	3	13	7	8	4,0	54,6
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	7	11	8	7	2,3	27,7
Año 2022	3	10	15	13	14	2,6	20,4

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-92. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Puillar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

En cuanto al sector de Soncor, los valores de riqueza variaron entre 1 y 71 taxa. Los distintos coeficientes de variación determinados en el sector de Soncor indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica detectada en el sector (Tabla 6-87). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=66,90$ ,  $g.l=15$ ,  $p<0,0001$ , Anexo 7.3), el actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a todos los periodos a excepción de los periodos 2008, 2015, 2019 y 2021 con los cuales no presentó diferencias (Figura 6-93). En general los valores de riqueza del fitobentos medidos el actual periodo han sido menores que los detectados en la mayoría de los periodos monitoreados. No obstante, cabe indicar que los valores de riqueza detectados durante el actual periodo estuvieron dentro de los rangos históricos presentados en este sector.

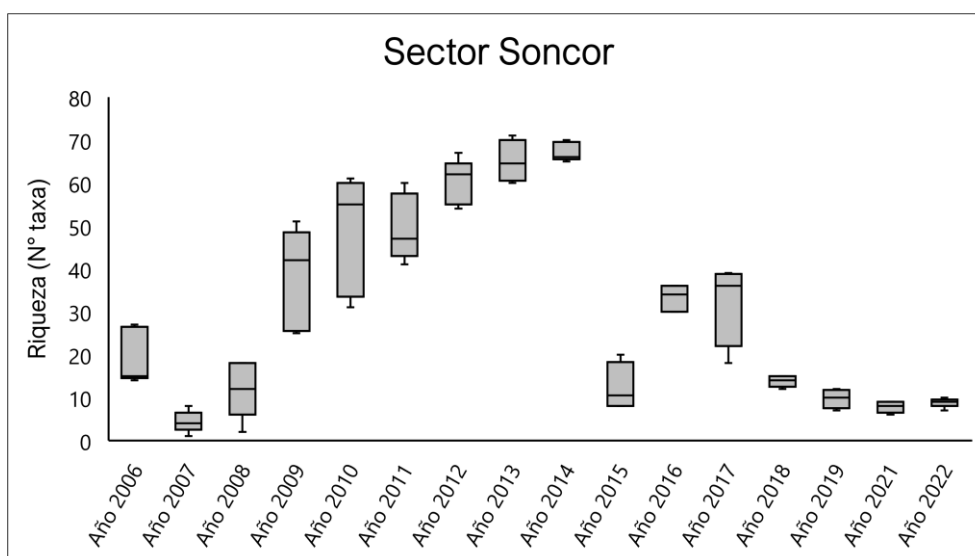


Tabla 6-87. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	14	27	19	15	6,5	33,5
Año 2007	5	1	8	4	4	2,5	57,0
Año 2008	5	2	18	12	12	6,6	55,3
Año 2009	5	25	51	38	42	11,9	31,2
Año 2010	5	31	61	48	55	13,9	28,7
Año 2011	5	41	60	50	47	7,7	15,6
Año 2012	5	54	67	60	62	5,2	8,7
Año 2013	4	60	71	65	65	5,0	7,6
Año 2014	5	65	70	67	66	2,2	3,2
Año 2015	4	8	20	12	11	5,7	46,4
Año 2016	3	30	36	33	34	3,1	9,2
Año 2017	4	18	39	32	36	9,7	30,2
Año 2018	5	12	15	14	14	1,3	9,4
Año 2019	4	7	12	10	10	2,2	22,7
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	6	9	8	8	1,3	16,7
Año 2022	5	7	10	9	9	1,1	12,4

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-93. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Para el sector Aguas de Quelana por su parte, los niveles de riqueza medidos a través de todo el periodo de estudio han variado entre 0 y 68 taxa, además, los coeficientes de variación indican una gran heterogeneidad en los datos, y una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza determinados en el sector (Tabla 6-88). La comparación interanual de los niveles de riqueza taxonómica entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=60,61, g.I=15,

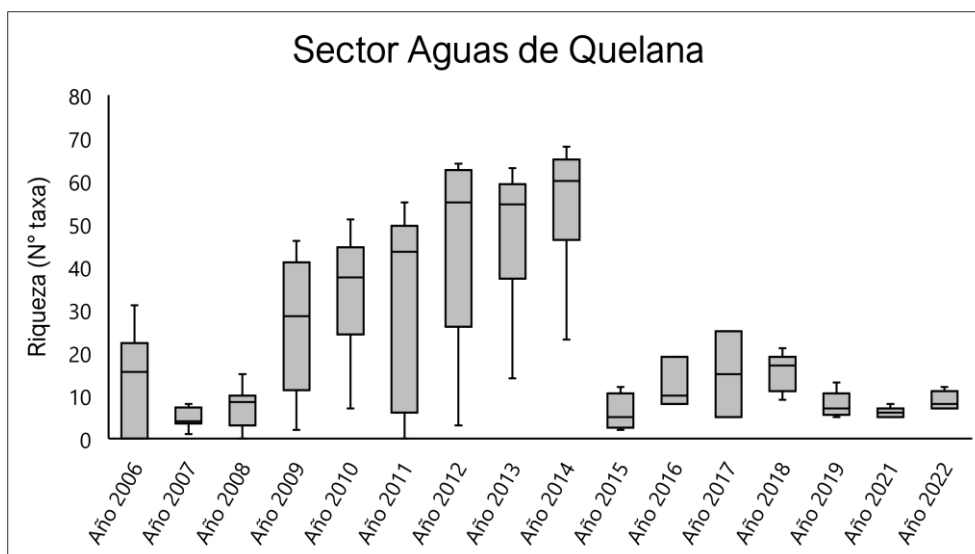
$p < 0,0001$ , Anexo 7.3). Los niveles de riqueza específica determinados en el actual periodo de monitoreo variaron respecto a los niveles determinados los años 2007, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2018 y 2021. Los valores de riqueza detectados durante el año 2022 fueron menores que los detectados los años anteriores (Figura 6-94). Además, todos los valores detectados durante el actual periodo de monitoreo estuvieron dentro de los rangos históricos presentados para este sector del salar de Atacama.

Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	10	0	31	14	16	11,0	78,4
Año 2007	10	1	8	5	4	2,4	49,9
Año 2008	10	0	15	7	9	4,8	67,5
Año 2009	10	2	46	26	29	16,0	62,1
Año 2010	10	7	51	34	38	14,5	42,2
Año 2011	10	0	55	34	44	21,8	65,2
Año 2012	5	3	64	46	55	24,9	53,7
Año 2013	6	14	63	48	55	17,8	37,0
Año 2014	6	23	68	55	60	16,3	29,7
Año 2015	5	2	12	6	5	4,2	67,9
Año 2016	3	8	19	12	10	5,9	47,5
Año 2017	2	5	25	15	15	14,1	94,3
Año 2018	7	9	21	15	17	4,3	28,0
Año 2019	9	5	13	8	7	2,9	35,9
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	5	8	6	6	1,2	19,2
Año 2022	7	7	12	9	8	2,0	22,2

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-94. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

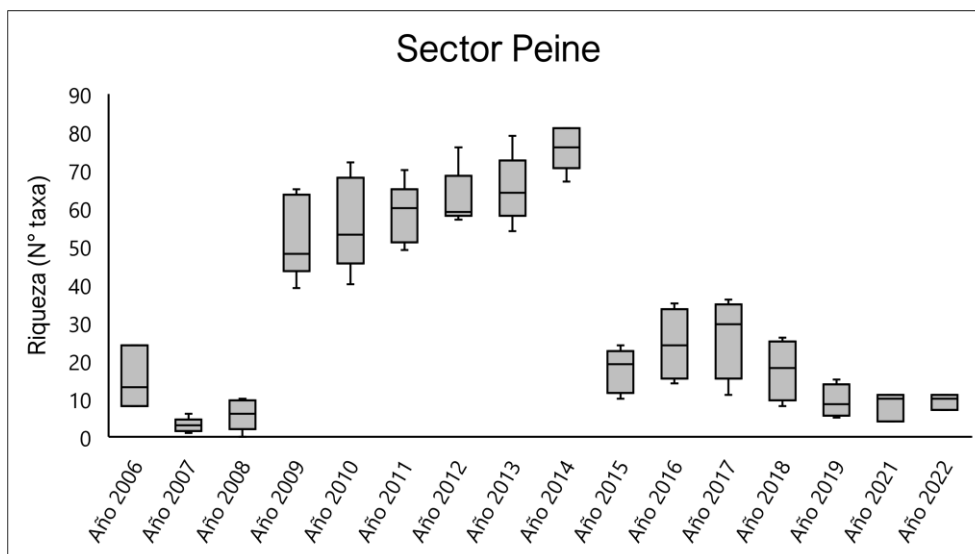
Finalmente, la riqueza de taxa en el sector de Peine varió entre 0 y 81 taxa durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), también, los coeficientes de variación indican variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-89). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW=62,16, g.l.=15, p<0,0001, Anexo 7.3). Para el periodo de monitoreo 2021 en el sector de Peine los valores de riqueza medidos variaron respecto a los medidos los años 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014. La riqueza de taxa fue menor respecto a los años 2009-2010-2011-2012-2013 y 2014 pero fue mayor que la detectada en el año 2007 (Figura 6-95).

Tabla 6-89. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	3	8	24	15	13	8,2	54,6
Año 2007	5	1	6	3	3	1,9	62,4
Año 2008	5	0	10	6	6	4,0	69,4
Año 2009	5	39	65	52	48	10,8	20,7
Año 2010	5	40	72	56	53	12,3	22,1
Año 2011	5	49	70	58	60	8,0	13,7
Año 2012	5	57	76	62	59	7,7	12,4
Año 2013	5	54	79	65	64	9,1	13,9
Año 2014	5	67	81	76	76	5,8	7,7
Año 2015	5	10	24	17	19	5,8	33,2
Año 2016	4	14	35	24	24	9,5	39,2
Año 2017	4	11	36	27	30	10,8	40,9
Año 2018	4	8	26	18	18	8,1	46,1
Año 2019	4	5	15	9	9	4,3	47,0
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	4	11	8	10	3,8	45,4
Año 2022	3	7	11	9	10	2,1	22,3

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-95. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

#### 6.6.2.5 Zooplancton

El zooplancton corresponde al conjunto de animales que viven en la columna de agua, los cuales se caracterizan por su pequeño tamaño, que varían desde unos pocos micrones hasta un par de milímetros. Estos animales son principalmente rotíferos y crustáceos y dentro de estos últimos, destacan los branquiópodos y copépodos. El zooplancton, en conjunto con las microalgas planctónicas y bentónicas corresponden a la base de las tramas tróficas en los ecosistemas acuáticos.

A través del tiempo la comparación interanual de los valores de abundancia y riqueza de organismos zooplanctónicos ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

##### Abundancia

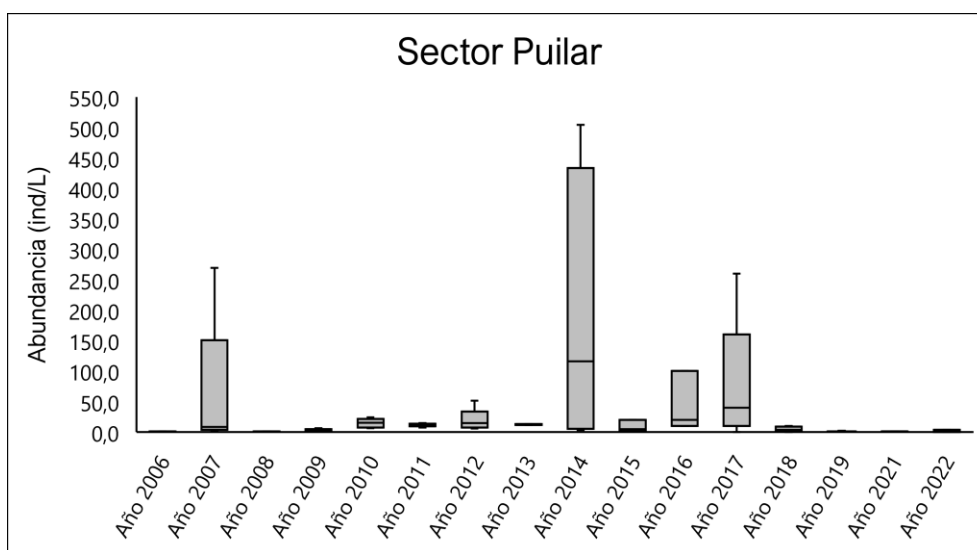
En relación con el sector de Puilar, los valores de abundancia total de individuos zooplanctónicos medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 504 ind/L (Tabla 6-90), además los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando una alta variabilidad interanual en valores de abundancia registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=43,28$ ,  $g.l.=15$ ,  $p=0,0001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022), el cual varió significativamente respecto a los años 2010, 2011 y 2012., ya que los valores de abundancia registrados el año 2022 fueron menores que los años señalados anteriormente. Por otra parte, el año 2022 fue similar a los años 2006 y 2008 (Figura 6-96). Cabe destacar que los valores de abundancia se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector del salar de Atacama.

Tabla 6-90. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,16	0,85	0,44	0,40	0,25	56,81
Año 2007	5	2,10	269,10	63,36	8,10	115,62	182,48
Año 2008	5	0,20	0,90	0,48	0,40	0,26	53,93
Año 2009	5	1,30	6,30	3,04	2,50	1,95	64,28
Año 2010	5	6,00	24,00	14,40	15,00	7,50	52,11
Año 2011	5	7,20	14,30	11,42	11,40	2,66	23,29
Año 2012	5	5,70	51,40	19,14	14,30	18,49	96,61
Año 2013	2	11,40	12,90	12,15	12,15	1,06	8,73
Año 2014	4	2,90	504,30	184,65	115,70	235,57	127,57
Año 2015	3	1,40	20,00	8,57	4,30	10,01	116,82
Año 2016	3	10,00	100,00	43,33	20,00	49,33	113,84
Año 2017	5	0,00	260,00	76,00	40,00	105,26	138,50
Año 2018	4	0,08	9,68	4,28	3,68	4,56	106,68
Año 2019	5	0,09	1,67	0,49	0,25	0,67	137,35
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	0,30	0,93	0,69	0,83	0,34	49,12
Año 2022	3	0,00	3,56	1,47	0,83	1,86	127,19

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-96. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia\* total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de abundancia del zooplancton han variado entre 0 y 130 ind/L, además, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad y variabilidad interanual en valores de abundancias registrados en el sector (Tabla 6-91). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=44,02, g.l.=15, p<0,0001, Anexo 7.3). El actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a los años 2007, 2011, 2012, 2013, 2016 y 2017. Los valores de abundancia fueron menores durante el

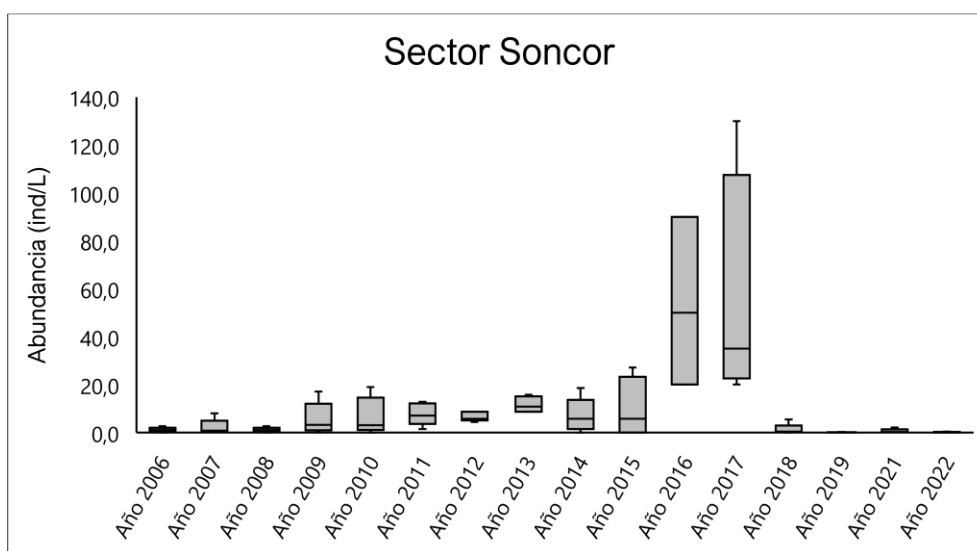
año 2022 respecto a los periodos anteriores (Figura 6-97). No obstante, cabe indicar que los mayores valores de abundancia fueron detectados los años 2016 y 2017 y son significativamente distintos al resto de los otros periodos de monitoreo. En el sector de peine la abundancia de ha mantenido dentro de los rangos históricos

Tabla 6-91. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2026 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,00	2,60	1,13	1,02	0,98	86,96
Año 2007	5	0,30	8,00	2,22	0,70	3,28	147,67
Año 2008	5	0,00	2,60	1,12	1,00	0,98	87,12
Año 2009	5	0,00	17,10	5,84	3,20	6,80	116,37
Año 2010	5	0,00	19,00	6,80	3,00	7,79	114,57
Año 2011	5	1,40	12,80	7,68	7,10	4,58	59,58
Año 2012	5	4,30	8,60	6,58	5,70	1,93	29,34
Año 2013	4	8,60	15,70	11,45	10,75	3,48	30,43
Año 2014	5	0,00	18,60	7,16	5,70	7,15	99,86
Año 2015	4	0,00	27,10	9,63	5,70	12,83	133,30
Año 2016	3	20,00	90,00	53,33	50,00	35,12	65,85
Año 2017	4	20,00	130,00	55,00	35,00	50,66	92,11
Año 2018	5	0,00	5,39	1,26	0,32	2,31	183,84
Año 2019	4	0,00	0,19	0,06	0,02	0,09	151,44
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	0,09	2,13	0,63	0,21	0,85	134,68
Año 2022	5	0,00	0,37	0,09	0,03	0,16	176,84

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-97. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia\* total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

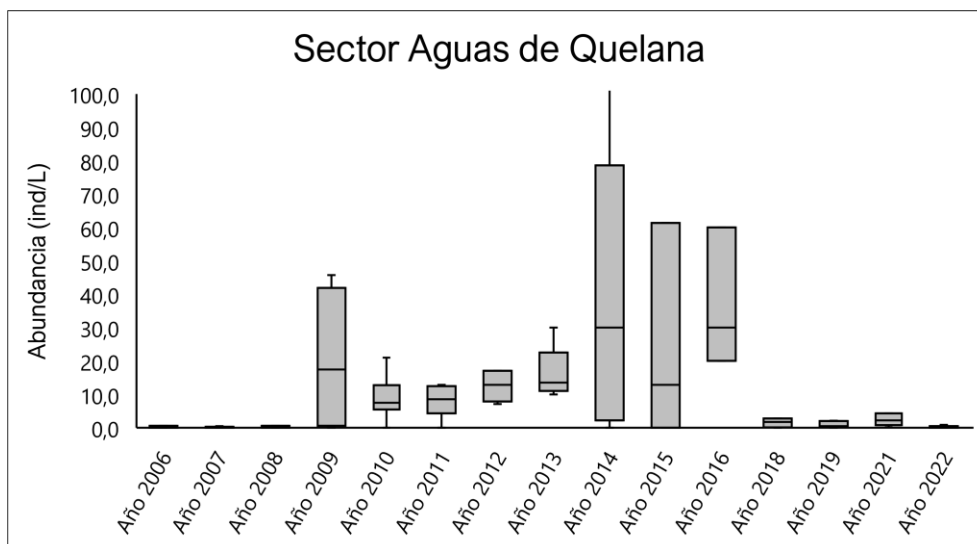
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias totales históricas del zooplancton variaron entre 0 y 133 ind/L, por su parte, los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, y consigo una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia registrados en el sector (Tabla 6-92). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW=56,47$ ,  $g.l=14$ ,  $p<0,0001$ , Anexo 7.3). Las abundancias del zooplancton detectadas en el actual periodo (año 2022) variaron significativamente respecto a las abundancias detectadas durante los años 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016 y 2021. Los valores de abundancia de individuos zooplanctónicos medidos el año 2022 fueron menores respecto a los periodos mencionados con anterioridad (Figura 6-98). Sin embargo, a pesar de estas diferencias estadísticas, los valores de abundancia se mantuvieron dentro del rango histórico detectado para el sector.

Tabla 6-92. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	10	0,00	1,77	0,44	0,36	0,53	118,89
Año 2007	10	0,00	1,12	0,23	0,09	0,35	153,93
Año 2008	10	0,00	1,77	0,44	0,36	0,53	118,89
Año 2009	10	0,00	113,00	27,61	17,45	34,09	123,48
Año 2010	10	0,00	133,00	20,50	7,50	39,90	194,64
Año 2011	8	0,00	12,90	7,85	8,55	4,64	59,05
Año 2012	5	7,10	17,10	12,56	12,90	4,66	37,10
Año 2013	6	10,00	30,00	16,42	13,55	7,61	46,34
Año 2014	6	0,00	121,40	41,43	30,00	48,38	116,76
Año 2015	3	0,00	61,40	24,77	12,90	32,37	130,72
Año 2016	3	20,00	60,00	36,67	30,00	20,82	56,77
Año 2017	1	30,00	30,00	30,00	30,00	-	-
Año 2018	7	0,00	13,77	3,00	1,77	4,88	162,36
Año 2019	9	0,02	18,01	2,79	0,46	5,77	206,44
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	0,09	11,57	3,35	2,27	3,87	115,62
Año 2022	7	0,00	0,93	0,25	0,14	0,34	137,25

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-98. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Finalmente, los valores históricos de abundancia total del zooplancton medidos en el sector de Peine variaron entre 0 y 510 ind/L, siendo este el sector que registró los mayores valores de abundancia de todos los sectores monitoreados en el salar de Atacama. Por su parte, los coeficientes de variación indican variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-93). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW=45,99, g.l=15, p<0,0001, Anexo 7.3). El actual periodo de monitoreo 2022 varió significativamente respecto a los años 2009, 2011, 2012, y 2013. Los valores de abundancia del zooplancton medidos el año 2022 fueron menores que los periodos anteriores mencionados. (Figura 6-99). Las alzas puntuales en las abundancias (año 2016 y 2017) posiblemente podrían estar relacionadas con factores como el alza de oxígeno disuelto o una baja en la salinidad del sector.

Tabla 6-93. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,00	0,86	0,30	0,23	0,33	112,27
Año 2007	5	0,10	11,80	3,10	1,10	4,94	159,46
Año 2008	5	0,00	0,86	0,29	0,23	0,33	112,41
Año 2009	5	0,60	11,40	5,96	3,80	4,85	81,35
Año 2010	5	0,00	8,00	3,00	1,00	3,39	113,04
Año 2011	5	1,40	8,60	5,12	5,70	2,62	51,18
Año 2012	5	1,40	25,70	8,58	4,30	9,94	115,85
Año 2013	5	1,40	17,10	8,58	8,60	6,62	77,11
Año 2014	5	0,00	47,10	13,70	7,10	19,16	139,87
Año 2015	5	0,00	27,10	10,84	10,00	11,61	107,12
Año 2016	4	150,00	510,00	277,50	225,00	161,53	58,21
Año 2017	4	30,00	180,00	115,00	125,00	62,45	54,30
Año 2018	4	0,07	1,25	0,62	0,57	0,58	94,30

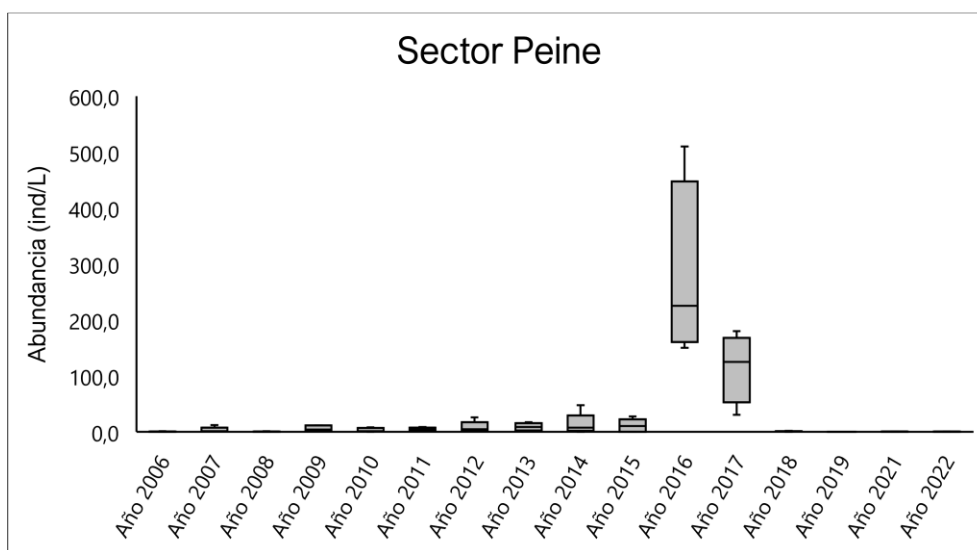


Tabla 6-93. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2019	4	0,00	0,05	0,01	0,00	0,02	200,00
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	0,00	0,60	0,39	0,56	0,33	86,81
Año 2022	3	0,00	0,30	0,12	0,05	0,16	140,00

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-99. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia\* total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

### Riqueza

Respecto a la riqueza del Zooplancton, para el sector de Puilar, los valores históricos de riqueza taxonómica medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 6 taxa (Tabla 6-94), además los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos y una mediana variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=27,80$   $g.l=15$ ,  $p=0,0135$ , Anexo 7.3). Las principales diferencias detectadas estuvieron dadas entre periodos anteriores al actual, ya que el año 2022 no mostró diferencias estadísticamente significativas. Cabe indicar que en términos generales los valores de riqueza taxonómica se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector de salar de Atacama (Figura 6-100).

Tabla 6-94. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

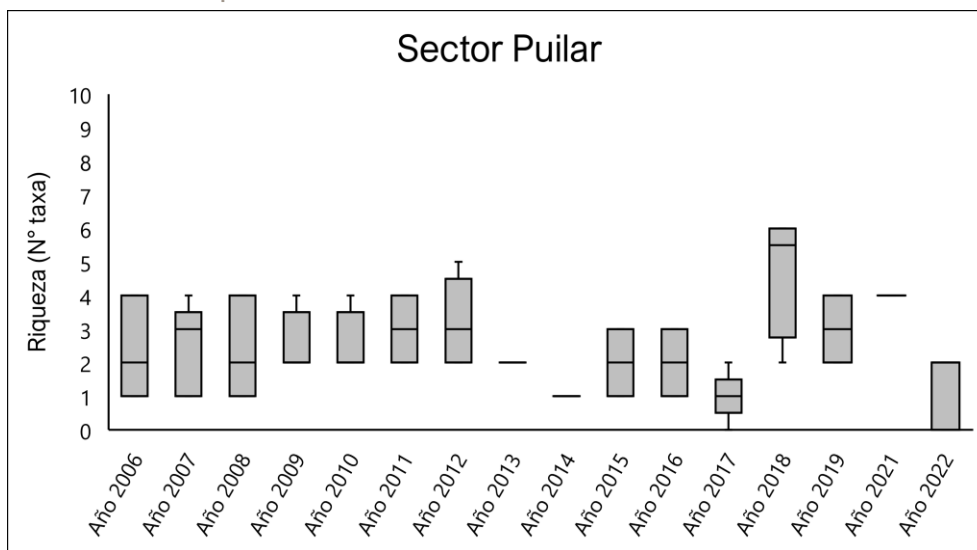
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	1	4	2	2	1,5	63,2
Año 2007	5	1	4	2	3	1,3	55,9

Tabla 6-94. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puillar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2008	5	1	4	2	2	1,5	63,2
Año 2009	5	2	4	3	2	0,9	34,4
Año 2010	5	2	4	3	2	0,9	34,4
Año 2011	5	2	4	3	3	1,0	33,3
Año 2012	5	2	5	3	3	1,3	40,7
Año 2013	2	2	2	2	2	0,0	0,0
Año 2014	4	1	1	1	1	0,0	0,0
Año 2015	3	1	3	2	2	1,0	50,0
Año 2016	3	1	3	2	2	1,0	50,0
Año 2017	5	0	2	1	1	0,7	70,7
Año 2018	4	2	6	5	6	1,9	39,9
Año 2019	5	2	4	3	3	1,0	33,3
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	4	4	4	4	0,0	0,0
Año 2022	3	0	2	1	2	1,2	86,6

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-100. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del Zooplancton medidos en el sector de Puillar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de riqueza taxonómica han variado entre 0 y 9 taxa. Siendo este el sector que presentó los mayores valores de riqueza histórica en toda el área del proyecto. Por su parte, los distintos coeficientes de variación indican una heterogeneidad en los datos, sin embargo, esta variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector no difiere estadísticamente entre ellos (Tabla 6-95). De esta manera, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas (KW=21,18, g.l.=15, p=0,1009, Anexo 7.3) (Figura

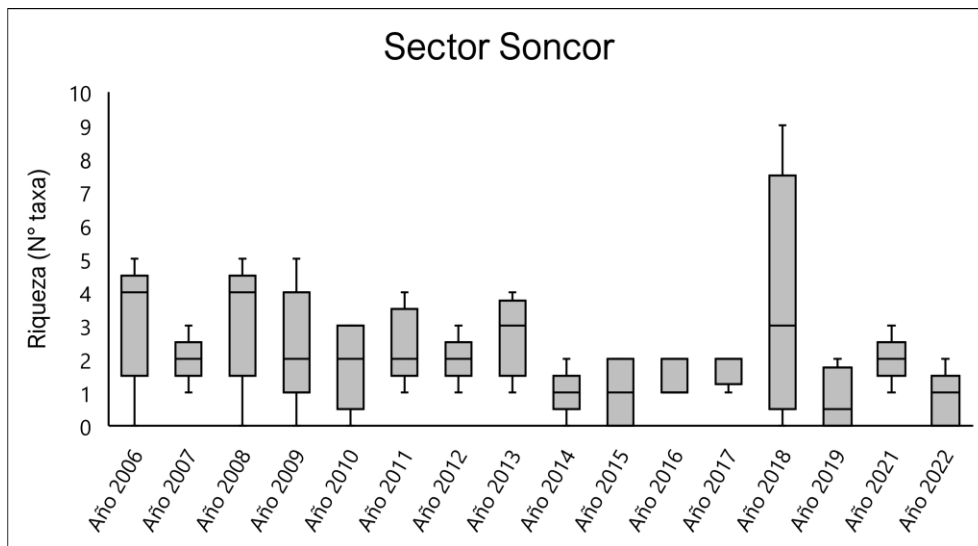
6-101). Cabe indicar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2022) se encuentran dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

Tabla 6-95. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0	5	3	4	1,9	60,1
Año 2007	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2008	5	0	5	3	4	1,9	60,1
Año 2009	5	0	5	2	2	1,8	75,7
Año 2010	5	0	3	2	2	1,3	72,4
Año 2011	5	1	4	2	2	1,1	47,5
Año 2012	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2013	4	1	4	3	3	1,3	45,8
Año 2014	5	0	2	1	1	0,7	70,7
Año 2015	4	0	2	1	1	1,2	115,5
Año 2016	3	1	2	1	1	0,6	43,3
Año 2017	4	1	2	2	2	0,5	28,6
Año 2018	5	0	9	4	3	3,7	97,4
Año 2019	4	0	2	1	1	1,0	127,7
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2022	5	0	2	1	1	0,8	104,6

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-101. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

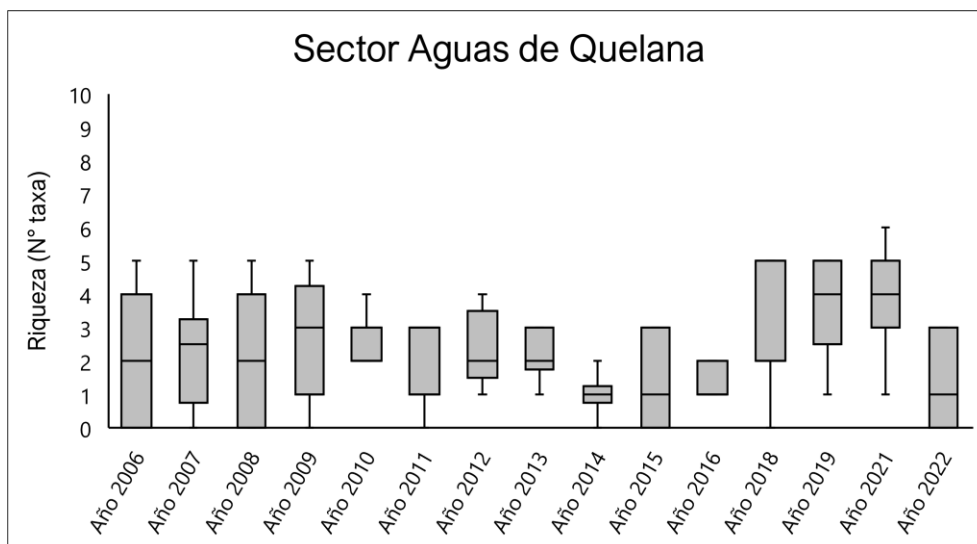
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, el rango histórico de valores de riqueza taxonómica ha variado entre 0 y 6 taxa, además los distintos coeficientes de variación y las desviaciones estándar indican baja dispersión y heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector (Tabla 6-96). En complemento, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas respecto a los niveles de riqueza de taxa ( $KW=22,20$ ,  $g.I=15$ ,  $p= 0,0618$ , Anexo 7.3) (Figura 6-102). Además, cabe mencionar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2022) se encuentran dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

Tabla 6-96. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	10	0	5	2	2	1,9	82,1
Año 2007	10	0	5	2	3	1,7	76,7
Año 2008	10	0	5	2	2	1,9	82,1
Año 2009	10	0	5	3	3	1,8	68,3
Año 2010	10	0	4	2	2	1,1	46,1
Año 2011	8	0	3	2	3	1,2	58,7
Año 2012	5	1	4	2	2	1,1	47,5
Año 2013	6	1	3	2	2	0,8	34,7
Año 2014	6	0	2	1	1	0,6	63,2
Año 2015	3	0	3	1	1	1,5	114,6
Año 2016	3	1	2	1	1	0,6	43,3
Año 2017	1	1	1	1	1	-	-
Año 2018	7	0	5	3	2	1,9	65,3
Año 2019	9	1	5	4	4	1,5	39,2
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	1	6	4	4	1,6	40,8
Año 2022	7	0	3	1	1	1,3	89,1

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-102. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

El rango histórico de valores de riqueza de taxa en el sector de Peine varió entre 0 y 8 taxa durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022), además, las desviaciones estándar y los distintos coeficientes de variación determinados a través de los distintos periodos de monitoreo indican menor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-97). En relación con la comparación interanual, no presentaron diferencias significativas en los niveles de riqueza específica (KW=19,57, g.l.=15, p= 0,1375, Anexo 7.3). (Figura 6-103). Además, cabe mencionar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2022), se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector.

Tabla 6-97. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

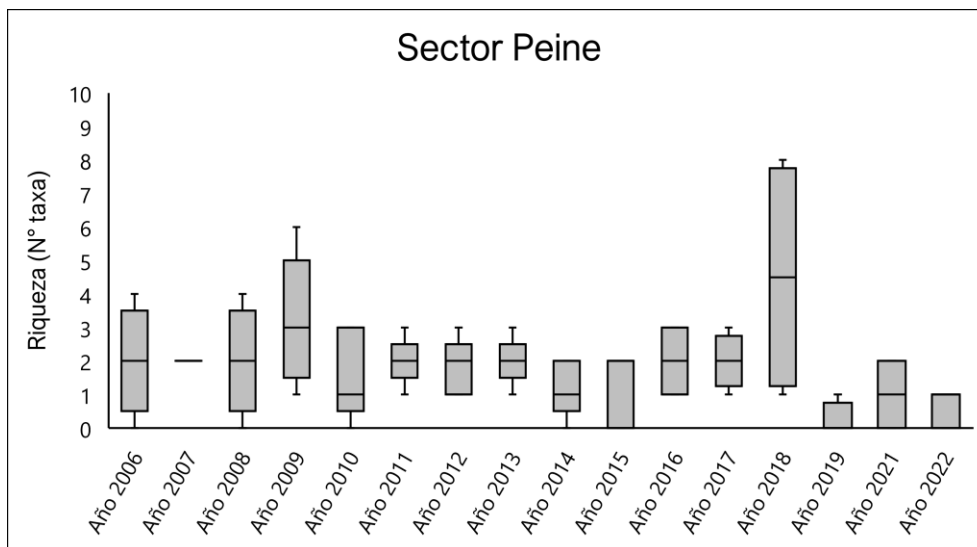
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0	4	2	2	1,6	79,1
Año 2007	5	2	2	2	2	0,0	0,0
Año 2008	5	0	4	2	2	1,6	79,1
Año 2009	5	1	6	3	3	1,9	60,1
Año 2010	5	0	3	2	1	1,3	83,9
Año 2011	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2012	5	1	3	2	2	0,8	46,5
Año 2013	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2014	5	0	2	1	1	0,8	69,7
Año 2015	5	0	2	1	2	1,1	91,3
Año 2016	4	1	3	2	2	1,2	57,7
Año 2017	4	1	3	2	2	0,8	40,8
Año 2018	4	1	8	5	5	3,5	78,0
Año 2019	4	0	1	0	0	0,5	200,0
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*

Tabla 6-97. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2021	3	0	2	1	1	1,0	100,0
Año 2022	3	0	1	1	1	0,6	86,6

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-103. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza\* total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

### 6.6.2.6 Zoobentos

La fauna bentónica de los sistemas acuáticos de Chile se compone principalmente de larvas de insectos y crustáceos en diferentes estados de desarrollo. Cabe destacar que los estudios acerca del Zoobentos de sistemas límnicos en Chile son escasos y han sido poco difundidos (Vera y Camousseight, 2006; Camousseight, 2006; Rojas, 2006; Jerez y Moronil, 2006). Los macroinvertebrados bentónicos son un buen bioindicador de la calidad de las aguas continentales, reflejando las condiciones físicas y químicas observadas en los sistemas (Domínguez & Fernández 2009), razón por la cual caracterizar este componente es relevante, debido a que los cambios en su composición y abundancia reflejan las variaciones del medio acuático. En este contexto y a través del tiempo la comparación interanual de los valores de abundancia y riqueza de organismos zoobentónicos en el Salar de Atacama ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

#### Abundancia

El rango histórico de valores de abundancia total de individuos zoobentónicos medidos durante todo el periodo de monitoreo en el sector de Puilar variaron entre 0 y 87.374 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 6-98), por su parte las desviaciones estándar y los distintos coeficientes de variación determinados en los distintos periodos de monitoreo indican una alta heterogeneidad en los datos, y una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia total registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio

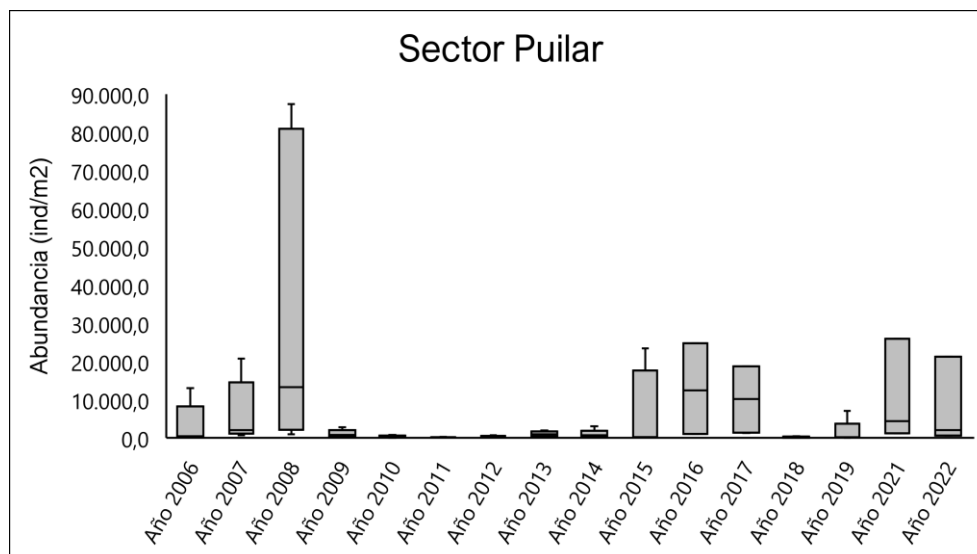
en el sector de Puillar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=41,85$ ,  $g.l=15$ ,  $p<0,0001$ , Anexo 7.3), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2022) el cual varió significativamente respecto al año 2011. Los valores de la abundancia de organismos zoobentónicos medida el año 2022, fue mayor que medida el año 2011. (Figura 6-104). Además, todos los valores de abundancia para este sector se encuentran dentro del rango histórico de abundancia determinado para este sector del salar de Atacama.

**Tabla 6-98. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puillar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	126,0	13.005,0	3.434,4	379,0	5.522,7	160,8
Año 2007	5	656,6	20.707,1	6.646,5	2.020,2	8.428,5	126,8
Año 2008	5	883,8	87.373,7	35.858,6	13.257,6	41.658,7	116,2
Año 2009	5	100,2	2.712,9	1.029,7	753,6	1.028,6	99,9
Año 2010	5	0,0	735,0	276,4	182,0	293,8	106,3
Año 2011	5	12,8	226,0	79,4	49,7	84,4	106,2
Año 2012	5	55,1	661,2	264,5	220,4	250,7	94,8
Año 2013	4	220,4	1.873,3	978,0	909,1	688,7	70,4
Año 2014	5	275,5	2.975,2	1.002,8	661,2	1.114,5	111,1
Año 2015	4	110,2	23.416,7	5.936,8	110,2	11.653,3	196,3
Año 2016	3	1.010,0	24.745,0	12.709,2	12.372,5	11.871,1	93,4
Año 2017	4	1.262,5	18.685,0	10.036,9	10.100,0	9.986,5	99,5
Año 2018	4	5,6	372,2	108,3	27,8	177,0	163,3
Año 2019	5	0,0	7.000,0	1.525,0	125,0	3.063,6	200,9
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	1.125,0	25.875,0	10.458,3	4.375,0	13.449,8	128,6
Año 2022	3	520,0	21.188,1	7.886,0	1.949,8	11.542,2	146,4

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-104. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia\* total del Zoobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Por otro lado, el sector Soncor presentó un rango histórico de valores de abundancia total del Zoobentos que varió entre 0 y 222.979,8 ind/m<sup>2</sup>, además los distintos coeficientes de variación y sus respectivas desviaciones estándar indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia registrados en el sector (Tabla 6-99). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=53,49, g.l.=15, p<0,0001, Anexo 7.3). El actual periodo de monitoreo (año 2022) varió significativamente respecto a los años 2006, 2007, 2008, 2016 y 2017. Los valores de abundancia del zoobentos determinados el año 2022 fueron en promedio menores que los medidos años anteriores (Figura 6-105). Sin embargo, se mantuvieron dentro del rango histórico de valores determinado para este sector.

Tabla 6-99. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	1.515,0	69.192,0	20.303,2	6.566,0	28.482,6	140,3
Año 2007	5	15.151,5	222.979,8	64.596,0	25.000,0	88.958,0	137,7
Año 2008	5	11.742,4	202.221,2	83.232,3	56.565,7	79.909,2	96,0
Año 2009	5	101,0	2.712,9	950,1	753,6	1.023,1	107,7
Año 2010	5	0,0	19.041,0	3.948,8	238,0	8.437,7	213,7
Año 2011	5	32,4	744,4	386,6	277,3	336,4	87,0
Año 2012	5	165,3	495,9	308,6	220,4	148,9	48,2
Año 2013	2	275,5	275,5	275,5	275,5	0,0	0,0
Año 2014	4	275,5	2.754,8	1.102,0	688,8	1.119,2	101,6
Año 2015	4	110,2	13.884,3	6.074,4	5.151,5	6.078,4	100,1
Año 2016	3	19.190,0	30.805,0	23.314,2	19.947,5	6.498,3	27,9
Año 2017	5	16.160,0	33.835,0	23.179,5	21.967,5	6.527,0	28,2

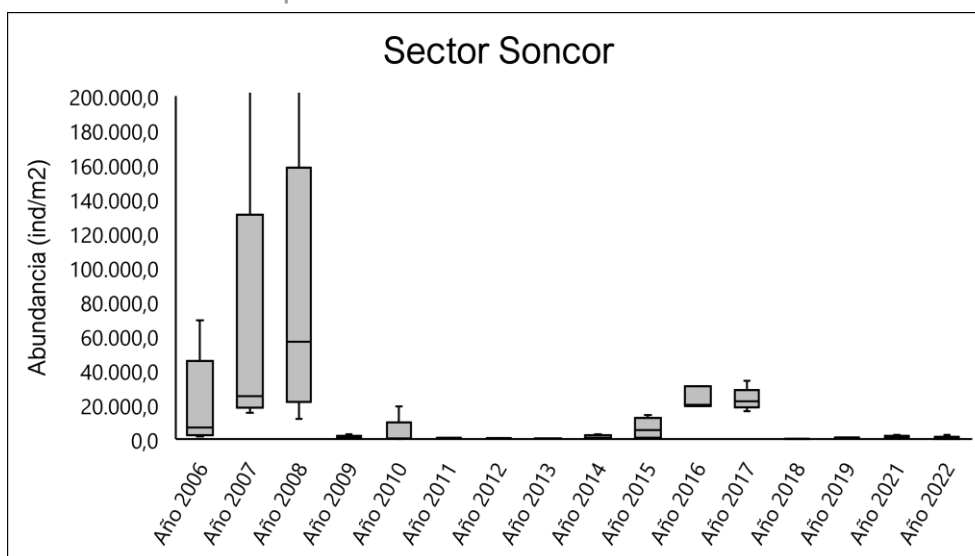


Tabla 6-99. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2018	5	2,8	113,9	38,9	11,1	47,5	122,1
Año 2019	4	125,0	875,0	468,8	437,5	344,2	73,4
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	250,0	2.375,0	1.250,0	1.250,0	765,5	61,2
Año 2022	5	0,0	2.339,8	546,0	130,0	1.008,6	184,7

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-105. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia\* total del Zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

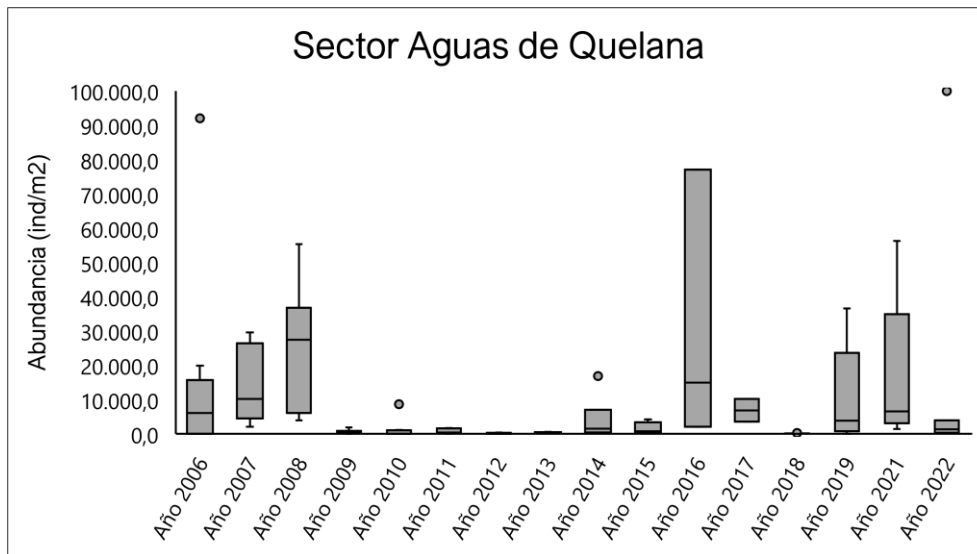
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las mediciones históricas de abundancia total variaron entre 0 y 92.045 ind/m<sup>2</sup>, también, al igual que lo detectado en la mayoría de los lugares y parámetros evaluados, los distintos coeficientes de variación indican una heterogeneidad en los datos y una alta variabilidad interanual en los valores de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-100). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=58,51, g.l=15, p<0,0001, Anexo 7.3). El actual periodo de monitoreo varió respecto a los periodos 2007, 2008, 2010, 2012, 2013 y 2018. El año 2021, presentó valores de abundancia mayores que los periodos 2010, 2012, 2013 y 2018 pero presentó menores valores que los determinados los años 2007 y 2008 (Figura 6-106). Además, al igual que lo ocurrido con los otros sectores evaluados, los valores de abundancia detectados durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico detectado para este parámetro en el sector Aguas de Quelana.

Tabla 6-100. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	10	0,0	92.045,0	15.176,7	6.060,5	27.881,7	183,7
Año 2007	10	2.020,2	29.545,5	13.686,9	10.101,0	10.874,4	79,5
Año 2008	9	3.914,1	55.303,0	23.302,5	27.399,0	18.315,2	78,6
Año 2009	10	0,0	1.791,0	572,6	335,0	645,4	112,7
Año 2010	10	0,0	8.573,0	1.147,5	0,0	2.649,4	230,9
Año 2011	8	0,0	7.102,5	1.334,9	371,1	2.408,9	180,5
Año 2012	5	0,0	385,7	102,9	18,8	164,5	159,8
Año 2013	6	55,1	495,9	248,0	192,9	186,9	75,4
Año 2014	6	220,4	16.804,4	4.003,7	1.460,1	6.390,6	159,6
Año 2015	4	165,3	4.132,2	1.418,7	688,7	1.829,2	128,9
Año 2016	3	2.020,0	77.013,0	31.310,2	14.897,5	40.100,1	128,1
Año 2017	2	3.535,0	10.100,0	6.817,5	6.817,5	4.642,2	68,1
Año 2018	7	2,8	227,3	85,6	69,4	69,5	81,2
Año 2019	9	0,0	36.500,0	12.500,0	3.750,0	13.607,4	108,9
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	1.375,0	56.250,0	20.089,3	6.500,0	21.547,6	107,3
Año 2022	5	0,0	2.339,8	546,0	130,0	1.008,6	184,7

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-106. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia\* total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Finalmente, el rango histórico de valores de abundancia total de individuos zoobentónicos determinado en el sector de Peine durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022) varió entre 0 y 60.480 ind/m<sup>2</sup>, también, los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad

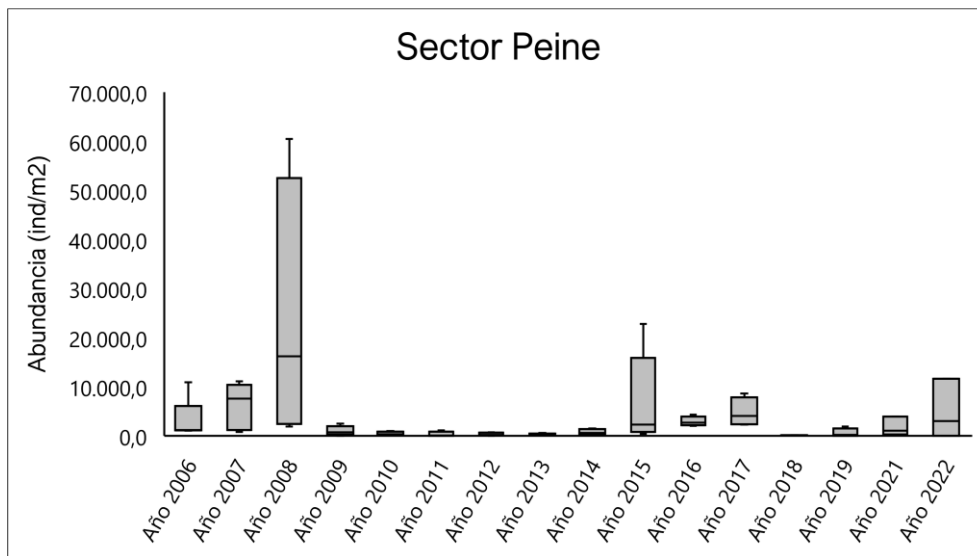
interanual en los valores de abundancia en este sector (Tabla 6-101). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre algunos de los periodos de monitoreo ( $KW=41,84$ ,  $g.l=15$ ,  $p<0,0001$ , Anexo 7.3). Sin embargo, cabe indicar que estas diferencias se dieron entre periodos anteriores, ya que el actual periodo de monitoreo no presentó diferencias respecto a los años anteriormente evaluados. (Figura 6-107). Los valores de abundancia obtenidos durante el periodo 2022 se encuentran dentro del rango histórico de valores de abundancia total determinados para este sector del salar de Atacama.

Tabla 6-101. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	1.010,0	10.859,0	3.067,6	1.141,0	4.356,0	142,0
Año 2007	5	757,6	11.111,1	6.111,1	7.575,8	4.718,9	77,2
Año 2008	4	1.893,9	60.479,8	23.674,2	16.161,6	27.336,9	115,5
Año 2009	5	0,0	2.449,0	1.012,8	716,0	950,6	93,9
Año 2010	5	19,0	961,0	405,6	326,0	419,0	103,3
Año 2011	5	0,0	1.077,0	331,4	15,0	479,1	144,6
Año 2012	5	0,0	716,3	308,6	165,3	308,3	99,9
Año 2013	5	55,1	551,0	286,5	275,5	180,2	62,9
Año 2014	5	110,2	1.487,6	727,3	551,0	620,2	85,3
Año 2015	5	385,7	22.754,8	7.085,4	2.259,0	9.392,8	132,6
Año 2016	4	2.020,0	4.293,0	2.903,9	2.651,3	978,2	33,7
Año 2017	4	2.272,5	8.585,0	4.734,4	4.040,0	2.968,9	62,7
Año 2018	4	44,4	116,7	68,7	56,8	33,8	49,2
Año 2019	4	0,0	1.875,0	562,5	187,5	892,7	158,7
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	250,0	3.875,0	1.708,3	1.000,0	1.913,5	112,0
Año 2022	3	0,0	11.569,0	4.852,9	2.989,7	6.005,3	123,7

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-107. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia\* total de Zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Riqueza

Respecto a la riqueza del zoobentos, para el sector de Puillar, los valores históricos de riqueza taxonómica medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 6 taxa (Tabla 6-102). Además, los distintos coeficientes de variación y las desviaciones estándar determinadas en los distintos periodos de monitoreo indican una leve heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector. En complemento, la comparación estadística interanual entre los distintos periodos de estudio indica que no existe diferencias significativas en los valores de riqueza medidos en el sector de Puillar (KW=21,27, g.l.=15, p= 0,1036, Anexo 7.3), (Figura 6-108). Es importante indicar que los niveles de riqueza determinados en el actual periodo 2022 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

Tabla 6-102. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puillar.

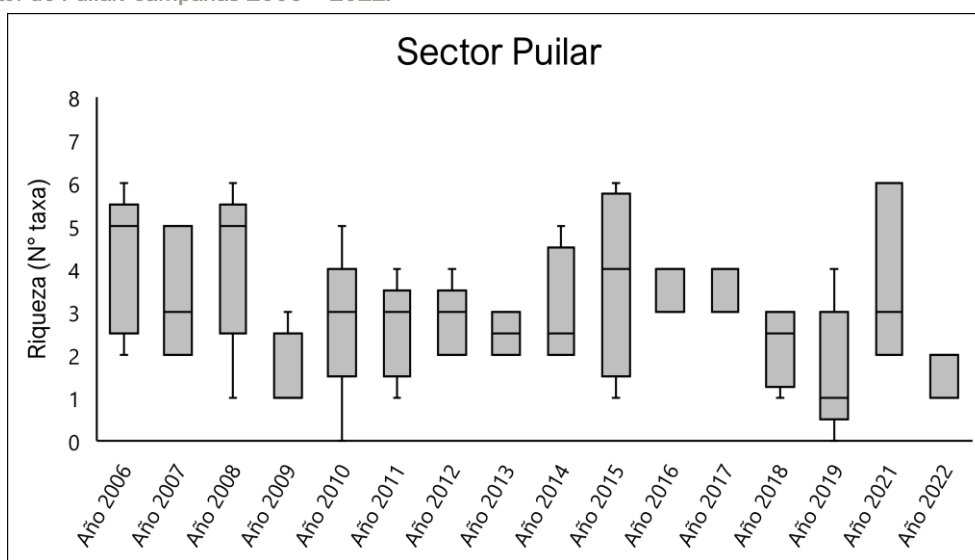
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	2	6	4,2	5	1,6	39,1
Año 2007	5	2	5	3,4	3	1,5	44,6
Año 2008	5	1	6	4,2	5	1,9	45,8
Año 2009	5	1	3	1,6	1	0,9	55,9
Año 2010	5	0	5	2,8	3	1,8	63,9
Año 2011	5	1	4	2,6	3	1,1	43,9
Año 2012	5	2	4	2,8	3	0,8	29,9
Año 2013	2	2	3	2,5	3	0,7	28,3
Año 2014	4	2	5	3,0	3	1,4	47,1
Año 2015	4	1	6	3,8	4	2,2	59,1

Tabla 6-102. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Puilar.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2016	3	3	4	3,7	4	0,6	15,7
Año 2017	5	3	4	3,6	4	0,5	15,2
Año 2018	4	1	3	2,3	3	1,0	42,6
Año 2019	5	0	4	1,6	1	1,5	94,8
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	2	6	3,7	3	2,1	56,8
Año 2022	3	1	2	1,7	2	0,6	34,6

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-108. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de riqueza específica han variado entre 0 y 7 taxa y al igual que en el sector de Puilar, los distintos coeficientes de variación y desviaciones estándar indican una muy leve heterogeneidad en los datos y una baja variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica (Tabla 6-103). Por consiguiente, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas en los valores de riqueza medidos en el lugar a través del tiempo (KW=11,34, g.l.=15, p= 0,2184, Anexo 7.3) (Figura 6-109). Además, todos los valores de riqueza determinados en el actual periodo 2022 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

Tabla 6-103. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

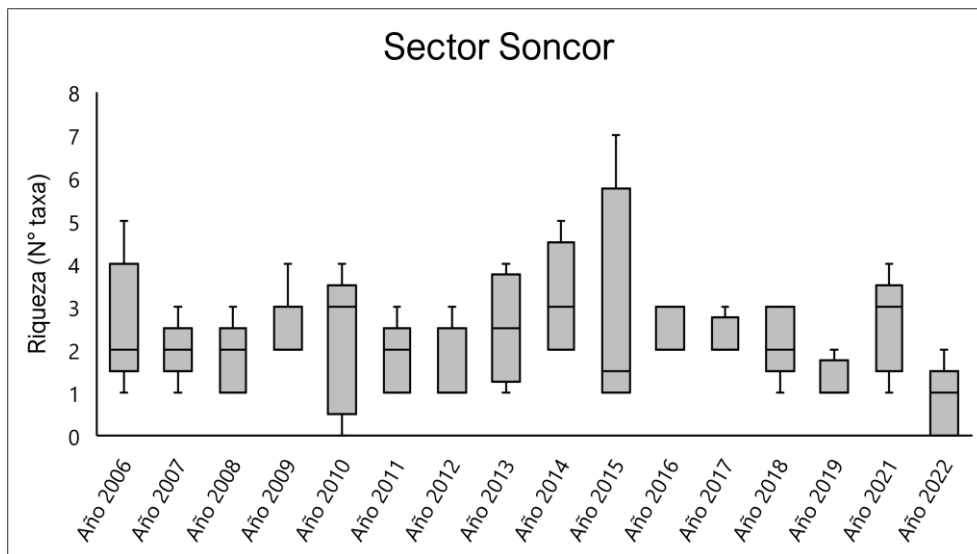
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	1	5	2,6	2	1,5	58,3

Tabla 6-103. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Soncor.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2007	5	1	3	2,0	2	0,7	35,4
Año 2008	5	1	3	1,8	2	0,8	46,5
Año 2009	5	2	4	2,4	2	0,9	37,3
Año 2010	5	0	4	2,2	3	1,6	74,7
Año 2011	5	1	3	1,8	2	0,8	46,5
Año 2012	5	1	3	1,6	1	0,9	55,9
Año 2013	4	1	4	2,5	3	1,3	51,6
Año 2014	5	2	5	3,2	3	1,3	40,7
Año 2015	4	1	7	2,8	2	2,9	104,4
Año 2016	3	2	3	2,3	2	0,6	24,7
Año 2017	4	2	3	2,3	2	0,5	22,2
Año 2018	5	1	3	2,2	2	0,8	38,0
Año 2019	4	1	2	1,3	1	0,5	40,0
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	1	4	2,6	3	1,1	43,9
Año 2022	5	0	2	0,8	1	0,8	104,6

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-109. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza\* total del Zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

Por otro lado, en el sector Aguas de Quelana el rango histórico de los valores de riqueza taxonómica han variado entre 0 y 8 taxa, siendo este uno de los sectores sector que presentó la mayor riqueza taxonómica históricamente, de igual manera que lo encontrado en los sectores de Puilar y Soncor, los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, y una escasa variabilidad interanual en los niveles

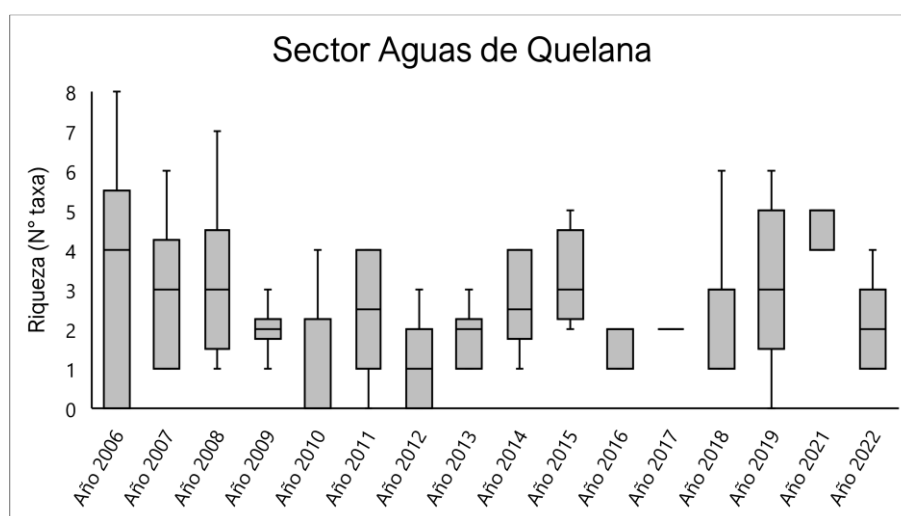
de riqueza específica determinados en el sector (Tabla 6-104). En complemento a esto, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas ( $KW=23,55$ ,  $g.l=15$ ,  $p= 0,0591$ , Anexo 7.3) (Figura 6-110). Además, y de igual manera que lo evidenciado en los otros sectores del Salar de Atacama, todos los valores de riqueza determinados en el actual periodo 2022, se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

Tabla 6-104. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Aguas de Quelana.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	10	0	8	3,5	4	2,8	81,1
Año 2007	10	1	6	3,0	3	1,8	60,9
Año 2008	9	1	7	3,1	3	2,0	63,2
Año 2009	10	0	3	1,9	2	0,9	46,1
Año 2010	10	0	4	1,1	0	1,5	138,5
Año 2011	8	0	4	2,4	3	1,6	67,3
Año 2012	3	1	3	1,7	1	1,2	69,3
Año 2013	6	1	3	1,8	2	0,8	41,1
Año 2014	6	1	4	2,7	3	1,2	45,4
Año 2015	4	2	5	3,3	3	1,3	38,7
Año 2016	3	1	2	1,7	2	0,6	34,6
Año 2017	2	2	2	2,0	2	0,0	0,0
Año 2018	7	1	6	2,7	3	1,7	62,8
Año 2019	9	0	6	3,1	3	2,0	65,2
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	7	2	8	4,7	5	1,8	38,2
Año 2022	7	1	4	2,1	2	1,1	49,9

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo

Figura 6-110. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

La riqueza de taxa histórica medida en el sector de Peine durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2022) varió entre 0 y 8 taxa, siendo el que presentó la mayor riqueza taxonómica históricamente en conjunto con el sector de Aguas de Quelana. Además, los coeficientes de variación indican baja variabilidad en los datos y una baja heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-105). En relación a la comparación interanual, no se presentaron diferencias significativas entre los valores de riqueza determinados en el actual periodo respecto al resto de los periodos evaluados (KW=19,16, g.l=15, p= 0,1537, Anexo 7.3). Para el periodo de monitoreo 2022 en el sector de Peine los valores de riqueza medidos fueron menores que los periodos estudiados (Figura 6-111).

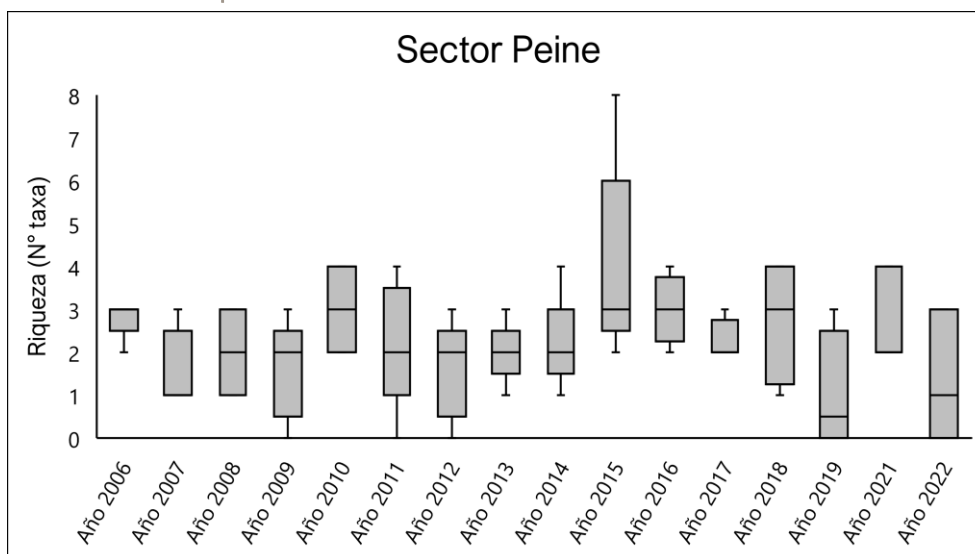
**Tabla 6-105. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2022 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	2	3	2,8	3	0,4	16,0
Año 2007	5	1	3	1,6	1	0,9	55,9
Año 2008	4	1	3	2,0	2	1,2	57,7
Año 2009	5	0	3	1,6	2	1,1	71,3
Año 2010	5	2	4	3,0	3	1,0	33,3
Año 2011	5	0	4	2,2	2	1,5	67,4
Año 2012	5	0	3	1,6	2	1,1	71,3
Año 2013	5	1	3	2,0	2	0,7	35,4
Año 2014	5	1	4	2,2	2	1,1	49,8
Año 2015	5	2	8	4,0	3	2,3	58,6
Año 2016	4	2	4	3,0	3	0,8	27,2
Año 2017	4	2	3	2,3	2	0,5	22,2
Año 2018	4	1	4	2,8	3	1,5	54,5
Año 2019	4	0	3	1,0	1	1,4	141,4
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	2	4	2,7	2	1,2	43,3
Año 2022	3	0	3	1,3	1	1,5	114,6

Fuente: AquaExpert, 2022. (\*): Año sin muestreo



Figura 6-111. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 - 2022.



Fuente: AquaExpert, 2022. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).

### 6.6.3 Consideraciones

Cabe agregar que las comparaciones interanuales entre los distintos periodos de monitoreo para la mayoría de las variables evidenciaron diferencias significativas en sus niveles de concentraciones, abundancias y riquezas, sin embargo, dichas diferencias no han presentado un patrón que determinen una tendencia espacial o temporal y responden más bien a diversos factores, tales como momento y hora del muestreo. Además, si bien se detectaron diferencias tanto de aumento o disminución de algunas variables respecto a la data histórica, la mayoría de los valores determinados en el medio biótico se encuentran dentro de los rangos históricos medidos en todos los sectores. La excepción de este periodo se detectó con las abundancias de las microalgas bentónicas donde es importante señalar que durante la actual campaña de monitoreo se detectó la presencia de blooms algales (proliferaciones masivas) los cuales posiblemente podrían estar asociados al aumento de los nutrientes en los sistemas estudiados, sin embargo, no responden a un patrón específico por lo que se debe seguir estudiando.

## 7 Conclusiones

### 7.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Los resultados obtenidos en 2022 indican que la superficie cubierta con vegetación en el área de estudio alcanza 14.076,19 ha, lo que se encuentra dentro de los rangos observados en los periodos previos.

El matorral de *Tessaria absinthioides* (brea), continúa siendo la formación vegetacional predominante en el área, ocupando el 52,29% de la superficie cubierta por vegetación (equivalente a 7.359,95 ha), seguido por

la pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada), ocupando el 15,89% y el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar) ocupando un 12,65% de la superficie con vegetación (2.236,96 ha y 1.780,87 ha respectivamente). En cuarto lugar, se ubica la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totorá – Suncho), ocupando el 9,97% del área con vegetación (1.403,46 ha).

En el análisis por tipo vegetacional en relación con el periodo anterior, se observa un aumento del matorral de Brea (0,77 ha), matorral de Cachiyuyo Ojalar (8,84 ha), pradera de Grama salada (3,16 ha) y la pradera de Junquillo – Totorá – Suncho (22,19 ha). Mientras que, se observa una disminución del matorral de Káuchal (24,76 ha) y matorral de Rica rica – Pingo pingo (19,46 ha), tal como se presenta en la Tabla 6-2.

La dinámica de la vegetación del periodo reportado se encuentra dentro de las variaciones normales verificadas en todo el monitoreo. Al comparar las observaciones de vitalidad, copa verde y fenología en terreno para la construcción del mapa del Borde Este de abril 2022 con la temporada anterior, se evidencia:

- a. La vitalidad muestra un aumento en la categoría crecimiento normal (del 30,3%) y una disminución en las categorías débil y muy débil, los que alcanzaron el 17,2% y 8,1% de las muestras respectivamente.
- b. Respecto al porcentaje de copa verde, se observa un aumento del 26,3% en las observaciones en la categoría 50-75% y disminución de un 17,2% y 4,1% en las categorías 5-25% y 25-50%, respectivamente.
- c. En el periodo reportado (2022), el crecimiento vegetativo fue la etapa fenológica más abundante en desmedro de la fructificación. Es posible que esta situación esté relacionada con el ciclo fenológico, al verificarse un aumento en las muestras en la etapa de floración y crecimiento vegetativo

A partir de las variables medidas en este monitoreo es posible indicar que la vegetación del Borde Este se encuentra dentro de los rangos históricos y no se aprecian efectos no esperados sobre la vegetación.

## 7.2 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

Del monitoreo de la vegetación presente en la Zona de Conexión vegetación-acuífero, correspondientes a sectores cubiertos principalmente por matorral de *Tessaria absinthioides* (brea) obtenidos en enero y abril de 2021, se evidenció lo siguiente:

- a. De acuerdo con los datos obtenidos de las campañas 2006 al 2022, las especies dominantes en los meses de enero y abril en los puntos de monitoreo son *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis*. Siendo *T. absinthioides* la más frecuente, registrándose en la mayor parte de los puntos de monitoreo, seguido de *D. spicata* y en menor proporción por *A. atacamensis*.
- b. Se observa que, desde los primeros monitoreos, la cobertura se ha distribuido mayoritariamente en las categorías muy abierto y abierto. Se observa que la mayoría de las unidades vegetacionales mantienen o experimentan disminución en su cobertura en el mes de abril, respecto al monitoreo de enero, situación que no ocurre en 2022, al verificarse una mayor frecuencia en la cobertura en muy abierto.
- c. La vitalidad dominante en ambos meses de monitoreo (enero y abril) es la categoría normal (promedio enero = 14,1; promedio abril = 13,0), siguiéndole la categoría débil con una bajísima frecuencia. En la campaña 2022, los valores se encuentran dentro de los registros históricos.
- d. Según la información histórica, en la comparación de ambos meses de monitoreo, el mes de enero muestra una mayor expresión de copa viva al observarse mayores proporciones en categoría de copa verde, tales como 50-75% y 75-100%. Los valores del periodo reportado (2022) se encuentran dentro de los valores históricos. Sin embargo, abril muestra mayor proporción de copa viva que enero, siendo la segunda máxima, lo que podría deberse a retrasos de la etapa de crecimiento puntuales del año monitoreado.
- e. Históricamente, en el mes de enero se observa una mayor proporción de muestras en etapa de floración, para luego pasar a la etapa de fructificación en el mes de abril. Misma situación se presenta en el periodo reportado (2022), donde el 63,2% de los registros se encuentran en la fase de floración durante enero y el 42,1% de las muestras se encuentran en el proceso de fructificación en el mes de abril.

Basado en los resultados y discusiones de este informe, la vegetación en la zona de conexión con el acuífero se encuentra dentro de los rangos observados históricamente, verificándose que no existen efectos del proyecto sobre esta componente.

### 7.3 Monitoreo de la flora vascular

La flora vascular del borde este del salar de Atacama se emplaza en un área con un marcado déficit hídrico, caracterizado por la incidencia episódica de precipitaciones que suelen desarrollarse principalmente durante el verano austral (diciembre – marzo), producto del fenómeno denominado como invierno altiplánico. En ocasiones puntuales puede variar el régimen pluviométrico, permitiendo entre otras cosas, el desarrollo de plantas.

Durante la campaña de monitoreo 2022, se registró una riqueza de 15 taxas, de las cuales 13 se identificaron dentro de los puntos de monitoreo y dos (2) fuera de los puntos de monitoreo. Estos se agruparon en 10 familias donde Chenopodiaceae presenta la mayor cantidad de registros. Según hábito de crecimiento, se observa que predomina el hábito arbustivo y hierba perenne. Mientras que, el origen biogeográfico de las especies fue mayoritariamente nativo (en 11 taxa) y endémico (en dos taxa).

Al igual que en la mayoría de los monitoreos anteriores, se detectó en los transectos a *Nitrophila atacamensis*, especie en la categoría “En Peligro” conforme con los procedimientos del Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) vigentes.

Cabe mencionar que las especies dominantes de la franja de vegetación del borde este del Salar se han mantenido estables en el tiempo, donde las especies más frecuentes en los puntos de muestreo corresponden a *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Juncus balticus*, entre otras.

De acuerdo con lo comprometido en el Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N° 38/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, en su Acción 46, se estableció el análisis de riqueza y abundancia de flora de acuerdo con el Protocolo para el análisis de tendencias de variables ambientales (Anexo 4.2). La implementación de este protocolo indicó que los registros de abundancia y riqueza florística en cada transecto se encuentran dentro de los rangos históricos.

Por su parte, la evaluación del pH y salinidad, medida como Conductividad eléctrica del suelo, realizada con la finalidad de detectar cambios a nivel de sustrato en cada transecto y relacionarlos con las mediciones efectuadas sobre la flora, detectó lo siguiente:

- Los suelos en el actual monitoreo presentaron un pH que varió entre Ligeramente ácido a Muy fuertemente alcalino (pH > 9,0), según la ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA. Mientras que según el laboratorio Agroanálisis UC varió entre las categorías Neutro y Muy fuertemente alcalino.
- El 93,3% de las muestras analizadas por el laboratorio Agroanálisis UC se distribuyeron dentro los rangos observados para el pH durante los años anteriores.
- La conductividad eléctrica reportada por el laboratorio ETFA Algoritmos y mediciones ambientales SPA varió entre No salino (0 – 0,98 dS/m) hasta fuertemente salino (>6,07 dS/m). Mientras que según el laboratorio Agroanálisis UC, estas se distribuyeron entre las categorías Muy ligeramente salino (0,98 – 1,71 dS/m) a fuertemente salino. Los resultados de ambos laboratorios determinaron que en la mayoría de las muestras la conductividad eléctrica se situó en valores superiores a >6,07 dS/m, describiendo a los suelos como Fuertemente salinos.
- El 94,7% de las muestras analizadas por el laboratorio Agroanálisis UC, se mantuvieron dentro de los rangos mínimos y máximos históricos.

Por otra parte, el Protocolo para el análisis de tendencias de variables ambientales, aplicado en el análisis del comportamiento histórico de las variables microambientales del suelo (pH y Salinidad), determinó que:

- El análisis del pH con muestras normalizadas indica que el monitoreo actual no difiere de la serie histórica y solo dos (2) muestras continuaron con tendencia en el monitoreo 2022, pero siempre manteniéndose en las categorías de pH alcalinas, las que se consideran normales para un salar (Luzio, 2010).
- Respecto a la conductividad eléctrica con muestras normalizadas, se determinó que el monitoreo actual no difiere de la serie histórica, ya que solo un 6,6% las muestras presentan una tendencia significativa.

De acuerdo con lo observado, el pH y salinidad (conductividad eléctrica) no tendrían una relación estrecha con la riqueza y frecuencia de la flora vascular, dado que el pool de especies se ha mantenido relativamente estable en el tiempo (salvo en ocasiones específicas donde las condiciones ambientales han ocasionado la proliferación de especies). Los resultados de ese monitoreo sugieren que la vegetación está ligada principalmente a la disponibilidad hídrica en cada sitio y, por lo tanto, las especies presentes estarían adaptadas a las condiciones de extrema salinidad y alcalinidad.

## 7.4 Monitoreo de Algarrobos

### 7.4.1 Ejemplares de Algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2

De los 71 algarrobos ubicados en el área del pozo Camar 2, se identificaron 59 ejemplares en pie y en condiciones para los análisis del periodo 2022. Los 12 individuos restantes, han sido identificados como desprendidos y registrados como desaparecidos, situación que se ha producido principalmente por las escorrentías provenientes de la quebrada Camar en épocas estivales en periodos anteriores; específicamente, en el periodo 2019, donde precipitaron 212 mm, causando el desprendimiento de ocho (8) ejemplares de algarrobos. Posterior a este evento, no se han presentado incidentes similares.

La vitalidad de la población de algarrobos en 2022 da cuenta del predominio de ejemplares secos y de crecimiento normal (50,8% y 30,5% del total respectivamente), por sobre aquellos muy débiles y débiles (10,2% y 8,5% del total). En forma similar a temporadas previas.

Respecto al porcentaje de copa viva, en el monitoreo actual (2022) se observa que, los ejemplares sin follaje predominan por sobre el resto de las categorías, detectándose 30 árboles en esta condición, concordando con los registros de individuos secos en el análisis de vitalidad. Con relación a los ejemplares con algún grado de follaje, aquellos con porcentaje mayor al 75% de copa ocupan el 15,3% del total (9 individuos), seguido de aquellos con follaje menor al 5% con un 10,1% del total (6 individuos). Mientras que, las categorías 5-25% y 50-75% presentan 5 individuos, respectivamente, lo que representa 8,5% del total. En menor medida, se detectó un 6,8% de los ejemplares prospectados con follaje vivo entre un 25 y 50%.

Fenológicamente, el 49,2% de los individuos registraron la etapa de Crecimiento vegetativo (29 ejemplares); mientras que, un 50,8% de los ejemplares vivo se encuentran en la etapa de Senescencia (30 ejemplares), concordando con los ejemplares secos detectados en el análisis de vitalidad. No se identificaron ejemplares con indicios de Floración o Fructificación, concordando con las etapas fenológicas esperables para la fecha de monitoreo.

Por otra parte, todos los ejemplares con algún grado de vitalidad en el periodo presentaron deterioro producto de ramoneo por parte de burros asilvestrados (49,2% del total). lo que se expresa como un daño acumulativo de tipo estructural en los individuos, ya que describir si los daños por ramoneo datan de un periodo exacto es complejo.

Respecto al análisis de la dinámica de la población de algarrobo de la quebrada de Camar (CRICYT, 2018) detecta que estos árboles aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última en el sector de Camar se ubica a más de 50 m previo al inicio del proyecto, descartándose efectos de la extracción de agua industrial desde el Pozo Camar 2.

El análisis temporal indica que, la variación de la vitalidad de los ejemplares de algarrobos podría explicarse por múltiples factores naturales y antrópicos; como los años de sequía observados entre el 2006 y el 2010, la ocurrencia de aluviones en los periodos 2012, 2017 y 2019, los factores antrópicos como la modificación de la red de drenaje, la cual fue analizada a través de distintos estudios realizados en el marco del Plan de Cumplimiento y otros factores como el ramoneo de burros asilvestrados. Si bien este último efecto, no se emplea para generar relaciones de causalidad directa., desde su evaluación en terreno en 2017, se observa en la mayor parte de los árboles que conforman el estudio (entre 51,7% y el 100% de los individuos vivos). Los efectos del ramoneo pueden ser significativos ya que muchos de los árboles monitoreados alcanzan bajas alturas, siendo de fácil acceso para los burros silvestres, gatillando la reducción de cobertura fotosintéticamente activa en ellos. Asimismo, cabe destacar que los daños sobre ejemplares adultos pueden ser acumulados en el tiempo, pudiendo ser considerables en el futuro.

## 7.4.2 Fisiología de Algarrobos

En la campaña de abril de 2022, se evidencia que:

- Existen diferencias significativas en conductancia estomática entre los cauces, siendo el cauce norte el que presenta la conductancia más baja ( $144,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), reflejando un estado hídrico desfavorable. Sin embargo, no se observan en el potencial hídrico entre los cauces, observándose un valor promedio de  $-2,74 \text{ MPa}$  para pre-alba y  $-3,60 \text{ MPa}$  para mediodía.
- Adicionalmente, al comparar los algarrobos del área en estudio con individuos más grandes y de buena disponibilidad hídrica (fuera del área de estudio), se observa un mayor potencial hídrico en mediodía y una conductancia estomática más alta.

## 7.4.3 Biomasa de Algarrobos

Una gran proporción de los individuos censados presenta algún nivel de vitalidad en sus fustes y sólo un 29% de estos ( $n=55$ ) está seco, se trata en su mayoría de árboles de hábito arbóreo-arbustivo, en su mayoría con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales. Gran parte de estos (79,0%) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño ( $< 5 \text{ cm}$ ), presentando alturas medias que no superan los 50 cm. En contraste, los individuos de mayor tamaño ( $> 20, \text{ cm}$ ) sólo representa el 7,0% y pueden alcanzar hasta los 8,5 m de altura. Acorde con el tamaño de los individuos, los árboles de menor tamaño presentan una baja

acumulación de biomasa y pequeñas áreas de copa, en cambio los cinco individuos de mayor tamaño acumulan más del 67,7% del área basal y presentan las copas de mayor desarrollo.

En virtud de la imposibilidad de realizar un muestreo destructivo de los individuos en el área para construir modelos locales de biomasa, los resultados de las funciones alométricas seleccionadas (10 de 135 preseleccionadas) entregan el valor medio de biomasa aérea más centrado en torno al promedio (dispersión < 0,5 de la desv. estándar de la media). Estas corresponden a modelos tradicionales para estudios de biomasa y utilizan variables de rápida medición en terreno (Dbe; h, diámetro de copas, etc.), abarcando un amplio rango de especies del género *Prosopis*, con hábitos de crecimiento afines a los de la población estudiada.

La biomasa aérea promedio total de la población alcanza a 4.632,0 kg, donde de este total los individuos vivos y secos representa el 94,7 y 5,3%, respectivamente. La biomasa aérea se acumula en forma decreciente en las ramas (51,9%), el fuste (39,0%) y las hojas (9,1%). Por otro lado, cinco individuos de grandes dimensiones (> 47 cm) concentran el 73,1% de la biomasa de la población.

Los resultados indican que entre los años 2020 y 2022, la biomasa aérea de la Serie A, presenta un aumento para las componentes Fustes (47,3 kg), Ramas (50,8 kg) y biomasa aérea Total (90,7 kg) y una disminución en la biomasa de Hojas (24,6 kg). Estos valores se encuentran dentro de los límites estadísticos, sin poder diferenciar si la variación corresponde al crecimiento de los árboles estudiados o a los errores estadísticos propios de la medición.

Censos periódicos de la población y estimaciones de biomasa permitirán detectar de manera rápida y precisa cambios en la biomasa en la población en el sector de Camar 2, con objeto de cuantificar el uso de la biomasa leñosa o foliosa con fines energéticos y ganaderos respectivamente, así como también monitorear los impactos de diferentes fenómenos climáticos o actividades productivas en el área.

## 7.5 Monitoreo de fauna

Los resultados del monitoreo de fauna del periodo 2022, indican una riqueza de 25 especies, las que corresponden a 3 especies de reptiles, 17 aves y 5 mamíferos.

Todas las especies registradas son nativas, de ellas una es endémica y pertenece a la clase Reptilia (*L. fabiani*). Por su parte, trece de estas especies se encuentran clasificadas en categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE), de las cuales, 6 se encuentran en categorías de conservación de amenaza.

Adicionalmente, las distintas especies de aves migratorias presentes en la Reserva Nacional los Flamencos comienzan sus procesos de tránsito hacia el hemisferio norte al acercarse el invierno austral (desde abril), por lo que el desarrollo del monitoreo durante una fecha donde las temperaturas medias comienzan a descender puede generar un sesgo en la información recopilada debido al abandono del sector por parte de algunas de estas especies migratorias. Bajo esta misma línea, la disminución de la temperatura también podría afectar la detectabilidad de reptiles. Sin embargo, es una buena época para censar las tres especies de flamencos sin afectar el proceso reproductivo de éstos, tomando en cuenta de que son las principales especies objetivo del monitoreo.

Respecto a los reptiles, los datos de monitoreos previos muestran el predominio de las especies *L. constanzae* y *L. fabiani* en la zona de estudio, esta tendencia se mantiene durante la campaña 2022. Este predominio evidencia una marcada diferenciación en cuando a sus preferencias de hábitat: *L. constanzae* es la especie dominante en ambientes con vegetación y baja humedad (Rica rica - Pingo pingo y Brea - Cachiyuyo), mientras que *L. fabiani* predomina en los ambientes con alta salinidad y cercanos a los cuerpos de agua (ambiente de Salar, Marginal de Salar y Pajonal). Es importante mencionar que durante la presente campaña fue posible registrar individuos de la especie *L. puna*, la cual no había sido registrada desde la campaña de 2018 y se volvió a registrar a partir de la campaña 2021.

En cuanto a las aves en ambientes terrestres, similar a lo observado en campañas previas (desde el 2020), existe un bajo registro de ejemplares en estos sectores. Considerando los años de seguimiento, las especies con mayor abundancia corresponden al chorlo de la puna (*Charadrius alticola*), el cual se encuentra en todos los sectores, asociado principalmente a ambientes con cuerpos de agua cercanos, como los de Salar o Marginal de Salar, y la tortolita de la puna (*Metriopelia aymara*), la cual se distribuye en casi todos los sectores de estudio y en casi todos los ambientes. Estos resultados son coherentes con los de años anteriores.

En relación con los flamencos, para el sistema lacustre Soncor, los resultados 2022 se encuentran dentro de las variaciones históricas que han sido detectadas a través de los monitoreos, sin embargo, la falta de registros de pollos de flamencos es relevante, dado que corresponde a un sitio de congregación de individuos reproductivos. En el caso de Aguas de Quelana, los resultados históricos tienden a la oscilación. Para Peine, los datos históricos muestran una oscilación continua que en los últimos años de monitoreo presenta una tendencia al aumento.

Con respecto al resto de las especies de aves presentes en los sistemas lacustres, para el caso de Soncor los datos de la campaña actual se encuentran dentro del rango normal histórico. Distinto es el caso para Aguas de Quelana, donde puede observar una tendencia a la disminución. Finalmente, en Peine, los resultados evidencian una oscilación histórica, donde la campaña actual presenta un comportamiento normal dentro de los registros históricos.

Respecto a los mamíferos, durante la campaña 2022 fue posible capturar a una especie de roedor, el ratón andino (*A. andinus*), obteniéndose además registros mediante evidencia directa e indirecta de la presencia de tuco tuco (*C. fulvus*) y el ratón orejudo amarillento (*P. xanthopygus*). Según los registros históricos, las especies más abundantes durante los diecisiete años de seguimiento son la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) y el ratón andino (*A. andinus*), mostrando una clara partición del hábitat. La lauchita de pie sedoso es la especie dominante en el ambiente de Rica rica - Pingo pingo, mientras que el ratón andino concentra el mayor número de individuos en el ambiente de Pajonal. En contra parte, el ratón orejudo amarillento (*P. xanthopygus*) registra abundancias medias en todos los ambientes prospectados, con cierta dominancia sobre el ambiente de Brea-Cachiyuyo. El análisis de los datos históricos indica una disminución en la abundancia desde el año 2019, sin embargo, el periodo anterior (2016-2018) corresponde a uno de los eventos de aumentos explosivos en el número de individuos (característicos en los roedores), por lo cual esta disminución (un individuo en la campaña actual) podría deberse a las fluctuaciones históricas naturales en la dinámica poblacional de este grupo, por lo cual sería esperable un aumento en la abundancia en los próximos monitoreos.



Por su parte, la presencia de *Lycalopex sp.* se ha verificado a lo largo de todo el monitoreo (a excepción del año 2010) en los dos sectores y ambientes prospectados, y en prácticamente toda el área de estudio, a través de registros directos e indirectos, lo que da cuenta de la alta movilidad de esta especie generalista, que ocupa en forma extensa el Borde Este del Salar de Atacama. Cabe destacar que al complementar la metodología de estaciones olfativas con la implementación de trampas cámara ha sido posible la identificación de ambas especies de zorros, como en la campaña actual, en la cual se registró la presencia de zorro chilla (*L. griseus*) y zorro culpeo (*L. culpaeus*).

## 7.6 Monitoreo de biota acuática

### 7.6.1.1 Medio Abiótico

Todos los sectores prospectados presentaron características típicas de los humedales altoandinos de la zona norte de Chile, con características de sistemas cerrados con una baja a nula escorrentía de sus aguas y correspondientes a lagunas hipersalinas con sustratos formados principalmente por limo. Los sistemas muestreados en general presentaron buena calidad de sus aguas, con valores observados en periodos previos, y la presencia de comunidades acuáticas acordes a las características físicas y químicas de este tipo de ecosistemas acuáticos. Lo que representa una conducta estable en el registro histórico y no hay evidencia en la data, respecto a comportamientos temporales de los sistemas lacustres.

Respecto a los parámetros fisicoquímicos de importancia limnológica de la columna de agua y del sedimento determinados en la actual campaña de monitoreo (abril 2022) se puede indicar que la temperatura registrada de manera puntual no mostró diferencias significativas entre los distintos sistemas muestreados, sin embargo los coeficientes de variación muestran mayor homogeneidad de los valores de Temperatura en el Sector de Puilar y Aguas de Quelana mientras que en los Sectores de Soncor y Peine existe una mayor variación y por consiguiente una heterogeneidad de los valores de Temperatura en las estaciones de muestreo. El menor valor de temperatura se registró en Peine en la estación SA-2, seguido por la estación BM-1 y CH-1 en Soncor.

Para el parámetro pH medido en la campaña de abril de 2022, se determinó una baja variabilidad en los valores medidos en cada sistema hidrológico y no se detectaron variaciones significativas en los valores de pH medidos en los distintos sectores del área de estudio indicando homogeneidad en el área de estudio en términos de este parámetro con valores que variaron entre aguas ligeramente ácidas a ligeramente básicas. La Conductividad mostró que no existen diferencias significativas entre los sectores del Salar de Atacama a diferencia de la Salinidad que, si evidenció diferencias entre sectores durante el actual monitoreo, indicando la existencia de una variabilidad en las concentraciones de sales disueltas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio.

En cuanto al parámetro Oxígeno disuelto se determinó leve heterogeneidad entre los valores de Oxígeno medidos en los sectores de Puilar y Peine, mientras que en los sectores de Soncor y Aguas de Quelana existe una menor variación en sus medias. Además, no se detectaron diferencias de los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos a nivel histórico

En comparación con los datos históricos, todos los sistemas muestreados presentaron en general condiciones de temperatura bastante variables y valores de pH que permiten la mantención y conservación de la Vida

Acuática según la normativa nacional vigente. Históricamente y durante la actual campaña de monitoreo (abril de 2022) la mayor parte de los sitios monitoreados presentaron relativamente bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Sin embargo, cabe destacar y como se mencionó con anterioridad, una característica física y química fundamental del agua salina, y la cual tiene una estrecha relación con la conductividad, es la disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que los cuerpos de agua salina en general presentan menores concentraciones de oxígeno disuelto que los cuerpos de agua dulce y por consiguiente, la biota presente en estos sistemas se encuentra adaptada a estas condiciones de hábitat, lo cual se ve evidenciado con la presencia de las comunidades de biota acuática en todos los sectores prospectados. Cabe indicar también que, en el caso de variables como temperatura superficial y oxígeno disuelto, las principales diferencias detectadas tanto en el actual periodo, como en las comparaciones interanuales estarían dadas principalmente por la condición y horario ambiental al momento del muestreo.

Por su parte históricamente los parámetros Conductividad eléctrica de agua, del sedimento, del agua intersticial y Salinidad presentaron concentraciones que permiten indicar que en función de estos parámetros el recurso hídrico se cataloga como aguas no aptas para riego por sus características naturalmente hipersalinas. Sin embargo, estas elevadas conductividades y salinidades no tienen una implicancia directa en el desarrollo de la vida acuática, la cual se encuentra adaptada a dichas condiciones.

#### 7.6.1.2 Medio Biótico

Respecto a la variable Clorofila-a durante la campaña de abril de 2022, la clorofila medida en la fracción planctónica muestra una alta variabilidad entre los valores medidos en cada sector de monitoreo indicando una heterogeneidad en el sistema respecto a la biomasa, dicha variabilidad se ha mantenido históricamente. Además, durante la actual campaña no se detectaron diferencias significativas en la productividad primaria en los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio. Por otro lado, la clorofila-a medida en la fracción bentónica estadísticamente presentó mayor variabilidad en los sectores de Soncor y Aguas de Quelana, con valores de clorofila más altos respecto a los otros sitios, indicando que existe una mayor productividad en términos de biomasa bentónica respecto al resto del área de estudio probablemente asociado a la variabilidad presente en el sustrato que presenta este sector. Dichas diferencias se han mantenido de manera histórica.

En relación con el fitoplancton, la tendencia muestra diferencias que podrían ser significativas en abundancia para algunos periodos, por ejemplo 2009, en donde hay una clara tendencia al aumento con relación a periodos anteriores y el actual 2022. En términos de riqueza existe una heterogeneidad en relación con los periodos comparados, Aguas de Quelana es quien presenta menor riqueza de taxos durante todo el periodo de monitoreo 2006-2022.

En términos del Fitobentos durante el actual periodo (abril 2022) se presenta una leve heterogeneidad de los datos, lo que no es tendencial, existen diferencias en los niveles de Abundancia y Riqueza determinados entre los distintos sistemas y en general, existe una baja variabilidad para el sector de Puillar y más homogeneidad en Soncor, la diferencia está relacionada con una leve tendencia a la homogeneidad los últimos periodos 2021-2022 y una heterogeneidad respecto a los años anteriores, con valores más elevados en el 2007, por ejemplo en el sistema lacustre de Puillar. Respecto a Zoobentos y Zooplancton, durante la campaña de abril de 2022 se determinó que existe variabilidad espacial respecto a la Abundancia y Riqueza de estos

componentes. La variabilidad de la abundancia se detectó principalmente por la mayor abundancia detectada en los sistemas hidrológicos de Puillar para zoobentos y Aguas de Quelana para zooplancton. Cabe señalar que en general existe una baja variabilidad y escasa diferencia en los valores de Riqueza entre los sistemas de estudio que indican un ambiente homogéneo respecto a este parámetro sin embargo esta escasa variabilidad difiere significativamente, registrándose mayores valores de riqueza en Puillar y Aguas de Quelana respecto a Soncor y Peine.

Por su parte, la comparación histórica interanual de todos los parámetros comunitarios de Fitobentos, Fito-plancton, Zoobentos y Zooplancton, indica en su mayoría la existencia de diferencias significativas en todos los sectores estudiados, y como se mencionó, estas grandes diferencias interanuales podrían verse explicadas por la gran variabilidad y dinamismo que presentan los distintos sistemas estudiados en el tiempo, y que se ve reflejada por la gran heterogeneidad en los valores de los parámetros comunitarios que no responden a un patrón específico.

Las diferencias significativas en la mayoría de las variables monitoreadas en los niveles de concentraciones, abundancias y riquezas, sin embargo, dichas diferencias no han presentado un patrón que permita observar temporal o espacialmente una tendencia y responden más bien a diversos factores, tales como momento y hora del muestreo. Además, si bien se detectaron diferencias tanto de aumento o disminución de algunas variables respecto a la data historia, la gran mayoría de los valores determinados en el medio abiótico y biótico se encuentran dentro de los rangos históricos medidos en todos los sectores, con algunas excepciones que principalmente corresponden a valores atípicos dentro de los rangos históricos.

## 8 Referencias

### 8.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Chuvieco, E. (2002). Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ediciones Ariel. 578p.

Chavez, P. (1996). Image-Bases Atmospheric corrections – Revisited and improved. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 62, N°9 September 1996, PP 1025-1036.

SQM, 2006. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Le Quesne, C. 2002. Agentes de daño en el bosque nativo. Capítulo 1: Bioecología del Bosque Nativo. Editorial Universitaria. 409 p.

Resolución de Calificación Ambiental N° 226/2006: Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”.

Rodríguez R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sánchez & A. Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Bot. 75(1): 1-430, 2018.

Richardson, A. T. 1977. Monograph of the genus *Tiquilia* (*Coldenia*, sensu lato), Boraginaceae: Ehretioideae. Rhodora 79: 467–572.

Squeo FA, G Arancio & JR Gutiérrez (2008) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. 456 pp

Squeo F. A., A. Arancio & J. R. Gutiérrez. 2008. Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Capítulo 3: Características climáticas de la región de Atacama. Ediciones Universitarias de La Serena, La Serena, Chile. 3: 25-42.

## 8.2 Monitoreo de la vegetación de la zona de conexión vegetación – acuífero

SQM, 2006. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Resolución de Calificación Ambiental N° 226/2006: Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”.

## 8.3 Monitoreo de la flora vascular

Carrasco, 2017. Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH. INFORME: Correlaciones pH y Salinidad, realizado.

Braun-Blanquet, J. (1979) Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume, Madrid, 820 p.

Gajardo R (1994) La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2018. Sinopsis bioclimática de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 384 p.

Luzio W.; Casanova M. y Seguel O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. 346 p.

Luzio y Casanova, 2006. Avances en el conocimiento de los suelos de Chile. Universidad de Chile- Servicio Agrícola y Ganadero. 393 p.

Rodríguez R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez & A. Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Bot. 75(1): 1-430, 2018.

Richardson, A. T. 1977. Monograph of the genus Tiquilia (Coldenia, sensu lato), Boraginaceae: Ehretioideae. Rhodora 79: 467–572.

Schoeneberger, P. J.; Wysocki, D. A.; Benham E. C. and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 300 p. Diaz y Wright, 1965.

Trivelli, M.; Huerta, J. 2014. Alcances sobreflora y vegetación de la cordillera de los Andes, Región de Antofagasta. Primera Edición. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile. 319 pp.

USDA NRCS, 2001. United States Department of agricultura. Natural resources consevation service.

Villagran, C. & V. Castro. 2004. Ciencia Indígena de Los Andes del Norte de Chile. Editorial Universitaria. 362 pp.

Zuloaga, F., Morrone O., Belgrano, M. 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Volumen 3. Dicotyledonae: Fabaceae - Zygophyllaceae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107: 2287-3348.

## 8.4 Monitoreo de Algarrobos

## 8.5 Monitoreo de ejemplares de Algarrobo, ubicados en el área del pozo Camar 2

Altamirano H. & C. Donoso (2006). *Prosopis alba* Grisebach. En: Donoso C (ed) Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología: 528. Marisa Cuneo, Valdivia, Chile.

Alvarez JA & PE Villagra (2009). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana (Argentina) 35(1): 49-63.

Cisneros, A.B.; Moglia, J.G. 2017. *Prosopis alba*, alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas. In: GIMÉNEZ, A.M.; MOGLIA, J.G. (Ed) Los Bosques actuales del Chaco semiárido argentino. Ecoanatomía y biodiversidad. Una mirada propositiva. Facultad de ciencias forestales. UNSE. Santiago del Estero: Argentina. p.231-248.

CRICYT, 2018. Tercer informe de avance sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobo, en una población ubicada en las proximidades del pozo CAMAR 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile.

Faúndez, 2018. Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Prosopis sp.*, sector quebrada Camar, provincia de El Loa, Región de Antofagasta.

Hidroestudios, 2020. Apéndice 5-D. Modelación de la vitalidad y análisis cuantitativo de posibles causas de afectación en Algarrobos de Camar. Evaluación de Impacto Ambiental Proyecto de actualización Plan de Alerta Temprana y Seguimiento ambiental, Salar de Atacama.

Jobbágy, E. G., M. Noretto, P. Villagra & R. Jackson. 2008. Isótopos estables como trazadores de las fuentes de agua de bosques de algarrobo en un desierto arenoso. XXI Congreso Argentino de Ciencias del Suelo, Potrero de los Funes, San Luis.

Le Quesne, C. 2002. Agentes de daño en el bosque nativo. Capítulo 1: Bioecología del Bosque Nativo. Editorial Universitaria. 409 p.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Resolución de Calificación Ambiental N° 226/2006: Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama".

Rodríguez, R., .1983. O. Matthei, M. Quezada. 1983. Flora Arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. 407 p.

Rosenbluth, B., H. A. Fuenzalida y P. Aceituno. 1997. Recent temperature variations in southern South America. *International Journal of Climatology* 17(1): 67-85. [pp. 61, 63].

SQM, 2006. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Villagra, P.E., Vilela, A., Giordano, C., Alvarez, J. 2010. Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments? In: *Desert Plants*, Ramawat K.G. (Ed.). Springer-Verlag. 400 p.

XTerrae, 2019. Informe “Estudio relación morfología y escorrentía superficial abanico quebrada Camar, sector tubería agua industrial”.

## 8.6 Fisiología de Algarrobos

Acevedo, E., Sotomayor, D. and Zenteno, V. 1985. Parámetros hídricos de tejidos foliares de *Prosopis tamarugo* Phil. In: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M. (Eds). Arica, Chile. 11-15 de junio de 1984, FAO: 500.

Allen, D. & Ort, D. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science*, 6(1), 36–42.

Briner, C. 1985. Caracterización fenotípica de los biotipos de tamarugo en la Pampa del Tamarugal. In: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M. (Eds). Arica, Chile. 11-15 de junio de 1984, FAO: 500.

Bucci, S., Scholz, F., Goldstein, G., Meinzer, F., Hinojosa, J., Hoffmann, W. and Franco, A. 2004. Processes preventing nocturnal equilibration between leaf and soil water potential in tropical savanna woody species. *Tree Physiology* 24: 1119-1127.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1997. *Prosopis chilensis*, especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales.

Fundación CRYCIT. 2017. Informe final sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobos, en una población ubicada en las proximidades del pozo Camar 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile. Apéndice 5-C. SQM.

Garrido, M., Silva, H., Franck, N., Arenas, J. and Acevedo, E. 2018. Evaluation of Morpho-Physiological Traits Adjustent of *Prosopis tamarugo* Under Long-Term Groundwater Depletion in the Hyper-Arid Atacama Desert. *Frontiers in Plant Science* 9: 453. doi:10.3389/fpls.2018.00453

Giordano, C., Guevara, A., Boccalandro, H., Sartor, C. and Villagra, P. 2011. Water status, drought responses, and growth of *Prosopis flexuosa* trees with different Access to the water table in a warm South American desert. *Plant Ecol.* 212:1123-1134.

Hidroestudios. 2020. Modelación de la vitalidad y análisis cuantitativo de posibles causas de afectación en algarrobos de Camar. Apéndice 5-D. SQM.

Ibáñez, S. 2019. Informe taxonómico de identificación de las especies de *Prosopis* en la Quebrada de Camar. Apéndice 4.7-10. SQM.

Johnson, D., Domec, J.P., Carter, Z., Schwantes, A., Woodruff, D., McCulloh, K., et al. 2018. Co-occurring woody species have diverse hydraulic strategies and mortality rates during an extreme drought: Belowground hydraulic failure during drought. *Plant Cell and Environment* 41(3): 576-588.

Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta (SAP). 2021. Informe Proyecto Pampa Hermosa Llamara 2021. SQM.

Meyer, W.S. & Ritchie, J.T. 1980. Resistance to Water Flow in the Sorghum Plant. *Plant Physiology* 65: 33-39.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2012a. Ficha de antecedentes de especie 582, *Prosopis flexuosa* DC. Clasificación según estado de conservación.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2012b. Ficha de antecedentes de especie 578, *Prosopis alba* Grise. var. *alba*. Clasificación según estado de conservación.

Scholander, P., Bradstreet Edda, D., Hemmingsen, E. and Hammel, H. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science* 148: 339–346.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology (Third Edition)*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland.

Vernieri, P., Lenzi, A., Figaro, M., Tognoni, F. and Pardossi, A. 2001. How the roots contribute to the ability of *Phaseolus vulgaris* L. to cope with chilling-induced water stress. *J. Exp. Bot.*, 52(364): 2199-2206.

## 8.7 Biomasa de Algarrobos

Álvarez, J. A., P. E. Villagra y R. Villalba. 2011. Factors controlling deadwood availability and branch decay in two *Prosopis* woodlands in the Central Monte, Argentina. *Forest Ecology and Management*. 262(4):637-645.

Aronson, J.; C. Ovalle; J. Avendaño; L. Longeri y A. Del Pozo. 2002. Agroforestry tree selection in central Chile: Biological nitrogen fixation and early plant growth in six dryland species. *Agroforestry Systems*. 56:155-166.

Baskerville, G.L., 1972. Use of Logarithmic Regression in the Estimation of Plant Biomass. *Can. J. For. Res.* 2, 49–53. doi:10.1139/x72-009

- Birhane, E.; A. C. Treydte; A. Eshete; N. Solomon y M. Hailemariam. 2017. Can rangelands gain from bush encroachment? Carbon stocks of communal grazing lands invaded by *Prosopis juliflora*. *Journal of Arid Environments*. 141:60-67.
- Cruz, G. y Tapia P. 2020. Estimación biomasa de población de *Prosopis alba* (algarrobo) emplazados en el Sector Camar del Borde Este del Salar de Atacama. Informe Técnico preparado para Geobiota. Santiago. 49p
- De Benitez, C.; M. Pece; M. Juárez de Galíndez y M. Acosta. 2014. Modelaje de la biomasa aérea individual y otras relaciones dendrométricas de *Prosopis nigra* Gris. en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Revista de Ciencias Forestales - Quebracho*. 22:17-29.
- Felker, P.; P. P. Clark; J. F. Osborn y G. H. Cannell. 1982. Biomass Estimation in a Young Stand of Mesquite (*Prosopis* spp.), Ironwood (*Oheya tesota*), Palo Verde (*Cercidium floridum*, and *Parkinsonia aculeata*), and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*).35(1) :3.
- Felker, P.; D. Smith; C. Wiesman y R. L. Bingham. 1989. Biomass production of *Prosopis alba* clones at two non-irrigated field sites in semiarid south Texas. *Forest Ecology and Management*. 29(3):135-150.
- Fernandes, P. C. F. 1994. Comportamento silvicultural de especies de *Prosopis*, em Petrolina-pe, Região Semi-Árida Brasileira. Curitiba, Brasil: Universidad Federal do Parana. 126p.
- Fernandes, P. C.; E. B. de Oliveira y S. do Amaral. 1996. Equações para estimativa de biomassa de especies de *Prosopis* no semi-arido brasileiro. *Bol. Pesq. Fl. Colombo*. 32:67-79.
- Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. *Am. Zool.*, 40(5): 748–758.
- Geobiota 2020. Plan de Seguimiento Ambiental Biótico 2019. Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama. Región de Antofagasta. Preparado para SQM Salar. Santiago. Mayo, 2020. 21 pág.
- Hierro, J. L.; L. C. Branch; D. Villarreal y K. L. Clark. 2000. Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *Journal of Range Management*. 53(6):617-621.
- Husch, B., T. W. Beers and J.A. Kershaw. 2003. *Forest Mensuration*. Fourth edition. Wiley. New York, USA. 443 p.
- Huxley, J.S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 114: 895–896.
- Iglesias, M. D. R. y A. Haydée. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecología Austral*. 20:71-79.
- Khan, D., and R. Ahmad 2011. Size-Phytomass Relations. In: *Prosopis juliflora* (Swartz.) DC. *Biol. Biotech.*, 8 (1): 139-154.
- Laar, A. van, Akça, A., 2007. *Forest mensuration*, 2. ed., completely and supplemented. ed, *Managing forest ecosystems*. Springer, Dordrecht.
- Landsberg, J. J. and R. H. Waring. 1997. A generalised model of forest productivity using concepts of radiation use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*. 95: 209-228.



- Ledesma, M.; C. A. Carranza y M. Balzarini. 2010. Estimación de la biomasa foliar de *Prosopis flexuosa* mediante relaciones alométricas. *AgriScientia*. 27(2):87-96.
- Ludwig, J. A.; J. F. Reynolds y P. D. Whitson. 1975. Size-biomass Relationships of Several Chihuahuan Desert Shrubs. *The American Midland Naturalist*. 94(2):451-461. University of Notre Dame.
- Parresol, B. R. 2011. Additivity of nonlinear biomass equations. *Canadian Journal of Forest Research*. 31:865-878. NRC Research Press Ottawa, Canada.
- Padrón E., Y.R., Navarro-Cerrillo 2004. Estimation of above-ground biomass in naturally occurring populations of *Prosopis pallida* (H. & B. ex. Willd.) H.B.K. in the north of Peru. *Journal of Arid Environments* 56: 283-292.
- Picard, N., Saint-André, L., Henry, M., 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations from field measurement to prediction. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome. 215p.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., Real, P., 1997. *Mensura forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible*. IICA, BMZ/gtz. San José, Costa Rica
- Rodríguez, R.; Marticorena, C.; Alarcón, D.; Baeza, C.; Cavieres, L.; Finot, V.; Fuentes, N.; Kiessling, A.; Mihoc, M.; Pauchard, A.; Ruiz, R.; Sánchez, P. y Marticorena, A. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Bot.* 75(1): 1-430.
- Rodríguez, R.; Matthei, O. y Quezada, M. 1983, *Flora arbórea de Chile*. Ed. Universidad de Concepción 408p.
- Satoo, T. y Magdwick, H.A.I. 1982. *Forest biomass*. Forestry Sciences. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers. Netherlands. 135 p.
- Sione, S., S. G. Ledesma, L. J. Rosenberger, J. D. Oszust; H. Andrade-Castañeda; G. O. Maciel, M. G. Wilson y M. C. Sasal. 2020. Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. en bosques de Entre Ríos (Argentina). *Agronomía & Ambiente*. 40(1):63-76.
- Sharifi, M. R.; E. T. Nilsen y P. W. Rundel. 1982. Biomass and Net Primary Production of *Prosopis glandulosa* (Fabaceae) in the Sonoran Desert of California. *American Journal of Botany*. 69(5):760-767.
- Villagra, P. Cony, M. y J. Álvarez. sf. Tercer informe de avance sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobo, en una población ubicada en las proximidades del pozo CAMAR 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile. Estudio dendrocronológico. Centro Científico Tecnológico - CONICET-Mendoza - Argentina. 71p.
- Zuloaga, F.O.; Morrone, O. & Belgrano, M.J. (eds.) 2008. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: i-xcvi + 1-3348.

## 8.8 Monitoreo de fauna

- Araya, B. y Millie, G. (1998). *Guía de campo de las aves de Chile*. Octava edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 406 p.

Blanco, D. y Carbonell, M. (2001). El censo neotropical de aves acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires & Ducks Unlimited, Memphis, 96pp.

Bibby, C.J., Burgess, N.D. y Hill, D.A. (1992). Bird census techniques. Academic Press, London.

Brown, J.H. y Zeng, Z. (1989). Comparative Population Ecology of Eleven Species of Rodents in the Chihuahuan Desert. *Ecology*, 70: 1507-1525.

Caziani, S.M. y Derlindati, E.J. (1996). *Fulica cornuta* en la Laguna de Pululos y otras cercanas, Puna árida del noroeste de Argentina. *Threatened Waterfowl Specialist Group Newsletter* 9:34-39.

Cei, J.M. (1962). Los Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile 240 pp.

CONAF (2005). Flamencos altoandinos *Phoenicopterus andinus* (Philippi, 1854), *Phoenicopterus jamesi* (Sclater, 1886) y *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Rodríguez, E. (Ed.). Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.

CONAMA (2009). Memorandum DJ N° 387/2008. Minuta prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna silvestre. Comisión Nacional del Medio Ambiente. División Jurídica.

CONAMA (2009). Convenio sobre diversidad biológica. Cuarto informe nacional de biodiversidad. Chile. 137 pp.

Couve, E., Vidal, C.F. y Ruiz, J. (2016). Aves de Chile. Sus islas oceánicas y Península Antártica. Una guía de campo ilustrada. FS Editorial, Punta Arenas. 550pp.

Decreto Supremo N° 5/1998 Reglamento de Ley de Caza, Servicio Agrícola Ganadero.

Decreto Supremo N° 75/2005 Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres.

Decreto Supremo N° 151/2007. Chile. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 24 de marzo de 2007.

Decreto Supremo N° 50/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de junio de 2008.

Decreto Supremo N° 51/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de junio de 2008.

Decreto Supremo N° 23/2009. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 7 de mayo de 2009.

Decreto Supremo N° 33/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 27 de febrero de 2012.

Decreto Supremo N° 41/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo N° 42/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo N° 19/2012. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de febrero de 2013.

Decreto Supremo N° 13/2013. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 25 de julio de 2013.

Decreto Supremo N° 52/2014. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 29 de agosto de 2014.

Decreto Supremo N° 38/2015. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, undécimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 04 de septiembre de 2015.

Decreto Supremo N° 16/2016. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, doceavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de septiembre de 2016.

Decreto Supremo N° 6/2017. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, treceavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 2 de junio de 2017.

Decreto Supremo N° 79/2018. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo cuarto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 19 de diciembre de 2018.

Decreto Supremo N° 23/2019. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 10 de julio de 2020.

Decreto Supremo N° 16/2020. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 27 de octubre de 2020.

Decreto Supremo N° 44/2021. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo séptimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 20 de diciembre de 2021.

Delany, S. (2005). Guidelines for participants in the International Waterbird Census (IWC). Wetlands International, Wageningen, 15pp.

- Demangel, D. (2016). Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones, 619 pp.
- Donoso-Barros, R. (1966). Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, 458 pp.
- Espinosa, L. (1998). Censo Neotropical de aves acuáticas 1997. Boletín Chileno de Ornitología 5: 34-40.
- Estades, C.F., Vukasovic, M.A. y Aguirre, J. (2017). Birds in Coastal Wetlands of Chile. In: Fariña J., Camaño A. (eds) The Ecology and Natural History of Chilean Saltmarshes. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-63877-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-63877-5_3)
- Gallardo O.P. y Rodríguez, E (1992). Hábitos alimentarios y etología de flamencos en el Salar de Surire. Tesis de grado. Universidad Arturo Prat, 89 pp
- Hurlbert, S.H., López, M. y Keith, J.O. (1984). Wilson's Phalarope in the Central Andes and its Interaction with the Chilean Flamingo. Revista Chilena de Historia Natural, 57: 47-57.
- Iriarte, J.A. (2008). Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.
- Jaramillo, A. (2005). Aves de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 240 pp.
- Johnson, A.W. (1965). The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Peru. Vol. I. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, 398 pp.
- Johnson, A.W. (1967). The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Peru. Vol. II. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, 447 pp.
- López-Lanús, B. y Blanco, D.E. (Eds.) (2005). El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004. Global Series No. 17. Wetlands International. Buenos Aires, 114pp.
- Mann, G. (1958) Clave de determinación para las especies de mamíferos silvestres de Chile. Trabajos del Centro de Investigaciones Zoológicas 4: 1-38.
- Mann, G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40:1-342.
- Martínez, D. y González, G. (2005). Aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista, Santiago, 620 pp.
- Mella, J. (2017). Guía de Campo de Reptiles de Chile. Tomo 1: Zona Central. Peñaloza APG (ed.) Santiago, Chile. 308 pp
- Muñoz-Pedrerros, A. (2008). Huellas y signos de mamíferos de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros, A. y Yañez, J.L. (2000). Mamíferos de Chile. Ediciones CEA, Valdivia Chile. 464 pp.
- Muñoz-Pedrerros, A., Rau, J. y Yañez, J. (2004). Aves rapaces de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros, A., Rau, J. R., Valdebenito, M., Quintana, V. y Martínez, D.R. (1995). Densidad relativa de pumas (*Felis concolor*) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68: 501-507.
- Nuñez, H. y Jaksic, F. (1992). Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
- Osgood, W. H. (1943). The Mammals of Chile. Field Museum of Natural History. Zoological Series 30: 1-268.

Parada, M. (1990). Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. Pp. 52-66 en Actas I Taller Internacional de Especialistas en Flamencos Sudamericanos. Corporación Nacional Forestal, 217pp.

Pincheira-Donoso, D. y Nuñez, H. (2005). Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann 1843 (Iguania: Tropicuridae: Liolaeminae). Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 59: 1-486.

Rau, J., Zuleta, C., Gantz, A., Sáiz, F., Cortés, A., Yates, L., Spotorno, A. y Couve, E. (1998). Biodiversidad de artrópodos y vertebrados del Norte Grande de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71:527-554.

Reise D. (1973). Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. *Gayana Zoológica*. Universidad de Concepción.

Rodríguez, E. (ed.). (2005). Flamencos altoandinos *Phoenicopterus andinus* (Philippi, 1854), *Phoenicoparrus jamesi* (Sclater, 1886) y *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.

Rodríguez, E., y Contreras, J.P. (1998). Conservación de Flamencos en el Norte de Chile. En: *La Conservación de la Fauna Nativa de Chile. Logros y Perspectivas*. Víctor Valverde (Ed.), Corporación Nacional Forestal. Chile.

SAG (2004). Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Servicio Agrícola y Ganadero. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Subdepartamento de Gestión Ambiental. Santiago de Chile. 180 pp.

Skewes, O. (2009). Manual de huellas de mamíferos silvestres de Chile. Chillán, Chile. Imprenta La Discusión. 100 pp.

Stotz, D., Fitzpatrick, J., Parker III, T. y Moskovits, D. (1997). *Neotropical birds, ecology and conservation*. The University of Chicago Press, Chicago, 478pp.

Tala, C. (2006). Qué hacen aquí esas gaviotas... qué hacen aquí, tan lejos de su lugar natal. *Boletín Veterinario Oficial* N° 5, I semestre 2006.

Vidal M. y Labra, A. (2008). *Herpetología de Chile*. Science Verlag, Santiago.

## 8.9 Monitoreo de biota acuática

Amakaik consultoría ambiental (2016). Manual para el monitoreo e identificación de la microalga bentónica *Didymosphenia geminata*. 2° Edición. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA). Valparaíso, Chile.

APHA-AWWA-WEF (2012) *Standard methods for the examination of waters and wastewaters*. 21th edition. Nueva York. Amer. Public Health Assoc. 1368 pp.

Araya J & L Zúñiga (1985) Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. *Boletín Informativo Limnológico* (Chile) 8: 1-110.

Conte, F. & M. Geddes. 1988. Acid brine shrimp: metabolic strategies in osmotic and ionic adaptation. *Hydrobiologia* 158: 191-200.

- Domínguez E & HR fernández (Eds.) (2009) Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656 pp.
- Hammer, U. 1986. Saline lakes ecosystems of the world. Dr. W Junk Publishers, Dordrecht.
- Jara C, Rudolph E & González E (2006) Estado de conocimiento de los crustáceos malacostracos dulceacuícolas de Chile. Gayana Zoología, 70,40-49.
- Krammer K & Lange-bertalot H (1986-1991) Bacillariophyceae 1. (1986); Bacillariophyceae 2 (1988); Bacillariophyceae 3 (1991); Bacillariophyceae 4 (1991). En: Ettl, H. et al., (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.
- Lange-bertalot H (2001) Diatoms of Europe. Naviculasensu stricto 10 Genera Separated from Naviculasensu lato. Frustulia. Lange Bertalot (Ed). 526 pp.
- Merritt R.W y K.W Cummins. 1996. An introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company. 862 pp.
- Parra O & CM Bicudo (1996) Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática. Ediciones Universidad de Concepción. 268 pp.
- Parra O & M González (1976) Guía bibliográfica y distribución de las cianófitas de Chile (excluyendo el Continente Antártico). Gayana Bot. 32: 1-55.
- Parra O & M González (1977) Catálogo de las algas dulceacuícolas de Chile: Pyrrophyta, Chrysophyta Chrysophyceae, Chrysophyta-Xanthophyceae, Rhodophyta, Euglenophyta y Chlorophyta. Gayana Bot. 33: 1- 102.
- Parra O, Gonzalez M & V Dellarossa (1983) Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. Con especial referencia al fitoplancton de Chile. I. Chlorophyceae. ED. Universidad de Concepción.
- Parra O, Gonzalez M, Dellarossa V, Rivera P & M Orellana (1982a) Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. Con especial referencia al fitoplancton de Chile. I. Cyanophyceae. ED. Universidad de Concepción.
- Parra O, M Gonzalez; V Dellarossa, P Rivera & M Orellana (1982c) Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. Con especial referencia al fitoplancton de Chile. I. Cryptophyceae-Dinophyceae-Euglenophyceae. ED. Universidad de Concepción
- PARRA O, M GONZALEZ; V. DELLAROSSA, PRIVERA & M ORELLANA (1982b). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. Con especial referencia al fitoplancton de Chile. I. Chysophyceae-Xanthophyceae. ED. Universidad de Concepción.
- Pennak RW (1989) Freshwater invertebrates of the Unites States: Protozoa to Mollusca. John Wiley, New York. 628 pp.
- Ramírez C & C San Martín (2005) "Diversidad de macrófitos chilenos". En: I. Vila, A. Veloso, R. Schlatter y C. Ramírez (eds.), Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, pp. 21-61.

- Ramírez D, Contreras & J San Martín (1986) "Distribución geográfica y formas de vida en hidrófitos chilenos". Actas VIII Congreso Nacional de Geografía, Publicación especial Instituto Geográfico Militar de Chile, 1: 103-110.
- Rivera P, F Cruces & I Vila (2003) *Cyclotella ocellata* Pantocsek (Bacillariophyceae): Primera cita en Chile y comentarios sobre su variabilidad morfológica. *Gayana Botanica* 60: 123-131.
- Rivera P, M Gebauer & HL Barrales (1990) A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28'S and 58°S. Part II. Data from 1982 to 1988. *Gayana Botanica* 46: 155-198.
- Roldán G & Ramírez J (2008) *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán G (2003) *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Round FE, CRAWFORD RM Y MANN DG (1996) *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 pp.
- Rumrich U, Lange-bertalot H & M Rumrich (2000) *Iconographia Diatomologica* 9. Diatomeen der Anden (von Venezuela bis Patagonien/ Tierra del Fuego). Lange Bertalot (Ed). 671 pp.
- Sherwood, J. E., F. Stagnitti, M. J. Kokkinn & W. D. Williams. 1992. A standard table for predicting equilibrium dissolved oxygen concentrations in salt lakes dominated by sodium chloride. *Int. J. Salt Lake Res.* 1: 1-6.
- Simonsen R (1987) *Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Frederich Hustedt*, Vol 1, 2 y 3. J. Cramer, Gerbrüder Borntraeger Berlin - Stuttgart.
- Vega M, De los Ríos P & A. Mansilla (2010). Distribución del género *Hyalella* Smith, 1874 (Custacea: Amphipoda) en el sur de la patagonia y tierra del fuego. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 38(1):141-143.
- Wetzel RG (2001) *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Third Ed. Academic Press, San Diego. 7.31, 1006 pp.