



Campaña de Monitoreo N°15 – abril de 2021

---

**Informe de Seguimiento Ambiental  
Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera  
del Salar de Atacama  
Región de Antofagasta**

**geobiota**

Preparado para SQM Salar S.A  
Agosto 2021

## CONTENIDO

1	RESUMEN .....	1
1.1	Vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales .....	1
1.2	Vegetación en zona de conexión con acuífero .....	2
1.3	Algarrobos en sector Camar 2.....	3
1.4	Flora.....	4
1.5	Fauna.....	5
1.6	Biota Acuática.....	7
2	INTRODUCCIÓN.....	1
3	OBJETIVOS .....	4
4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	5
4.1	Área de estudio .....	5
4.2	Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales .....	7
4.2.3.1	Prospección vegetacional de terreno.....	9
4.2.3.2	Análisis de la imagen satelital.....	11
4.2.3.3	Segmentación, clasificación y atribución de la vegetación. ....	12
4.2.3.4	Mosaicos de vegetación.....	12
4.3	Monitoreo de vegetación en zona de conexión vegetación-acuífero.....	14
4.4	Monitoreo de algarrobos en el sector Camar-2.....	17
4.4.3.1	Vitalidad .....	18
4.4.3.2	Copa viva (Follaje verde) .....	19
4.4.3.3	Fenología.....	19
4.4.3.4	Daño por agentes externos .....	20
4.5	Flora.....	21
4.5.3.1	Protocolo de evaluación de tendencias.....	24
4.6	Fauna.....	26
4.6.1.1	Monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos .....	26
4.6.1.2	Monitoreo de aves en ambientes acuáticos .....	30
4.6.3.1	Solicitud del Permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre .....	33
4.6.3.2	Técnicas de muestreo aplicadas .....	33
4.6.3.3	Reptiles.....	33
4.6.3.4	Aves en ambientes terrestres.....	33
4.6.3.5	Aves en ambientes acuáticos.....	34
4.6.3.6	Micromamíferos.....	34
4.6.3.7	Macromamíferos.....	34
4.6.3.8	Identificación, origen biogeográfico y singularidad de las especies. ....	35
4.6.3.9	Fauna singular.....	35
4.6.3.10	Estado de conservación de las especies .....	36

4.7	Biota Acuática.....	38
4.7.3.1	Medio abiótico .....	42
4.7.3.2	Medio biótico .....	43
4.7.4.1	Medio Abiótico.....	45
4.7.4.2	Medio biótico .....	46
5	RESULTADOS .....	48
5.1	Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales .....	48
5.1.1.1	Estado vital.....	48
5.1.1.2	Porcentaje de copa viva.....	51
5.1.1.3	Fenología.....	53
5.2	Monitoreo de la vegetación en Zona de Conexión vegetación- acuífero.....	58
5.3	Monitoreo de algarrobos en el sector Pozo Camar-2.....	63
5.4	Flora.....	68
5.4.3.1	ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA).....	71
5.4.3.2	Agroanálisis UC (complementario) .....	72
5.4.3.3	Comparación de las mediciones de pH entre laboratorios .....	73
5.4.4.1	ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA).....	76
5.4.4.2	Agroanálisis UC (Complementario).....	77
5.4.4.3	Comparación de las mediciones de la conductividad eléctrica entre laboratorios .....	78
5.5	Fauna.....	80
5.5.3.1	Abundancia de aves en ambientes terrestres.....	82
5.5.3.2	Abundancia de aves en ambientes acuáticos.....	84
5.5.4.1	Abundancia de micromamíferos .....	86
5.5.4.2	Abundancia de macromamíferos .....	87
5.6	Biota acuática .....	88
5.6.1.1	Temperatura.....	90
5.6.1.2	Temperatura del Sedimento.....	91
5.6.1.3	pH.....	93
5.6.1.4	Conductividad del agua.....	94
5.6.1.5	Salinidad .....	95
5.6.1.6	Oxígeno Disuelto .....	97
5.6.1.7	Conductividad eléctrica del sedimento.....	98
5.6.1.8	Conductividad eléctrica del Agua intersticial.....	99
5.6.2.1	Clorofila-a.....	101
5.6.2.2	Fitobentos .....	104
5.6.2.3	Fitoplancton.....	110
5.6.2.4	Zoobentos .....	115
5.6.2.5	Zooplancton.....	121

	5.6.2.6	Plantas Acuáticas (Macrófitas) .....	126
6		DISCUSIONES .....	128
	6.1	Antecedentes.....	128
	6.2	Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales .....	131
	6.2.1.1	Estado vital.....	131
	6.2.1.2	Porcentaje de copa viva .....	132
	6.2.1.3	Fenología .....	133
	6.3	Monitoreo de la vegetación en Zona de Conexión vegetación-acuífero .....	140
	6.4	Monitoreo de Algarrobos en el sector pozo Camar-2.....	151
	6.4.1.1	Vitalidad .....	151
	6.4.1.2	Porcentaje de copa Viva .....	154
	6.4.1.3	Fenología .....	156
	6.4.1.4	Daño por agentes externos .....	157
	6.5	Monitoreo de Flora.....	164
	6.5.1.1	Riqueza de especies de flora .....	164
	6.5.1.2	Frecuencia de especies de flora .....	169
	6.5.1.3	Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales.....	176
	6.5.2.1	pH del sustrato según Agroanálisis UC (2012 – 2021).....	180
	6.5.2.2	pH del sustrato según ETFA ALS Life Sciences (2018 y 2021).....	181
	6.5.2.3	Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales.....	183
	6.5.3.1	Conductividad eléctrica del sustrato según Agroanálisis UC (2012 y 2021) .	190
	6.5.3.2	Conductividad eléctrica del sustrato según ALS Life Sciences (2018-2021)	192
	6.5.3.3	Protocolo de Análisis de tendencias de variables ambientales.....	194
	6.6	Fauna.....	201
	6.6.4.1	Micromamíferos.....	214
	6.6.4.2	Macromamíferos.....	217
	6.7	Biota acuática.....	219
	6.7.1.1	Temperatura.....	219
	6.7.1.2	pH.....	224
	6.7.1.3	Conductividad eléctrica del agua.....	230
	6.7.1.4	Salinidad .....	235
	6.7.1.5	Oxígeno disuelto.....	241
	6.7.1.6	Conductividad eléctrica del sedimento.....	247
	6.7.1.7	Conductividad del Agua intersticial en Sedimentos .....	252
	6.7.1.8	Consideraciones.....	258
	6.7.2.1	Clorofila-a de la Fracción Planctónica.....	258
	6.7.2.2	Clorofila-a de la Fracción Bentónica .....	264
	6.7.2.3	Fitoplancton.....	270
	6.7.2.4	Fitobentos .....	282

	6.7.2.5	Zooplancton.....	294
	6.7.2.6	Zoobentos .....	305
	6.7.2.7	Consideraciones.....	316
7		CONCLUSIONES .....	317
	7.1	Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales .....	317
	7.2	Monitoreo de vegetación en Zona de Conexión vegetación-acuífero.....	318
	7.3	Monitoreo de Algarrobos en el pozo Camar-2 .....	318
	7.4	Flora.....	319
	7.5	Fauna.....	320
	7.6	Biota Acuática.....	322
8		BIBLIOGRAFÍA.....	325
	8.1	Vegetación, Flora y Algarrobos.....	325
	8.2	Fauna Terrestre.....	327
	8.3	Biota Acuática.....	330

## TABLAS

Tabla 2-1. Parámetros establecidos en la RCA 226/06 y responsables de la ejecución del Seguimiento Ambiental.....	1
Tabla 4-1. Vértices del Área de estudio.....	5
Tabla 4-2. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84, 19S).....	7
Tabla 4-3. Rangos de cobertura utilizados en las descripciones vegetacionales.....	9
Tabla 4-4. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.....	10
Tabla 4-5. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas.....	10
Tabla 4-6. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.....	10
Tabla 4-7. Fechas de muestreo vegetación.....	13
Tabla 4-8 Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, 19 S).....	14
Tabla 4-9. Fechas de monitoreo de la vegetación.....	16
Tabla 4-10. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 19S).....	17
Tabla 4-11. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.....	19
Tabla 4-12. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas.....	19
Tabla 4-13. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.....	19
Tabla 4-14. Categorías de daño para la evaluación de individuos de algarrobo.....	20
Tabla 4-15. Fechas de muestreo de ejemplares de Algarrobo.....	21
Tabla 4-16. Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).....	21
Tabla 4-17. Fechas de muestreo Flora.....	25
Tabla 4-18. Ubicación de puntos de muestreo para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).....	27
Tabla 4-19. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).....	30
Tabla 4-20. Fechas de muestreo Fauna.....	37
Tabla 4-21. Sectores evaluados en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2021 (Datum WGS84,19K).....	38
Tabla 4-22. Parámetros utilizados en la caracterización y evolución de las variables ambientales.....	42
<b>Tabla 4-23. Metodología utilizada en la caracterización y evolución de las variables ambientales.....</b>	<b>43</b>
Tabla 4-24. Fechas de muestreo Biota acuática.....	47
Tabla 5-1. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Brea.....	49
Tabla 5-2. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo - Ojalar.....	50
Tabla 5-3. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo.....	50
Tabla 5-4. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho.....	50
Tabla 5-5. Categoría de vitalidad registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.....	51
Tabla 5-6. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea.....	52
Tabla 5-7. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachuyuyo – Ojalar.....	52
Tabla 5-8. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo.....	52
Por su parte, la pradera de Junquillo – Totora – Suncho, presento en un 36,8% de las muestras en la categoría de 50-75% de follaje verde, lo que equivale a siete registros; mientras que las categorías 5-25% y 75-100% alcanzaron un 31,6% y 21,1% del total, lo que equivale a seis y cuatro registros respectivamente. Finalmente, el 10,5% restante, está representado por 2 registros en los rangos 25-50%. Tabla 5-9. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho.....	53
Tabla 5-10. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.....	53
Tabla 5-11. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea.....	54

Tabla 5-12. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachiyuyo – Ojalar.....	54
Tabla 5-13. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo. .....	55
Tabla 5-14. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Káuchal. ....	55
Tabla 5-15. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho. .....	55
Tabla 5-16. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.....	55
Tabla 5-17. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.....	56
Tabla 5-18. Especies dominantes en los puntos de muestreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero. Campañas enero y abril de 2021.....	59
Tabla 5-19. Puntos de muestreo en la Zona de conexión vegetación – acuífero. por categoría de cobertura de la vegetación. Campañas enero y abril de 2021. ....	60
Tabla 5-20. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas enero-abril de 2021.....	61
Tabla 5-21. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas enero-abril de 2021.....	62
Tabla 5-22. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2021. ....	62
Tabla 5-23. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo.....	63
Tabla 5-24. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2. ....	64
Tabla 5-25. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. ....	65
Tabla 5-26. Fenología en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. ....	66
Tabla 5-27. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. ...	67
Tabla 5-28. Riqueza de especies durante la campaña 2021.....	68
Tabla 5-29. Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama. ....	69
Tabla 5-30. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama.....	69
Tabla 5-31. Frecuencia de las especies durante la campaña 2021.....	70
Tabla 5-32. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences. ....	71
Tabla 5-33. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences. ....	72
Tabla 5-34. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC.....	72
Tabla 5-35. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC.....	73
Tabla 5-36. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences.....	76
Tabla 5-37. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences. ....	77
Tabla 5-38. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. ....	77
Tabla 5-39. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. ....	78
Tabla 5-40. Especies singulares de fauna observadas en la campaña 2021 (criterios de definición).....	81
Tabla 5-41. Abundancia de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama.....	82
Tabla 5-42. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama. ....	83
Tabla 5-43. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio. ....	84
Tabla 5-44. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama.....	86
Tabla 5-45. Índice de visitas de <i>Lycalopex culpaeus</i> (zorro culpeo) captadas por cámara trampa.....	87
<b>Tabla 5-46. Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua de importancia limnológica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....</b>	<b>89</b>

Tabla 5-47. Estadígrafos de la Temperatura (°C) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	91
Tabla 5-48. Estadígrafos de la Temperatura del sedimento (°C) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	92
Tabla 5-49. Estadígrafos del pH medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	93
Tabla 5-50. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	95
Tabla 5-51. Estadígrafos de la Salinidad del agua (PSU) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	96
Tabla 5-52. Estadígrafos del Oxígeno disuelto (mg/L) medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	98
Tabla 5-53. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del sedimento (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	99
Tabla 5-54. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	100
Tabla 5-55. Clorofila-a bentónica y planctónica medidas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	101
Tabla 5-56. Estadígrafos de la Clorofila-a fracción planctónica (µg/L) medida en los distintos sistemas. .	103
Tabla 5-57. Estadígrafos de la Clorofila-a fracción bentónica (mg/m <sup>2</sup> ) medida en los distintos sistemas. .	104
Tabla 5-58. Estadígrafos de la Abundancia total (cél/cm <sup>3</sup> ) del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	105
Tabla 5-59. Estadígrafos de la Riqueza total (cél/cm <sup>3</sup> ) del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	109
Tabla 5-60. Estadígrafos de la Abundancia total (cél/L) del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	110
Tabla 5-61. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	114
Tabla 5-62. Estadígrafos de la Abundancia total (ind/m <sup>2</sup> ) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	115
Tabla 5-63. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	119
Tabla 5-64. 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. ....	120
Tabla 5-65. Estadígrafos de la Abundancia total (ind/L) del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	122
Tabla 5-66. Estadígrafos de la Riqueza total (N° de taxa) del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. ....	125
Tabla 5-67. Presencia de Vegetación acuática (Macrófitas) presentes en el área de estudio. ....	127
Tabla 6-1. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en la estación meteorológica Camar (DGA).....	129
Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2021. ....	135
Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2021 según cada informe de monitoreo. ....	138
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 2008 - 2021.....	140
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 2008 - 2021.....	141



Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.....	142
Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.....	144
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 – 2021.....	147
Tabla 6-9: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.....	149
Tabla 6-10. Vitalidad de la población de Algarrobos. Campañas 2006 – 2021.....	152
Tabla 6-11. Copa viva de la población de Algarrobo. Campañas 2006 – 2021.....	154
Tabla 6-12. Fenología de los ejemplares de <i>Algarrobo</i> en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021. ....	156
Tabla 6-13. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 – 2021.....	158
Tabla 6-14. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 – 2021.....	166
Tabla 6-15. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para los transectos 1 y 2.....	173
Tabla 6-16. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para los transectos 3 y 4.....	174
Tabla 6-17. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para los transectos 5 y 6.....	175
Tabla 6-18. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para el transecto 7.....	176
Tabla 6-19. Prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre dos muestras para las variables Riqueza y Frecuencia de flora.....	177
Tabla 6-20. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para Riqueza y Abundancia de flora.....	178
Tabla 6-21. Comparación de las varianzas de las dos muestras con significancia estadística.....	179
Tabla 6-22. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo.....	185
Tabla 6-23. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2021 con cada año anterior.....	186
Tabla 6-24. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para el pH.....	187
Tabla 6-25. Comparación de las varianzas de las 27 muestras con significancia estadística.....	189
Tabla 6-26. Conductividad Eléctrica según ALS Life Sciences S.A para el año 2021.....	193
Tabla 6-27. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo.....	196
Tabla 6-28. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la CE de 2021 con cada año anterior.....	196
Tabla 6-29. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para la Salinidad (CE).....	198
Tabla 6-30: Abundancia total de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2021. ....	202
Tabla 6-31. Abundancia total de aves en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2021.....	206
Tabla 6-32. Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2021.....	208
Tabla 6-33. Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006 – 2021. ....	209
Tabla 6-34. Abundancia de aves acuáticas en los periodos 2019-2021.....	210

Tabla 6-35. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.....	219
Tabla 6-36. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.....	220
Tabla 6-37. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. ....	222
Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.....	223
Tabla 6-39. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. ....	225
Tabla 6-40. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor. ....	226
Tabla 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.....	227
Tabla 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. ....	228
Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. ....	230
Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.....	231
Tabla 6-45. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.....	233
Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. ....	234
Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.....	236
Tabla 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.....	237
Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. ....	238
Tabla 6-50. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.....	240
Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.....	242
Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.....	243
Tabla 6-53. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. ....	245
Tabla 6-54. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.....	246
Tabla 6-55. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. ....	248
Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.....	249
Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.....	250
Tabla 6-58. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. ....	252

Tabla 6-59. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. .... 253

Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor. .... 254

Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 255

Tabla 6-62. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. .... 257

Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. .... 259

Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor. .... 260

Tabla 6-65. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 262

Tabla 6-66. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. .... 263

Tabla 6-67. 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 Puilar. .... 265

Tabla 6-68. 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. .... 266

Tabla 6-69. 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 Aguas de Quelana. .... 268

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 - 2021 en el sector de Peine. .... 269

Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. .... 271

Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor. .... 272

Tabla 6-73. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 274

Tabla 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. .... 276

Tabla 6-75. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. .... 277

Tabla 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor. .... 278

Tabla 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 280

Tabla 6-78. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine. .... 281

Tabla 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar. .... 282

**Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Soncor. .... 284**

Tabla 6-81. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 286

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 - 2021 en el sector de Peine. .... 287

Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar..... 289

Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor..... 290

Tabla 6-85. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 292

Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine..... 293

Tabla 6-87. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar..... 295

Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor..... 296

Tabla 6-89. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 297

Tabla 6-90. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine..... 299

Tabla 6-91. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar..... 300

Tabla 6-92. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor..... 302

Tabla 6-93. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 303

Tabla 6-94. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine..... 304

Tabla 6-95. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar..... 306

Tabla 6-96. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor..... 307

Tabla 6-97. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 309

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 - 2021 en el sector de Peine..... 310

Tabla 6-99. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar..... 311

Tabla 6-100. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor..... 313

Tabla 6-101. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana. .... 314

Tabla 6-102. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine..... 315

Tabla 7-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2020-2021..... 317

**FIGURAS**

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio y sus vértices. ....6

Figura 4-2. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama. ....	8
Figura 4-3. Vegetación en mosaico y su representación cartográfica. Ejemplo de pradera de grama salada ( <i>Distichlis spicata</i> ).....	13
Figura 4-4. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión.....	15
Figura 4-5. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados.....	18
Figura 4-6. Ubicación de los transectos de flora en el área de estudio.....	22
Figura 4-7. Toma de muestras de suelo de la empresa Algoritmos SPA.....	24
Figura 4-8. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.....	28
Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor.....	31
Figura 4-10. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana.....	31
Figura 4-11. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Peine.....	32
Figura 4-12. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Soncor.....	39
Figura 4-13. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Aguas de Quelana.....	40
Figura 4-14. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Peine.....	41
Figura 4-15. Instrumentos y muestreo monitoreo biota acuática. Campaña abril 2021.....	47
Figura 5-1. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama.....	49
Figura 5-2. Proporción de porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. ....	51
Figura 5-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.....	54
Figura 5-4. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.....	58
Figura 5-5. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetación.....	59
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 2021.....	60
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 2021.....	61
Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de fenología de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2021.....	62
Figura 5-9. Vitalidad previa de los individuos desaparecidos.....	64
Figura 5-10. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.....	64
Figura 5-11. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.....	65
Figura 5-12. Fenología en los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.....	66
Figura 5-13. Presencia de daño en los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.....	67
Figura 5-14. Regresión lineal entre los datos de pH obtenida entre laboratorios.....	74
Figura 5-15. Comparación del pH obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo.....	75
Figura 5-16. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios.....	78
Figura 5-17. Comparación de la CE obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo.....	79
Figura 5-18. Representación gráfica de los valores de Temperatura medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	91
Figura 5-19. Representación gráfica de los valores de Temperatura del sedimento medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.....	92
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.....	94
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.....	95
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.....	97

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..... 98

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..... 99

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. .... 101

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..... 103

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..... 104

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..... 106

Figura 5-29. Abundancia total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 106

Figura 5-30. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Puilar..... 107

Figura 5-31. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Soncor..... 107

Figura 5-32. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Aguas de Quelana. .... 108

Figura 5-33. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Peine..... 108

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..... 109

Figura 5-35. Riqueza total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 110

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. .... 111

Figura 5-37. Densidad total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 111

Figura 5-38. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Puilar. .... 112

Figura 5-39. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Soncor. .... 112

Figura 5-40. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Aguas de Quelana..... 113

Figura 5-41. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Peine. .... 113

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. .... 114

Figura 5-43. Riqueza total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 115

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. .... 116

Figura 5-45. Densidad total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 116

Figura 5-46. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Puilar. .... 117

Figura 5-47. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Soncor. .... 117

Figura 5-48. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Aguas de Quelana. .... 118

Figura 5-49. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Peine. .... 118

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..... 119

Figura 5-51. Riqueza total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 120

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. .... 121

Figura 5-53. Índice de Shannon Weiner determinado en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 121

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. .... 122

Figura 5-55. Densidad total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 122

Figura 5-56. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Puillar..... 123

Figura 5-57. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Soncor..... 124

Figura 5-58. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Aguas de Quelana. .... 124

Figura 5-59. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Peine..... 125

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..... 126

Figura 5-61. Riqueza total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. .... 126

Figura 6-1. Precipitaciones acumuladas anuales en el Borde Este del Salar de Atacama..... 128

Figura 6-2. Temperatura media anual..... 130

Figura 6-3. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006 – 2021..... 132

Figura 6-4. Proporción del porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 – 2021. .... 133

Figura 6-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos. Campañas 2006 – 2021..... 134

Figura 6-6. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2021 ..... 137

Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021..... 143

Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021..... 146

Figura 6-9. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021. .... 148

Figura 6-10. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021. .... 150

Figura 6-11. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021. .... 153

Figura 6-12. Tendencia de la Copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021. .... 155

Figura 6-13. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021. .... 157

Figura 6-14. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo en el año 2021. .... 158

Figura 6-15. Modificación de los escurrimientos superficiales en el sector de Camar ..... 160

Figura 6-16. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021..... 161

Figura 6-17. Número de ejemplares en la categoría normales y vigorosos, desaparecidos por año de monitoreo y su relación con las precipitaciones en la zona..... 162

Figura 6-18. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) en la estación Peine (DGA), para el periodo 2007 – 2020.....	162
Figura 6-19. 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 – 2021.....	163
Figura 6-20. Estado vital de los algarrobos en el periodo 2006 y 2021 (actual) en el sector de Camar....	164
Figura 6-21. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Campañas 2006 – 2021.....	171
Figura 6-22. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Riqueza en 2021. ....	179
Figura 6-23. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores. ....	180
Figura 6-24. pH según ALS Life Sciences S.A para el año 2021.....	182
Figura 6-25. Rangos históricos de pH versus valor reportado en 2021.....	184
Figura 6-26. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de pH en 2021. ....	190
Figura 6-27. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores. ....	191
Figura 6-28. Rangos históricos de conductividad eléctrica y las mediciones reportado en 2021.....	195
Figura 6-29. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 – 2021. ....	202
Figura 6-30. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 – 2021. ....	203
Figura 6-31. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 – 2021. ....	204
Figura 6-32. Abundancia de flamencos en Sistema Soncor. Campañas 2006 – 2021.....	211
Figura 6-33. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de quelana. Campañas 2006 – 2021. ....	212
Figura 6-34. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 – 2021.....	213
Figura 6-35. Abundancia de especies de aves en Sistema Peine (sin considerar flamencos). Campañas 2006 – 2021.....	214
Figura 6-36. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2021. ....	215
Figura 6-37. Abundancia de micromamíferos por ambiente en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2021.....	216
Figura 6-38. Abundancia de micromamíferos por especie en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2021.....	216
Figura 6-39. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 – 2021.....	217
Figura 6-40. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 – 2021.....	218
Figura 6-41. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> en estaciones olfativas. Campañas 2007 – 2021. ....	218
Figura 6-42. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. ....	220
Figura 6-43. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. ....	221
Figura 6-44. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.....	222
Figura 6-45. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. ....	224
Figura 6-46. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.....	225
Figura 6-47. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. ....	227
Figura 6-48. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.....	228



Figura 6-49. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 229

Figura 6-50. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021..... 231

Figura 6-51. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2020..... 232

Figura 6-52. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 234

Figura 6-53. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021..... 235

Figura 6-54. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021..... 237

Figura 6-55. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 238

Figura 6-56. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 239

Figura 6-57. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 241

Figura 6-58. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021..... 243

Figura 6-59. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021..... 244

Figura 6-60. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 245

Figura 6-61. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021..... 247

Figura 6-62. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Puilar. Campañas 2009 – 2021. .... 249

Figura 6-63. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2021. .... 250

Figura 6-64. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2009 – 2021..... 251

Figura 6-65. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 – 2021. .... 252

Figura 6-66. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Puilar. Campañas 2009 – 2021. .... 254

Figura 6-67. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2021. .... 255

Figura 6-68. 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– 2021..... 256

Figura 6-69. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 – 2021. .... 257

Figura 6-70. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021..... 260

Figura 6-71. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021..... 261

Figura 6-72. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021..... 262

Figura 6-73. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 264

Figura 6-74. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 266

Figura 6-75. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 267

Figura 6-76. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 268

Figura 6-77. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 270

Figura 6-78. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 272

Figura 6-79. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 273

Figura 6-80. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 275

Figura 6-81. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 276

Figura 6-82. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 278

Figura 6-83. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 279

Figura 6-84. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 280

Figura 6-85. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 282

Figura 6-86. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 283

Figura 6-87. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 285

Figura 6-88. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 287

Figura 6-89. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 288

Figura 6-90. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 290

Figura 6-91. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 291

Figura 6-92. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 292

Figura 6-93. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 294

Figura 6-94. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 296

Figura 6-95. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 297

Figura 6-96. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021. .... 298

Figura 6-97. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 300

Figura 6-98. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 301

Figura 6-99. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 302

Figura 6-100. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021..... 304

Figura 6-101. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 305

Figura 6-102. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 307

Figura 6-103. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 308

Figura 6-104. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021..... 309

Figura 6-105. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 311

Figura 6-106. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021. .... 312

Figura 6-107. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021. .... 313

Figura 6-108. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021..... 315

Figura 6-109. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021. .... 316

## ANEXOS

Anexo I	Cartografía de la vegetación 2021
Anexo II	Base de datos vegetacional Borde Este 2021
Anexo III	Base de datos vegetacional Zona de conexión vegetación-acuífero 2021
Anexo IV	Base de datos florística 2021
Anexo V	Certificados de toma de muestras y análisis
Anexo VI	Base de datos monitoreo de Algarrobos en el sector del Pozo Camar 2021
Anexo VII	Registro Fotográfico de Algarrobos en el sector del Pozo Camar 2021
Anexo VIII	Permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre
Anexo IX	Fotografías de fauna silvestre 2021
Anexo X	Catastro y Abundancia de Vertebrados en el Borde Este del Salar de Atacama
Anexo XI	Responsables y participantes Seguimiento Ambiental – Campaña enero - abril 2021
Anexo XII	Protocolo de Ingreso a Reserva Nacional Los Flamencos
Anexo XIII	Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales e informe de análisis de metodologías de monitoreo CE y pH
Anexo XIV	Certificados de analisis de laboratorio y certificados de acreditación de Biota acuática
Anexo XV	Certificado Laboratorio Agroanálisis

## 1 RESUMEN

El presente informe expone los resultados de la campaña N° 15 de monitoreo de los componentes Vegetación, Flora vascular, Fauna y Biota Acuática del Plan de Seguimiento Ambiental establecido en la RCA N°226/2006, correspondiente al Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama, presentado por SQM Salar S.A, según lo modificado por la Resolución Exenta N° 056/2008.

El objetivo principal del Plan de Seguimiento Ambiental es dar cuenta del estado ambiental de los componentes: Vegetación, Flora Vasculares, Fauna y Biota Acuática del Borde Este del Salar de Atacama, en virtud de la evolución temporal de las variables estudiadas, dando énfasis en identificar oportunamente posibles cambios en ellas, con el fin de detectar la ocurrencia de efectos no previstos por el Proyecto.

El monitoreo anual se realiza en dos campañas de terreno. La primera en el mes de enero, donde se evalúa la vegetación existente en la Zona de Conexión Vegetación-Acuífero del Borde Este del Salar de Atacama; mientras que la segunda se realiza en el mes de abril, donde el enfoque se da en el monitoreo de la vegetación, flora, fauna y biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama. La primera campaña se realizó entre los días 19 y 20 de enero, mientras que la segunda, se realizó entre los días 05 y 14 de abril. Para el monitoreo de fauna y biota acuática se realizaron campañas complementarias debido a restricciones de acceso a sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos. Estas campañas complementarias se extendieron hasta finales de abril, para el caso del monitoreo de Biota acuática y principios de mayo, en el caso del monitoreo de fauna.

A continuación, se presentan el resumen para cada componente:

### 1.1 Vegetación del Borde Este 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. Sobre estas muestras se evalúa la cobertura, además de otras mediciones, como la vitalidad, copa viva y etapa fenológica. De manera complementaria, se utilizan también las 19 muestras del monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación-acuífero.

La campaña para describir las 99 muestras fue llevada a cabo en abril de 2021, completando el 100% de las descripciones, a diferencia de la campaña 2020, en la que no se pudo completar el muestreo asociado al componente de vegetación debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos<sup>1</sup> en el marco de las medidas sanitarias de la pandemia de COVID-19. Respecto a la vitalidad de las muestras de terreno, se determinó que un 55,6% de ellas fueron clasificadas en la categoría normal, un 26,3% como débil, un 8,1% como muy débil, un 3% de las muestras se catalogó como vigorosas, por su parte el 7,1% restante, correspondió a zonas sin vegetación. Estos resultados son consistentes con lo observado históricamente, en vista que mayoritariamente se ha mantenido en la categoría definida como normal y débil. Históricamente, una baja proporción de puntos de monitoreo ha presentado una vitalidad vigorosa y zonas sin vegetación.

---

<sup>1</sup> En el marco de la situación de emergencia sanitaria que enfrenta el país, mediante Res. N°160 y 162 de 2020, CONAF dispuso el cierre de las áreas silvestres protegidas bajo su administración, incluyendo la Reserva Nacional Los Flamencos, que se mantuvo cerrada durante el resto del año 2020.

Las mediciones de terreno de copa viva mostraron una mayor proporción de muestras en categoría 25-50% donde el 49,5% de los puntos registro esta categoría. Además, se registró un 16,2% y 15,2% de la muestra en las categorías de follaje 50-75% y 5-25% respectivamente. En menor medida se registraron las categorías correspondientes a los extremos de máximo y mínimo follaje, es decir, 75-100% y <5%, con un 8,1% y 4% de las muestras respectivamente. A nivel histórico, no se reconocen tendencias que indiquen una variación sostenida en el tiempo respecto al porcentaje de copa viva.

Por último, las mediciones en terreno del estado fenológico de la vegetación en el periodo 2021 indican que se mantiene los estados de crecimiento vegetativo y fructificación como los más frecuentes durante la evaluación.

Los resultados obtenidos en 2021 indican que la superficie cubierta con vegetación en el área de estudio alcanza 14.085,45 ha. El matorral de *Tessaria absinthioides* (brea), continúa siendo la formación vegetacional predominante en el área, ocupando el 52,25% de la superficie cubierta por vegetación (equivalente a 7.359,18 ha), seguido por la pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada), ocupando el 15,85% y el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar) ocupando un 12,58% de la superficie con vegetación (2.233,80 ha y 1.772,03 ha respectivamente). En cuarto lugar, se ubica la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totoro – Suncho), ocupando el 9,81% del área con vegetación (1.381,27 ha).

Tal como ha ocurrido en las mediciones de los años anteriores, las menores superficies de ocupación están dadas por el matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal) y el matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo), concentrando el 6,27% y el 3,24% del área con vegetación (883,29 ha y 455,88 ha, respectivamente).

La pradera de *Cistanthe sp.* (Lukupa) en el periodo 2021 no está presente, dado que su expresión, se relaciona con las intensas precipitaciones ocurridas en 2019 (212 mm), lo que significó que el periodo 2020 corresponda a la máxima superficie a la fecha (2006-2021).

En consideración a que, en el periodo de monitoreo (2021) la superficie vegetacional se encuentra sobre el promedio, representando la sexta mayoría histórica y las formaciones vegetaciones definidas como objetos de protección se encuentran dentro de los márgenes históricos, se puede afirmar que no se observarían efectos del proyecto sobre la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.

## 1.2 Vegetación en zona de conexión con acuífero

Se monitorea la vegetación en la zona que se presume conectada con el acuífero. Para estos fines, se evalúa 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 (RCA 226/2006). No obstante, y debido a restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos<sup>2</sup>, el monitoreo de la campaña de enero del presente año (2021) se desarrolló de forma parcial, describiéndose el 89,5% del total de puntos de monitoreo, correspondiente a 17 descripciones de vegetación.

En el presente año (2021), las muestras ubicadas en la zona de conexión vegetación-acuífero indican que la cobertura vegetacional varía entre los meses de enero y abril. En efecto, se observó que la mayoría de las unidades vegetacionales mantienen o experimentan disminución en su cobertura en el mes de abril (siete

---

<sup>2</sup> En el marco de la situación de emergencia sanitaria que enfrenta el país, mediante Res. N°160 y 162 de 2020, CONAF dispuso el cierre de las áreas silvestres protegidas bajo su administración, incluyendo la Reserva Nacional Los Flamencos, que se mantuvo cerrada durante el año 2020 y principios de 2021.

(7) y seis (6) puntos de monitoreo respectivamente). Sólo en cuatro (4) unidades vegetacionales se aumentó la cobertura, pasando de ralas o muy abiertas a abiertas.

Históricamente, en el mes de enero se describe una mayor proporción de copa viva y que se verifica con una mayor proporción de descripciones en la categoría de 25-50% de recubrimiento. Dicha condición estaría relacionada con el final extendido del periodo de receso invernal. Lo anterior es consistente con lo observado en la mayoría de las campañas, sin embargo, para el 2021, en enero la mayor cantidad de registros se dio en la categoría 50-75% de copa viva (52,6% del total), mientras que en abril los registros observados se asocian mayoritariamente a los porcentajes de copa viva de 25-50% (52,6% del total).

Respecto de la vitalidad de los matorrales de brea de la Zona de Conexión, los registros obtenidos en enero y abril de 2021 se distribuyen entre las categorías Muy Débil, Débil, Normal o Vigoroso. En enero y abril de 2021, la mayor proporción de puntos de monitoreo fueron clasificados con vitalidad en la categoría Normal, con 68,4% respecto del total de registros de cada mes.

Históricamente, la floración de la vegetación en la zona de conexión se produce principalmente en enero, salvo los registros de los últimos cuatro años de monitoreo, donde una también se han observado flores en abril; antecedente que resulta consistente con los resultados del presente monitoreo (2021). Durante el mes de enero las plantas se encontraron en desarrollo de sus procesos reproductivos, donde la fase fenológica Floración fue la más frecuente (52,6% del total de registros), mientras que en abril se identificó el final del proceso reproductivo, con el 31,6% de los registros asociados a la fase fenológica de Fructificación y un 42,1% de Floración.

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

### 1.3 Algarrobos en sector Camar 2

Los 71 algarrobos ubicados en los sectores adyacentes al pozo de bombeo Camar 2 son monitoreados mediante la evaluación de la vitalidad y el porcentaje de copa viva, tal como lo establece la RCA 226/2006. Adicionalmente, se evalúa la etapa fenológica y los daños por agentes externos mediante categorías cualitativas.

Las mediciones realizadas entre 2006-2021 indican que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 12 fueron desprendidos por escorrentías superficiales en temporadas previas a la campaña actual. De los restantes ejemplares, en el periodo 2021 se identificaron 29 ejemplares vivos (con vitalidad entre muy débil a vigoroso) 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), correspondiente al 50,8% del total. Respecto a aquellos individuos que sí presentaron follaje este año (49,2% de los algarrobos), 13 lo hicieron con un porcentaje de copa entre 25-50%, ocho (8) con 5-25%, cinco (5) con 50-75%, dos (2) con 75-100% y uno (1) con copa <5%.

El aumento de los ejemplares secos o senescentes en el año 2020 y que se mantiene en el año 2021 en el tiempo, estaría relacionado por una modificación natural de la red de drenaje en el 2008, 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 (%).

Del punto de vista fenológico, en el monitoreo 2021, 28 individuos (47,5% del total) presentaron crecimiento vegetativo, seguido de 31 ejemplares en etapa Senescente (52,5% del total). No se identificaron individuos en etapa 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.

Respecto de la ocurrencia de daños por agentes externos, la totalidad de ejemplares vivos tuvo algún tipo de deterioro, el que fue mayoritariamente del tipo animal (ramoneo).

Respecto a la dinámica que ha experimentado la población de algarrobos, las posibles causas estudiadas respecto de su deterioro son variadas y de carácter natural como la migración natural de los cauces hacia el sur del área donde se ubican los individuos monitoreados y variables antrópicas como la presencia de la tubería de agua superficial y la infraestructura correspondiente al bombeo del pozo Camar-2 (actualmente desmantelada).

## 1.4 Flora

El seguimiento de la flora del Borde Este se realiza mediante el monitoreo de una red de puntos que consiste en un conjunto de siete transectos orientados en sentido Este-Oeste, en los que se dispuso un total de 75 puntos de muestreo, ubicados sistemáticamente cada 300 m, entre sí. Cada punto de muestreo está compuesto por cinco parcelas de 4 m<sup>2</sup> (cada una), lo que hace un total de 375 parcelas.

En cada punto de muestreo se mide la frecuencia de especies y se realiza una caracterización del sustrato, midiendo la salinidad mediante la conductividad eléctrica y el pH del suelo. Además de las especies observadas en los puntos de muestreo, se agregan los registros fuera de ellos, con el objeto de establecer la riqueza florística de toda el área de estudio (RCA 226/2006).

La caracterización química del sustrato (pH y salinidad) consideró la toma de muestras por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) Algoritmos SpA y el análisis por el laboratorio ETFA ALS Life Sciences S.A y el laboratorio Agroanálisis UC. Este último se realiza de forma complementaria, con la finalidad de asegurar trazabilidad en los análisis históricos.

Durante la actual campaña de monitoreo, se aplicó por tercer 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 es una de las acciones del programa de cumplimiento presentado a la SMA en septiembre 2018, 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 - 2021, 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 16 especies, 13 de las cuales se observaron dentro de los puntos de monitoreo y tres (3) se registraron fuera de ellos, a través de colectas libres. Estos 16 taxa se agruparon en 11 familias donde Chenopodiaceae presenta la mayor cantidad de registros. Según habito de



crecimiento, se observa que predominan, los hábitos arbustivo y hierba perenne, mientras que el origen biogeográfico de las especies fue mayoritariamente nativo (en 13 taxa) y endémico (en tres taxa).

Por otra parte, se detectó en los transectos a *Nitrophila atacamensis*, especie bajo la categoría de conservación En Peligro conforme con los procedimientos del RCE vigentes.

Las especies más frecuentes en los puntos de muestreo corresponden a *Tessaria absinthioides* (registrada en el 45,6% del total), *Distichlis spicata*, (presente el 32,4% del total) y *Juncus balticus* (presente en el 11,8% del total).

La caracterización química del sustrato según la entidad ETFA para el periodo 2021 indica que el pH en los puntos de muestreo varía entre las categorías Ligeramente alcalino 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 indicó que el periodo 2021 no difiere de la serie histórica y sólo una (1) muestra continúa con tendencia a la baja en el monitoreo actual (muestra del punto TF7-FIN), 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 4% de las muestras presenta una tendencia significativa. De esta manera, se descartó un efecto sostenido en el tiempo y se verifica que las diferencias observadas entre mediciones 2006-2011 y 2012-2021 se produjeron por la estandarización de las condiciones de medición, al enviarse a un laboratorio especializado desde el 2012.

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 2006-2021 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.

## 1.5 Fauna

El Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) realizado por SQM Salar S.A., consigna para el componente 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 Soncor, Aguas de Quelana y Peine, el cual se realiza anualmente, específicamente en el mes de abril. Para cada taxón, la RCA 226/2006 establece las metodologías y 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 22 especies, de las cuales 3 corresponden a reptiles, 14 especies de aves y 5 de mamíferos. La totalidad de especies registradas

son nativas, de las cuales, 2 son especies endémicas, es decir, que su distribución natural se restringe únicamente a nuestro territorio nacional.

De las especies detectadas, 9 de ellas se encuentran clasificadas alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). De estas, 5 especies se encuentran clasificadas en categorías de conservación de amenaza. Durante la presente campaña, no se detectó la presencia de especies introducidas.

### 1.5.1 Reptiles

El análisis por clase taxonómica de la clase Reptilia en el periodo 2021, indica que las especies *Liolaemus constanzae* y *L. fabiani* presentan las mayores abundancias promedio, mientras que *L. puna*, especie que no había sido registrada desde el 2018, fue observada en el sector de Cruce Camar en el ambiente de Brea-Cachiyuyo.

### 1.5.2 Aves

En cuanto a las aves, se registró un total de 14 especies durante la campaña del año 2021, distribuidas en ambientes terrestres y/o acuáticos, de las cuales dos fueron detectadas fuera de las metodologías aplicadas para análisis de abundancia (i.e. transectos).

Además, se registraron ocho especies de aves asociadas a ambientes terrestres, 6 de ellas mediante la metodología de transectos, mientras que el pequén y el minero de la puna fueron detectados de forma circunstancial.

En cuanto a la avifauna presente en ambientes acuáticos, durante la realización del censo, fue posible detectar la presencia de 10 especies (algunas también detectadas en ambientes terrestres), pertenecientes a los órdenes Passeriforme, Charadriiformes y Phoenicopteriformes. Durante la campaña anterior no se realizó el censo de aves acuáticas debido a restricciones de ingreso a la Reserva, sin embargo, esta carencia fue complementada con información del Plan de Manejo Biótico (plan de seguimiento ambiental biótico) de la RCA 21/2016<sup>3</sup>.

### 1.5.3 Mamíferos

Se identificaron cinco especies de mamíferos, correspondiente a tres micromamíferos no fosoriales, un micromamífero fosorial y un macromamífero.

Los tres micromamíferos no fosoriales detectados en la presente campaña fueron *Abrothrix andinus*, *Phyllotis xanthopygus* y *Eligmodontia puerulus*. La abundancia de los micromamíferos no fosoriales alcanzó un total de 16 individuos capturados, valor menor a lo observado en las campañas 2008, 2009, 2019 y 2020. Se registró el micromamífero fosorial (*Ctenomys fulvus*), el cual se detectó en Vegas de Carvajal, Aguas de Quelana y Cruce SQM, a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones. Estos registros se han observado a lo largo de los distintos monitoreos, correspondiendo a una especie que hace un uso extensivo de los distintos ambientes definidos para el borde este del Salar de Atacama.

En el caso de los macromamíferos, se registró al zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), siendo detectado en los tres sectores de monitoreo mediante la metodología de cámaras trampa, sin embargo, no se registró su presencia mediante la metodología de estaciones olfativas.

---

<sup>3</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.

## 1.6 Biota Acuática

### 1.6.1 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 limo. Los sistemas muestreados en general presentaron buena calidad de sus aguas, y la presencia de comunidades acuáticas acordes 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 2021) 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 2021, se determinó una baja variabilidad en los valores medidos en cada sistema hidrológico y no se detectaron variaciones significativas en los valores de pH. La Conductividad y Salinidad mostraron que existen diferencias significativas entre los sectores del Salar de Atacama.

En cuanto al parámetro Oxígeno disuelto, se determinó una leve heterogeneidad entre algunos de los sitios de estudio y no se detectaron diferencias de los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos.

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 2021) 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 2021 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 Biótico

Respecto a la variable Clorofila-a durante la campaña de abril de 2021, 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, dicha variabilidad se ha mantenido históricamente.

En términos del Fitobentos y Fitoplancton, durante el actual periodo (abril 2021) no existieron diferencias en los niveles de Abundancia y Riqueza determinados entre los distintos sistemas y, en general, existe 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. 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 2021 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 y Aguas de Quelana respecto a Peine. Por su parte, la comparación histórica interanual de todos los parámetros comunitarios de Fitobentos, Fitoplancton, 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 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, todos 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) de vegetación, flora, fauna y biota acuática en el sector de Borde Este del Salar de Atacama para el Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”. Dicho proyecto fue calificado favorable mediante Resolución Exenta N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente (en adelante RCA N° 226/2006).

El Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) tiene por finalidad examinar si las componentes que fueron objeto de evaluación ambiental se comportan según lo estimado en el EIA. Las componentes ambientales y variables materia del PSA quedaron establecidas en el Anexo I (Plan de Seguimiento Ambiental) de la Adenda N° 3 del EIA y en el Considerando 10 de la RCA N° 226/2006, correspondiendo a los que se presentan en la Tabla 2-1.

Respecto al Considerando 10.3.1 “Contenido de Humedad del Suelo en el Sector Borde Este”, cabe mencionar que sus mediciones son trimestrales, por lo que sus resultados son entregados en un informe consolidado. Por otra parte, el Considerando 11.4.4 y Resuelvo 1.3 agregado por la Resolución Exenta N°56/2008, es atendido en el informe complementario “Monitoreo de Indicadores de Estado Biótico”, el cual también se entrega por separado.

**Tabla 2-1. Parámetros establecidos en la RCA 226/06 y responsables de la ejecución del Seguimiento Ambiental.**

Componente	Numeral RCA (226/06)	Variable	Parámetros	Frecuencia medición	Institución y/o equipos de trabajo responsables
Vegetación y Flora	10.3.2	Vegetación en Borde Este mediante imagen satelitales	Cobertura de la vegetación medida como superficie  Estado vital Porcentaje de copa verde	Anual	Geobiota
		Vegetación en Zona de Conexión	Cobertura vegetacional  Estado vital Porcentaje de copa verde.	2 veces al año	
		Flora	Frecuencia de especies. Riqueza florística. Caracterización del sustrato (Medición de pH y salinidad del suelo).	Anual	Geobiota  Extracción de muestra en terreno para el análisis de pH y salinidad: Algoritmos SpA.  Análisis de Laboratorio de pH y salinidad: Laboratorio de Servicios Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal (Universidad Católica).

**Tabla 2-1. Parámetros establecidos en la RCA 226/06 y responsables de la ejecución del Seguimiento Ambiental.**

Componente	Numeral RCA (226/06)	Variable	Parámetros	Frecuencia medición	Institución y/o equipos de trabajo responsables
					Laboratorio de ALS Life Sciences Chile
		Ejemplares algarrobo ( <i>Prosopis alba</i> )	Vitalidad Porcentaje de copa viva	Anual	Geobiota
Fauna	10.4	Reptiles	Abundancia	Anual	
		Aves (terrestres y acuáticas)	Abundancia	Anual	
		Mamíferos (micromamíferos y carnívoros)	Abundancia	Anual	
Biota acuática	10.5	Medio abiótico	Temperatura Conductividad pH Oxígeno disuelto Temperatura de sedimentos Conductividad de sedimentos	Anual	AquaExpert (Inspector ambiental).
		Medio biótico	Fitobentos: Composición, abundancia y biomasa (contenido de clorofila). Fitoplancton: Riqueza, abundancia y biomasa (contenido de clorofila). Zobentos: Composición y abundancia. Zooplancton: Composición y abundancia. Plantas acuáticas: Cobertura.	Anual	AquaExpert (Inspector ambiental).

Fuente: Elaboración propia a partir de Resolución Exenta N°226/2006 que aprueba Proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama" y modificaciones incorporadas por Resolución Exenta N°56/2008<sup>4</sup>.

Los resultados expuestos en este informe corresponden al período anual 2021, correspondiente al monitoreo número 15, para lo cual se establecieron en la RCA 226/2006 campañas de muestreo en enero y abril. Cabe indicar que, para el periodo 2021 fue necesario realizar una campaña complementaria entre los días 4 y 7 de mayo, debido a que en abril no se pudo tomar la totalidad de datos del periodo por restricciones derivadas

<sup>4</sup> Cabe mencionar que el texto original de la RCA 226/2006 establecía en su Resuelvo 1.3 "un monitoreo de la evolución de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a fin de evaluar la condición del suelo y su relación con la extracción de agua", monitoreo que fue eliminado a través de los Resueltos 9 y 11 de la Resolución N° 056/2008. La medición de las propiedades señaladas se presentó por única vez en el Informe de Monitoreo N°1 correspondiente a la campaña de abril del año 2007

de la Resolución Exenta N°56/2019, que aprueba el protocolo de ingreso a los sectores 4, 5 y 7 de la Reserva Nacional Los Flamencos y por las restricciones sanitarias producto de la pandemia de COVID-19.

Los equipos de trabajo que participaron en la elaboración del presente Plan de Seguimiento Ambiental se exponen en forma general en la Tabla 2-1, y con mayor detalle en el Anexo XI.

El presente informe reportará para cada variable su metodología de muestreo y/o medición, los resultados obtenidos para el año 2021, la discusión de los resultados actuales y su comparación con los datos históricos obtenidos, estableciéndose, por último, las conclusiones respectivas.

### 3 OBJETIVOS

El objetivo general del presente informe de Plan de Seguimiento Ambiental es dar cuenta del estado ambiental y la evolución temporal de los componentes vegetación, flora, fauna y biota acuática en el Borde este del Salar de Atacama, con la finalidad de detectar la ocurrencia de eventuales efectos no previstos sobre estos componentes ambientales, producto de la extracción de agua dulce en los pozos Mullay I, Allana, y Camar 2, tal como se establece en el capítulo I.5 del Anexo I de la Adenda III del Proyecto.

De acuerdo con lo establecido en la RCA 226/2006, los objetivos específicos del presente informe de Plan de Seguimiento Ambiental son los siguientes:

- Evaluar eventuales variaciones en la superficie cubierta con vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama mediante el análisis de imágenes satelitales.
- 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)
- Evaluar el estado vital de los ejemplares de Algarrobos ubicados en el área del Pozo Camar 2
- Detectar eventuales cambios a nivel de la abundancia y riqueza de las especies de flora en cada transecto definido y detectar cambios a nivel de sustrato en cada transecto y relacionarlos con las mediciones efectuadas sobre la flora.
- Evaluar la abundancia de reptiles, aves terrestres, micromamíferos y carnívoros en el Borde Este del Salar de Atacama.
- Evaluar la abundancia de aves acuáticas presente en los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine.
- Evaluar de los aspectos físico-químicos del agua y parámetros limnológicos bióticos (fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton) en los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine.



## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Área de estudio

El área de estudio del presente Plan de Seguimiento Ambiental se encuentra inserto en el Borde Este del Salar de Atacama, en la cuenca endorreica Salar de Atacama, Región de Antofagasta.

El sector está delimitado por los vértices que se muestran en la Tabla 4-1 y se representan espacialmente en la Figura 4-1.

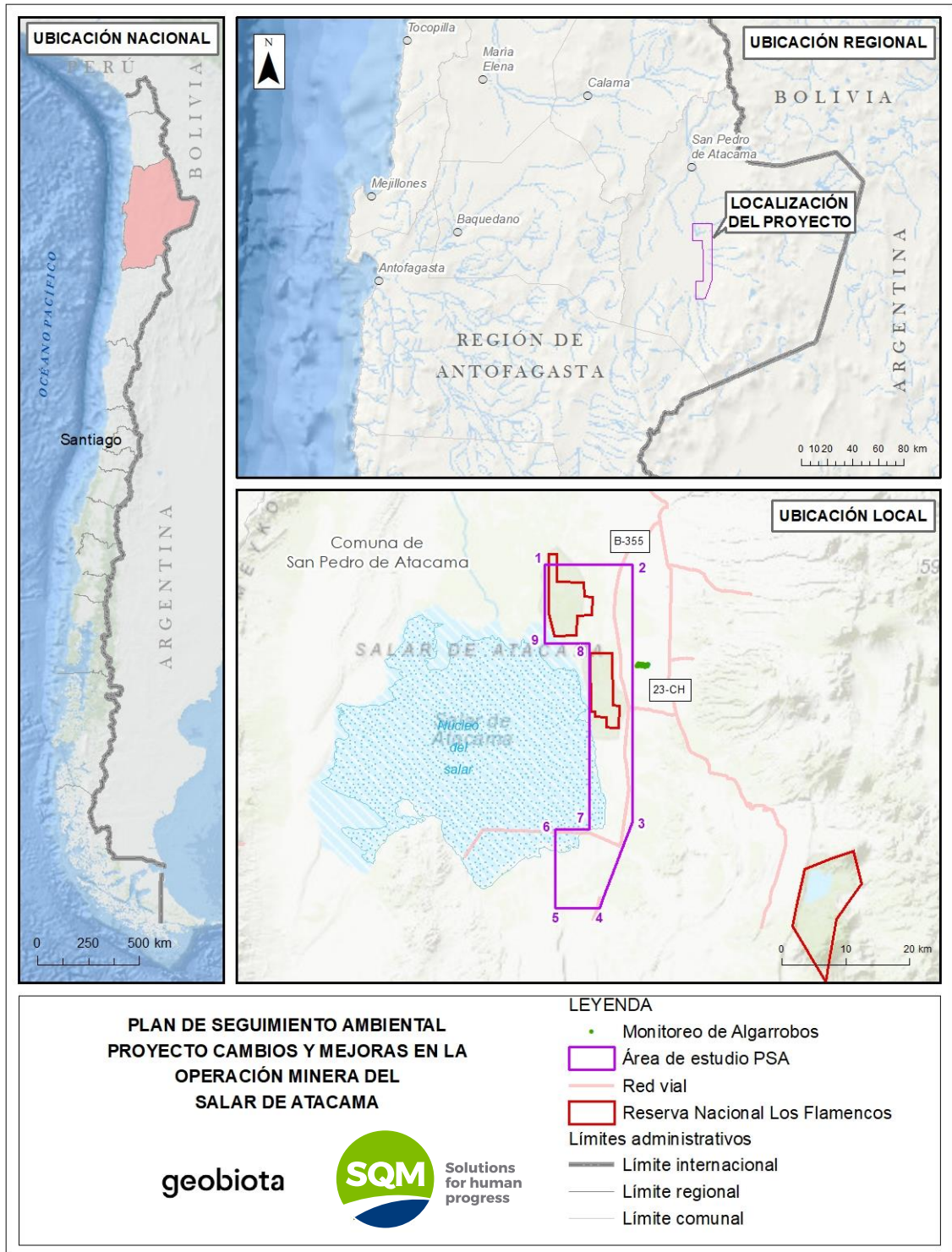
**Tabla 4-1. Vértices del Área de estudio.**

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

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, el Plan de Seguimiento Ambiental considera el monitoreo de ejemplares de Algarrobo ubicados en el área aledaña al pozo Camar 2, los que se pueden observar en la Figura 4-1.

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



Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales

Se detalla la metodología para la identificación de formaciones, tipos y coberturas vegetacionales en el área de estudio para cada periodo de análisis, con el objeto de detectar posibles variaciones en la cobertura de las formaciones vegetacionales.

### 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, cuya ubicación se estableció en el Anexo V.II de la Adenda III del EIA, y es presentado a continuación en la Tabla 4-2 y la Figura 4-2. Adicionalmente, 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).**

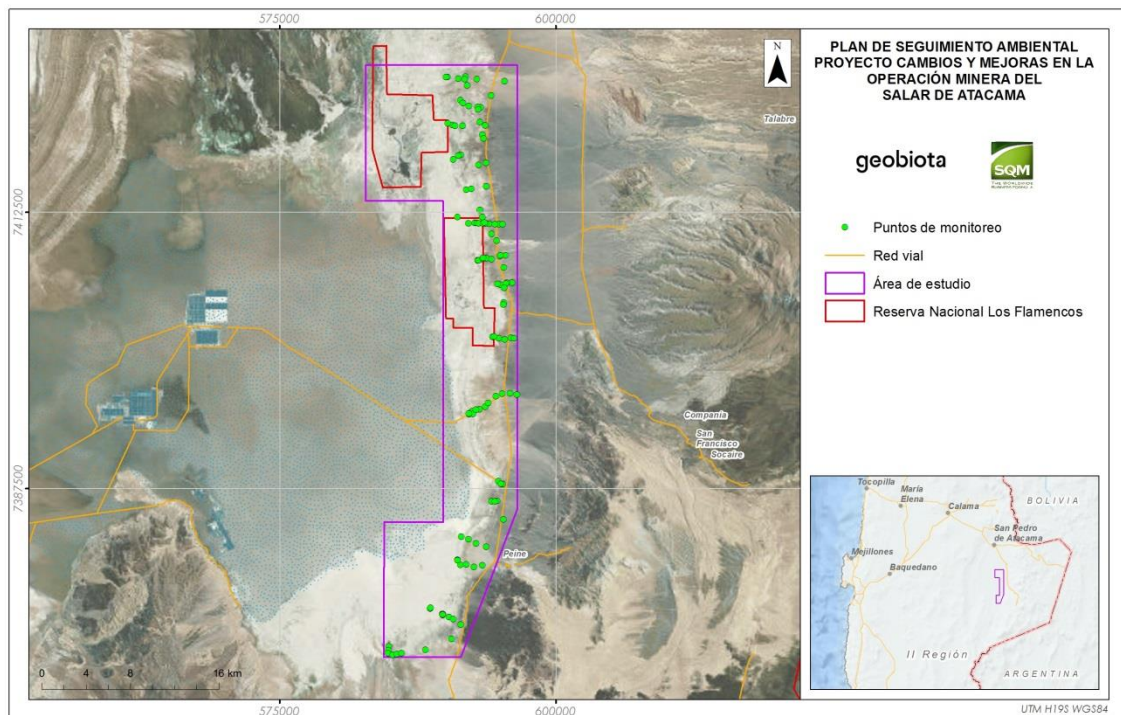
Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-01	590.161	7.424.778	N-34	595.130	7.396.082	N-67	590.570	7.373.893
N-02	591.798	7.424.803	N-35	595.838	7.396.132	V-01	590.057	7.424.786
N-03	595.369	7.424.392	N-36	596.454	7.396.030	V-05	592.823	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

**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-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
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

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

#### 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 expuesto en la RCA 226/2006.

Se hace hincapié en que se incorporó un proceso de optimización metodológica, presentado a la 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 una correcta asignación tanto del tipo vegetacional como de la cobertura de unidades vegetacionales.

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 que para el seguimiento se debe utilizar una imagen satelital de alta resolución capturada en el mes de abril de cada año, con la finalidad de identificar si existen variaciones en la cobertura 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.

#### 4.2.3 Metodología 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 describe a continuación.

##### 4.2.3.1 Prospección vegetacional de 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 corresponde a un método cartográfico que permite caracterizar la vegetación presente en un área determinada, estimando el estado actual de la formación vegetal, especies dominantes y grado de artificialización.

Las descripciones de terreno, realizadas en los 99 puntos de monitoreo, registran los tipos biológicos presentes en cada unidad cartográfica, estimando en forma visual su cobertura, estratificación en término de altura y 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

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, en cada punto de descripción se registran antecedentes de vitalidad y porcentaje de copa viva (follaje) de acuerdo a 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.
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.

Fuente: Elaboración propia, basado en RCA 266/2006.

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%

Fuente: Elaboración propia

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

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.2 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.

Para el caso del monitoreo del periodo 2021, se utilizaron imágenes del satélite Worldview 3 m 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 multiespectral de 4 bandas con una resolución espacial de 2 m.

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*) (Chavez, 1996). El principio de este método se basa en que superficies de fuerte absortividad (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 aumentando paralelamente en el rojo, siendo menor el contraste entre dichas bandas (Chuvieco, 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 (Chuvieco, 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.

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

En el análisis pixel a pixel, 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).

#### 4.2.3.3 Segmentación, clasificación y atribución de la vegetación.

Con el objeto de identificar eventuales cambios en las coberturas vegetacionales, se identificaron las formaciones y tipos 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 período de análisis.

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 detalladas en la sección 4.2.1. De manera complementaria, 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 4.3.1), 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.

Este Mapa de vegetación (Anexo I) muestran la distribución y representatividad de cada una de las formaciones, tipos vegetacionales, desagregados por las categorías de coberturas presentes en el Borde Este, permitiendo la caracterización ambiental y la evaluación de cambios de las formaciones vegetacionales presentes.

#### 4.2.3.4 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 cartografiada 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 grama salada (*Distichlis spicata*).**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información 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 Worldview 3m.

Tal como lo establece la RCA 226/2006 para la elaboración del mapa de vegetación se utilizó una imagen de alta resolución, capturada el 7 de abril del 2021 a partir del satélite Worldview 3. Estas imágenes están compuestas por 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).

#### 4.2.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Para esta variable, la RCA 226/2006 establece una visita en terreno en abril. Sin embargo, debido a las restricciones derivadas de la Resolución Exenta N°56/2019<sup>5</sup>, producto de la pandemia de COVID-19, no fue posible cubrir la totalidad de los puntos en la campaña inicial, siendo necesario realizar una campaña complementaria, la que se desarrolló a finales de abril del 2021. El detalle de las fechas de terreno son las siguientes:

**Tabla 4-7. Fechas de muestreo vegetación.**

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Vegetación	Borde Este	05 al 14 de abril de 2021
Vegetación	Borde Este (Aguas de Quelana y Peine)	19 al 22 de abril de 2021

Fuente: Elaboración propia.

<sup>5</sup> Resolución Exenta N°56/2019; aprueba Protocolo de Monitoreo Ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos.

### 4.3 Monitoreo de vegetación en zona de conexión vegetación-acuífero

Se analizan unidades de vegetación que se encontrarían en la zona de contacto entre la napa subterránea y el sistema radicular de la formación arbustiva de *Tessaria absinthioides* – *Atriplex atacamensis*. Estas unidades son evaluadas dos veces en el año, en la época de crecimiento de las plantas, específicamente en los meses de enero y abril.

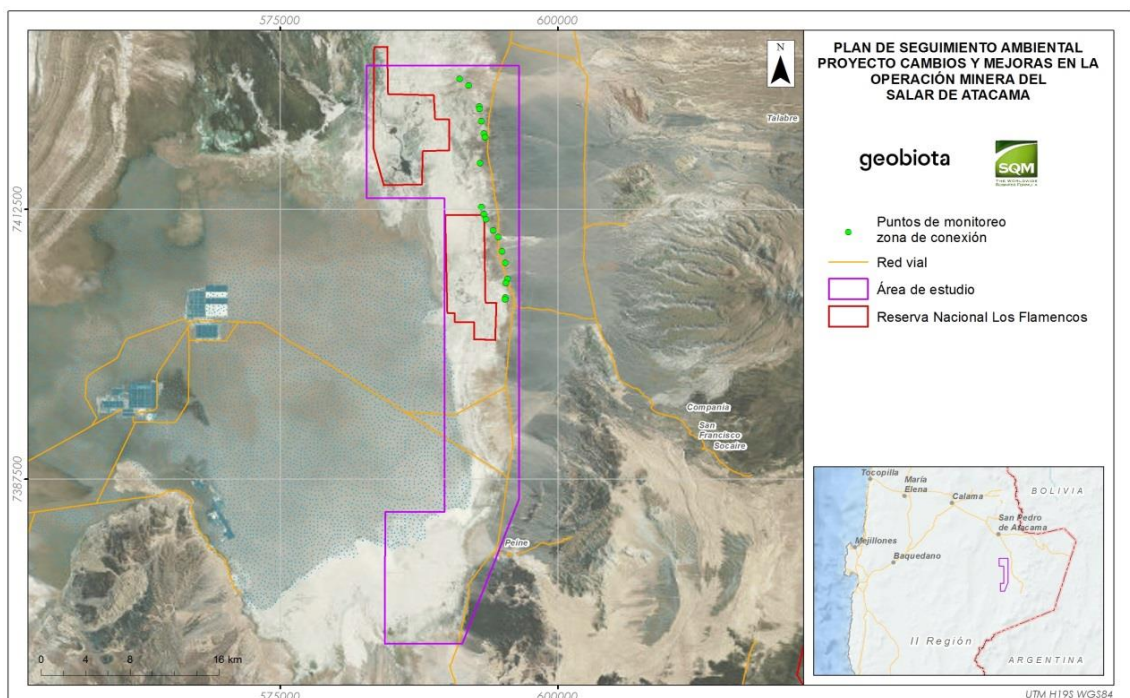
#### 4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

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
VA-09	593.098	7.412.731	VA-19	595.253	7.404.179
VA-10	593.316	7.412.085	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

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

Fuente: Elaboración propia

#### 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 la cobertura vegetal, el 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 el estado actual de la formación vegetal, especies dominantes y grado de artificialización.

Los parámetros de la COT medidos en los 19 puntos de la zona de conexión vegetación – acuífero fueron descritos en la sección 4.2. (Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales) y corresponden a tipos biológicos presentes en cada unidad cartográfica estimando en forma visual su cobertura, estratificación en término de altura y especies dominantes (Tabla 4-3); vitalidad (Tabla 4-4); Porcentaje de copa viva (Tabla 4-5) y fenología (Tabla 4-6).

#### 4.3.4 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.

#### 4.3.5 Fechas de campaña de terreno

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 4-9. Fechas de monitoreo de la vegetación.**

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Vegetación	Zona de conexión vegetación-acuífero (Enero)	18 al 22 de enero de 2021
	Zona de conexión vegetación-acuífero (Abril)	05 al 14 de abril de 2021

Fuente: Elaboración propia.

## 4.4 Monitoreo de algarrobos en el sector Camar-2

### 4.4.1 Ubicación de ejemplares monitoreados

El monitoreo de algarrobos (*Prosopis alba*<sup>6</sup>) se realiza en 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, cada ejemplar ha sido rotulado con un código identificador, los que se indican en la Tabla 4-10, mientras que su distribución espacial en el área se presenta en la Figura 4-5.

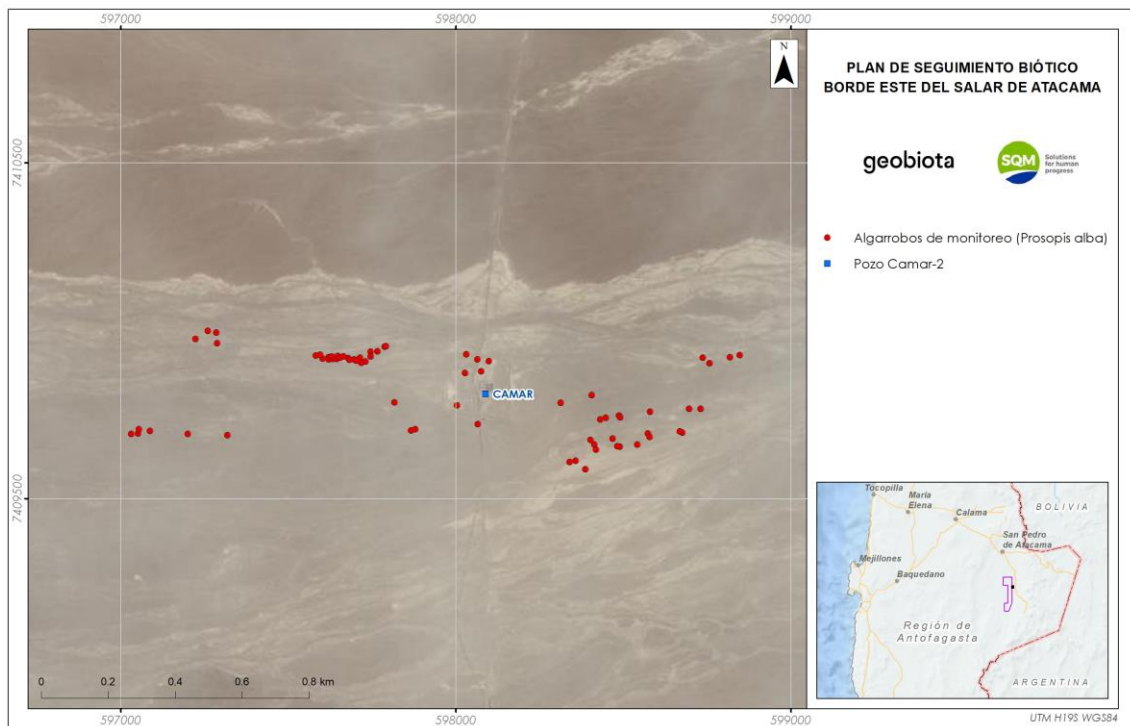
**Tabla 4-10. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados (Datum WGS84 19S).**

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	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

<sup>6</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.

Figura 4-5. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 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 VII) y con mediciones de daño causado por agentes externos y fenología.

#### 4.4.3 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, 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. Cada una de estas variables de monitoreo se detallan a continuación:

##### 4.4.3.1 Vitalidad

De acuerdo a lo establecido en la RCA 226/2006, sobre cada ejemplar de algarrobo se registran antecedentes de vitalidad, que es una forma de evaluación general del estado sanitario de los individuos, cuyas categorías de evaluación se presentan en la Tabla 4-11.

**Tabla 4-11. 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.

Fuente: Elaboración propia, basado en RCA 266/2006.

4.4.3.2 Copa viva (Follaje verde)

La copa viva (follaje verde) 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 4-12. 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%

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.3 Fenología

La fenología se refiere a los fenómenos de aparición de tallos y hojas, floración y producción de frutos y semillas y su ocurrencia guarda relación con las condiciones ambientales y estado vital de la planta. De acuerdo con lo establecido en el RCA 226/2006, las categorías de fenología se presentan en la Tabla 4-13.

**Tabla 4-13. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.**

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

**Tabla 4-13. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.**

Código	Estado fenológico
--------	-------------------

Fuente: Elaboración propia

**4.4.3.4 Daño por agentes externos**

La prospección del tipo de daño por acción de agentes externos es una variable complementaria, incorporada en el año 2017 como respuesta a la Res. Ex. N°1/Rol F-041-2016 la SMA y 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 cierta medida 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.

Tal como se señaló anteriormente, esta no es una evaluación acumulativa, sino que pretende evaluar el daño en la temporada analizada. Es decir, si a vista del especialista el daño fue provocado en temporadas anteriores, el daño no es registrado.

Las categorías utilizadas para la evaluación de daños por agentes externos se presentan en la Tabla 4-14

**Tabla 4-14. 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.

Fuente: Elaboración propia

**4.4.4 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.



#### 4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

**Tabla 4-15. Fechas de muestreo de ejemplares de Algarrobo.**

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Ejemplares de Algarrobo	Zona aluvial de la Quebrada de Camar	06 al 08 de abril de 2021

Fuente: Elaboración propia.

## 4.5 Flora

### 4.5.1 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 4-16.

La Figura 4-6 presenta la distribución de los siete transectos de flora en el área de estudio.

**Tabla 4-16. 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

**Tabla 4-16. Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).**

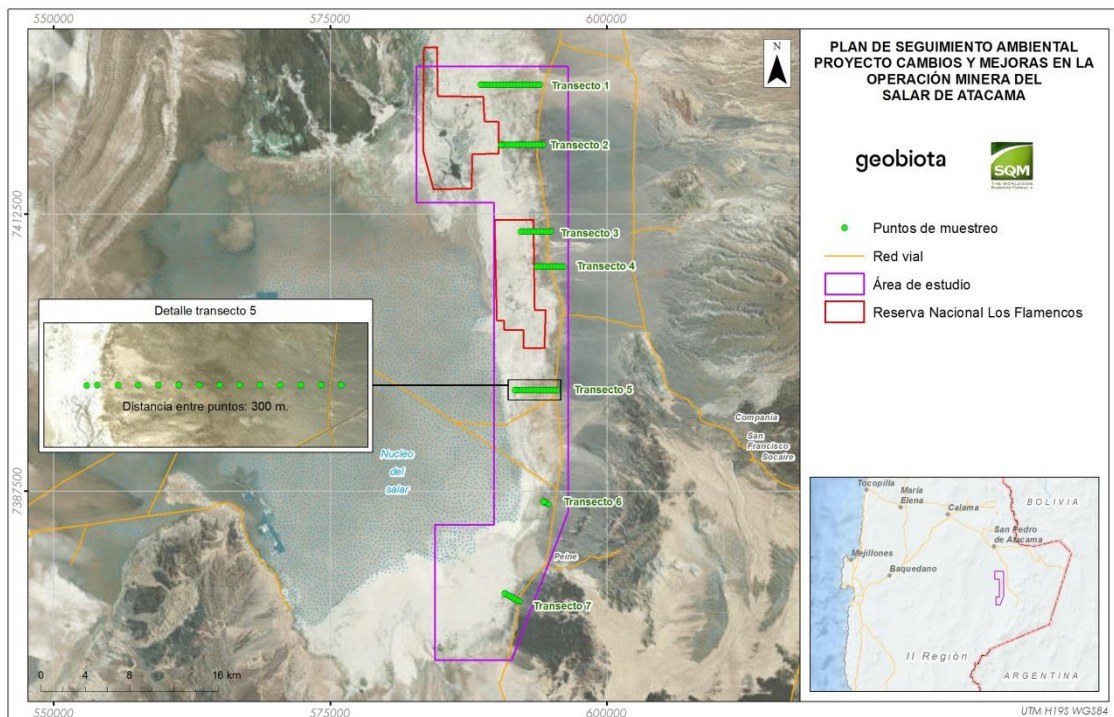
Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
TF-2-04	593.288	7.418.785	TF-4-05	594.873	7.407.801	TF-7-04	591.306	7.377.975
TF-2-05	592.988	7.418.785	TF-4-06	594.573	7.407.801	TF-7-05	591.046	7.378.125
TF-2-06	592.688	7.418.785	TF-4-07	594.273	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.

Fuente: Elaboración propia, basado en RCA 226/2006.

**Figura 4-6. Ubicación de los transectos de flora en el área de estudio.**



Fuente: Elaboración propia

**4.5.2 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 la medición de riqueza florística y 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.

### 4.5.3 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).

En cada punto 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>7</sup>. Las muestras son representativas de la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial). Se realizaron tres perforaciones por punto de muestreo de aproximadamente 60 cm de profundidad, y posteriormente, se tomaron las muestras a 45 cm de profundidad. El tamaño de cada muestra es de 500 gramos aproximadamente (Tabla 4-7).

---

<sup>7</sup> Código ETFA 015-01, código alcance 27452.

**Figura 4-7. Toma de muestras de suelo de la empresa Algoritmos SPA**

TF-2-01

Ubicación WGS84 H19S

589.192 - 7.418.783



Fuente: Algoritmos Spa.

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>8</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.

#### 4.5.3.1 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/Rol 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).

<sup>8</sup> Código ETFA 029-02, código alcance 5318 (conductividad) y 5319 (pH).

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 XIII 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>9</sup> y se encuentra adjunto en el Anexo XIII 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:

- 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 presentado a 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 XIII, junto al protocolo de tendencias.

#### 4.5.4 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.

#### 4.5.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

**Tabla 4-17. Fechas de muestreo Flora**

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Flora	Borde Este	06 al 12 de abril de 2021

Fuente: Elaboración propia.

<sup>9</sup> Reporte N°1, cargado en el Sistema de Seguimiento de Programas de Cumplimiento-SPDC, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

## 4.6 Fauna

### 4.6.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

#### 4.6.1.1 Monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos

Como se establece en la RCA N° 226/2006, se han definido cinco 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 (matorral) Brea-Cachiyuyo
- Hábitat de (matorral) 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 266/2006. Las coordenadas con la ubicación de todos los transectos prospectados y fijos en el tiempo se presentan en la Tabla 4-18, mientras que la ubicación espacial de los mismos se presenta en la Figura 4-8. Se hace el alcance que el muestreo de mamíferos se realiza sólo en los sectores de Aguas de Quelana y Vega de Carvajal, 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, en el sector de Aguas de Quelana el transecto definido para el hábitat de Rica rica – Pingo pingo (Transecto N°9), fue desplazado al mismo hábitat donde se realizan las capturas de micromamíferos mediante trampas Sherman (Rica rica – Pingo pingo). Considerando además que, durante la realización del PSA, la información asociada al componente de vegetación (Acápite 6.2.2: Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales) fue rectificado en el año 2013, y que continuamente se ha ido actualizando, presentando modificaciones en su segmentación, se verifica que el sector donde se encuentra ubicado el Transecto N°9 original no corresponde al hábitat de Rica rica – Pingo pingo, encontrándose ubicado en el hábitat de Matorral de Brea. Sumado a esto, en el caso de los puntos de micromamíferos MM2, MM3, MM5 y MM6, estos se encuentran ubicados en los mismos sectores y hábitats asociados a los transectos correspondientes (Transectos N°2, 3, 5 y 6), siendo coherente con esta modificación. De esta forma, se justifica la homologación de este hábitat de fauna con la definición de ambientes para la vegetación actualizado, realizando la prospección mediante las distintas metodologías establecidas 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 composición de la fauna existente en los distintos ambientes definidos. De esta forma, al analizar el mismo hábitat de Rica rica – Pingo pingo, hace comparables los resultados obtenidos en campañas previas.

**Tabla 4-18. Ubicación de puntos de muestreo 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
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
Laguna Interna	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 todos los ambientes existentes en cada sector (PSA año 2007).

\*\*\* : 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).

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-8. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.

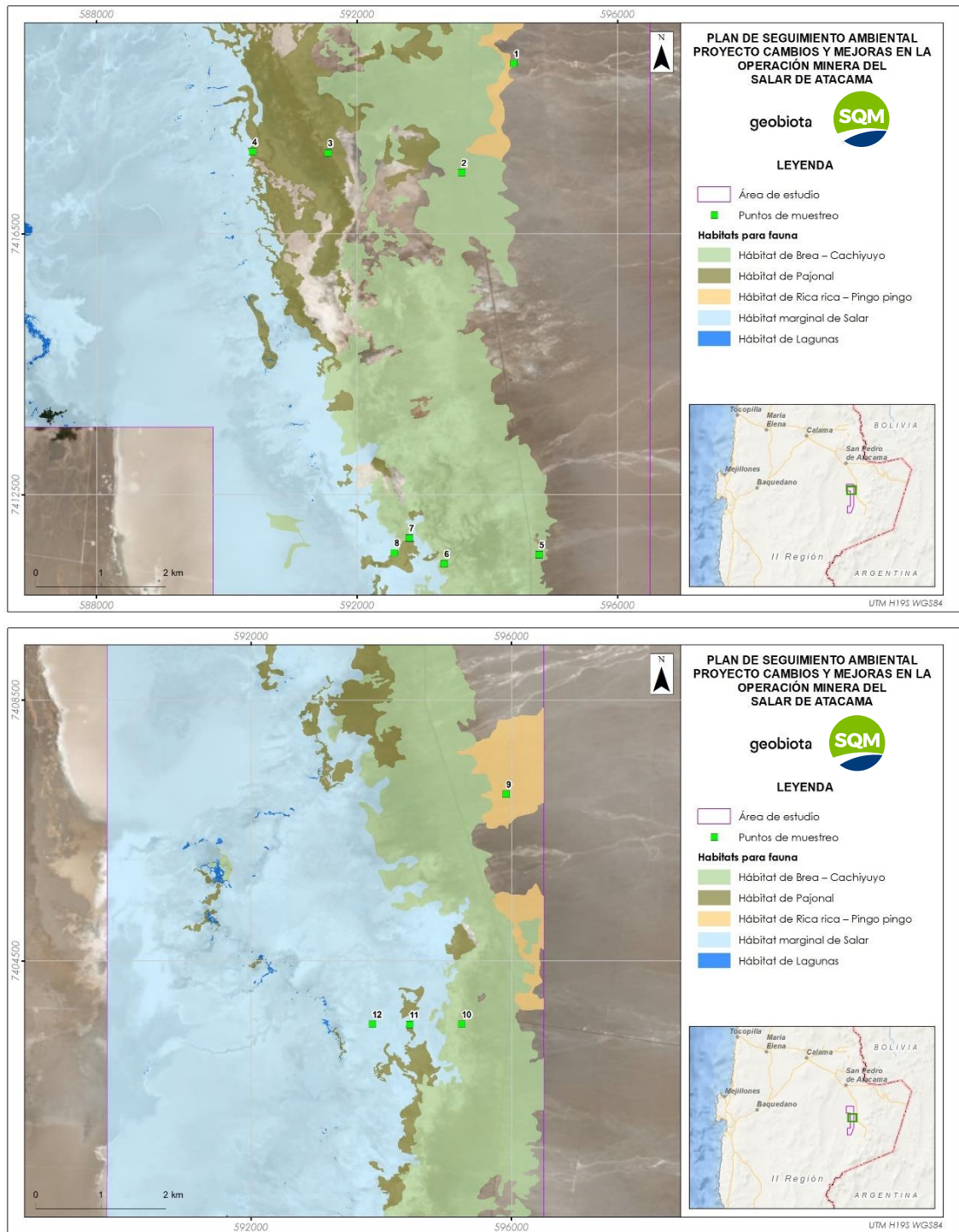
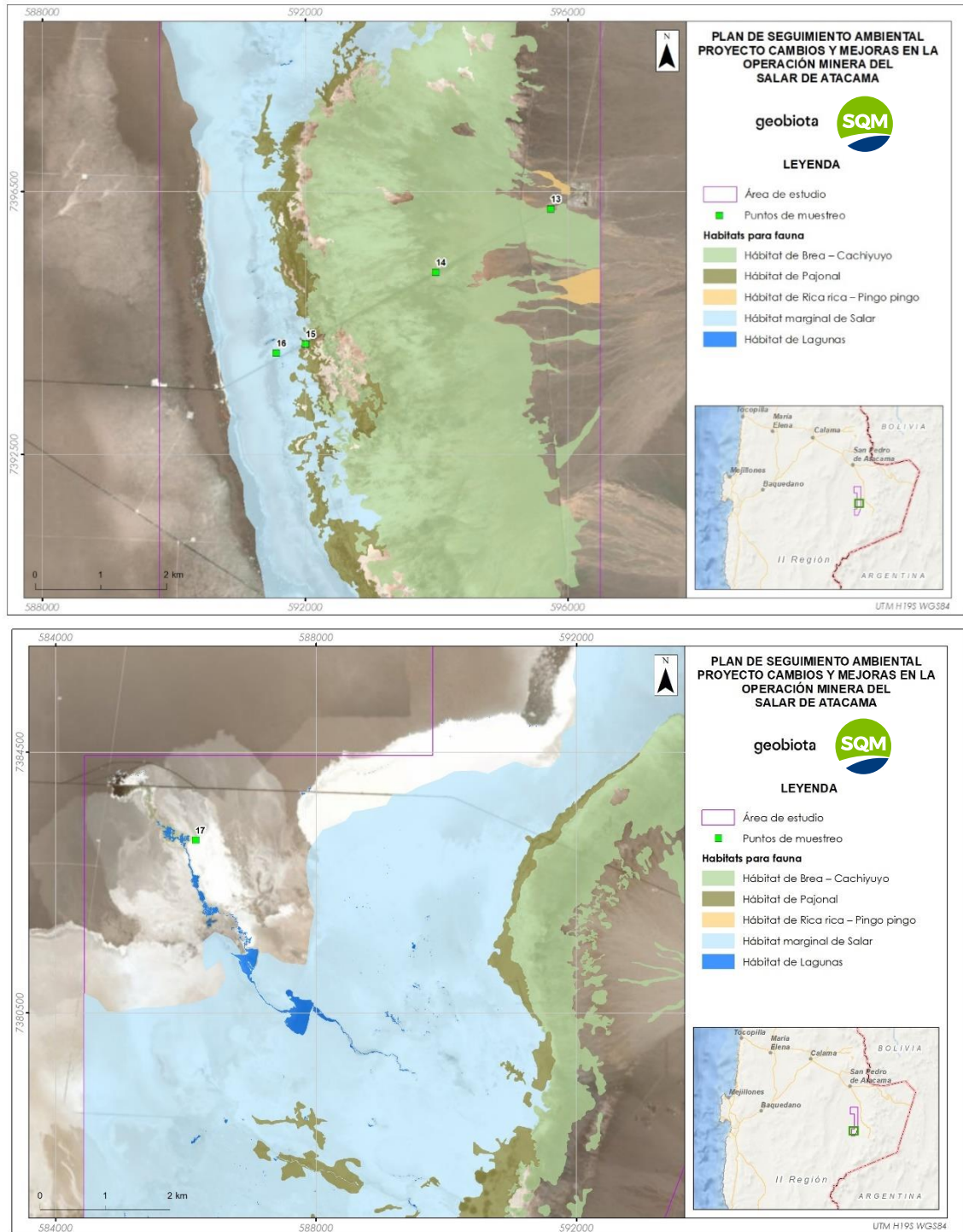




Figura 4-8. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

4.6.1.2 Monitoreo de aves en ambientes acuáticos

El censo de aves acuáticas asociado a los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine, considera 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 4-19, y su distribución respecto de las lagunas se presenta en la Figura 4-9 (Sistema Soncor), Figura 4-10 (Sistema Aguas de Quelana) y Figura 4-11 (Sistema Peine). Debido a la cercanía del sector Canal Chaxa-Barros Negros con la Laguna Chaxa, los datos obtenidos en el transecto 4, son analizados junto con los registros de Laguna Chaxa.

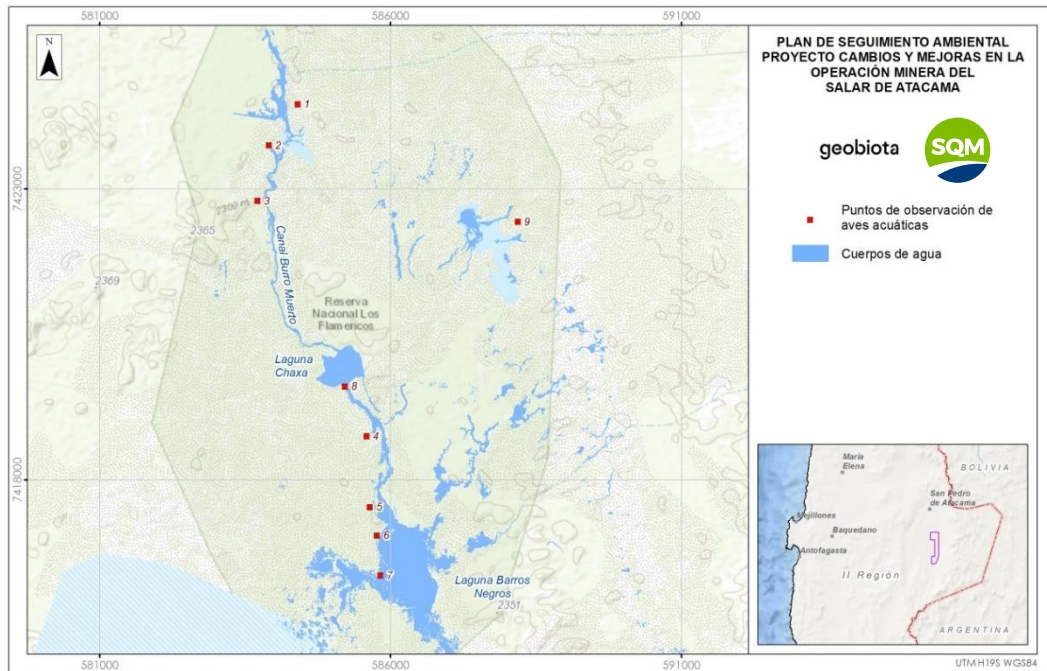
**Tabla 4-19. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).**

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
	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
		18	7.403.591	593.496
Peine	Laguna Salada	19	7.380.813	587.562
		20	7.380.721	587.592
		21	7.380.535	587.581
	Laguna Saladita	22	7.381.486	587.101
		23	7.381.285	587.094
	Laguna Interna	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.

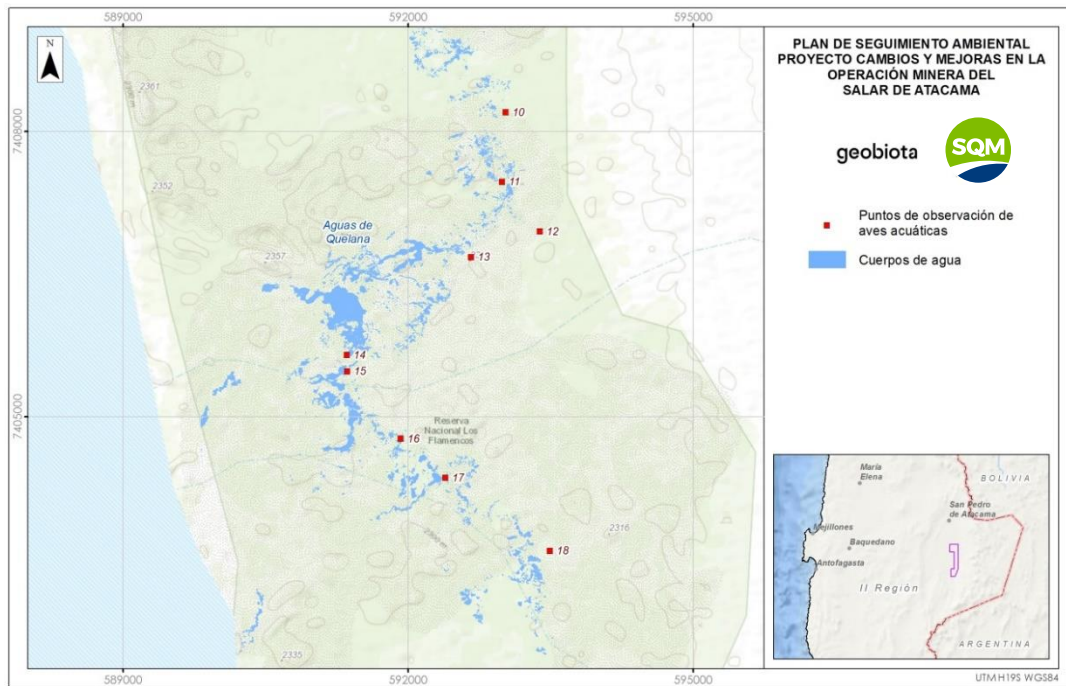
Fuente: Elaboración propia

Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor.



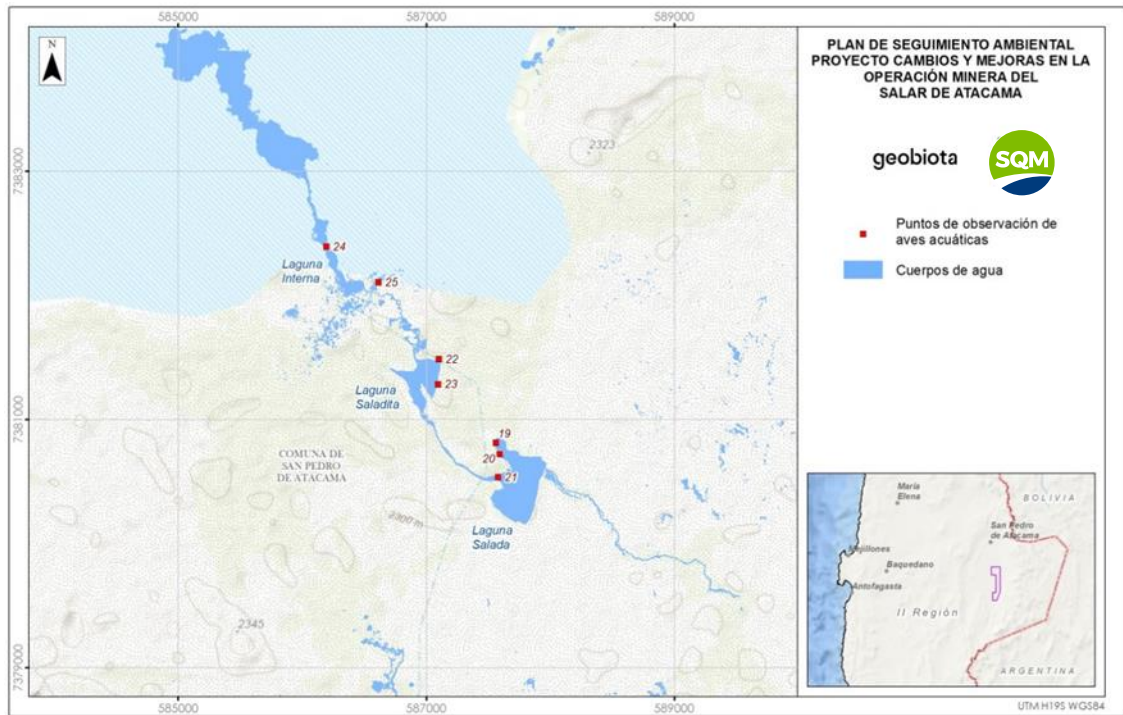
Fuente: Elaboración propia

Figura 4-10. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-11. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Peine.



Fuente: Elaboración propia

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

El monitoreo de los 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.

### 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°102/2021 y 103/2021, las que amplían la fecha de vigencia de la Resolución Exenta N°171/2020 y N°172/2020, respectivamente (Anexo VIII).

#### 4.6.3.2 Técnicas de muestreo aplicadas

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

#### 4.6.3.3 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.

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 19).

#### 4.6.3.4 Aves en ambientes terrestres

La abundancia fue evaluada en los 17 transectos lineales de 300 metros. En cada transecto se realizó un recorrido pedestre, el que se repitió durante tres días estandarizando el tiempo de muestreo a 20 minutos para todos los transectos.

La presencia de aves en ambientes terrestres se determinó sobre la base de observaciones directas en terreno. 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 19).

#### 4.6.3.5 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 2021, se consideraron 25 puntos de observación (Tabla 4-19). La distribución de los puntos de observación en el perímetro de los Sistemas Lacustres mencionados se muestra en las Figura 4-9, Figura 4-10 y Figura 4-11. 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, no siendo necesaria la implementación de medidas especiales para el resguardo de la nidificación y crianza de los polluelos.

Cabe mencionar que durante la campaña del 2020 no fue posible acceder a los puntos dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo que, para el análisis histórico, se complementó la información con los resultados del Plan de Manejo Biótico (plan de seguimiento ambiental biótico) asociados a la RCA 21/2016<sup>10</sup>.

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 Micromamíferos

Para el estudio de roedores y marsupiales se realizó la captura de ejemplares mediante la instalación de 30 trampas de captura viva tipo Sherman en cada hábitat de importancia (Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal). Se consideraron los sectores definidos previamente para el estudio de mamíferos, correspondientes a los sectores Vega de Carvajal y Aguas de Quelana (Figura 4-8), obteniéndose un total de seis puntos de muestreo, los que se instalaron asociados a los transectos 1, 2, 3, 9, 10, y 11 (Puntos de muestreo de mamíferos MM1 a MM6).

Las trampas Sherman fueron cebadas con avena machacada y mantenidas 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 19) para cada trampa Sherman.

#### 4.6.3.7 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

---

<sup>10</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.

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).

El diseño muestral consideró la instalación de cuatro estaciones olfativas, en los hábitats de Rica rica - Pingo pingo y Brea – Cachiyuyo asociado 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.

Como índice se utilizó la proporción de visitas a cada estación por parte de macromamíferos, en función del número de estaciones 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 19.

#### 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 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. Para el caso específico de las aves, se utilizó además la información existente en el “South American Classification Committee”, (SACC, 2021<sup>11</sup>).

#### 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° 05/98). 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).

##### I. 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 silvoagropecuaria, 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).

#### 4.6.4 **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).

#### 4.6.5 **Fechas de muestreo de cada parámetro**

En la Tabla 4-20 se puede apreciar las fechas en las que se desarrolló la campaña de 2021 para el componente de fauna.

---

<sup>11</sup> SACC, 2021. List Classification of Birds; Version 19 January 2021 by South American Classification Committee. <https://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.htm>



Tabla 4-20. Fechas de muestreo Fauna

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Fauna	Borde Este	06 al 12 de abril 27 al 30 de abril 04 al 07 de mayo <sup>12</sup>

Fuente: Elaboración propia.

<sup>12</sup> Algunos sectores (Cruce Camar, Aguas de Quelana y Peine), así como los sistemas lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, no fueron monitoreados, conforme a restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos, en el contexto de la situación de emergencia sanitaria que enfrenta el país. En este contexto, la campaña fue completada en los primeros días del mes de mayo de 2021.

## 4.7 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.

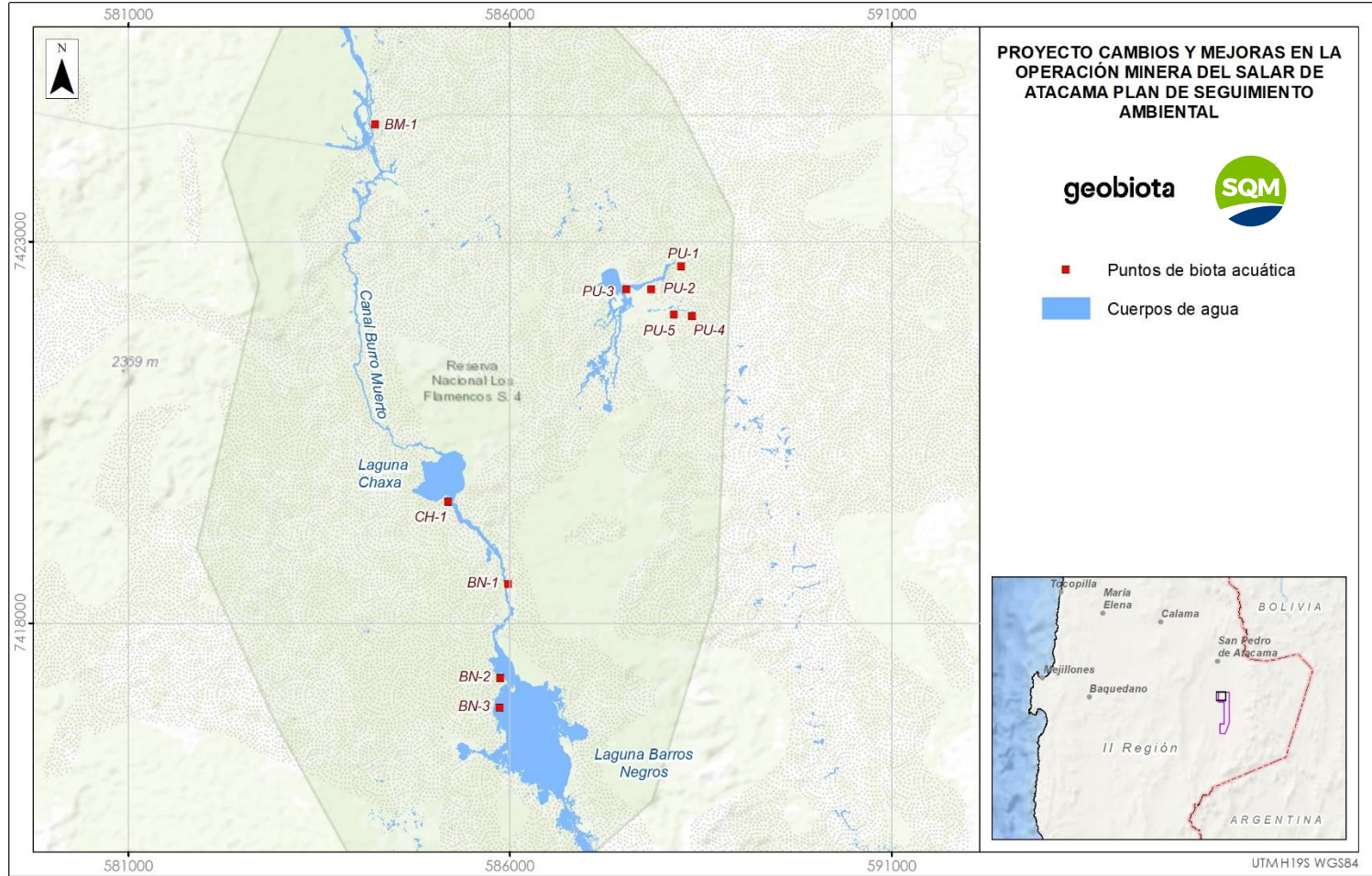
Siguiendo con la cantidad y distribución de estaciones de la serie de tiempo, se consideró el total de 25 estaciones de muestreo distribuidas en los sistemas lacustres de Aguas de Quelana, Puilar, Soncor y Peine cuya ubicación se entrega en la Tabla 4-21, Figura 4-12, Figura 4-13 y Figura 4-14, y que corresponden a puntos de medición fijos en el tiempo.

**Tabla 4-21. Sectores evaluados en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2021 (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
	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	7.4223.92
	PU-5	Puilar laguna 1	588.107	7.4221.57
Soncor	BN-1	Barros Negros laguna	585.921	7.4186.03
	BN-2	Barros Negros entrada laguna	585.885	7.4172.92
	BN-3	Barros Negros canal	585.800	7.4169.73
	CH-1	Laguna Chaxa	585.356	7.4202.13
	BM-1	Canal Burro Muerto	584.178	7.4249.13
Peine	PE-1	Laguna Interna	586.442	7.3818.93
	PE-2		586.278	7.3820.19
	PE-3		585.912	7.3818.50
	SA-1	Laguna Salada	586.814	7.3812.85
	SA-2	Laguna Saladita	587.604	7.3804.83

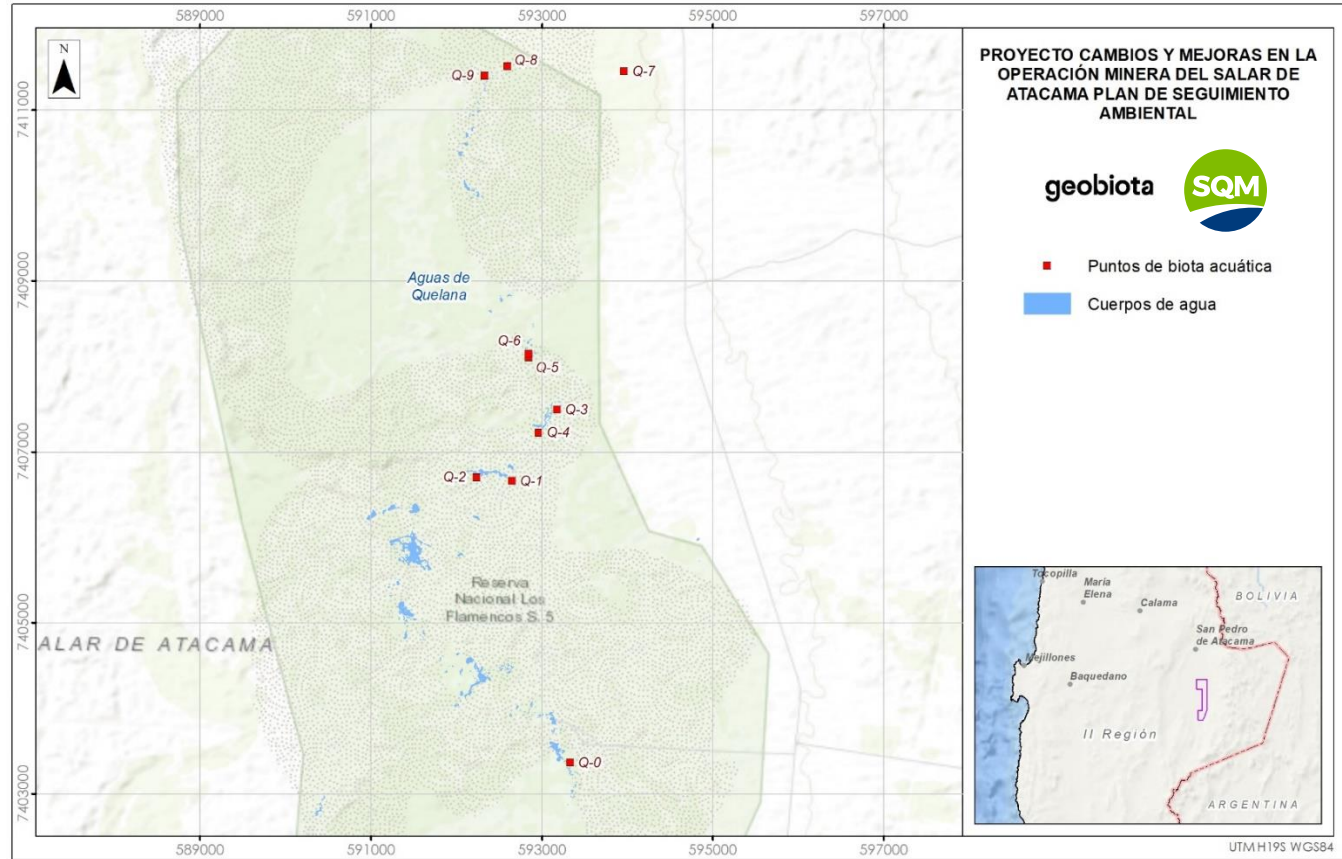
Fuente: Elaboración propia, RCA 226/2006.

Figura 4-12. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Soncor.



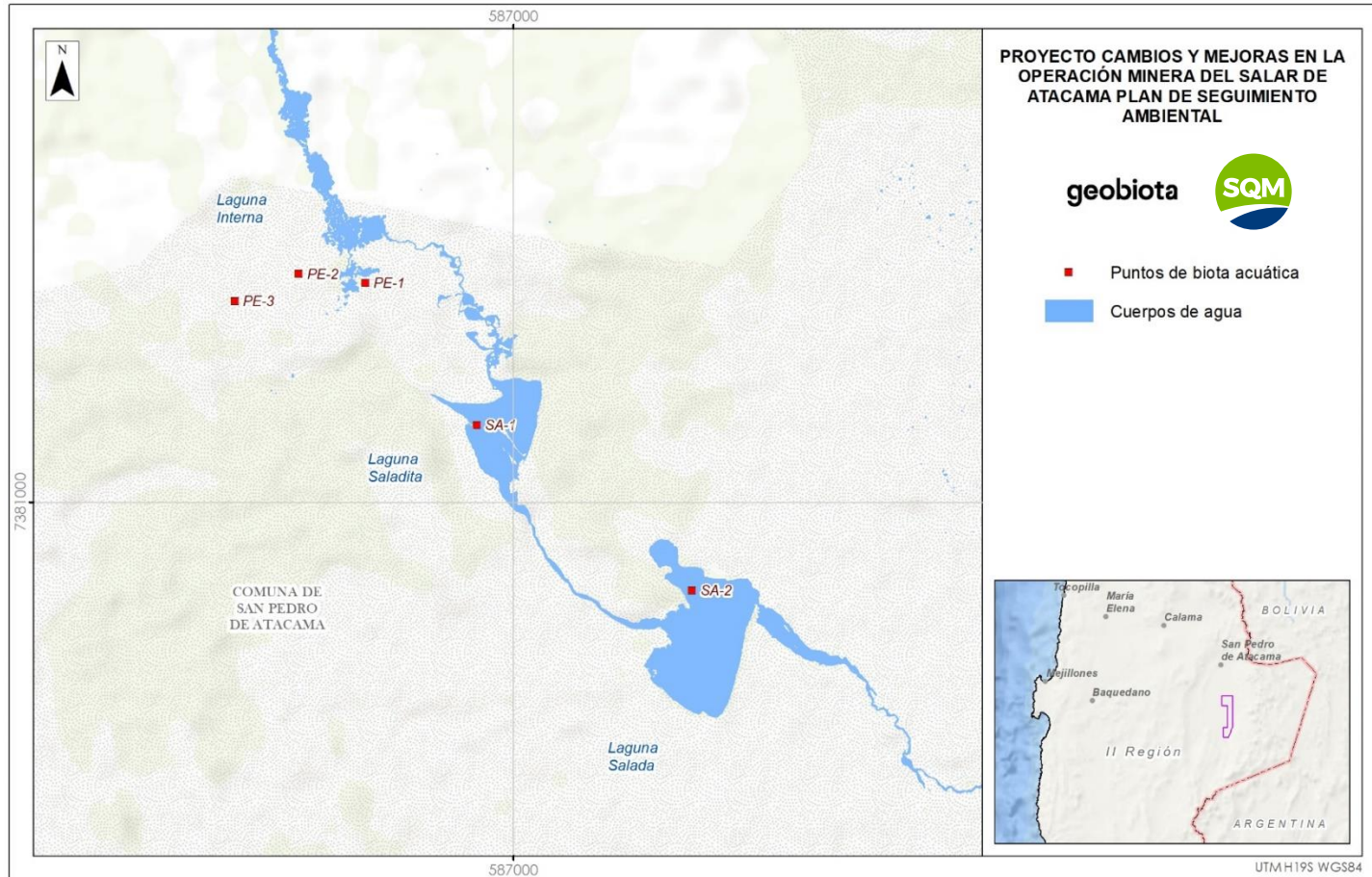
Fuente: Elaboración propia

Figura 4-13. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-14. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Peine.



Fuente: Elaboración propia

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 4-22.

**Tabla 4-22. 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, conductividad eléctrica y conductividad del agua intersticial. (parámetros adicionales a los exigidos por RCA)
Biota	Fitobentos	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) y Biomasa (contenido de clorofila).
	Fitoplancton	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) y Biomasa (contenido de clorofila)
	Zoobentos	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) e índice de Shannon Weiner (H)
	Zooplancton	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S)
	Plantas acuáticas	composición y diversidad	Porcentaje de cobertura absoluta (%)

Fuente: Elaboración propia.

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

- a. Parámetros físicos y químicos del agua
- a. 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 amparan en las metodologías analíticas basadas 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 XIV) 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 XIV) 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)

b. Mediciones 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. 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.

c. 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

La metodología utilizada para caracterizar la biota acuática corresponde a la indicada en APHA, AWWA y WEF (2012) y a la señalada en el considerando 10.6 de la RCA 226/2006, esta se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 4-23. Metodología utilizada en la caracterización y evolución de las variables ambientales.**

Componente	Metodología APHA, AWWA y WEF <sup>1 y 2</sup>			
	Muestreo		Análisis	
Fitobentos	SM10300B	Técnicas de Muestreo de Perifiton	SM10300C	Técnica de identificación y conteo mediante cámara Sedgwick-Rafter
Fitoplancton	SM10200B	Técnicas de muestreo de Plancton	SM10200F	Técnica de identificación y conteo mediante cámara Sedgwick-Rafter
Zoobentos	SM10500B	Muestro de macroinvertebrados bentónicos mediante corer	SM10500C	Técnica de identificación y conteo de muestras zoobentónicas
Zooplancton	SM10200B	Técnicas de muestreo de Plancton	SM10200G	Técnica de identificación y conteo para Zooplancton

**Tabla 4-23. Metodología utilizada en la caracterización y evolución de las variables ambientales.**

Vegetación acuática	SM10400B	Muestreo de Macrofiton	SM10400C	Técnicas de procedimiento e identificación de vegetación acuática.
---------------------	----------	------------------------	----------	--

Fuente: <sup>1</sup> APHA-AWWA-WEF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012), <sup>2</sup> RCA 226/2006.

a. 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 actualizada, con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más detallado posible. Los resultados fueron expresados en número de células por centímetro cuadrado (cél/cm<sup>3</sup>).

b. Fitoplancton

Para la estimación de la composición y abundancia de la flora planctónica se obtuvieron 2 muestras integrales utilizando una red de 60 µm 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 (cél/l).

c. 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 estereomicroscopio (lupa), expresando los resultados en número de organismos por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>).

d. 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 zigzagueante 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).

e. 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. 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) 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 XIV). Los resultados fueron expresados como  $\mu\text{g/L}$  y  $\text{mg/m}^2$  de Clorofila a total.

f. Plantas acuáticas (macrófitas)

Para la caracterización de las plantas acuáticas se realizó un reconocimiento in situ de la cobertura relativa de macrófitas 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

Para las mediciones in situ de los parámetros utilizados para caracterizar la calidad de agua y de los sedimentos, fueron utilizados los siguientes equipos según parámetro:

- Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ): Se registró in situ con un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments, modelo HI 9829 de 0,01  $^{\circ}\text{C}$  de precisión.
- pH: Se obtuvo in situ con un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments, modelo HI 9829 de 0,01 unidades de precisión.
- Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ): Se midió in situ con un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments, modelo HI 9829 de 1  $\mu\text{S/cm}$  de precisión.
- Salinidad del agua (PSA): Se midió in situ con un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments, modelo HI 9829 de 1 PSA de precisión.
- Oxígeno Disuelto ( $\text{mg/L}$ ): Se midió in situ con un equipo multiparámetro marca Hanna Instruments, modelo HI 9829 de 0,01  $\text{mg/L}$  de precisión. Cuenta con un barómetro incorporado para la compensación concentración de OD. 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.

En cuanto al muestreo de los parámetros analizados en laboratorio, se debe indicar 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 XIV).

#### 4.7.4.2 Medio biótico

##### a. Fitobentos

Las muestras fueron colectadas mediante core de plexiglass (diámetro 1 cm, Figura 4-15 A). La identificación y el recuento de individuos fue realizado utilizando una cámara de conteo Sedgwick-Rafter y microscopía óptica (Motic AE31, 200X).

##### b. Fitoplancton

Se utilizó una red de 60  $\mu\text{m}$  de apertura de malla (Figura 4-15 B). La identificación y el recuento de individuos fue realizado utilizando una cámara de conteo Sedgwick-Rafter y microscopía óptica (Motic AE31, 200X).

##### c. Zoobentos

Se utilizó un core de 0.011  $\text{m}^2$  de área (Figura 4-15 C). Para la identificación y recuento se utilizó un microscopio del tipo estereomicroscopio (lupa) marca Nikon modelo SMZ 645 con aumento 45 x

##### d. Zooplancton

Se utilizó una red de 110  $\mu\text{m}$  de apertura de malla (Figura 4-15 D). En el laboratorio para la identificación y recuento de organismos se utilizó una cámara de conteo zigzagante de 10ml (cámara Bogorov) y una lupa marca Nikon modelo SMZ con aumento 45 x.

##### e. Plantas acuáticas

La cobertura de las distintas especies se estimó visualmente de acuerdo con una modificación del protocolo de Braun-Blanquet (Figura 4-15 F), por lo que no fue utilizado ningún equipo o instrumento de medición.

##### f. 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.

Figura 4-15. Instrumentos y muestreo monitoreo biota acuática. Campaña abril 2021.



Fuente: Elaboración propia

A= Muestreo de Fitobentos, B = Muestreo de fitoplancton, C= Muestreo de Zoobentos, D= Muestreo de Zooplankton, E= Muestreo de calidad de Agua y Sedimentos y F= Cobertura de plantas acuáticas.

4.7.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Tabla 4-24. Fechas de muestreo Biota acuática

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Biota acuática	Soncor (Chaxa y Barros negros)	06 de abril de 2021
Biota acuática	Soncor (Puilar y Burro muerto)	07 de abril de 2021
Biota acuática	Aguas de Quelana	13 de abril de 2021
Biota acuática	Peine	29 de abril de 2021

Fuente: Elaboración propia.

## 5 RESULTADOS

En la siguiente sección se presentarán los resultados obtenidos para cada componente y/o variable ambiental establecido en el monitoreo ambiental.

### 5.1 Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales

Se presentan los resultados del mapa de vegetación del mes de abril 2021, a fin de detectar cambios en la distribución, abundancia y vitalidad de la vegetación al final del periodo de crecimiento vegetativo de cada temporada.

Toda la información recopilada en terreno para estos fines, a saber: tipo biológico, especies dominante, cobertura por especie, estado vital, porcentaje de copa vida y fenología se presenta en el Anexo II.

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

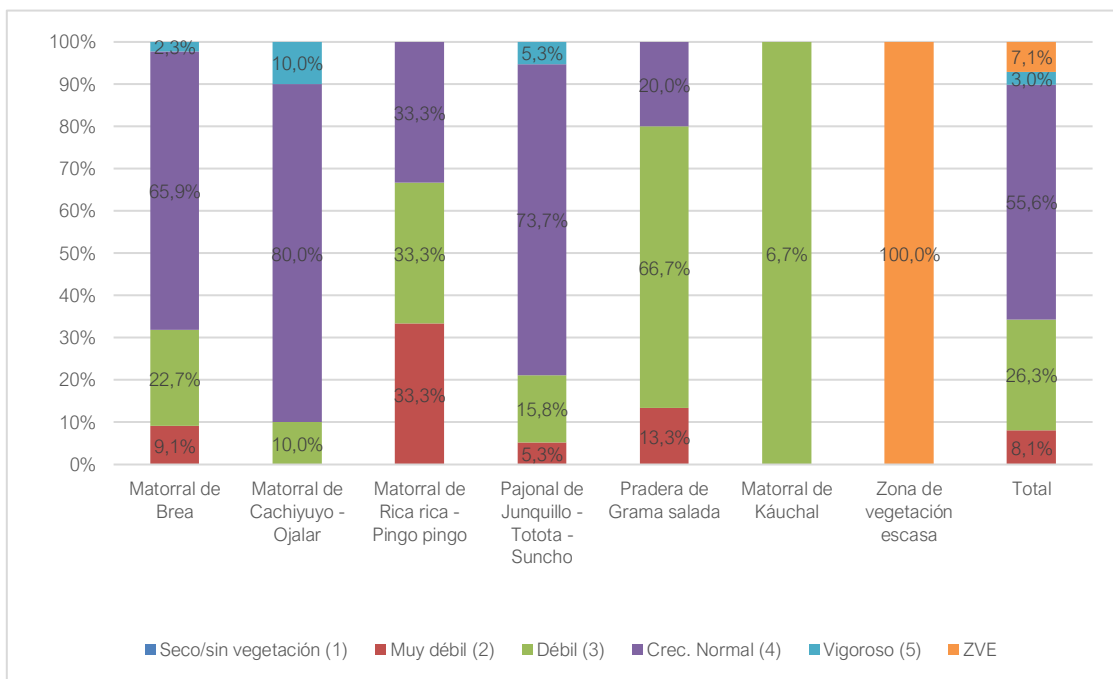
#### 5.1.1 Análisis de las caracterizaciones en terreno

En esta sección corresponde analizar las 99 descripciones de vegetación (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 2021, la mayoría se ubicó en la categoría de vitalidad Crecimiento normal, concentrando el 55,6% de las muestras, equivalente a 55 descripciones de terreno. Por su parte, un 26,3% (26 muestras) se ubicó en la categoría de débil. Un 8,1% de las muestras se ubicaron en la categoría muy débil (8 muestras), mientras que las categorías vigoroso y seco alcanzaron un 3% (3 muestras) y 0% respectivamente. Las zonas sin vegetación (con cobertura vegetal <5%) llegaron al 7,1% (7 muestras) y corresponden a áreas descritas así desde el año 2013, cuando tuvo lugar la actualización del mapa vegetacional Figura 5-1.

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



Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en la Figura 5-1, dentro de las formaciones dominadas por arbustos, el matorral de Brea presentó mayoritariamente una vitalidad normal, lo que se verificó en 29 de los 44 puntos de monitoreo (65,9% del total), mientras que en 10 puntos se presenta una vitalidad débil (22,7%). En porcentajes menores, se presenta vigor muy débil con el 9,1% del total (equivalente a 4 descripciones) y vigoroso con 2,3% del total (equivalente a una descripción). 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/Sin vegetación	0	0,0
Muy débil	4	9,1
Débil	10	22,7
Crecimiento normal	29	65,9
Excepcionalmente vigoroso	1	2,3
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100</b>

Por su parte, las caracterizaciones realizadas sobre matorrales de Cachiyuyo - Ojalar, también se presentaron mayoritariamente con crecimiento normal (en un 80% de las muestras). Además, se registraron las categorías débil y vigoroso con un 10% de las descripciones cada una. El detalle de las mediciones en cada temporada 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/Sin vegetación	0	0,0
Muy débil	0	0,0
Débil	1	10,0
Crecimiento normal	8	80,0
Excepcionalmente vigoroso	1	10,0
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Respecto al matorral de Rica rica – Pingo pingo las descripciones se centraron en las categorías muy débil, débil y crecimiento normal, tal como se observa en la Tabla 4-3.

**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/Sin vegetación	0	0
Muy débil	1	33,3
Débil	1	33,3
Crecimiento normal	1	33,3
Excepcionalmente vigoroso	0	0
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

El 73,7% de las muestras de la pradera Junquillo – Totora – Suncho (14 de 19 puntos), presentaron vitalidad normal. Mientras que en tres muestras se observó la categoría de crecimiento débil (15,8% del total). Finalmente, para el caso del levantamiento de las dos muestras restantes, estas se ubicaron dentro de las categorías vigoroso y muy débil, cada una con una representación de un 5,3% del total.

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

Categoría de vitalidad	N° muestras	% de representación
Seco/Sin vegetación	0	0,0
Muy débil	1	5,3
Débil	3	15,8
Crecimiento normal	14	73,7
Excepcionalmente vigoroso	1	5,3
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100</b>

La pradera de Grama salada presentó en el 20% de los registros (tres puntos de muestreo) una vitalidad normal. En un 66,7% de los registros débil, mientras que en otro 13,3% las plantas se encontraron muy débiles. 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/Sin vegetación	0	0,0
Muy débil	2	13,3
Débil	10	66,7
Crecimiento normal	3	20,0
Excepcionalmente vigoroso	0	0,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

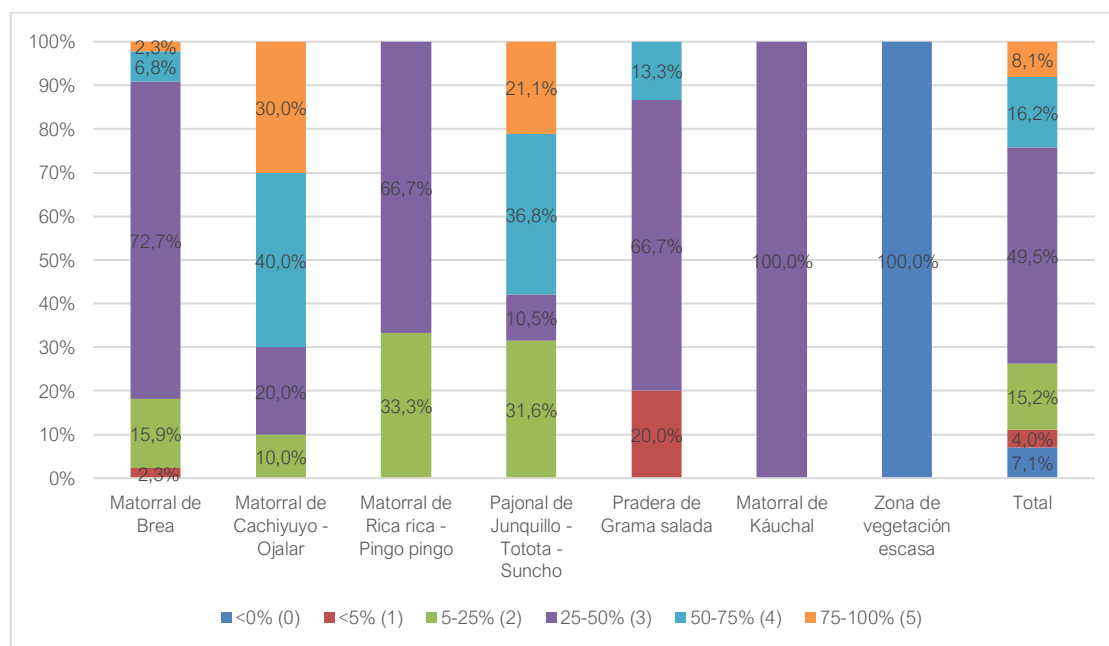
El detalle de las descripciones vegetacionales de terreno se entregan en el Anexo II.

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 II.

A nivel general, de las 99 descripciones de vegetación realizadas en 2021, el 49,5% de las muestras (49 puntos) presentan copa viva entre 25-50%. Se identificaron 16 descripciones (16,2% del total) en copa viva entre 50-75% y 15 descripciones (15,2% del total) con follaje entre 5-25%. En menor proporción, se registraron 8 puntos en la categoría 75-100% (en un 8,1% de la muestra) y cuatro registros en la categoría <5% (4% de la muestra). Además, tal como se observa en la Figura 5-2 hubo cuatro registros en zonas desprovistas de vegetación.

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



Fuente: Elaboración propia

Las evaluaciones particulares en cada formación vegetacional mostraron que:

El matorral de Brea presentó la mayoría de sus registros en la categoría 25-50% de copa viva, seguido de la categoría 5-25%, entre los cuales abarcan un 88,6% de las muestras (39 registros). Por otra parte, un 6,8% de los registros alcanzaron la categoría de 50-75% de follaje verde (tres registros) y un 2,3% del total, equivalente a un registro se ubicó en la categoría 75-100% al igual que para el caso de la categoría <5%. Un detalle para cada una de las categorías se ilustra en la Tabla 5-6.

**Tabla 5-6. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea.**

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
<5%	1	2,3
5-25%	7	15,9
25-50%	32	72,7
50-75%	3	6,8
75-100%	1	2,3
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100</b>

El matorral de Cachiyuyo – Ojalar, tuvo cuatro registros dentro de las categorías 50-75% (40% de la representatividad), tres registros dentro del rango 75-100% (30% de los registros), dos registros de copa viva en la categoría 25-50% (20% del total de los levantamientos) y finalmente un registro en la categoría 5-25% (10% del total de las muestras). El detalle de la distribución de frecuencias de las categorías de copa viva se describe a continuación:

**Tabla 5-7. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Cachuyuyo – Ojalar.**

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
<5%	0	0,0
5-25%	1	10,0
25-50%	2	20,0
50-75%	4	40,0
75-100%	3	30,0
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

El matorral de Rica rica – Pingo Pingo reporta tres registros distribuidos en dos categorías: el 66,7% está representado dentro de la categoría 25-50% y el registro restante con un 33,3% se ubica en el rango 5-25%.

**Tabla 5-8. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Rica rica – Pingo pingo.**

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
<5%	0	0,0
5-25%	0	33,3
25-50%	1	66,7
50-75%	2	0,0
75-100%	0	0,0
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>100</b>



Por su parte, la pradera de Junquillo – Totora – Suncho, presento en un 36,8% de las muestras en la categoría de 50-75% de follaje verde, lo que equivale a siete registros; mientras que las categorías 5-25% y 75-100% alcanzaron un 31,6% y 21,1% del total, lo que equivale a seis y cuatro registros respectivamente. Finalmente, el 10,5% restante, está representado por 2 registros en los rangos 25-50%. Tabla 5-9. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totora-Suncho.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
<5%	0	0,0
5-25%	6	31,6
25-50%	2	10,5
50-75%	7	36,8
75-100%	4	21,1
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100</b>

La pradera de Grama Salada presento en un 66,7% de los registros la categoría de copa viva 25-50%, en segundo lugar, con un 20% de representatividad se encuentra la categoría <5% con tres registros y finalmente con 13,3% de representación se encuentra el rango 50-75%. El detalle de la distribución de frecuencias de la copa viva se presenta a continuación (Tabla 5-10):

**Tabla 5-10. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Grama salada.**

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
<5%	3	20,0
5-25%	0	0,0
25-50%	10	66,7
50-75%	2	13,3
75-100%	0	0,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

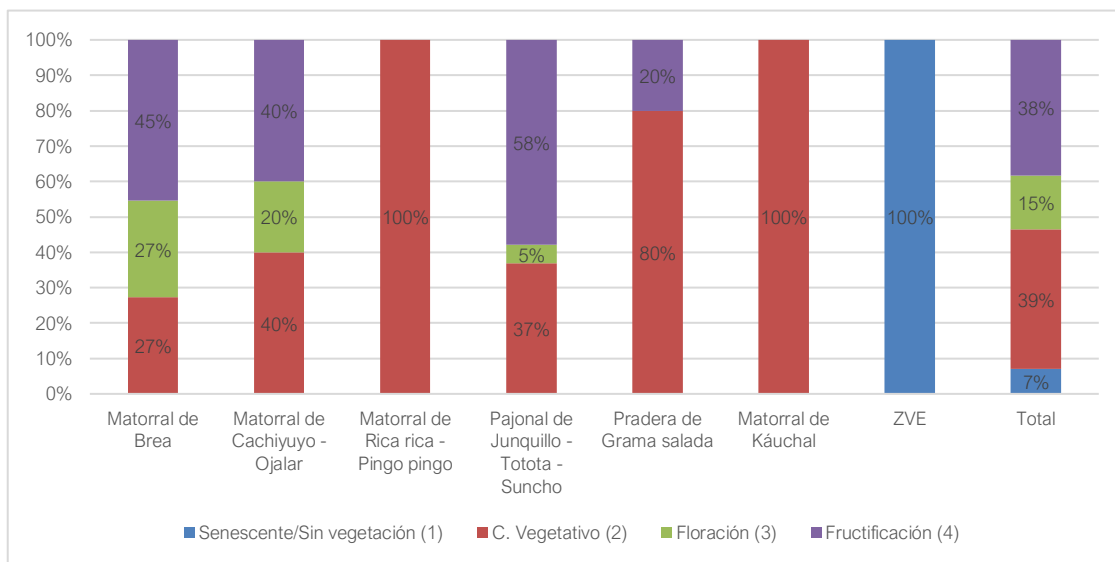
Se realizaron siete descripciones en zonas de vegetación escasa, donde no hubo hallazgo de ejemplares vegetales ni registro de follaje. Además, solo una descripción de vegetación se emplazó en el Matorral de Kauchal, describiendo a esa unidad con la categoría 25-50% de copa viva.

#### 5.1.1.3 Fenología

Los resultados generales y por formación vegetal se presentan en la Figura 5-3 y el detalle de las caracterizaciones se presenta en el Anexo II. Al respecto se identifica que:

A nivel general, la mayoría de los 99 puntos de vegetación descritos en 2021 alcanzaron el estado fenológico de crecimiento vegetativo y fructificación (39,4% y 38,4% del total, respectivamente). En menor medida, las muestras se encontraron en las fases de floración y senescencia/sin vegetación (15,2% y 7% del total respectivamente).

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



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la Tabla 5-11, el matorral de Brea tuvo, en igual cantidad de puntos, las fases de crecimiento vegetativo y floración (12 registros cada uno, equivalentes al 54,6% del total), mientras que en 20 registros se presentó fructificación (45,4% del total).

Tabla 5-11. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de matorral de Brea.

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	12	27,3
Floración	12	27,3
Fructificación	20	45,4
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100</b>

El matorral de Cachiyuyo – Ojalar (Tabla 5-12) registró la fase fenológica de crecimiento vegetativo y fructificación en cuatro (4) registros en cada caso (40% del total respectivamente), mientras que en dos registros se encontraron flores (20% del total).

Tabla 5-12. 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	4	40,0
Floración	2	20,0
Fructificación	4	40,0
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Por otra parte, el matorral de Rica rica – Pingo pingo (Tabla 5-13) y el matorral de Káuchal (Tabla 5-14), en su totalidad fueron registrados con crecimiento vegetativo.

**Tabla 5-13. 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	0,0
C. Vegetativo	3	100,0
Floración	0,0	0,0
Fructificación	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

**Tabla 5-14. 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
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

La pradera de Junquillo – Totorá – Suncho registró en 11 puntos (57,9% del total) la fase fenológica de fructificación, seguido de siete (7) registros (36,8% del total) con crecimiento vegetativo, finalmente con solo un registro se registró en la etapa de floración (5,3% del total).

**Tabla 5-15. Categoría de copa viva registrada en las formaciones de pradera de Junquillo-Totorá-Suncho.**

Categoría de copa viva	N° muestras	% de representación
Senescente	0	0,0
C. Vegetativo	7	36,8
Floración	1	5,3
Fructificación	11	57,9
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100</b>

Por su parte, la pradera de Grama Salada, en 12 descripciones de vegetación (80% del total) registró crecimiento vegetativo, y en tres (3) (20% del total) registró ejemplares en procesos de fructificación.

**Tabla 5-16. 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	12	80,0
Floración	0	0,0
Fructificación	3	20,0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

Se realizaron siete descripciones en zonas de vegetación escasa, donde no hubo hallazgo de ejemplares vegetales ni registro fenológico.

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 2021 y descripciones de terreno efectuadas en abril de 2021.

La vegetación del Borde Este del periodo 2021 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 I, a saber:

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

Los resultados obtenidos en el periodo 2021 (Tabla 5-17 y Figura 5-4) indican que la superficie cubierta con vegetación en el Borde Este de Salar de Atacama alcanza 14.085,45 ha. La formación vegetacional con mayor representación corresponde al matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.359,18 ha, equivalente al 52,2% de toda la vegetación presente en el área.

Las praderas de grama salada y los matorrales de Cachiyuyo - Ojalar presentan superficies de ocupación de 2.233,80 y 1.772,03 ha respectivamente, con porcentajes de 15,85% y 12,58% cada uno. Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden a matorral de Rica rica – Pingo pingo, Pajonal y Matorral de Káuchal.

El detalle de las superficies por tipo vegetacional y cobertura se presenta en la Tabla 5-17.

**Tabla 5-17. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.**

Nº	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	154,06
		Ralo	5-10	298,08
	<b>Subtotal</b>			<b>455,88</b>
2	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> – <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	Semidenso	50-75	39,93
		Abierto	25-50	144,48
		Muy abierto	10-25	769,37
	Ralo	5-10	825,25	
<b>Subtotal</b>			<b>1.772,03</b>	
3	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Denso	75-100	181,45
		Semidenso	50-75	585,62
		Abierto	25-50	1.169,86
		Muy abierto	10-25	2.609,30
	Ralo	5-10	2.812,95	
<b>Subtotal</b>			<b>7.359,18</b>	

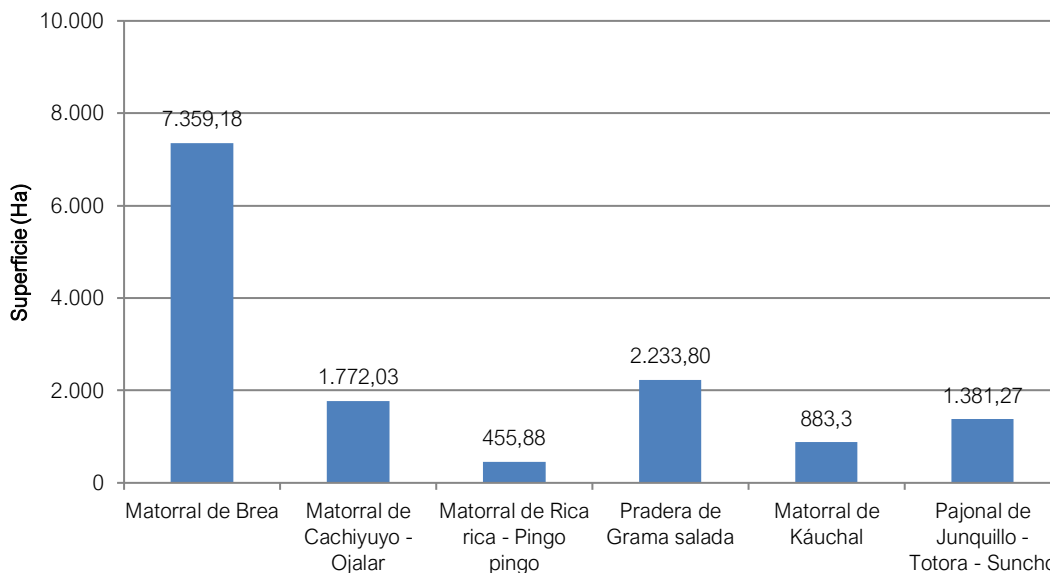
Tabla 5-17. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.

Nº	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)
4	Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Muy abierto	10-25	838,67
		Ralo	5-10	44,62
		<b>Subtotal</b>		
5	Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Gramma salada)	Denso	75-100	131,59
		Semidenso	50-75	250,94
		Abierto	25-50	354,56
		Muy abierto	10-25	647,08
		Ralo	5-10	849,63
<b>Subtotal</b>			<b>2.233,80</b>	
6	Pajonal de <i>Juncus balticus</i> - <i>Schoenoplectus americanus</i> - <i>Baccharis juncea</i> (Junquillo - Totora – Suncho)	Denso	75-100	270,85
		Semidenso	50-75	261,53
		Abierto	25-50	206,85
		Muy abierto	10-25	346,13
		Ralo	5-10	295,91
<b>Subtotal</b>			<b>1.381,27</b>	
<b>Total</b>			<b>14.085,45</b>	

Fuente: Elaboración propia.

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.



Fuete: Elaboración propia

## 5.2 Monitoreo de la vegetación en 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 formación arbustiva de *Tessaria absinthioides* (Brea), realizadas en los meses de enero y abril.

Es relevante señalar que debido a restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos<sup>13</sup>, el monitoreo de la campaña de enero se desarrolló de forma parcial, describiendo el 89,5% del total de puntos de monitoreo, correspondiente a 17 de las 19 descripciones de terreno.

### 5.2.1 Especies dominantes

Las descripciones realizadas en el mes de enero dan cuenta de que *Tessaria absinthioides* resulta ser la especie dominante en la mayor parte de los puntos de monitoreo (Tabla 5-18). Esta especie se registró en 17 de los 19 puntos de control. Seguido de *Distichlis spicata* presente en 8 puntos de control y *Atriplex atacamensis* en 3 punto de monitoreo.

Por su parte en el mes de abril la composición de especies varía muy poco, *Tessaria absinthioides* sigue siendo la especie dominante, esta vez fue registrada en los 19 puntos de monitoreo. Mientras que *Distichlis spicata* se registró en 7 puntos y *Atriplex atacamensis* en 3 puntos de monitoreo.

<sup>13</sup> Producto de no contar con permiso de ingreso por parte de CONAF-Comunidades.

**Tabla 5-18. Especies dominantes en los puntos de muestreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero. Campañas enero y abril de 2021.**

Especies dominantes	Frecuencia de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo	
	Enero	Abril
Sin muestreo	2	-
<i>Atriplex atacamensis</i>	3	3
<i>Distichlis spicata</i>	8	7
<i>Tessaria absinthioides</i>	17	19

**5.2.2 Cobertura vegetal**

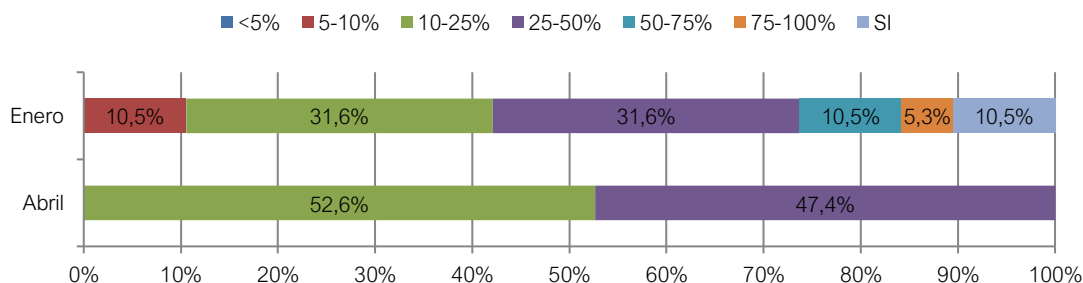
La Figura 5-5 y Tabla 5-19 muestran los resultados obtenidos de las mediciones de cobertura en enero y abril de 2021 en la zona de conexión vegetación-acuífero. El detalle de las descripciones vegetacionales se entregan en el Anexo III.

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 y abierta (10-25% y 25-50% de recubrimiento) las coberturas mayoritarias, al representar un 31,6% de los puntos de muestreo cada una; además, hubo un 10,5% de las muestras que no cuentan con información para temporada, tal como se aprecia en la Figura 5-5.

Mientras que, en abril las coberturas vegetales variaron entre muy abiertas y abiertas (10-25% y 25-50% de recubrimiento, respectivamente), siendo la categoría muy abierta (10-25% de recubrimiento) la más frecuente, con un 52,6% de los puntos de muestreo.

Al comparar los registros de enero y abril de 2021, se observa que la mayoría de las unidades vegetacionales mantienen o experimentan disminución en su cobertura en el mes de abril, ambos casos se asocian a siete (7) y seis (6) puntos de monitoreo respectivamente; mientras que cuatro (4) unidades vegetacionales aumentaron su cobertura, pasando de ralas o muy abiertas a abiertas. Por otro lado, dos (2) puntos de muestreo no fueron monitoreados en enero, por lo tanto, no fue posible analizar la variación de la cobertura de las unidades vegetacionales asociadas a éstos, a causa de restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos.

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



SI: Sin información.  
 Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-19. Puntos de muestreo en la Zona de conexión vegetación – acuífero. por categoría de cobertura de la vegetación. Campañas enero y abril de 2021.**

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de cobertura							Total
		<5%	5-10%	10-25%	25-50%	50-75%	75-100%	S/I	
2021	Enero	-	2	6	6	2	1	2	19
	Abril	-	-	10	9	-	-	-	19

S/I: Sin información para el periodo

Fuente: Elaboración propia

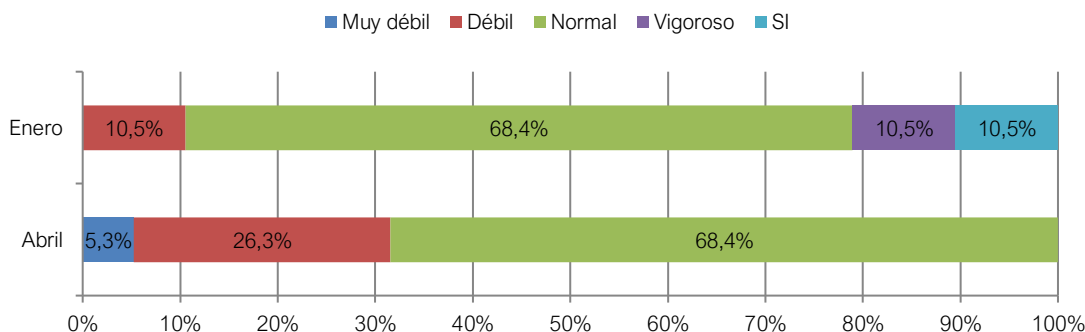
### 5.2.3 Estado vital

La Figura 5-6 y Tabla 5-20 muestran los resultados obtenidos en las mediciones de vitalidad de la vegetación de la zona de conexión vegetación-acuífero en enero y abril de 2021. El detalle de cada una de las descripciones se presenta en el Anexo III.

En el monitoreo de enero 13 puntos de control (68,4% del total) presentaron una vitalidad normal, mientras que dos (2) tuvieron vitalidad débil, dos (2) excepcionalmente vigoroso y dos (2) no pudieron ser muestreados (representando un 10,5% del total cada uno). Por su parte, las mediciones realizadas en abril mostraron que 13 puntos (68,4% del total) presentaron una vitalidad normal, en tanto que cinco (5) puntos (26,3% del total) presentaron una vitalidad catalogada como débil y un (1) punto (5,3% del total) tuvo una vitalidad muy débil.

Al comparar los registros de enero y abril de 2021, se observa que la mayoría de las unidades vegetacionales mantienen su vitalidad, ya sea en la categoría débil o normal, con 11 registros en total; seguido de aquellas unidades cuya vitalidad disminuye en el mes de abril, pasando de la categoría normal a débil o de la débil a muy débil, con seis (6) registros. Estos resultados son esperables, debido a que el monitoreo de abril coincide con el final de la época de máxima expresión de la vegetación, es decir, al comienzo de la época recesiva de las plantas. Por otro lado, dos (2) puntos de muestreo no fueron monitoreados en enero a causa de restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos.

**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 2021.**



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 5-20. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas enero-abril de 2021**

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	SI	
2021	Enero	-	-	2	13	2	2	19
	Abril	-	1	5	13	-	-	19

S/I: Sin información para el período

Fuente: Elaboración propia

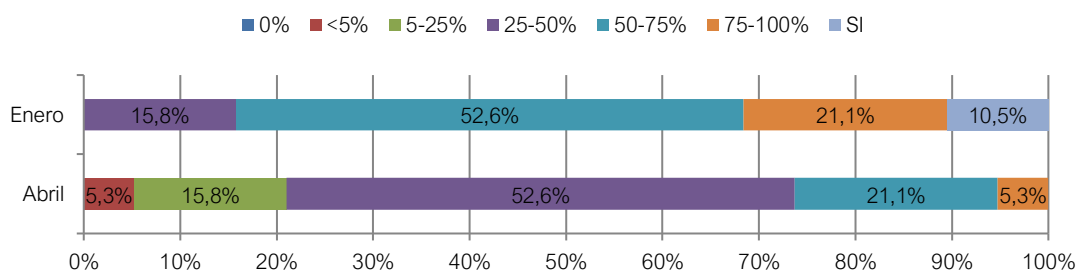
### 5.2.4 Porcentaje de copa viva

La Figura 5-7 y Tabla 5-21 muestra los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de copa viva de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año. El detalle de cada una de las descripciones se presenta en el Anexo III.

Los resultados obtenidos en enero muestran que los registros se concentran en la categoría de 50-75% de copa viva, con 10 registros, mientras que en abril los registros observados mayoritariamente se asocian a la categoría copa viva 25-50%, también con 10 registros.

Al comparar los registros de enero y abril de 2021, se observa que la mayoría de las unidades vegetacionales disminuye su porcentaje de copa viva (una unidad bajo a <5%; tres a 5-25% y ocho a 25-50%); seguido de aquellas unidades vegetacionales que mantienen su porcentaje de copa viva (25-50% y 50-75%), con cuatro (4) registros; y finalmente solo una unidad aumentó su porcentaje de copa viva (de 25-50% a 50-75%). Por otro lado, dos (2) puntos de muestreo no fueron monitoreados en enero a causa de restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos.

**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 2021.**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-21. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas enero-abril de 2021.**

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva						Total	
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%		SI
2021	Enero	-	-	-	3	10	4	2	19
	Abril	-	1	3	10	4	1	-	19

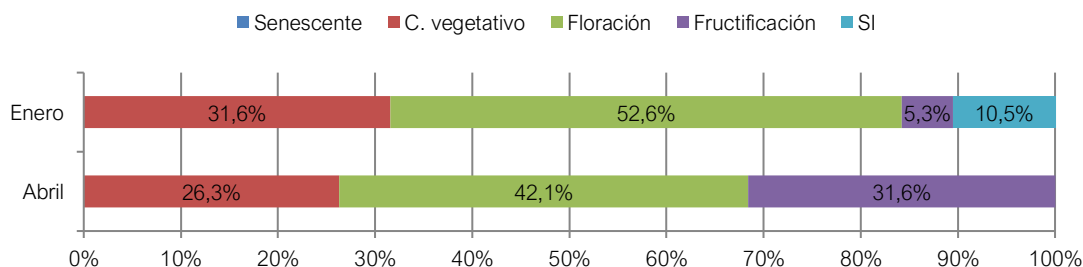
S/I: Sin información para el periodo

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5 Estado fenológico

La Figura 5-8 y Tabla 5-22 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. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de fenología de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2021.**



Fuente: Elaboración propia

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 10 registros (52,6% del total). Para el mes de abril, se identifica un proceso fenológico más avanzado donde aumentan los puntos con frutos (31,6% del total).

Al comparar los registros obtenidos en terreno en los meses de enero y abril de 2021, se aprecia mayoritariamente una disminución de la proporción de ejemplares con presencia de crecimiento vegetativo y floración, y un posterior aumento de la etapa de fructificación.

**Tabla 5-22. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2021.**

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica					Total
		Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	SI	
2021	Enero	-	6	10	1	2	19
	Abril	-	5	8	6	-	19

S/I: Sin información para el periodo

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Monitoreo de Algarrobos en el sector Pozo Camar-2

En esta sección se exponen los resultados de las mediciones de Vitalidad, Porcentaje de copa viva (%), fenología y daño por agentes externos, efectuadas durante abril de 2021 en la población de Algarrobos (*Prosopis alba*<sup>14</sup>) ubicada en las inmediaciones del pozo Camar 2. El Anexo VI y VII contiene 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, a 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 objeto de estudio identificados en el año 2006 en los alrededores del pozo Camar 2, 59 se encuentran en pie y en condiciones de ser analizados, siendo el universo de ejemplares a la fecha. Mientras que 12 han sido registrados como desaparecidos. De estos 12 ejemplares desaparecidos o desprendidos, todos se produjeron en las temporadas previas al 2021. Algunos de los individuos desaparecidos fueron desprendidos por el alud del 2019, para los otros individuos, previo al 2019, se desconoce su desaparición, pudiendo aludirla a desprendimientos por animales, humanos o escorrentías.

En la Tabla 5-23, 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 VII.

**Tabla 5-23. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo.**

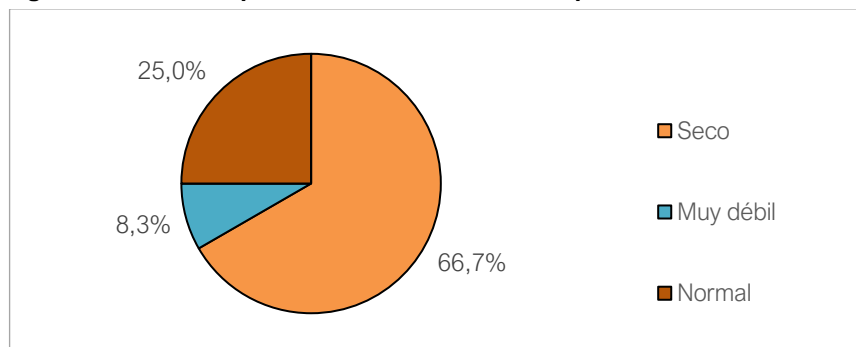
ID árbol	Año de desprendimiento	Estado previo al desprendimiento	Observaciones
A-69	2012	Seco	Normal en 2010, seco desde 2011
A-20	2014	Seco	Normal en 2008, seco desde 2009
A-24	2014	Seco	Débil en 2007, seco desde 2008
A-57	2017	Seco	Seco desde el primer monitoreo (2006)
A-01	2019	Muy débil	Muy débil en 2018
A-02	2019	Normal	Normal en 2018
A-03	2019	Normal	Normal en 2018
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 primer monitoreo (2006)
A-62	2019	Seco	Normal en 2007, seco desde el 2008

Fuente: Elaboración propia.

<sup>14</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.

La Figura 5-9 ilustra el estado de vitalidad de individuos previo al desprendimiento o desaparición. 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 5-9. Vitalidad previa de los individuos desaparecidos**



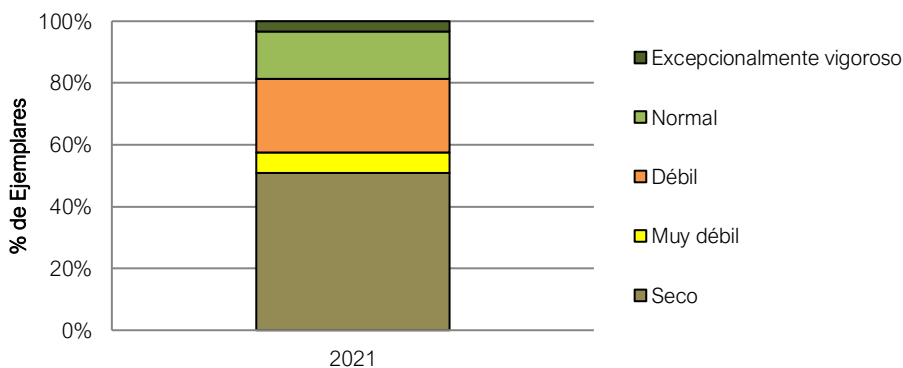
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1 Vitalidad

De los 71 Algarrobos establecidos para monitoreo, 59 individuos se encuentran en pie a la fecha (2021) 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 23,7% (14 individuos) presenta una vitalidad Débil. Un porcentaje menor de los ejemplares se ubican en las categorías Normal, Muy Débil y Excepcionalmente Vigoroso, con un 15,3%, 6,8% y 3,4%, respectivamente (Figura 5-10).

**Figura 5-10. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-24. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.**

Estado Vital	Nº de árboles	% de Individuos <sup>15</sup>
Seco	30	50,8
Muy débil	4	6,8
Débil	14	23,7

<sup>15</sup> Porcentaje calculado respecto a 59 individuos, ya que a la fecha 12 se encuentran desaparecidos.

**Tabla 5-24. Vitalidad de los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.**

Estado Vital	Nº de árboles	% de Individuos <sup>15</sup>
Crecimiento normal	9	15,3
Excepcionalmente vigoroso	2	3,4
<b>Sub-total existentes a abril 2021</b>	<b>59</b>	<b>100,0</b>
Sub-total desaparecidos	12	-
<b>Total histórico</b>	<b>71</b>	-

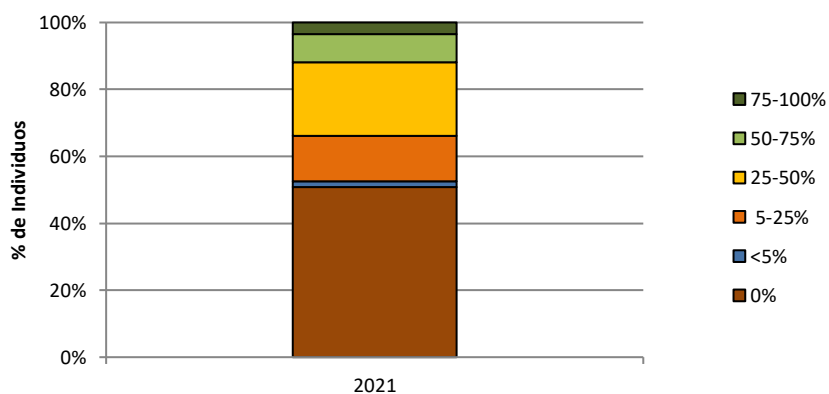
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2 Copa Viva

Los resultados de las mediciones de copa viva realizadas sobre los Algarrobos en 2021 se muestran en la Figura 5-11 y en la Tabla 5-25.

En el detalle, un 49,2% de los algarrobos presentó algún grado de copa verde, el que incluye 13 individuos en la categoría de copa de 25-50%, 8 individuos en la categoría 5-25%, 5 con copa de 50-75%, 2 en 75-100% de cobertura y 1 individuos con copa menor al 5%. El resto de los ejemplares (50,8%) no presentaron copa verde.

**Figura 5-11. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-25. 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	1	1,7
5-25	8	13,6
25-50	13	22,0
50-75	5	8,5
75-100	2	3,4
<b>Sub-total existentes a abril 2021</b>	<b>59</b>	<b>100,0</b>
Sub-total desaparecidos	12	-

**Tabla 5-25. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.**

% de copa viva	Nº de árboles	% de Individuos
<b>Total histórico</b>	<b>71</b>	-

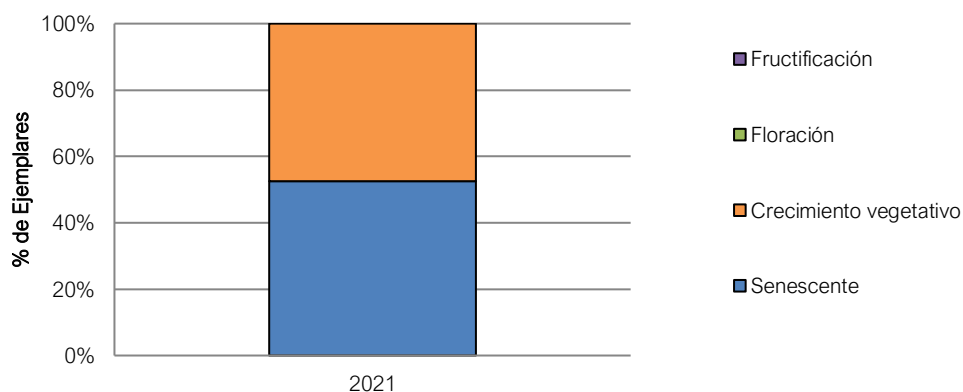
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3 Fenología

En 2021, el 47,5% de los individuos (28 ejemplares) se registró en etapa de Crecimiento Vegetativo y el 52,5% (31 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 2021 se muestran en la Figura 5-12 y en la Tabla 5-26.

**Figura 5-12. Fenología en los ejemplares de Algarrobos en el área del pozo Camar 2.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-26. Fenología en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.**

Fenología	Nº de árboles	% de individuos
Senescente	31	52,5
Crecimiento vegetativo	28	47,5
Floración	0	0,0
Fructificación	0	0,0
<b>Sub-total existentes a abril 2021</b>	<b>59</b>	<b>100,0</b>
<b>Sub-total desaparecidos</b>	<b>12</b>	-
<b>Total histórico</b>	<b>71</b>	-

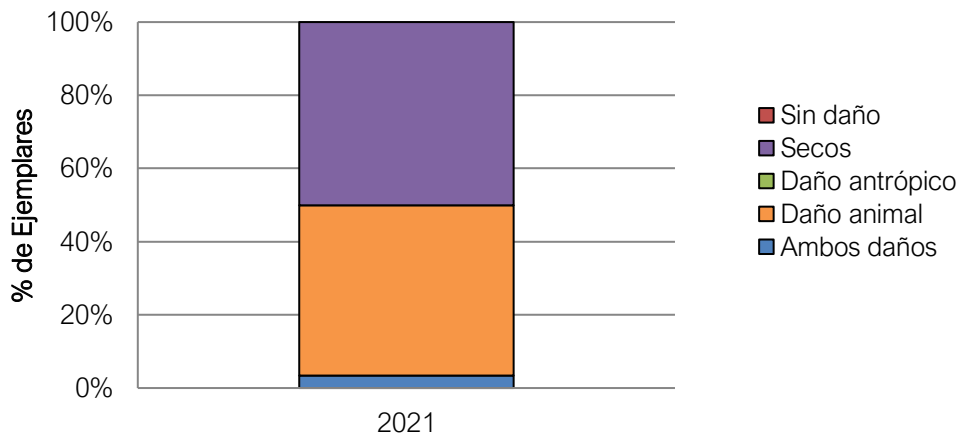
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4 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 5-27).

Los análisis muestran que 30 ejemplares (50,8%) se encontraron secos al momento del monitoreo, por lo que no se realizó evaluación del tipo de daño. Por otra parte, la totalidad de ejemplares vivos tuvieron algún tipo de deterioro durante la presente temporada, 28 ejemplares (47,5%) presentaron daño animal y uno (1,7% del total) presentó daño animal y antrópico de forma simultánea, tal como se presentan en la Figura 5-13 y Tabla 5-27.

**Figura 5-13. Presencia de daño en los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-27. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2.**

Daño	N° de árboles	% de individuos
Daño animal	28	47,5
Daño antrópico	0	0,0
Ambos daños (Animal y antrópico)	1	1,7
Sin daño	0	0,0
Secos	30	50,8
<b>Sub-total existentes a abril 2021</b>	<b>59</b>	<b>100,0</b>
<b>Sub-total desaparecidos</b>	<b>12</b>	-
<b>Total histórico</b>	<b>71</b>	-

Fuente: Elaboración propia

## 5.4 Flora

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo del componente flora efectuado en el periodo 2021. El monitoreo comprende el seguimiento de la riqueza y abundancia de especies presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Además, se evalúa el pH y salinidad del suelo en la zona de mayor desarrollo radicular de las plantas (suelo mineral superficial).

### 5.4.1 Riqueza florística

La riqueza florística registrada en el monitoreo del año 2021 fue de 16 taxa, lo que contempla los registros tanto en los puntos de muestreo como fuera de ellos (Tabla 5-28). Estos se agruparon en 11 familias, donde Chenopodiaceae presenta el mayor registro de taxa, seguido de las familias Asteraceae y Poaceae con 2 taxa cada una. Se registraron 3 familias fuera de los puntos de muestreo con un taxa cada una (FP).

**Tabla 5-28. Riqueza de especies durante la campaña 2021**

Tipo de registro	División	Familia	Especie
Puntos de muestreo	Magnoliophyta	Montiaceae	<i>Cistanthe celosioides</i>
		Asteraceae	<i>Baccharis juncea</i>
			<i>Tessaria absinthioides</i>
		Chenopodiaceae	<i>Atriplex atacamensis</i>
			<i>Atriplex imbricata</i>
			<i>Nitrophila atacamensis</i>
			<i>Sarcocornia andina</i>
		Cyperaceae	<i>Schoenoplectus americanus</i>
		Juncaceae	<i>Juncus balticus</i>
		Poaceae	<i>Distichlis spicata</i>
<i>Festuca hypsophila</i>			
Solanaceae	<i>Lycium humile</i>		
Verbenaceae	<i>Aloysia deserticola</i>		
Fuera de puntos de muestreo	Magnoliophyta	Boraginaceae	<i>Tiquilia atacamensis</i>
		Juncaginaceae	<i>Triglochin concinna</i>
	Pinophyta	Ephedraceae	<i>Ephedra multiflora</i>

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-29 expone la clasificación de las taxa según hábito de crecimiento. En los puntos de muestreo, los hábitos arbustivo y hierba perenne presentaron mayor riqueza, identificándose 6 y 5 especies respectivamente en cada categoría (46,2% y 38,5% del total de taxa respectivamente), mientras que, para las hierbas anuales, se identificaron 2 especies (15,4% del total de taxa). No se observaron especies arbóreas, hierbas anuales o perennes y/o suculentas en el periodo 2021.

Para los registros fuera de punto de muestreo (FP), los arbustos fueron los más abundantes y registraron 2 taxa (66,7% del total), seguida del hábito Hierba perenne con 1 registro (33,3% del total de taxa). No se observaron taxa con hábito arbóreo, hierba anual, hierba anual o perenne y/o suculento (Tabla 5-29).



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	0,0
Arbusto	6	46,2	2	66,7
Hierba perenne	5	38,5	1	33,3
Hierba anual	2	15,4	0	0,0
Hierba anual o perenne	0	0,0	0	0,0
Suculento	0	0,0	0	0,0
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>3</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al origen biogeográfico de la flora registrada en los puntos de muestreo, se identifican 11 taxa nativas (84,6% del total de taxa) y 2 especies endémicas (15,4% del total de taxa). No se registraron especies introducidas o indeterminadas (Tabla 5-30).

Por otro lado, de las taxa registradas fuera de los puntos de muestreo, 2 correspondieron a nativas (66,7% del total de taxa) y 1 especies endémicas (33,3% del total de taxa). Tampoco 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	2	66,7
Endémico	2	15,4	1	33,3
Introducido	0	0,0	0	0,0
Indeterminado	0	0,0	0	0,0
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>3</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia

Es relevante señalar 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.

#### 5.4.2 Frecuencia y abundancia de la flora

En la Tabla 5-31 se presenta la frecuencia de las 16 especies registradas en los 75 puntos de muestreo correspondientes a la campaña de monitoreo abril de 2021. La especie más frecuente corresponde a *Tessaria absinthioides* que fue registrada en 31 puntos de muestreo (45,6% del total de puntos de muestreo). En segundo lugar, se encuentra *Distichlis spicata*, presente en 22 puntos de muestreo (el 32,4% del total de puntos de muestreo), seguida por *Juncus balticus* en 8 puntos de muestreo (11,8% del total de puntos de muestreo).

Tabla 5-31. Frecuencia de las especies durante la campaña 2021

N°	Especie	N° de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo*
1	<i>Aloysia deserticola</i>	1	1,5
2	<i>Atriplex atacamensis</i>	6	8,8
3	<i>Atriplex imbricata</i>	2	2,9
4	<i>Baccharis juncea</i>	1	1,5
5	<i>Cistanthe celosioides</i>	6	8,8
6	<i>Distichlis spicata</i>	22	32,4
7	<i>Ephedra multiflora</i>	0	0,0
8	<i>Festuca hypsophila</i>	1	1,5
9	<i>Juncus balticus</i>	8	11,8
10	<i>Lycium humile</i>	2	2,9
11	<i>Nitrophila atacamensis</i>	3	4,4
12	<i>Sarcocornia andina</i>	1	1,5
13	<i>Schoenoplectus americanus</i>	1	1,5
14	<i>Tessaria absinthioides</i>	31	45,6
15	<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0,0
16	<i>Triglochin concinna</i>	0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo IV se entrega el detalle de cobertura por especie registrado en la campaña 2021.

#### 5.4.3 Caracterización del 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 2021.

De acuerdo con la legislación actual, la determinación del pH se debe realizar a través de una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) con certificación vigente, según lo dispuesto por la Resolución Exenta N° 986/2016. A raíz de esto, la ETFA Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA (Algoritmos) fue la encargada de extraer las muestras de terreno y la ETFA ALS Life Sciences Chile S.A las analizó.

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 ALS S.A 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.

5.4.3.1 ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA)

El pH de las muestras vario entre las categorías ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino, predominando en el 49,3% de ellas un valor fuertemente alcalino (pH entre 8,5 – 9,0). En menor medida hubo 19 muestras con un pH muy fuertemente alcalino (25,3% del total) y 17 con un pH moderadamente alcalino (22,7% del total). Solo dos (2) muestras (2,7% del total), presentaron un pH ligeramente alcalino, tal como se observa en la Tabla 5-32.

En comparación con lo reportado para el punto TF2-01 en los años 2019 y 2020, el valor reportado en 2021 da cuenta de una recuperación del pH del suelo en dicho punto. Este punto en 2019 y 2020 presentó un valor anómalo (extremadamente ácido en 2019 y fuertemente ácido en 2020). Según los análisis actuales el suelo en ese sector posee un pH ligeramente alcalino.

Se sospecha que el pH anómalo de este punto durante años 2019 y 2020 tiene su origen en las fuertes lluvias estivales ocurridas en febrero de 2019, las que dieron origen a un aluvión que paso por el sector. 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 ALS Life Sciences.**

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos 2021	% Año 2021
Extremadamente ácido	3,5 – 4,4		0	-
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0		0	-
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5		0	-
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0		0	-
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5		0	-
Neutro	6,6 – 7,3		0	-
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		2	2,7
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		17	22,7
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		37	49,3
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		19	25,3
<b>Total</b>			<b>75</b>	<b>100</b>

Fuente: Schoeneberger *et al.*, 2002.

La Tabla 5-33 presenta el valor de pH obtenido en el laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A 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 ALS Life Sciences.**

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	8,3	9,2	9,2	7,7	9,0	8,5	9,1	9,0	8,8	8,6	9,0	8,8	8,6	9,1	9,0	9,3	9,2	9,1	9,4
TF2	7,5	8,2	8,8	8,7	8,8	9,0	8,8	9,1	9,2	9,0	9,1	8,2	8,6	8,6					
TF3	8,6	8,2	8,4	8,4	8,8	8,7	9,0	8,4	8,2	8,1									
TF4	9,5	8,1	8,8	8,7	8,6	8,4	8,6	8,6	8,5										
TF5	8,9	8,8	8,6	8,8	8,6	8,4	8,7	8,6	8,5	8,9	8,5	8,8	8,4	8,4					
TF6	8,7	8,7	8,4																
TF7	8,9	8,9	8,8	8,5	8,3	8,3													

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3.2 Agroanálisis UC (complementario)

Los resultados del análisis de pH desarrollados por el laboratorio Agroanálisis UC están presentados en la Tabla 5-34 (Anexo XV 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 y muy fuertemente alcalino, registrando estos valores en una muestra en cada categoría. Por otra parte, la mayoría de las muestras (51 muestras equivalentes al 68% del total) tuvieron un pH moderadamente alcalino, mientras que 12 muestras (16% del total) registraron un pH fuertemente alcalino y 10 muestras un pH ligeramente alcalino (13,3% del total).

**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 2021	% Año 2021
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		10	13,3%
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		51	68,0%
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		12	16,0%
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		1	1,3%
<b>Total</b>			<b>75</b>	<b>100</b>

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	7,2	8,6	8,8	8,6	8,4	8,2	8,6	8,5	8,4	8,1	8,3	8,4	8,1	8,5	8,0	8,0	8,6	8,1	9,0
TF2	7,7	7,9	8,3	8,4	8,5	8,5	8,2	8,7	8,7	8,4	8,0	7,9	8,2	8,0					
TF3	8,0	7,9	8,3	8,2	8,4	8,3	8,7	8,0	7,8	7,6									
TF4	7,9	8,1	8,2	8,2	8,1	8,0	8,2	8,2	7,9										
TF5	8,4	8,2	8,0	8,2	8,1	7,9	8,1	8,0	8,0	8,2	8,0	8,3	7,9	7,7					
TF6	8,2	8,1	8,0																
TF7	8,6	8,5	8,3	8,1	7,9	7,6													

Fuente: Elaboración propia.

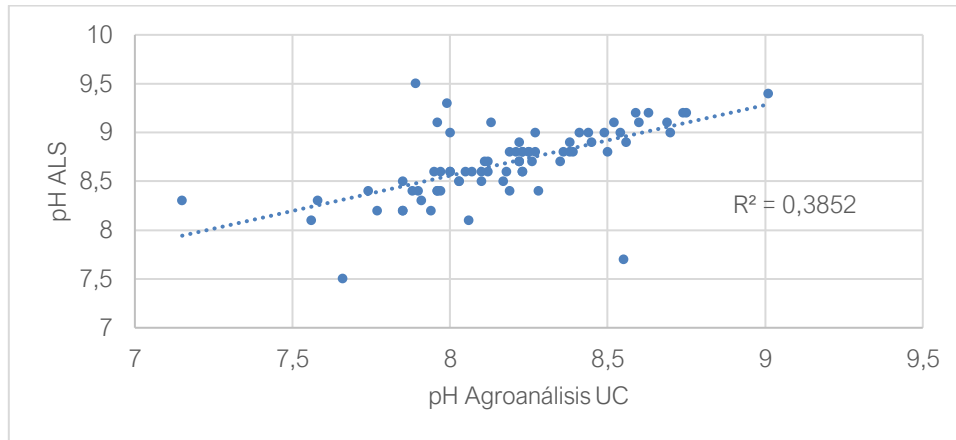
5.4.3.3 Comparación de las mediciones de pH entre laboratorios

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<sup>2</sup> de 0,39 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.

Si bien existen diferencias entre las mediciones de ambos laboratorios y que los valores del pH otorgados por Agroanálisis UC son menores a lo reportado por la ETFA ALS (Figura 5-15), estas podrían estar relacionadas 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.

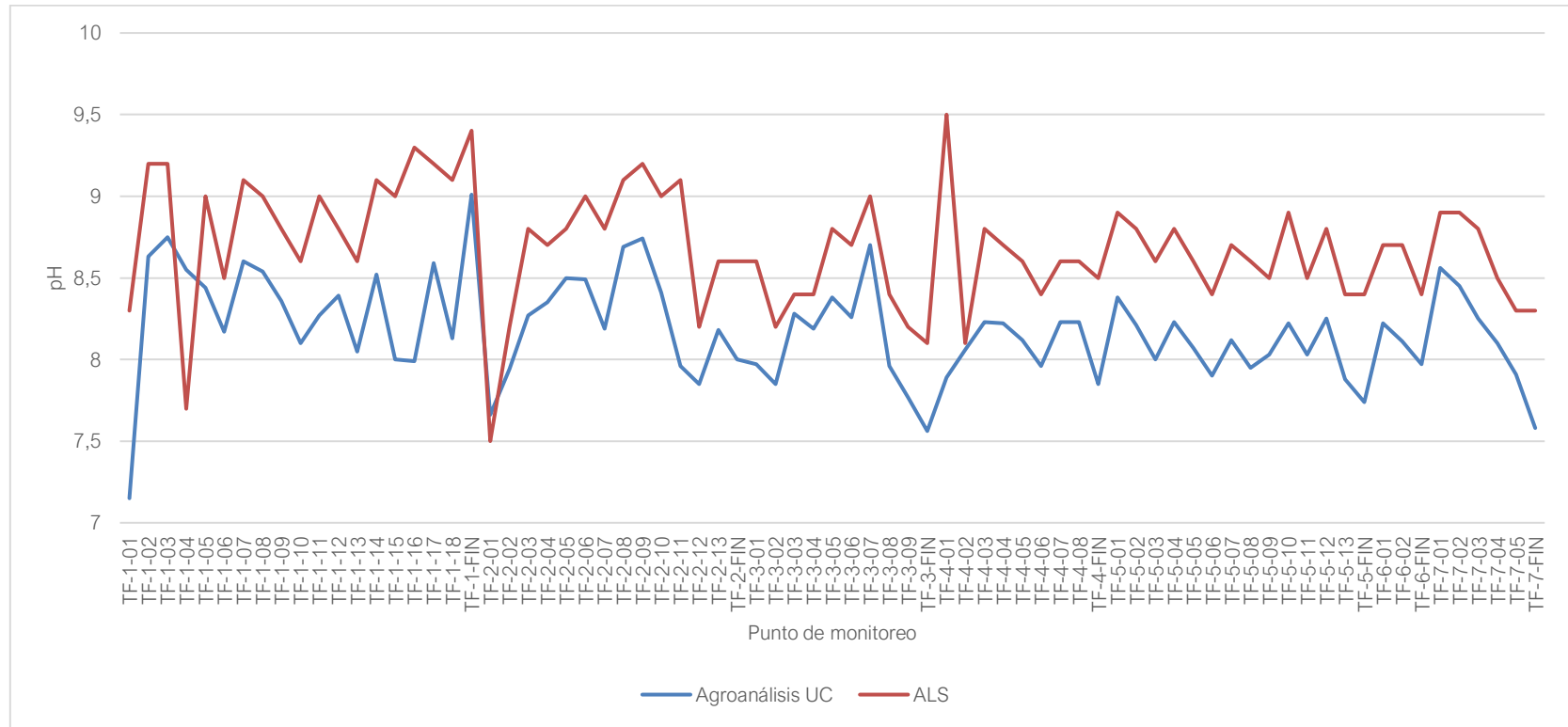
Para efectos de representar las relaciones de los valores obtenidos entre las mediciones de ambos laboratorios, se presenta la regresión lineal en la Figura 5-14.

Figura 5-14. Regresión lineal entre los datos de pH obtenida entre laboratorios.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-15. Comparación del pH obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4 Caracterización de la salinidad del sustrato

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 2021.

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° 986/2016. Por ende, las muestras colectadas por la ETFA Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA, se enviaron al laboratorio ETFA ALS Life Sciences Chile S.A. y en forma simultánea, al laboratorio Agroanálisis UC (Anexo XV), 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.

##### 5.4.4.1 ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA)

En la Tabla 5-36 se sintetizan los resultados obtenidos por el laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en los análisis de conductividad eléctrica, para las muestras obtenidas en la campaña de monitoreo N°15. Los resultados indican que los puntos de muestreo registran sustratos no salinos a fuertemente salinos. En 46 puntos de muestreo (61,3% del total) se reporta una salinidad superior a 6,07 dS/m, catalogando estas muestras como fuertemente salinas. En 24 puntos de muestreo (32% del total) la CE indicó suelos moderadamente salinos, en un (1) punto de muestreo (1,3% del total) se registró suelo ligeramente salino y en dos (2) puntos de muestreo (2,7% del total) los suelos se caracterizaron como muy ligeramente salinos. Solo en dos puntos (TF1-10 y TF1-16), los suelos se registraron no salinos.

**Tabla 5-36. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences.**

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	Nº de puntos 2021	% Año 2021
No salino	0 – 0,98		2	2,7
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71		2	2,7
Ligeramente salino	1,71 – 3,16		1	1,3
Moderadamente salino	3,16 – 6,07		24	32,0
Fuertemente salino	> 6,07		46	61,3
<b>TOTAL</b>			<b>75</b>	<b>100</b>

Fuente: USDA NRCS, 2001.

La Tabla 5-37 presenta los valores obtenidos en el Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A 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 ALS Life Sciences.**

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	1,4	11,7	7,1	13,2	13,5	9,4	6,0	10,9	5,3	0,01	3,5	5,1	4,4	7,3	6,7	0,7	3,9	3,2	11,4
TF2	1,3	6,0	4,8	15,6	16,0	6,2	7,1	4,9	8,4	3,9	5,9	4,1	17,8	3,4					
TF3	5,5	23,1	6,3	7,8	14,3	2,5	38,5	5,7	4,4	7,6									
TF4	241,5	49,2	11,4	17,5	8,5	11,0	8,3	19,8	4,8										
TF5	11,5	4,2	15,7	14,8	19,5	33,7	23,4	18,8	6,9	24,7	4,9	30,6	5,9	5,6					
TF6	11,8	7,7	10,1																
TF7	8,3	8,2	6,8	6,9	4,4	4,5													

Fuente: Elaboración propia.

5.4.4.2 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°15 (Anexo XV se presentan los análisis de laboratorio). Los resultados indican que, en 65 puntos de muestreo, equivalentes al 86,7% del total, se desarrolla un sustrato Fuertemente salino, registrándose valores de salinidad superior a los 6,07 dS/m, mientras que en cinco (5) puntos de muestreo (6,5% del total) el suelo se registró moderadamente salino. En menor proporción, hay dos (2) puntos de muestro donde el suelo fue Ligeramente salino, un (1) punto de muestro donde fue muy ligeramente salino y dos puntos donde fue no salino.

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

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	Nº de puntos 2019	% Año 2019
No salino	0 – 0,98		2	2,7
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71		1	1,3
Ligeramente salino	1,71 – 3,16		2	2,7
Moderadamente salino	3,16 – 6,07		5	6,7
Fuertemente salino	> 6,07		65	86,7
<b>TOTAL</b>			<b>75</b>	<b>100</b>

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 2021. 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.**

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	17,4	9,3	20,5	23,5	18,8	9,5	14,3	10,7	9,7	9,4	15,1	6,4	13,6	3,6	1,0	8,9	5,7	18,2
TF2	1,8	8,4	7,5	23,2	27,7	10,2	10,4	7,6	12,7	4,9	14,1	12,2	53,4	13,2					
TF3	9,1	38,0	12,7	14,6	23,1	2,8	4,9	13,5	10,4	55,7									
TF4	0,4	64,6	17,4	27,3	12,7	15,2	14,8	37,0	10,5										
TF5	16,5	23,5	5,3	21,2	29,0	50,9	36,0	32,2	11,8	39,3	7,9	53,3	11,7	12,6					
TF6	21,8	13,1	18,0																
TF7	11,7	13,6	11,9	11,2	7,9	7,3													

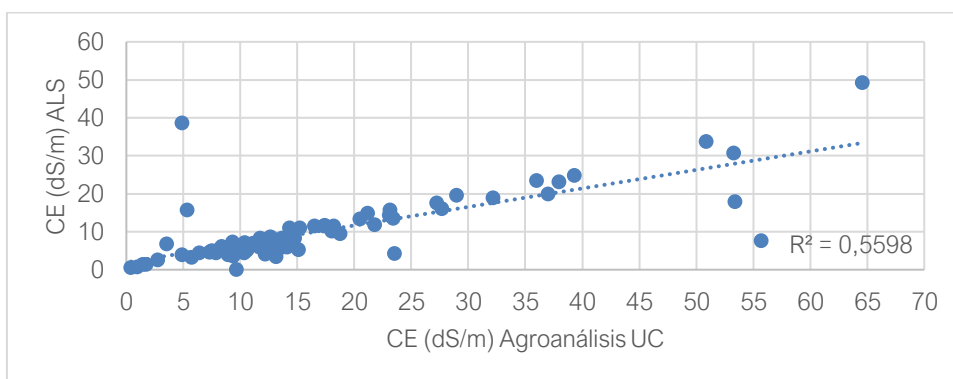
Fuente: Elaboración propia

5.4.4.3 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<sup>2</sup> de 0,91, lo que representa una fuerte correlación, con pendiente positiva y significativa de los datos (pendiente= 0,6; valor p= 5,2\*10<sup>-27</sup>). El buen ajuste de los datos indica que, a pesar de las diferencias metodológicas en el análisis de las muestras, estas son consistentes y apropiadas para la continuidad de los estudios históricos (Figura 5-16).

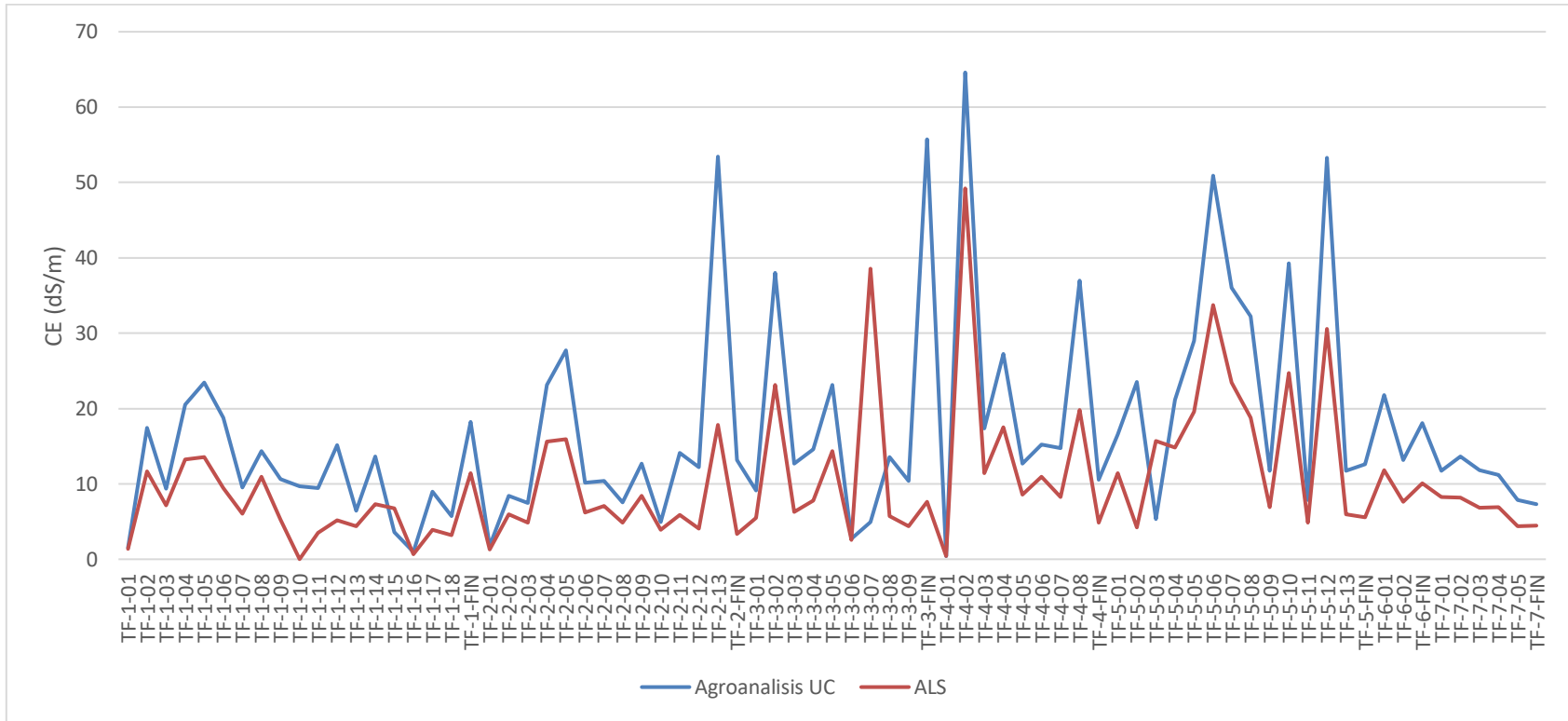
Por otra parte, la mayor parte de las muestras analizadas en 2021 presentó valores de conductividad eléctrica mayor en los análisis del laboratorio Agroanálisis UC (Figura 5-17).

**Figura 5-16. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios.**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-17. Comparación de la CE obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

## 5.5 Fauna

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al monitoreo de fauna silvestre presente en el borde Este del Salar de Atacama, correspondiente al periodo 2021. En este se incorpora el análisis de la riqueza y abundancia específica para los distintos grupos faunísticos considerados en este estudio: reptiles, aves de ambientes terrestres y ambientes acuáticos, así como mamíferos.

### 5.5.1 Riqueza y caracterización de especies

En la campaña de 2021 se registraron 22 especies de fauna: 3 reptiles, 14 aves y 5 mamíferos (Anexo X). No se registró la presencia de anfibios en el área de estudio.

Todas las especies registradas son nativas, de las cuales, dos de ellas son endémicas y pertenecen a la clase Reptilia (*Liolaemus constanzae* y *Liolaemus fabiani*). Respecto a la categoría de conservación, 9 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación, según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). De estas especies, 5 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*) y la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) se encuentran en categoría Vulnerable (DS 38/2015 MMA y DS 23/2019 MMA, 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, es 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.

Cabe recalcar que algunas de estas especies fueron detectadas mediante otras metodologías (registros circunstanciales y puntos de observación focal), por lo que no fueron consideradas para los registros de abundancia y densidad, pero sí se utilizaron para el análisis de riqueza del área de estudio.

Fue posible detectar la presencia de 13 especies singulares de fauna; 3 mamíferos, 7 aves y 3 reptiles. Los criterios de singularidad de cada especie se muestran en la Tabla 5-40.

En el Anexo IX se presentan los registros fotográficos más relevantes de la presente campaña.

**Tabla 5-40. Especies singulares de fauna observadas en la campaña 2021 (criterios de definición).**

Especie	Clase	RCE N°16	BSE
<i>Liolaemus constanzae</i>	Reptilia	LC	SE
<i>Liolaemus fabiani</i>		EN	SE (endémico)
<i>Liolaemus puna</i>		NT	SE (endémico)
<i>Charadrius alticola</i>	Aves	-	BS
<i>Hirundo rustica</i>		-	BSE
<i>Phalaropus tricolor</i>		-	BS
<i>Phoenicoparrus andinus</i>		VU	SE
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>		VU	SE
<i>Phoenicopterus chilensis</i>		NT	SE
<i>Recurvirostra andina</i>		-	BS
<i>Ctenomys fulvus</i>		Mammalia	LC
<i>Lycalopex culpaeus</i>	LC		E
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-		S

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 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 Fabián (*L. fabiani*) registró la mayor abundancia con un promedio de 5,7 individuos/transecto, seguido por la lagartija de Constanza (*L. constanzae*) y la lagartija de la puna (*L. puna*) con un promedio de 3,7 y 0,3 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, Pajonal y Marginal Salar, siendo detectada en 8 de los 17 transectos prospectados durante la campaña 2021. La abundancia promedio para *L. constanzae* en los distintos transectos varió entre 0,3 y 1,0 individuos/transecto.

Por su parte, *L. fabiani* fue registrada en 8 de los 17 transectos realizados, detectándose en los sectores de Vegas de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Peine. Esta especie fue observada en los ambientes de Pajonal, Marginal Salar y Laguna. Al igual que en temporadas anteriores, su presencia en estos hábitats indica que su actividad se encuentra asociada principalmente a los bordes de cuerpos de agua (lagunas) y/o a costras salinas. La abundancia promedio para *L. fabiani* varió entre 0,3 y 1,7 individuos/transecto.

A diferencia del monitoreo anterior, durante esta campaña fue posible registrar a la especie *Liolaemus puna* (lagartija de la Puna) en el ambiente de Brea - Cachiyuyo, en el sector de Cruce Camar. Se detectó un individuo, obteniéndose una abundancia promedio de 0,3 individuos/transecto. En campañas anteriores fue posible observar a esta especie en el mismo sector y ambiente (Brea - Cachiyuyo), encontrándose en simpatria con *L. constanzae* (Tabla 5-41).

**Tabla 5-41. 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>	2	0,7
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,3
	3	Pajonal	<i>Liolaemus constanzae</i>	3	1,0
			<i>Liolaemus fabiani</i>	5	1,7
4	Marginal Salar	<i>Liolaemus fabiani</i>	4	1,3	
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	-	-
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>Liolaemus puna</i>	1	0,3
	7	Pajonal	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,3
			<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,3
8	Marginal de Salar	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,3	
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,3
	10	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-	-
	11	Pajonal	Sin registros	-	-
	12	Marginal de Salar	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,3
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,3
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,3
	15	Pajonal	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,3
	16	Marginal de Salar	<i>Liolaemus constanzae</i>	1	0,3
<i>Liolaemus fabiani</i>			3	1,0	
Peine	17	Laguna	<i>Liolaemus fabiani</i>	1	0,3

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

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3 Abundancia de avifauna

#### 5.5.3.1 Abundancia de aves en ambientes terrestres

Durante la temporada de abril 2021, a partir de evidencia directa (avistamiento) e indirecta, se obtuvieron registros para aves en 7 de los 17 transectos realizados. Los avistamientos totales corresponden a 6 especies de aves pertenecientes a los órdenes Charadriiformes, Phoenicopteriformes, Accipitriformes y Passeriformes.

Para esta campaña se detectaron tres especies asociadas a ambientes acuáticos: *Charadrius alticola* (chorlo de la Puna), y dos especies de flamencos: *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) y *Phoenicopus chilensis* (flamenco chileno). En el caso del chorlo de la puna, se detectaron 3 ejemplares en el sector Cruce SQM, en el ambiente Marginal de Salar, con una abundancia promedio de 1,0 ind/transecto. Por su parte, el flamenco andino (parina grande) fue posible observarlo en Vegas de Carvajal, en el ambiente Marginal Salar, similar a lo ocurrido en temporadas anteriores, presentando una abundancia promedio de 0,3 individuos/transecto, mientras que el flamenco chileno fue observado en el sector de Peine, en el hábitat de

Laguna, con una abundancia de 0,3 individuos/transecto. No se identificaron individuos juveniles o pollos para las especies de flamencos.

Las tres especies restantes corresponden a aves de ambientes terrestres; el Aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), el bailarín chico (*Anthus correndera*) y la golondrina bermeja (*Hirundo rustica*). Estas aves fueron avistadas en los sectores de Vegas de Carvajal y Cruce de Camar, en los ambientes de Brea-Cachiyuyo, Pajonal, Rica rica- Pingo pingo y Marginal Salar (Tabla 5-42).

Durante la presente campaña, fue posible registrar dos especies de aves fuera de las metodologías de transecto, siendo registradas como hallazgos circunstanciales: el pequén (*Athene cunicularia*) y el minero de la puna (*Geositta punensis*). Si bien estas especies se incluyen en la riqueza de avifauna del borde este del Salar, no fueron consideradas en los cálculos de abundancia al no estar asociadas a las metodologías específicas para este grupo (transectos).

**Tabla 5-42. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama.**

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vegas de Carvajal	1	Rica rica- Pingo pingo	Sin registros	-	-
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,3
	3	Pajonal	<i>Anthus correndera</i>	1	0,3
			<i>Hirundo rustica</i>	1	0,3
4	Marginal de Salar	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	1	0,3	
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,3
	6	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-	-
	7	Pajonal	Sin registros	-	-
	8	Marginal de Salar	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,3
Aguas de Quelana**	9	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	-	-
	10	Brea- Cachiyuyo	Sin registros	-	-
	11	Pajonal	Sin registros	-	-
	12	Marginal de Salar	Sin registros	-	-
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	-	-
	14	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-	-
	15	Pajonal	Sin registros	-	-
	16	Marginal de Salar	<i>Charadrius alticola</i>	3	1,0
Peine	17	Salar	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	1	0,3

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

Fuente: Elaboración propia

5.5.3.2 Abundancia de aves en ambientes acuáticos

Con relación al seguimiento de aves en ambientes acuáticos, durante la campaña realizada en abril y mayo de 2021 en los sectores de Aguas de Quelana, Soncor (lagunas Barros Negros, Chaxa, Puilar y el Canal Burro Muerto) y Peine (lagunas Interna, Salada y Saladita), fue posible registrar un total de 10 especies pertenecientes a los órdenes Passeriformes, Charadriiformes y Phoenicopteriformes.

En el Sector de Aguas de Quelana se observaron 6 especies, con una mayor abundancia para flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), con un total de 117 individuos (Tabla 5-43).

En Soncor, en el sector Barros Negros fue posible observar 5 especies, siendo la más abundante el pollito de mar tricolor (*Phalaropus andinus*), con un total de 37 individuos registrados. Mientras que, en el Canal Burro Muerto, se registró un total de 8 especies de aves acuáticas, donde el mayor número de individuos correspondió al flamenco chileno (*Phoenicoparrus chilensis*) y al chorlo de la puna (*Charadrius alticola*), con un total de 149 y 87 ejemplares, respectivamente. En laguna Chaxa se registraron 7 especies de aves acuáticas, siendo las más abundantes el flamenco chileno (*Phoenicoparrus chilensis*), el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) y el pollito de mar tricolor (*Phalaropus tricolor*), con 250, 158 y 112 individuos respectivamente. Cabe destacar que esta última especie presenta sus mayores abundancias en esta laguna. Finalmente, el sector de Puilar se pudieron observar 4 especies, de ellas la más abundante fue el flamenco chileno (*Phoenicoparrus chilensis*) con 289 individuos (Tabla 5-43).

En el caso del sector Peine, se presentan tres cuerpos de agua (hábitats) que fueron monitoreados en la presente campaña: laguna Interna, laguna Salada y laguna Saladita. En laguna Interna se observaron 4 especies de aves acuáticas, siendo la más abundante el chorlo de la puna (*Charadrius alticola*) con 12 individuos. En laguna Salada se observaron 8 especies, donde el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) presentó la mayor abundancia con 238 individuos, mientras que en laguna Saladita se observaron 5 especies, con una mayor abundancia del flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*) con 33 individuos.

**Tabla 5-43. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio.**

Sector	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	<i>Charadrius alticola</i>	53
		<i>Phalaropus tricolor</i>	2
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	117
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	11
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	28
		<i>Recurvirostra andina</i>	14
Barros Negros	Laguna Salar	<i>Calidris bairdii</i>	11
		<i>Charadrius alticola</i>	14
		<i>Phalaropus tricolor</i>	37
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	10
		<i>Recurvirostra andina</i>	3
Canal Burro Muerto	Laguna Salar	<i>Calidris bairdii</i>	52
		<i>Charadrius alticola</i>	87
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	1
		<i>Lessonia oreas</i>	2



Tabla 5-43. Abundancia de aves acuáticas en sistemas lacustres del área de estudio.

Sector	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados
		<i>Phalaropus tricolor</i>	42
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	2
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	149
		<i>Recurvirostra andina</i>	17
Chaxa	Laguna Salar	<i>Calidris bairdii</i>	27
		<i>Charadrius alticola</i>	20
		<i>Phalaropus tricolor</i>	112
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	158
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	28
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	250
		<i>Recurvirostra andina</i>	4
Puilar	Laguna Salar	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	73
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	32
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	289
		<i>Recurvirostra andina</i>	5
Peine	Laguna interna	<i>Charadrius alticola</i>	12
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	9
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	11
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	5
	Laguna Salada	<i>Charadrius alticola</i>	4
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	2
		<i>Hirundo rustica</i>	4
		<i>Phalaropus tricolor</i>	24
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	238
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	20
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	102
		<i>Recurvirostra andina</i>	35
	Laguna Saladita	<i>Charadrius alticola</i>	1
		<i>Hirundo rustica</i>	1
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	12
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>		33	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>		16	

Fuente: Elaboración propia

## 5.5.4 Abundancia de mamíferos

### 5.5.4.1 Abundancia de micromamíferos

En la temporada 2021 se capturaron ejemplares de micromamíferos cursoriales (no fosoriales) tanto en el sector de Vega de Carvajal (MM1, MM2 y MM3) como en Aguas de Quelana (MM4, MM5, MM6). Los registros de roedores fueron obtenidos en dos hábitats muestreados: Rica rica-Pingo pingo y Pajonal, detectándose a las especies *Abrothrix andinus* (ratón andino), *Phyllotis xanthopygus* (ratón orejudo amarillento) y *Eligmodontia puerulus* (lauchita de pie sedoso).

En cuanto a las abundancias de ejemplares, se observó un predominio de registros en el sector Vegas de Carvajal, donde la especie *Abrothrix andinus*, con un total de 10 individuos capturados, fue detectada en los ambientes de Pajonal y Rica Rica – Pingo Pingo, mientras que *Phyllotis xanthopygus*, con un total de 5 individuos capturados fue registrada en el ambiente de Pajonal en el mismo sector. Por otra parte, se registró solo un (1) individuo en el sector de Aguas de Quelana, correspondiente a la especie *Eligmodontia puerulus* en el ambiente de Rica Rica – Pingo Pingo (Tabla 5-44).

Para el cálculo de las abundancias promedio se descartaron las recapturas de ejemplares.

**Tabla 5-44. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama.**

Sector	MM	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica–Pingo pingo	<i>Abrothrix andinus</i>	1	0,3
	2	Brea-Cachiyuyo	Sin registro	-	-
	3	Pajonal	<i>Abrothrix andinus</i>	9	3,0
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	5	1,7
Aguas de Quelana	4	Rica rica–Pingo pingo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	1	0,3
	5	Brea-Cachiyuyo	Sin registro	-	-
	6	Pajonal	Sin registro	-	-

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

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la presencia y actividad del roedor fosorial *Ctenomys fulvus* (tucu-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 Rica rica- Pingo pingo, 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.

5.5.4.2 Abundancia de macromamíferos

Durante la presente temporada no se obtuvieron registros de macromamíferos en ninguna de las cuatro estaciones olfativas (instaladas en Vegas de Carvajal y Aguas de Quelana, correspondientes a las estaciones MM1, MM2, MM4 y MM5).

No obstante, a partir de los registros obtenidos mediante cámaras trampa (Tabla 5-45), fue posible detectar la presencia del zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) en ambos sectores en donde fueron instaladas. En Vegas de Carvajal se registró su presencia en los hábitats de Rica rica - Pingo pingo y Brea - Cachiyuyo, mientras que en Aguas de Quelana se detectó solo en el ambiente de Rica rica- Pingo pingo. También se pudo observar la presencia de otras especies, como es el caso de *Liolaemus fabiani* y *Abrothrix andinus*.

Por otra parte, se constató la presencia de ejemplares del género *Lycalopex* a través de fecas y/o huellas en dos de los sectores estudiados: Vega de Carvajal y Cruce SQM, en los ambientes de Brea – Cachiyuyo y Rica Rica – Pingo Pingo.

**Tabla 5-45. Índice de visitas de *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) captadas por cámara trampa.**

Sector	MM	Hábitat	Índice de Visitas ( <i>Lycalopex culpaeus</i> )*	Observaciones de otras especies
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	0,33	<i>Liolaemus fabiani</i> (n=1)
	2	Brea-Cachiyuyo	0,33	-
	3	Pajonal	-	-
Aguas de Quelana	4	Rica rica-Pingo pingo	0,33	-
	5	Brea-Cachiyuyo	-	<i>Abrothrix andinus</i> (n=1)
	6	Pajonal	-	-

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

Fuente: Elaboración propia.

## 5.6 Biota acuática

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante abril de 2021 en la campaña N°15 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 (Ver capítulo 6.5). Además, cabe mencionar que para los parámetros de biota acuática no se establecieron límites durante la evaluación ambiental.

### 5.6.1 Medio Abiótico

La presenta los resultados obtenidos durante el monitoreo correspondiente a abril de 2021. En ella, se entregan los valores de los parámetros de importancia limnológica medidos in situ en la columna de agua y sedimento (temperatura, temperatura del sedimento, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, salinidad, conductividad del sedimento y del agua intersticial).

**Tabla 5-46. 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	20,96	21,44	8,16	24,96	17,2	5,410	2,63	20,82
	PU-2	26,95	26,08	8,34	29,91	22,2	6,660	5,37	21,01
	PU-3	26,01	27,06	8,20	28,04	21,0	7,930	3,94	27,20
	PU-4	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	PU-5	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
Soncor	BM-1	13,03	13,68	7,93	96	87	3,94	23,22	87,97
	CH-1	13,71	13,10	7,84	107,2	92,9	3,95	28,84	100,10
	BN-1	23,35	21,83	7,94	105,6	95,7	5,83	25,65	87,63
	BN-2	19,13	20,73	7,93	134	131	2,68	20,23	47,46
	BN-3	22,83	24,41	7,30	200,00	279	0,85	54,24	159,90
Aguas de Quelana	Q-0	14,00	15,18	7,59	200,00	277	1,23	52,03	177,40
	Q-1	17,87	18,91	7,14	30,25	17,7	6,01	7,82	28,70
	Q-2	16,07	16,00	8,29	25,29	19,6	7,84	10,84	29,36
	Q-3	24,65	23,04	8,10	53,20	73,9	6,91	40,87	98,17
	Q-4	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Q-5	22,59	20,78	8,37	37,36	25	4,64	13,54	33,96
	Q-6	18,69	19,58	7,42	25,02	17,8	5,67	5,10	18,85
	Q-7	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Q-8	18,48	19,45	8,28	22,81	12,9	5,30	6,61	18,96
	Q-9	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
Peine	PE-1	21,88	21,48	7,16	104,00	86,3	1,13	15,49	75,50
	PE-2	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	PE-3	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	SA-1	17,73	18,19	8,12	36,73	25,8	5,39	22,34	61,71
	SA-2	13,33	14,47	8,34	39,30	28,7	7,52	7,28	29,10

(\*\*) Parámetros adicionales de la RCA 226/2006. Fuente: AquaExpert, 2021.

### 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 sistema. 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 Puillar variaron entre 20,96 y 26,95 °C (Tabla 5-47). 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 temperatura varió entre 13,03 y 23,35 °C (Tabla 5-47). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el sector 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, la temperatura registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2021 varió entre 14,00 y 24,65 °C (Tabla 5-47). 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, los valores de temperatura registrados durante abril de 2021 variaron entre 13,33 y 21,88°C (Tabla 5-47). 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. Cabe indicar que los muestreos de cada punto de monitoreo se realizan a lo largo del día y esta variación en el horario a su vez, genera una amplia oscilación en las mediciones de este parámetro.

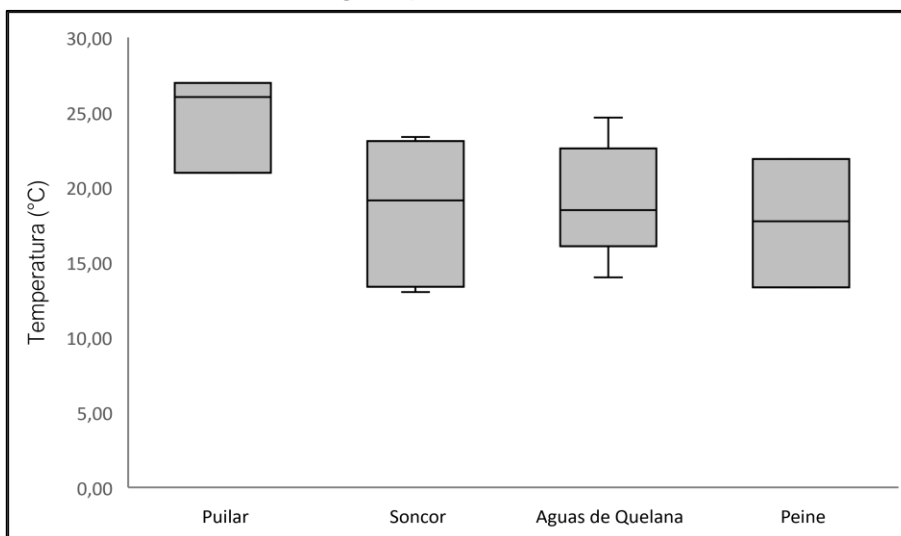
Respecto a la variación en los valores de temperatura entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una homogeneidad de los valores de temperatura en el Sector de Puillar y Aguas de Quelana mientras que en los Sectores de Soncor y Peine existe una mayor variación y por consiguiente una heterogeneidad de los valores de temperatura en las estaciones de monitoreo (Tabla 5-47, 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 ( $KW= 4,67$  g.l.= 3,  $p= 0,198$ ).

**Tabla 5-47. 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	20,96	26,95	24,64	26,01	3,22	13,07
Soncor	5	13,03	23,35	18,41	19,13	4,89	26,54
Quelana	7	14,00	24,65	18,91	18,48	3,65	19,31
Peine	3	13,33	21,88	17,65	17,73	4,28	24,23

Fuente: AquaExpert, 2021.

**Figura 5-18. Representación gráfica de los valores de Temperatura medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**



Fuente: AquaExpert, 2021.

(\*) 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 del Sedimento

El parámetro temperatura medido en el sedimento, al igual que lo ocurrido en la columna de agua, ha sido medido históricamente con la finalidad de ser un indicativo referencial al momento del muestreo. Tal como se señaló anteriormente, debido a la gran oscilación que presenta la temperatura durante el transcurso del día en ecosistemas extremos como lo es el Salar de Atacama, esta variable no representa la temperatura promedio del sistema. 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 (año 2021) los valores de temperatura del sedimento en el Sector de Puilar variaron entre 21,44 y 27,06 °C (Tabla 5-48). 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 temperatura varió entre 13,10 y 24,41 °C (Tabla 5-48). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el sector Laguna Chaxa (CH-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-3). Para el sector Aguas de Quelana, la temperatura registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2021 varió entre 15,18 y 23,04 °C (Tabla 5-47). 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, los valores de temperatura registrados durante abril de 2021 variaron entre 14,47 y 21,48°C (Tabla 5-47). El menor valor se registró en la estación de monitoreo SA-2, en la laguna Salada, mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-1 en la laguna Interna. Como ya fue mencionado al describir la temperatura de la columna de agua, los muestreos de cada punto de monitoreo se realizan a lo largo del día y esta variación en el horario a su vez, genera una amplia oscilación en las mediciones de este parámetro en los distintos sitios de monitoreo, oscilación que está ligada a la amplia variación que naturalmente se da durante el transcurso del día en el Salar de Atacama.

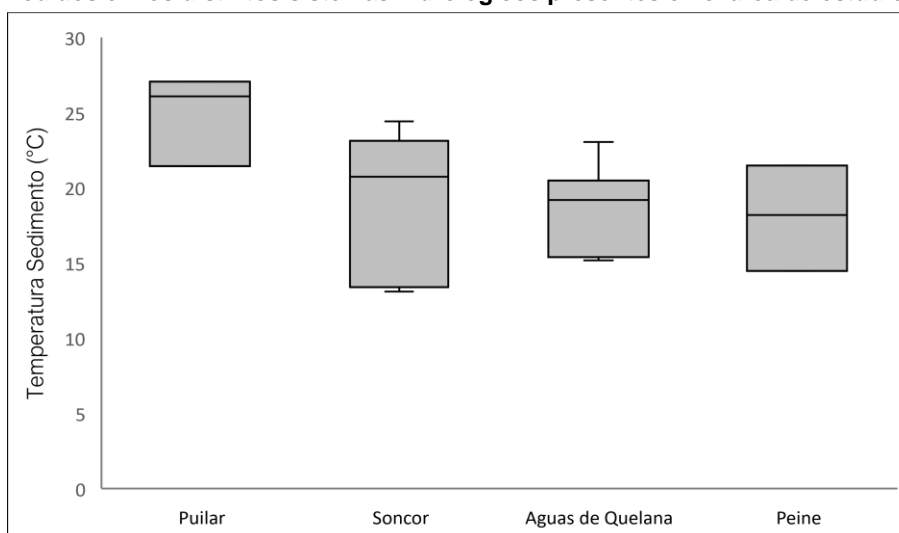
Respecto a la variación en los valores de temperatura entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican valores homogéneos de Temperatura en el Sector de Puilar, Aguas de Quelana y Peine, mientras que en el sector de Soncor existe una mayor variación y por consiguiente mayor heterogeneidad de los valores de temperatura en las distintas estaciones de monitoreo (Tabla 5-47, Figura 5-19). 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= 5,17 g.l.= 3, p= 0,160).

**Tabla 5-48. 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	21,44	27,06	24,86	26,08	3,00	12,08
Soncor	5	13,10	24,41	18,75	20,73	5,66	30,16
Quelana	7	15,18	23,04	18,99	19,45	2,70	14,20
Peine	3	14,47	21,48	18,05	18,19	3,51	19,43

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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 los valores de pH de la columna de agua en el Sector de Puillar variaron entre 8,16 y 8,34 unidades (Tabla 5-49), el menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1, mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor, los valores de pH variaron entre 7,30 y 7,94 unidades (Tabla 5-49). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Barros Negros (BN-3), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en el canal Barros Negros (BN-1). Para el sector Aguas de Quelana, los valores de pH medidos durante la campaña de monitoreo de abril de 2021 variaron entre 7,14 y 8,37 unidades (Tabla 5-49). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-1, 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 2021 variaron entre 7,16 y 8,34 unidades (Tabla 5-49). 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 Salada (estación SA-2). 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.

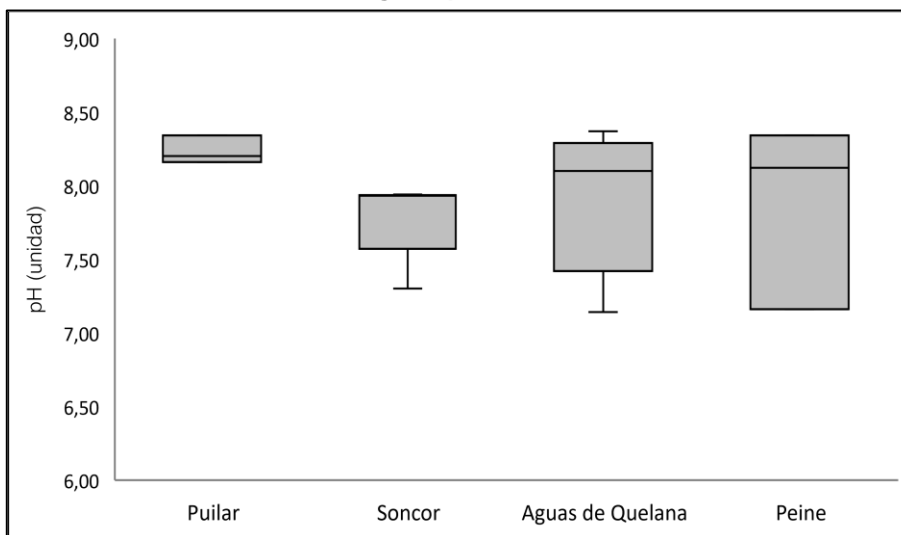
Respecto a la variación en los valores de pH entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican un bajo nivel de dispersión en los valores de pH en todas las estaciones de monitoreo del área de estudio (Tabla 5-49 y Figura 5-20). En cuanto a la comparación entre sectores, no se detectaron diferencias significativas entre los valores de pH medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 3,47$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,324$ ). Estos resultados indican que existe una homogeneidad en términos de pH en todos los sistemas hidrológicos muestreados.

**Tabla 5-49. 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.
Puillar	3	8,16	8,34	8,23	8,20	0,09	1,15
Soncor	5	7,30	7,94	7,79	7,93	0,28	3,54
Quelana	7	7,14	8,37	7,88	8,10	0,49	6,26
Peine	3	7,16	8,34	7,87	8,12	0,63	7,97

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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 2021 los valores de conductividad eléctrica de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 24,96 y 29,91 mS/cm (Tabla 5-50). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor, la Conductividad eléctrica varió entre 96,42 y valores mayores a 200,00 mS/cm (límite máximo de detección) (Tabla 5-50). 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 2021 varió entre 22,81 y un valor mayor a 200,00 mS/cm (límite máximo de detección) (Tabla 5-50). 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 36,73 y 104,00 mS/cm (Tabla 5-50). El menor valor estación de monitoreo SA-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-1.

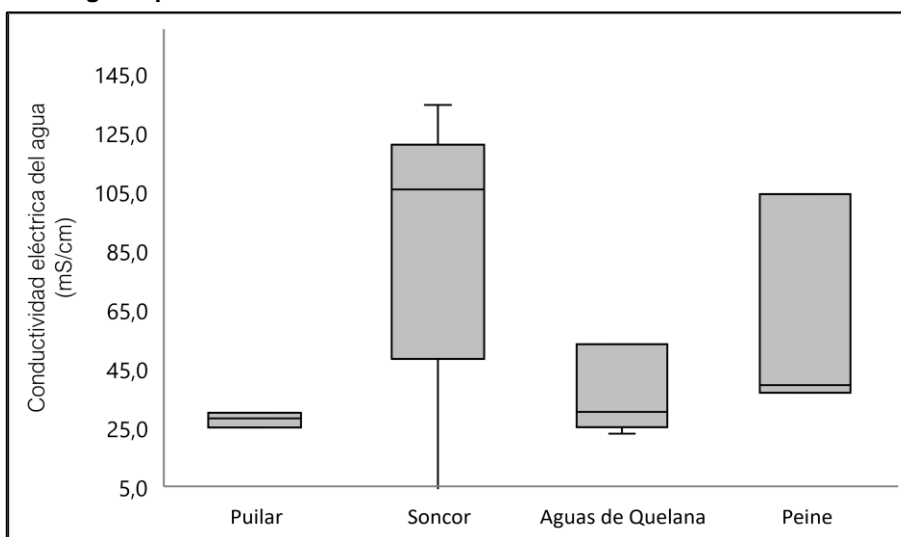
Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una mayor homogeneidad entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en el sector de Puilar mientras que en el resto existe una mayor variación (Tabla 5-50 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 se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 8,98$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,029$ ). Esta diferencia estuvo dada entre el sistema de Soncor respecto a los sistemas de Puilar y Aguas de Quelana los que mostraron menores concentraciones de sales en la columna de agua (**Figura 5-21**).

**Tabla 5-50. 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	24,96	29,91	27,64	28,04	2,50	9,04
Soncor	5	96,42	200,00	128,70	107,20	42,29	32,86
Quelana	7	22,81	200,00	56,28	30,25	64,24	114,15
Peine	3	36,73	104,00	60,01	39,30	38,12	63,52

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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 17,2 y 22,2 PSU (Tabla 5-51). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor, la salinidad varió entre 87,0 y 279,0 (Tabla 5-51). 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 salinidad registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2021 varió entre 12,9 y 277,0 PSU (Tabla 5-51). 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 salinidad registrados durante abril de 2021 variaron entre 25,8 y 86,3 (Tabla 5-51). El menor valor se registró en estación SA-1, mientras que el mayor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1.

Debido a que las variables Conductividad eléctrica y Salinidad están estrechamente relacionadas, igual que el patrón detectado para la variable Conductividad eléctrica, la variación en los valores de salinidad entre los distintos sistemas hidrológicos indican una mayor homogeneidad entre los valores de Salinidad medidos

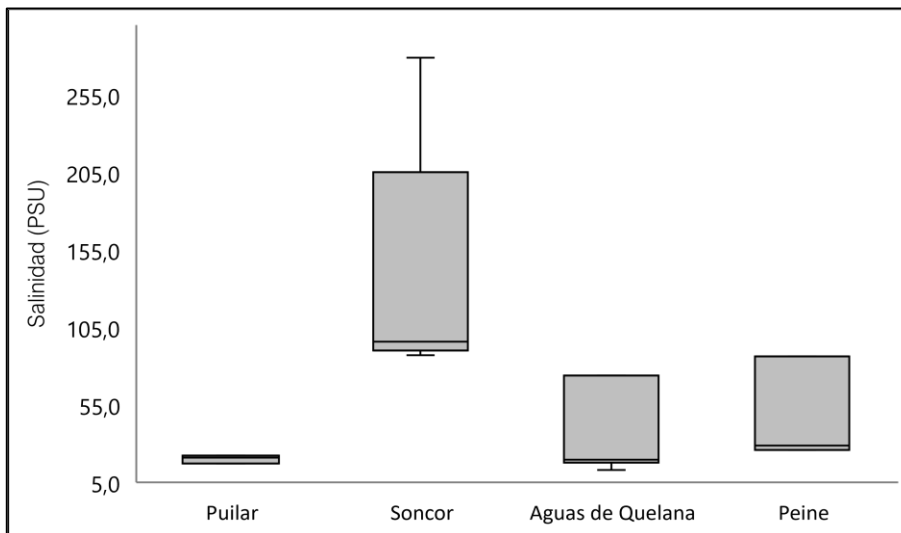
en los sectores de Puilar (C.V.= 12,96), mientras que en los sectores de Aguas de Quelana, Peine y Soncor existe una mayor variación y heterogeneidad entre ellos lo cual indica una diferencia en las concentraciones de sales y minerales disueltas entre los distintos puntos de monitoreo de cada sistema hidrológico (Tabla 5-51). 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= 9,44, g.l.= 3, p= 0,024). Estas diferencias se detectaron principalmente entre el sector de Soncor respecto al resto de los sectores, fue el sector de Soncor el que registró en promedio mayores valores de salinidad en toda el área de estudio (Promedio= 137,12±81,16 PSU, Tabla 5-51 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 5-51. 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	17,20	22,20	20,13	21,00	2,61	12,96
Soncor	5	87,00	279,00	137,12	95,70	81,16	59,19
Quelana	7	12,90	277,00	63,41	19,60	96,48	152,14
Peine	3	25,80	86,30	46,93	28,70	34,12	72,71

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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 2021, los valores de Oxígeno disuelto de la columna de agua en el sector de Puillar variaron entre 5,41 y 7,93 mg/L (Tabla 5-52). 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 concentración de Oxígeno disuelto varió entre 0,85 y 5,83 mg/L (Tabla 5-52). El menor valor se registró en la estación ubicada en el canal Barros Negros (BN-3) mientras que el mayor valor se midió en la estación de monitoreo BN-1. Para el sector Aguas de Quelana, la concentración de Oxígeno disuelto varió entre 1,23 y 7,84 mg/L (Tabla 5-52). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-0 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 2021 variaron entre 1,13 y 7,52 (Tabla 5-52). 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 Salada (estación SA-2).

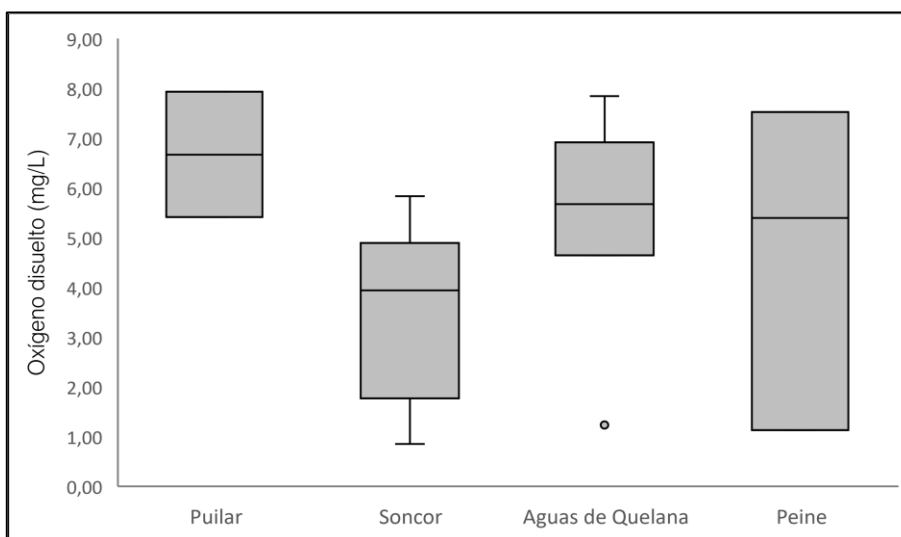
Respecto a la variación en los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos, los resultados indican que existe una leve heterogeneidad entre los valores de Oxígeno medidos en los sectores de Puillar y aguas de Quelana, mientras que en los sectores de Soncor y Peine existe una mayor variación (C.V.= 53,26 y 69,52 respectivamente) (Tabla 5-52 y Figura 5-23), lo cual muestra una diferencia y mayor variabilidad en las concentraciones de Oxígeno disuelto entre los distintos puntos de monitoreo dentro del ambos sectores. 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= 5,11, g.l.= 3, p= 0,164).

**Tabla 5-52. 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	5,41	7,93	6,67	6,66	1,26	18,90
Soncor	5	0,85	5,83	3,45	3,94	1,84	53,26
Quelana	7	1,23	7,84	5,37	5,67	2,11	39,24
Peine	3	1,13	7,52	4,68	5,39	3,25	69,52

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuantiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo.

### 5.6.1.7 Conductividad eléctrica del sedimento

Durante la campaña de monitoreo de 2021 los valores de Conductividad eléctrica del sedimento en el Sector de Puilar variaron entre 2,63 y 5,37 mS/cm (Tabla 5-53). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica varió entre 20,23 y 54,24 mS/cm (Tabla 5-53). Ambos valores fueron medidos en la laguna Barros Negros, el menor valor se registró en la estación de monitoreo BN-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación BN-3. Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica del sedimento registrada durante la campaña de monitoreo varió entre 5,10 y 52,03 mS/cm (Tabla 5-53). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-6 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 7,28 y 22,34 mS/cm (Tabla 5-53). El menor valor se detectó en la estación de monitoreo SA-2 mientras que el mayor valor se midió en estación SA-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

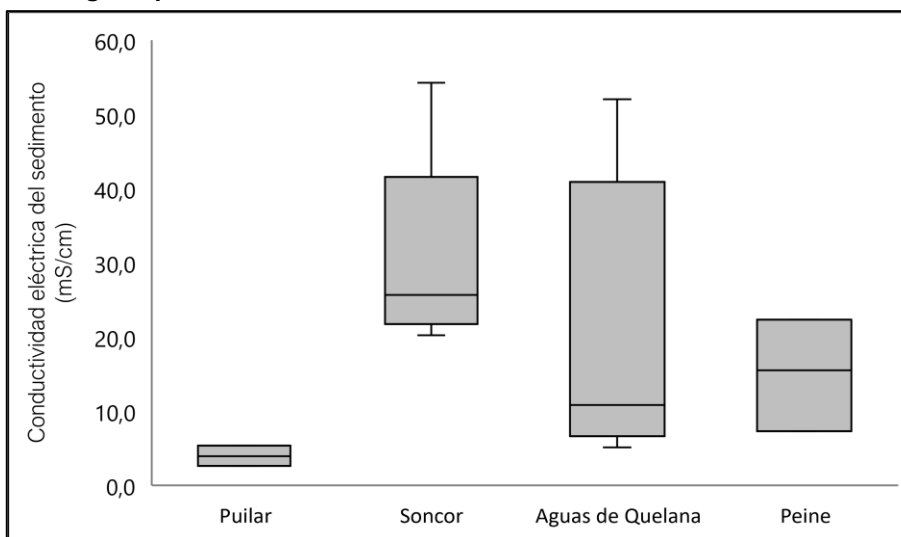
de los sitios de monitoreo (Tabla 5-53 y Figura 5-24). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos se detectaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los valores de Conductividad eléctrica del sedimento medidos en la actual campaña de monitoreo ( $KW= 9,30$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p= 0,026$ ). Las diferencias estadísticamente significativas se detectaron entre el sistema de Puilar respecto a los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, en donde el sector de Puilar presentó menores valores de conductividad que los detectados en Soncor y Aguas de Quelana (Figura 5-24). En función de los coeficientes de variación determinados en el área de estudio, estos resultados indican que las concentraciones de minerales presentes en los sedimentos del sector de Puilar y Peine muestran un ambiente homogéneo respecto a este parámetro. Mientras que los sectores de Soncor y de Aguas de Quelana muestra mucha heterogeneidad en términos del sustrato presente en sus distintas estaciones de monitoreo (Tabla 5-53 y Figura 5-24).

**Tabla 5-53. 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	2,63	5,37	3,98	3,94	1,37	34,48
SONCOR	5	20,23	54,24	30,44	25,65	13,68	44,94
QUELANA	7	5,10	52,03	19,54	10,84	18,87	96,53
PEINE	3	7,28	22,34	15,04	15,49	7,54	50,15

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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.

#### 5.6.1.8 Conductividad eléctrica del Agua intersticial

Durante la actual campaña de monitoreo de 2021 los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial en el Sector de Puilar variaron entre 20,82 y 27,20 mS/cm (Tabla 5-54). 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 del agua intersticial varió entre 47,46 y 159,90 mS/cm (**Tabla 5-54**). 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 18,85 y 177,40 mS/cm (**Tabla 5-54**). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-6, 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 2021 variaron entre 29,10 y 75,50 mS/cm (**Tabla 5-54**). El menor valor se registró en la laguna Saladita (estación SA-2) mientras que el mayor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1.

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 medidos en los sitios de monitoreo del sector de Aguas de Quelana (**Tabla 5-54** 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 ( $KW= 7,05$ , g.l.= 3,  $p= 0,070$ ).

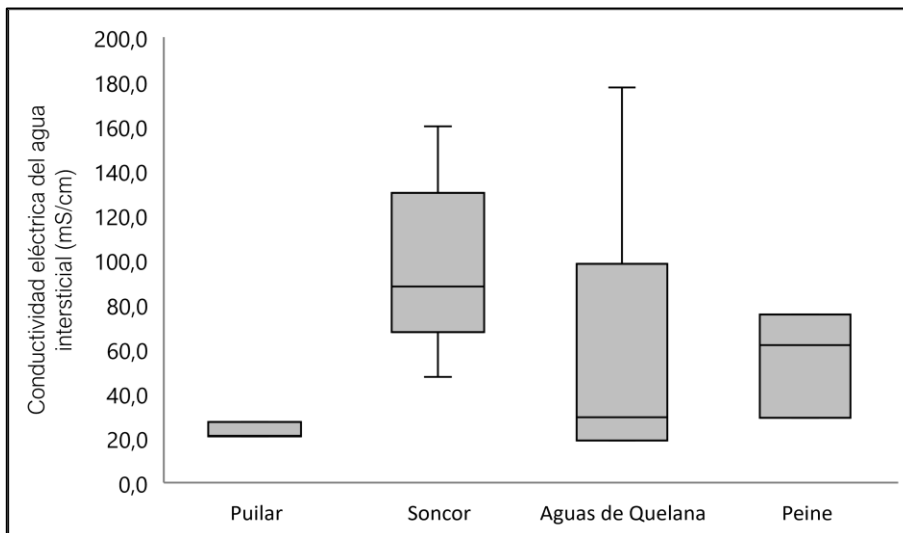
**Tabla 5-54. Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial (mS/cm) medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**

Sector	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Puillar	3	20,82	27,20	23,01	21,01	3,63	15,78
Soncor	5	47,46	159,90	96,61	87,97	40,59	42,01
Quelana	7	18,85	177,40	57,91	29,36	59,42	102,60
Peine	3	29,10	75,50	55,44	61,71	23,83	42,98

Fuente: AquaExpert, 2021.



**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, 2021.

(\*) 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 5-55**.

**Tabla 5-55. 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 (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila-a fracción bentónica (mg/m <sup>2</sup> )
Puilar	PU-1	0,11	2,82
	PU-2	2,97	7,43
	PU-3	6,41	7,12
	PU-4	*	*
	PU-5	*	*
Soncor	BM-1	1,34	1,45
	CH-1	4,04	3,01
	BN-1	3,00	10,00
	BN-2	2,32	2,71
	BN-3	0,42	0,65
Aguas de Quelana	Q-0	0,97	0,35
	Q-1	1,30	3,60

**Tabla 5-55. 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 (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila-a fracción bentónica (mg/m <sup>2</sup> )
	Q-2	1,98	14,17
	Q-3	32,64	0,35
	Q-4	*	*
	Q-5	0,68	1,84
	Q-6	0,27	1,47
	Q-7	*	*
	Q-8	0,68	0,45
	Q-9	*	*
	Peine	PE-1	22,81
PE-2		*	*
PE-3		*	*
SA-1		1,37	5,23
SA-2		1,32	6,31

(\*): Seco, sin escurrimiento superficial de agua al momento del muestreo. Fuente: AquaExpert, 2021.

a. Clorofila-a en fitoplancton (columna de agua)

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021), los valores de concentración de Clorofila-a fracción planctónica medidos en el Sector de Puilar variaron entre 0,11 y 6,41 µg/L (**Tabla 5-56**). 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 Clorofila-a varió entre 0,42 y 4,04 µg/L (**Tabla 5-56**). El menor valor se registró en la estación de monitoreo BN-3, mientras que el mayor valor se midió en la estación CH-1. Para el sector Aguas de Quelana, la concentración de Clorofila-a registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2021 varió entre 0,27 y 32,64 µg/L (**Tabla 5-56**). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-6 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 22,81 µg/L (**Tabla 5-56**). El menor valor se midió en la estación de monitoreo SA-2, mientras que el mayor valor se registró en la estación PE-1.

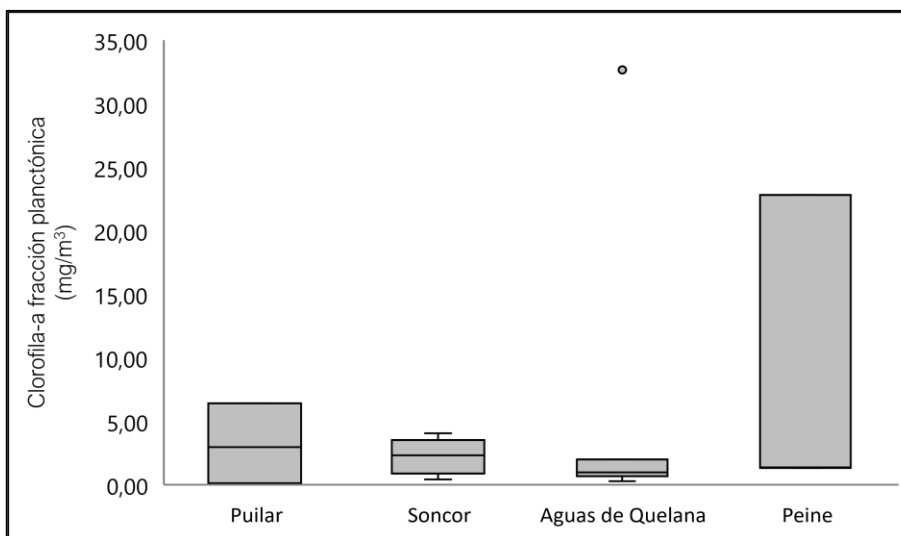
Respecto a la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio, los coeficientes de variación indican mayor heterogeneidad y mayor variabilidad en las concentraciones de Clorofila medidas en los sitios de monitoreo de los sectores de Puilar, Aguas de Quelana y Peine, mientras que las estaciones de monitoreo del sector de Soncor muestran menor variabilidad en las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2021, indicando que este sector (Soncor) corresponde a un sistema homogéneo en relación a la productividad primaria relacionadas a las microalgas planctónicas (**Tabla 5-56** 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= 1,65, g.l.= 3, p= 0,649).

**Tabla 5-56. 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	0,11	6,41	3,16	2,97	3,15	99,72
Soncor	5	0,42	4,04	2,22	2,32	1,41	63,37
Quelana	7	0,27	32,64	5,50	0,97	11,98	217,68
Peine	3	1,32	22,81	8,50	1,37	12,39	145,80

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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.

**b. Clorofila-a en perifiton (Fitobentos)**

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021), los valores de concentración de Clorofila-a bentónica medidos en el Sector de Puilar variaron entre 2,82 y 7,43 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-57). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor, la Clorofila-a bentónica varió entre 0,65 y 10,00 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-57). 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 0,35 y 14,17 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-57). 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, las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2021 variaron entre 1,92 y 6,31 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 5-57). El menor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1, mientras que el mayor valor se registró en laguna Saladita (estación SA-2).

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

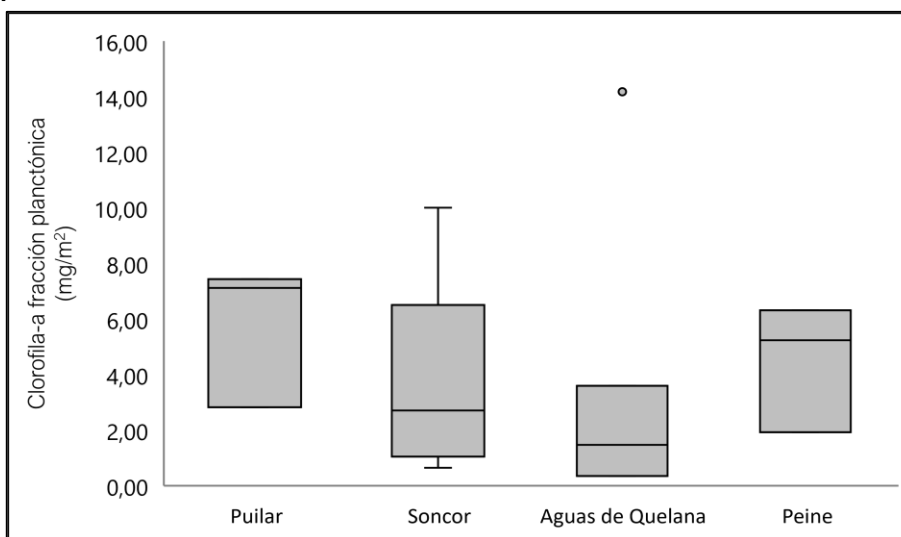
una menor variabilidad en las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2021, indicando que estos sectores corresponden a sistemas más constantes y homogéneos en relación a la productividad primaria relacionadas a las microalgas del bentos (Tabla 5-57 y Figura 5-27). En cuanto a la comparación 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= 3,87, g.l.= 3, p= 0,275).

**Tabla 5-57. 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	2,82	7,43	5,79	7,12	2,58	44,50
Soncor	5	0,65	10,00	3,56	2,71	3,72	104,44
Quelana	7	0,35	14,17	3,18	1,47	4,99	157,00
Peine	3	1,92	6,31	4,49	5,23	2,29	50,98

Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021.

(\*) 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.

### 5.6.2.2 Fitobentos

Los valores de abundancia total de las microalgas fitobentónicas determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 2.607,0 y 22.440.865,9 cél/cm<sup>3</sup> (Tabla 5-58). Estos valores fueron detectados en los sectores Soncor y Aguas de Quelana respectivamente, 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 Q-1 (Aguas de Quelana).

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 Peine presentó el menor

coeficiente de variación (C.V.=96,2) indicando un sustrato relativamente más homogéneo, mientras que el sector de Aguas de Quelana presentó el mayor coeficiente de variación (C.V.=196,5) (Tabla 5-58 y Figura 5-28).

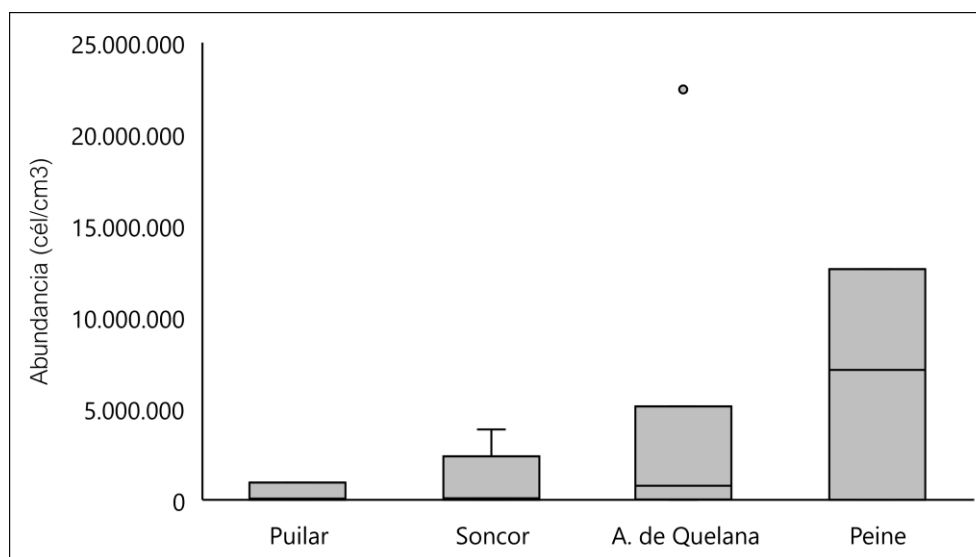
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre sectores ( $KW=2,25$ , g.  $I=3$ ,  $p=0,521$ ). Sin embargo, el sistema Aguas de Quelana, en general, presentó los mayores valores de abundancia de toda el área de estudio (Tabla 5-58 y Figura 5-29). Cabe indicar que, durante la actual campaña de monitoreo, al igual que lo ocurrido durante el año 2019, se detectaron blooms o proliferaciones algales en este componente en todos los sectores de muestreo, quedando en evidencia con los altos valores de abundancia de microalgas. Estas floraciones masivas de microalgas podrían deberse 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, además este grupo algal es particularmente exitoso dentro de condiciones de extrema salinidad, con altas variaciones de temperatura y oxígeno disuelto convirtiéndolo en un grupo poliextremofilo (Angel *et al*, 2016), por lo que se puede deducir que estas fluctuaciones detectadas en la abundancia con patrones de floración corresponden posiblemente a dinámicas naturales para este grupos en este tipo de sistemas y no tiene implicancias biológicas para el ecosistema.

**Tabla 5-58. 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.
Puillar	3	2.769,3	954.506,1	341.162,6	66.212,5	532.117,4	156,0
Soncor	5	2.607,0	3.842.292,9	971.000,3	97.761,0	1.649.623,7	169,9
Quelana	7	4.029,8	22.440.865,9	4.195.634,5	780.213,6	8.245.329,5	196,5
Peine	3	3.666,9	12.619.406,1	6.575.122,8	7.102.295,3	6.324.369,7	96,2

Fuente: AquaExpert, 2021.

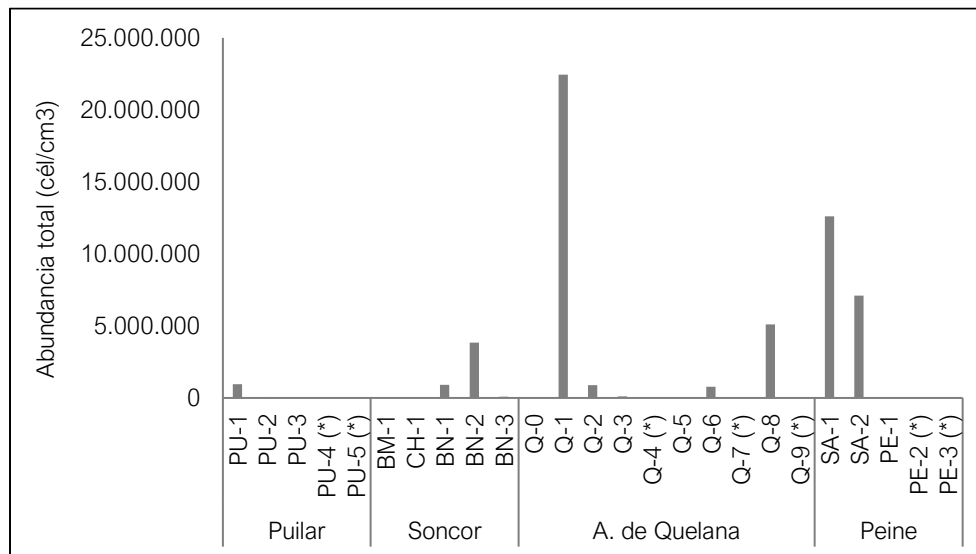
**Figura 5-28. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia total del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**



Fuente: AquaExpert, 2021.

(\*) 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.**

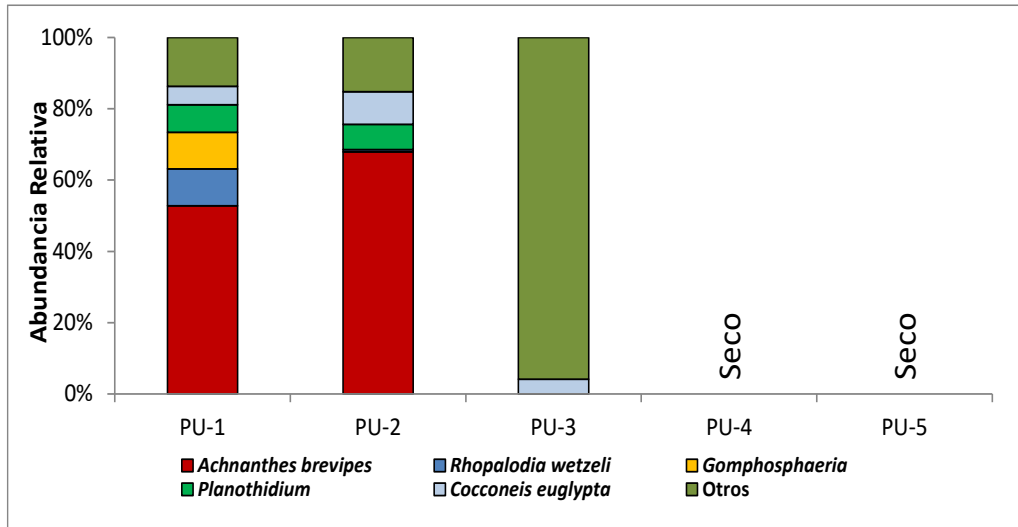


Fuente: AquaExpert, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

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 *Achnanthes brevipes* y *Cocconeis euglypta*, *Gomphosphaeria*, *Planothidium* y *Rhopalodia wetzeli* (Figura 5-30). Para el sector de Soncor los taxa más dominantes fueron *Oscillatoria sp.* y *Halamphora acutiuscula* (Figura 5-31). En el sector Aguas de Quelana los taxa que presentaron mayor dominancia fueron *Achnantheidium brevipes* y *Halamphora*

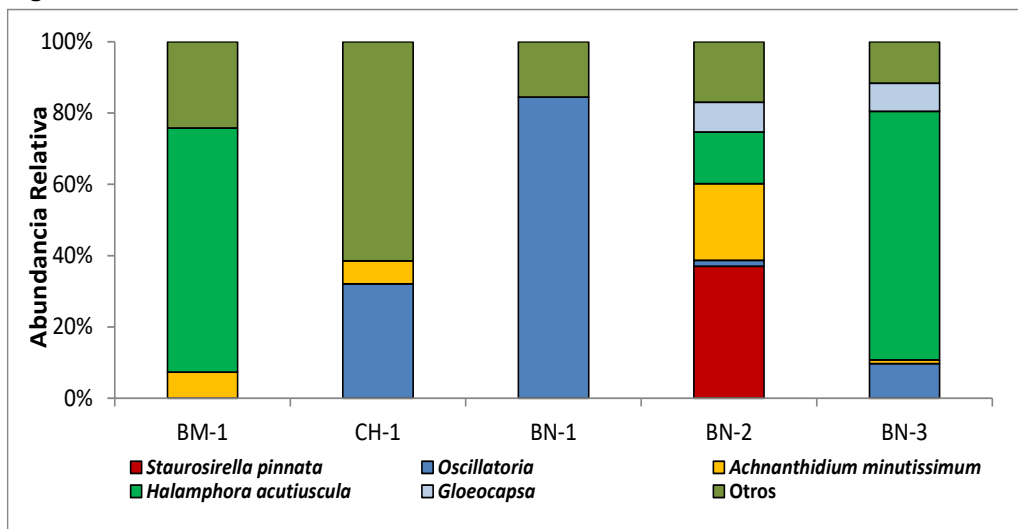
atacamae (Figura 5-32). Finalmente, en el sector de Peine los taxa más dominantes fueron *Halumphora atacamae*, *Cocconeis euglypta* y *Navicula salinicola* (Figura 5-33).

Figura 5-30. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Puilar.



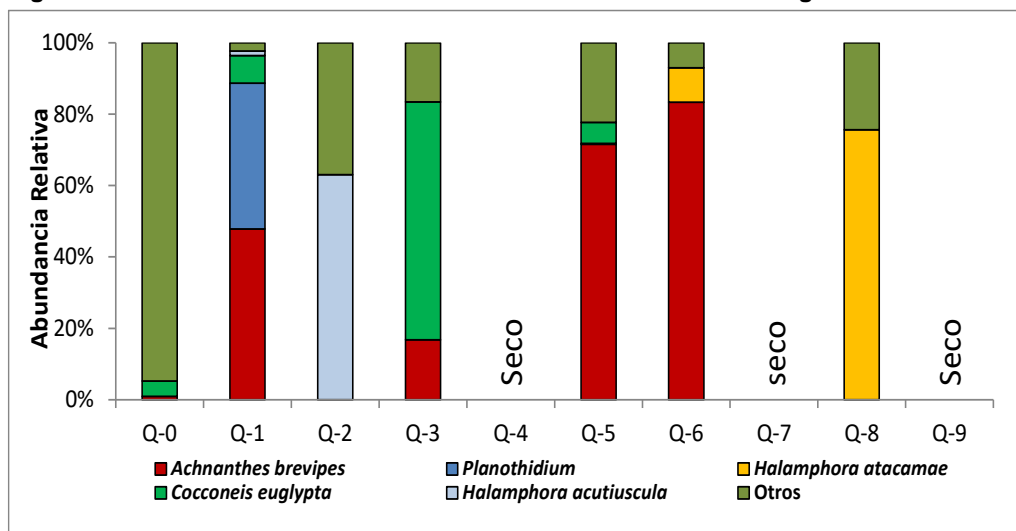
Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-31. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Soncor.



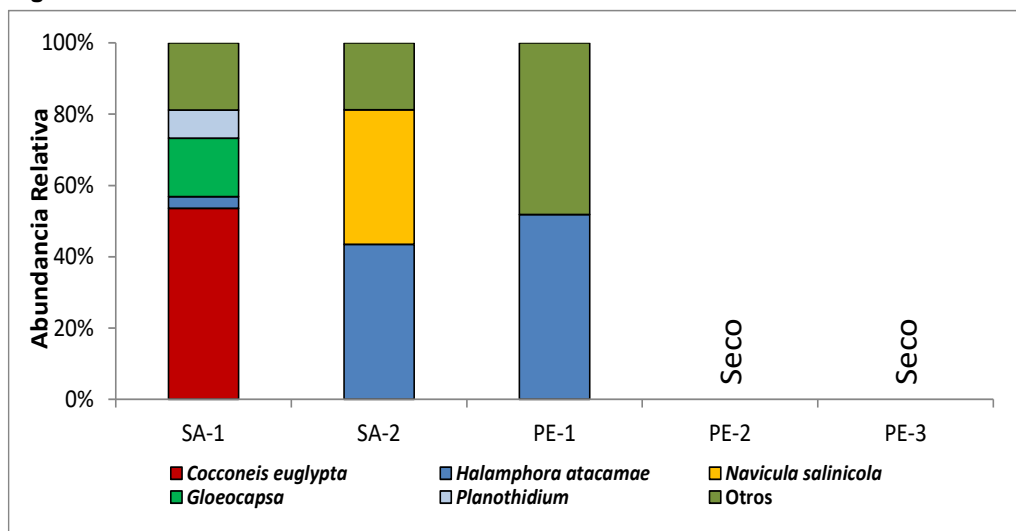
Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-32. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-33. Abundancia relativa del fitobentos medida en el Sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2021.

Respecto a la riqueza total de taxa, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 4 y 11 taxa para los distintos puntos de muestreo (Tabla 5-59), el menor valor se detectó en el sector de Peine en la estación de monitoreo PE-1, mientras que el mayor valor de riqueza se detectó en el sector de Puilar y Peine en las estaciones de monitoreo SA-2 y PU-1 respectivamente (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.=16,7) 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.= 45,4) (Tabla 5-59 y Figura 5-34).



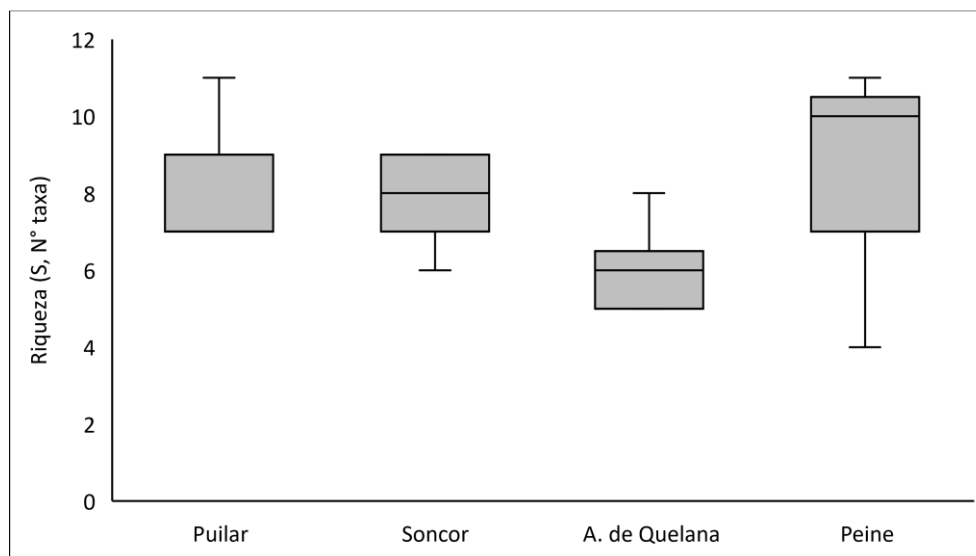
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, al igual que lo ocurrido con la Abundancia total, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio ( $KW=2,25$ , g. l=3,  $p=0,521$ ). Sin embargo, los sistemas Soncor y Peine presentaron los mayores valores de Riqueza total de toda el área de estudio (Tabla 5-59).

**Tabla 5-59. 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	5	7	11	8,3	7,0	2,3	27,7
Soncor	4	6	9	7,8	8,0	1,3	16,7
Quelana	9	5	8	6,0	6,0	1,2	19,2
Peine	4	4	11	8,3	10,0	3,8	45,4

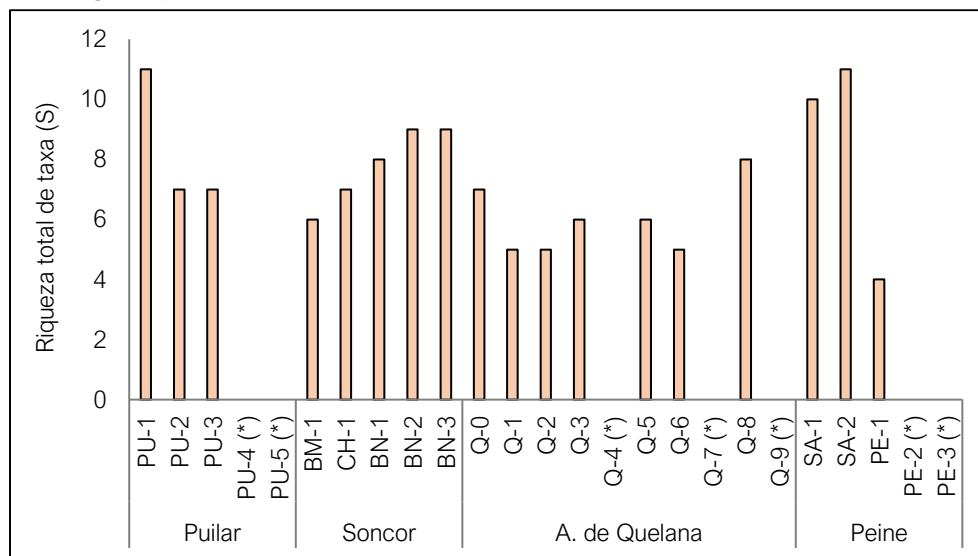
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021 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, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

### 5.6.2.3 Fitoplancton

Los valores de abundancia total de las microalgas del fitoplancton determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 59 y 106.306 cél/L (Tabla 5-60). El menor valor se determinó en el sector de Soncor en la estación de monitoreo Ch-1 mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector Aguas de Quelana en la estación Q-3.

Los sectores de Soncor y Peine presentaron la menor variación de las abundancias (C.V.=134,6 y 133,1 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 Puillar y Aguas de Quelana presentaron una mayor variabilidad en las abundancias del fitoplancton dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 140,6 y 190,3 respectivamente) (Tabla 5-60, Figura 5-36 y Figura 5-37).

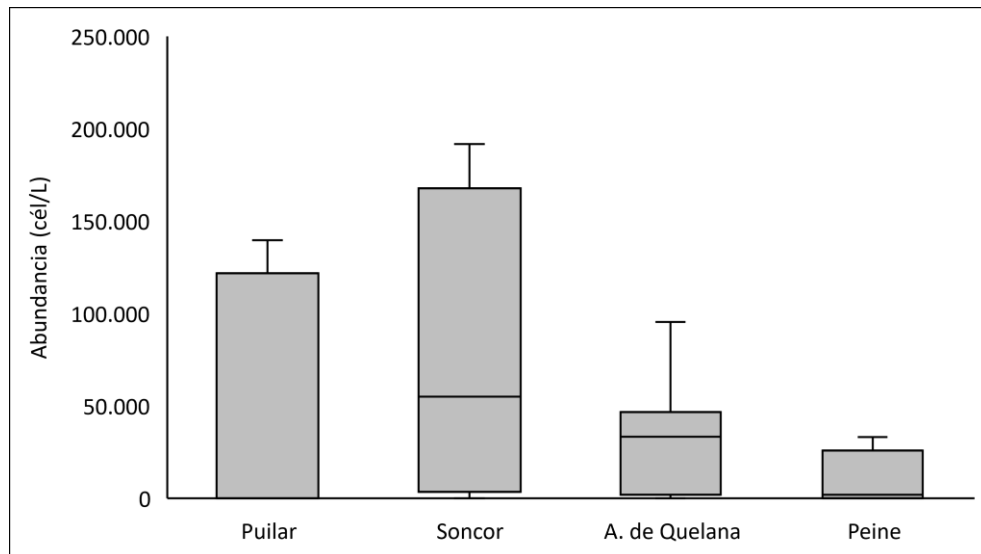
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre sectores (KW=0,32, g. l=3, p=0,957). Sin embargo, el sistema Aguas de Quelana, en general, presentó los mayores valores de abundancia de toda el área de estudio (Tabla 5-60).

**Tabla 5-60. 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.
Puillar	3	343	25.706	9.835,5	3.458	13.832,2	140,6
Soncor	5	59	44.840	14.342,2	4.576	19.299,1	134,6
Quelana	7	141	106.306	20.407,2	1.012	38.836,2	190,3
Peine	3	2.586	32.506	12.816,2	3.357	17.056,0	133,1

Fuente: AquaExpert, 2021.

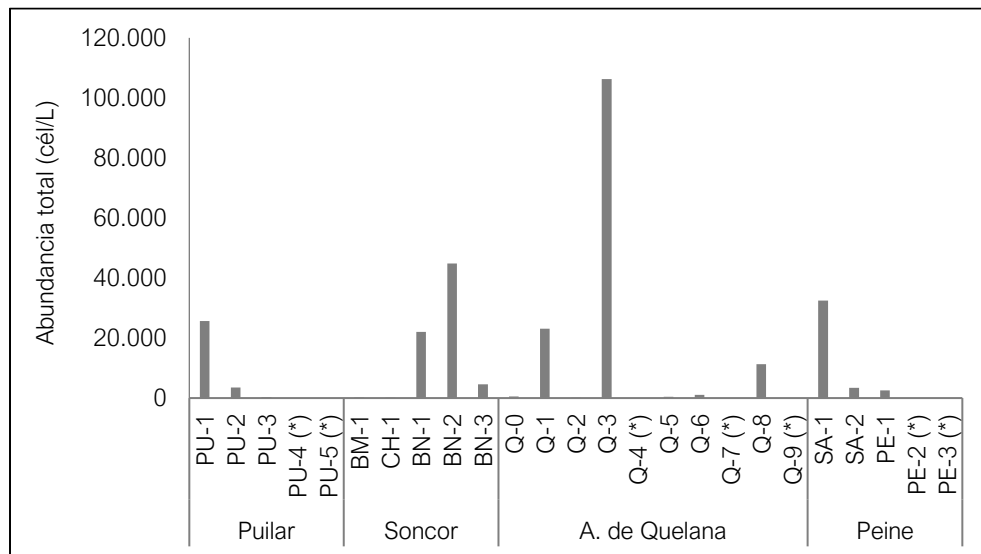
**Figura 5-36. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**



Fuente: AquaExpert, 2021.

(\*) 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.**

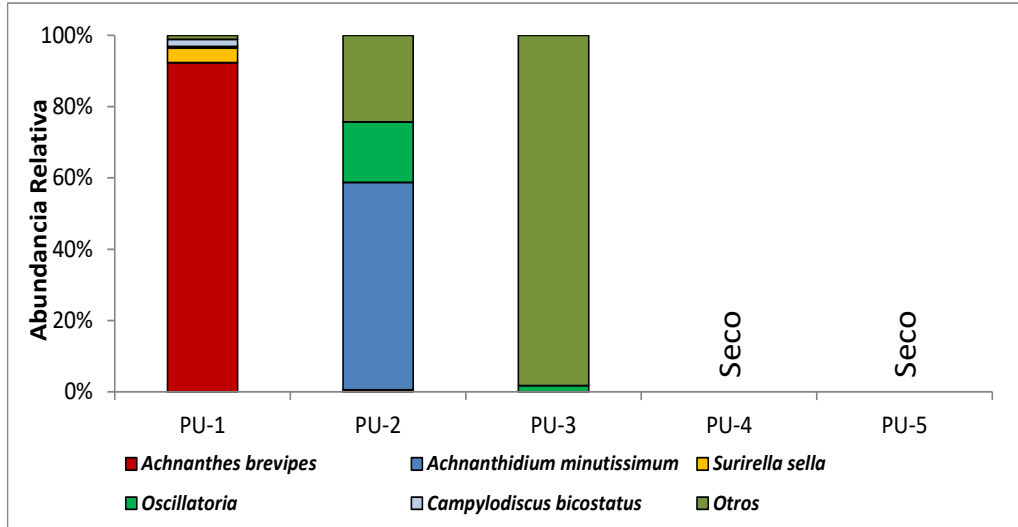


Fuente: AquaExpert, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

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 *Achnanthes brevipes* y *Achnantheidium minutissimum* (Figura 5-38). Para el sector de Soncor los taxa dominantes fueron *Oscillatoria sp.*, *Halumphora atacamae* y *Halumphora coffeaeformis*

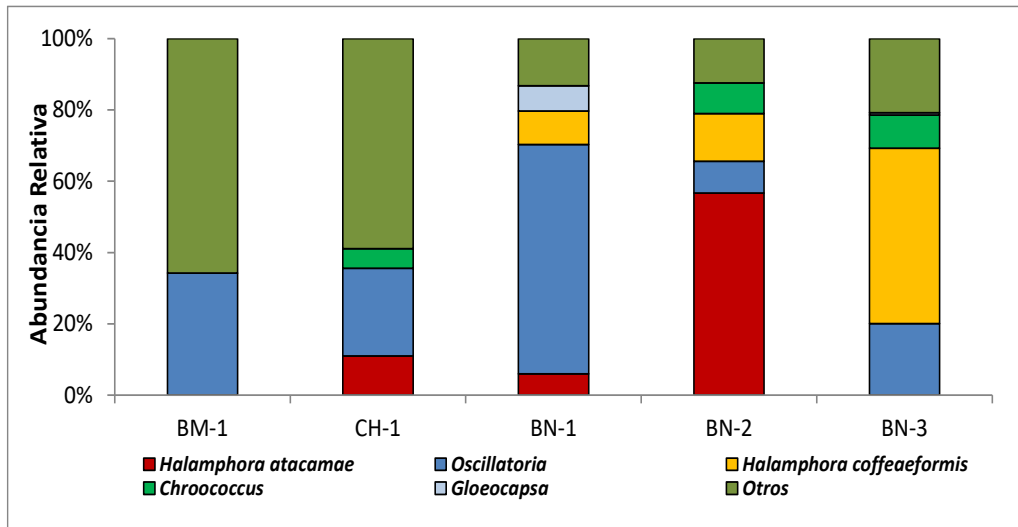
(Figura 5-39). En el sector Aguas de Quelana los taxa que presentaron mayor dominancia fueron *Achnanthes brevipes* y *Halamphora atacamae* (Figura 5-40). Finalmente, en el sector de Peine el taxón dominante fue *Navicula veneta* (Figura 5-41).

**Figura 5-38. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Puilar.**



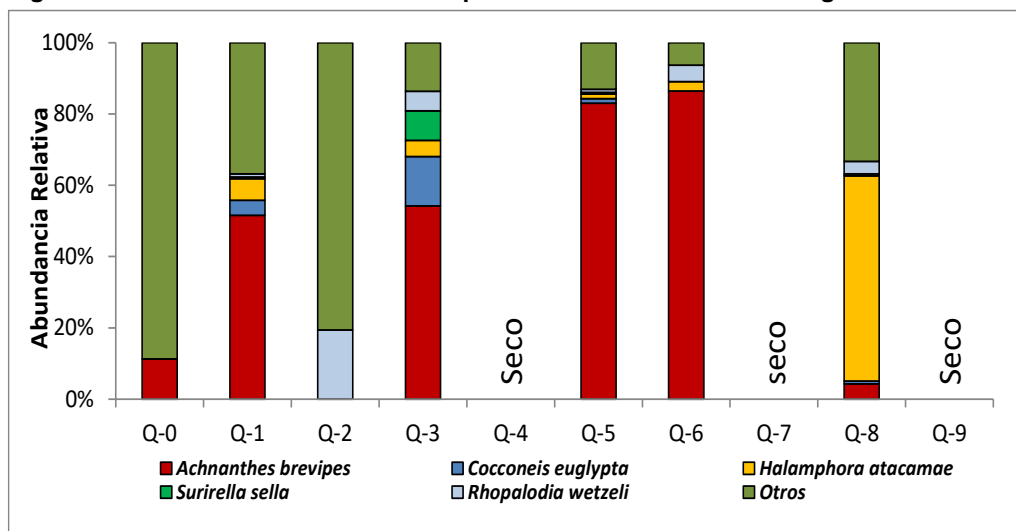
Fuente: AquaExpert, 2021.

**Figura 5-39. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Soncor.**



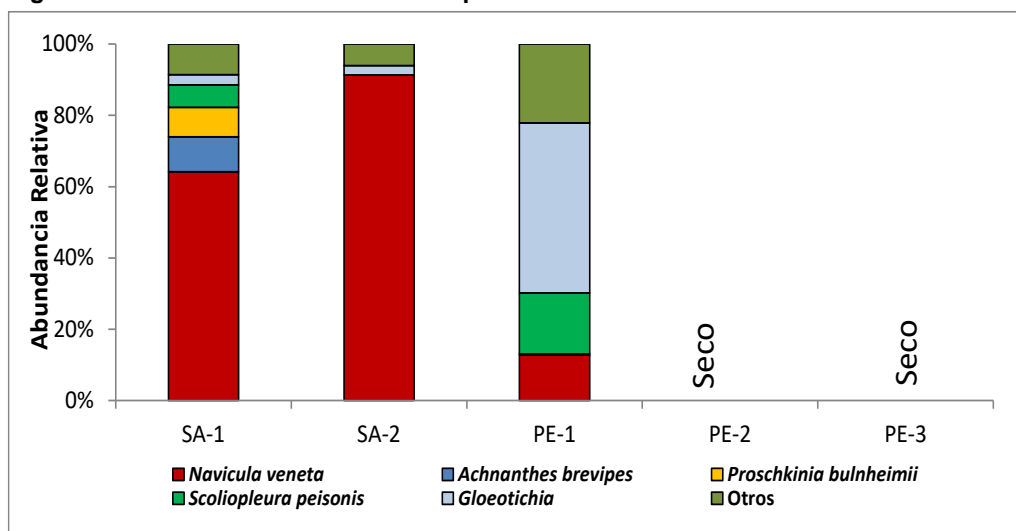
Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-40. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-41. Abundancia relativa del fitoplancton medida en el Sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2021.

Respecto a la riqueza total de taxa, los valores de Riqueza total de microalgas plantónicas determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 5 y 14 taxa para los distintos puntos de muestreo (Tabla 5-61). Estos valores fueron detectados en el sector de Puilar, Aguas de Quelana y Soncor. El menor valor se detectó en la estación de monitoreo PU-1 y Q-2, mientras que el mayor valor fue detectado en las estaciones BN-2 y BN-3.

La menor dispersión de los datos de Riqueza total se detectó en los sistemas Soncor y Peine (C.V.=24,0 y 19,9 respectivamente) indicando una mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de microalgas fitoplanctónicas presentes en dichos sectores. Por otro lado, los sectores de Aguas de Quelana y Puilar

presentaron una mayor variabilidad en la cantidad de taxa del fitoplancton dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 37,1 y 32,7 respectivamente) (Tabla 5-61 y Figura 5-42).

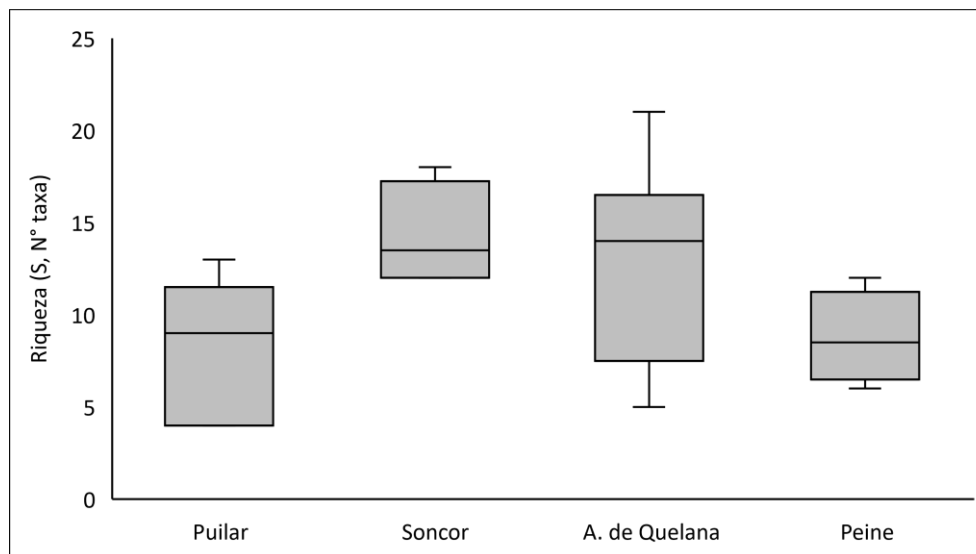
Respecto a la comparación de la Riqueza total de microalgas planctónicas determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=3,00, g.l=3, p=0,383) lo cual 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 5-61 y Figura 5-43).

**Tabla 5-61. 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	Dev. Est.	Coef. Var.
Puilar	3	5	11	8,7	10	3,2	37,1
Soncor	5	8	14	11,2	10	2,7	24,0
Quelana	7	5	13	9,3	10	3,0	32,7
Peine	3	6	9	7,7	8	1,5	19,9

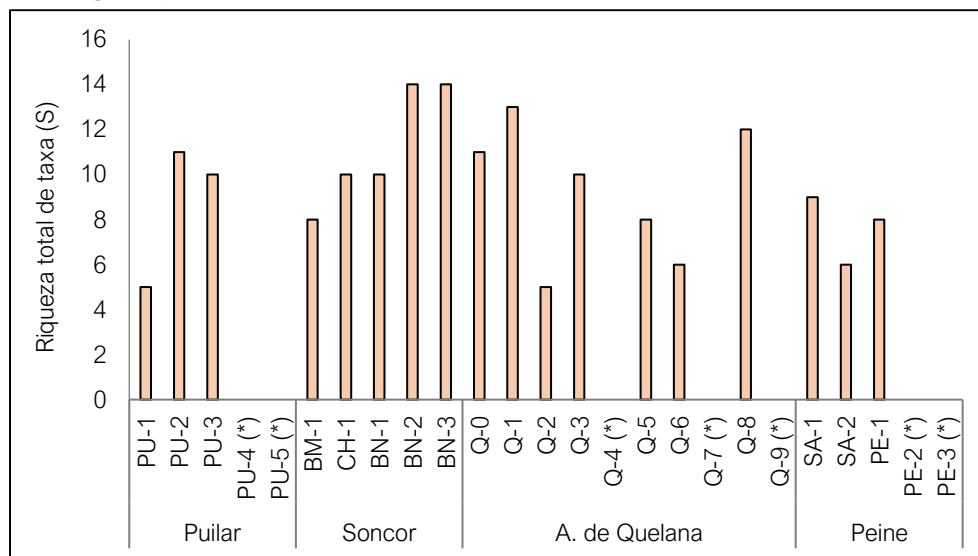
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021. 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, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

#### 5.6.2.4 Zoobentos

Los valores de abundancia total de los organismos zoobentónicos determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 250 y 56.250 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 5-62). El menor valor se determinó en los sectores de Soncor (BN-3) y Peine (estación PE-1) mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector de Aguas de Quelana específicamente en la estación de monitoreo Q-1.

El sector que presento la menor dispersión de los datos de abundancia corresponde al sistema Soncor (C.V.=61,2) mostrando una mayor homogeneidad en la cantidad de individuos de zoobentos presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, los sectores de Aguas de Quelana, Peine y Puillar presentaron una mayor variabilidad en las abundancias del zoobentos dentro de sus estaciones de monitoreo (Tabla 5-62 y Figura 5-44), 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.

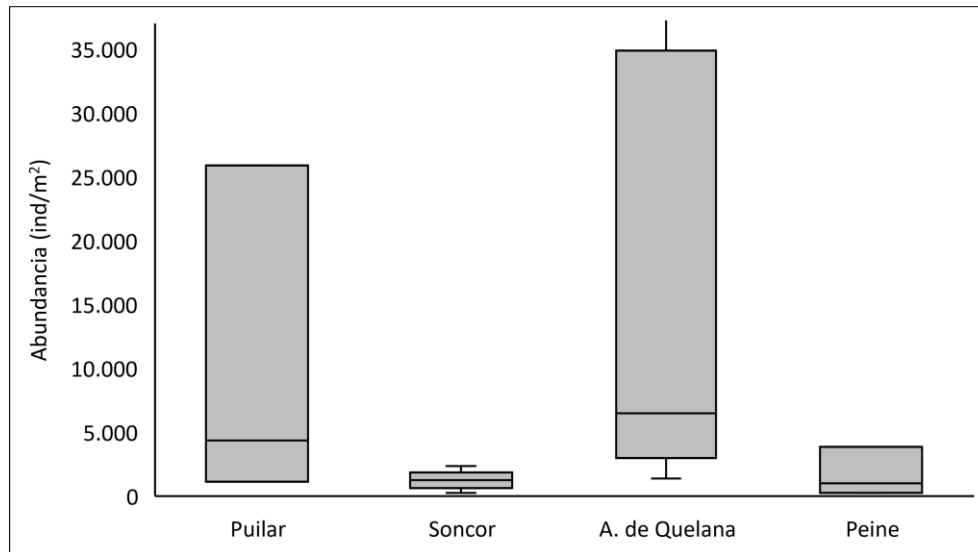
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde el punto de vista estadístico se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores (KW=8,99, g.l=3, p=0,029). Esta diferencia se detectó entre el sector de Soncor y Aguas de Quelana; las abundancias de macroinvertebrados bentónicos fueron significativamente mayores en Aguas de Quelana (Tabla 5-62 y Figura 5-45).

**Tabla 5-62. 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.
Puillar	3	1.125,0	25.875,0	10458,3	4375,0	13449,8	128,6
Soncor	5	250,0	2.375,0	1250,0	1250,0	765,5	61,2
Quelana	7	1.375,0	56.250,0	20089,3	6500,0	21547,6	107,3
Peine	3	250,0	3.875,0	1708,3	1000,0	1913,5	112,0

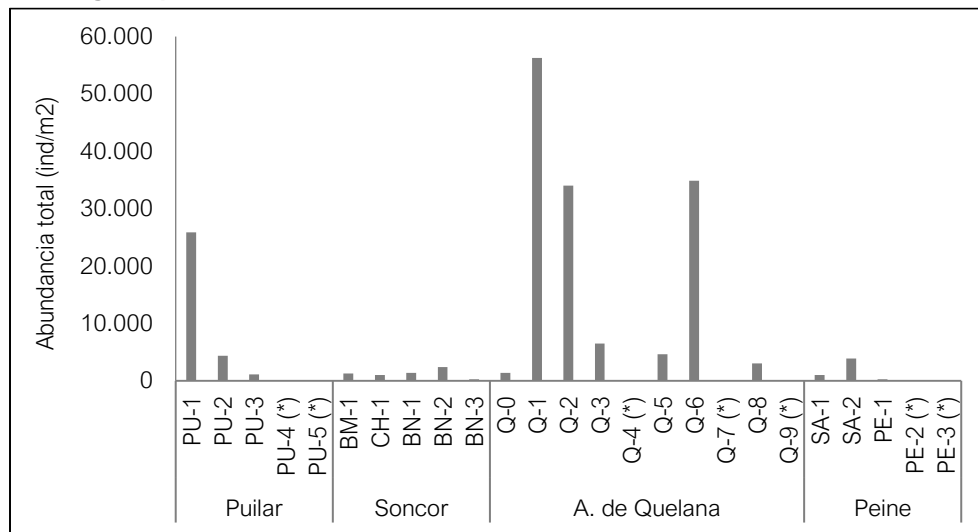
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021. 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.**



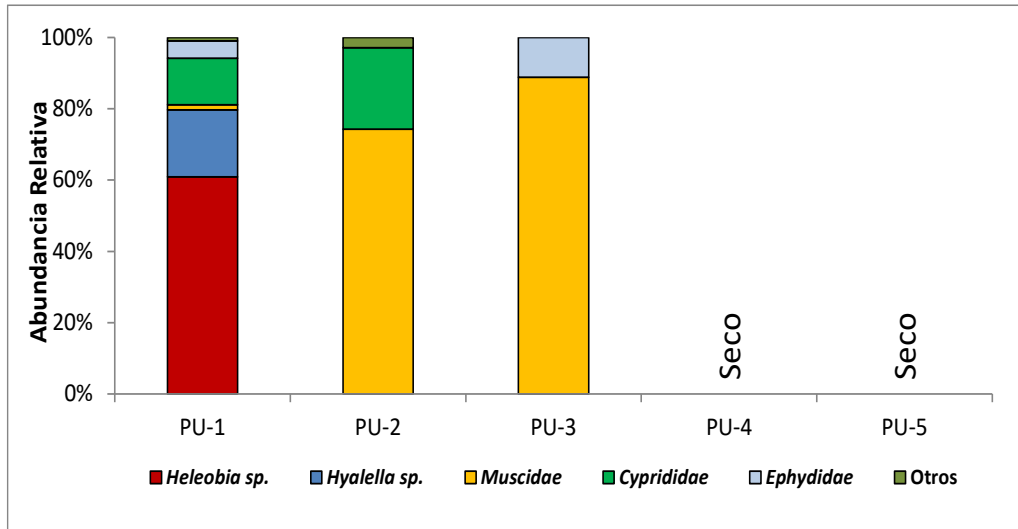
Fuente: AquaExpert, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

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 Muscidae y *Heleobia sp.* (Figura 5-46). Para el sector de Soncor, los taxa más dominante fueron *Ephydriidae* y Muscidae (Figura 5-47). En el sector Aguas de Quelana, el taxón que dominó



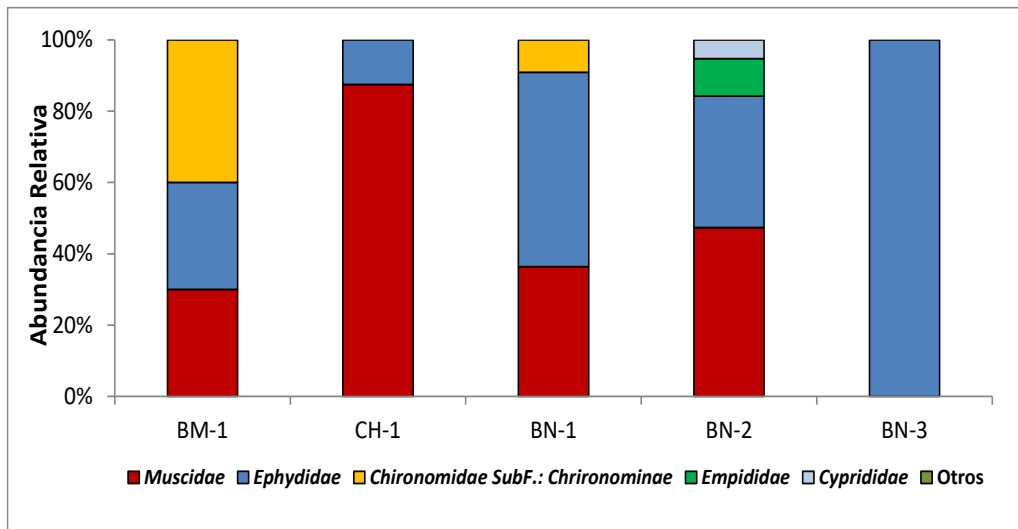
fue *Heleobia sp.* (Figura 5-48). Finalmente, en el sector de Peine, los taxa dominantes fueron Chironominae, Muscidae y Cyprididae (Figura 5-49).

**Figura 5-46. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Puilar.**



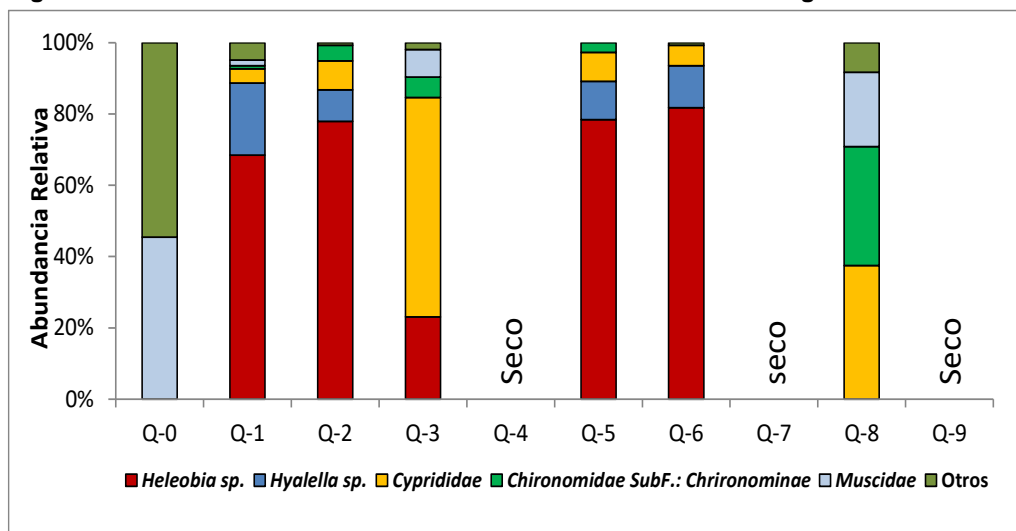
Fuente: AquaExpert, 2021.

**Figura 5-47. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Soncor.**



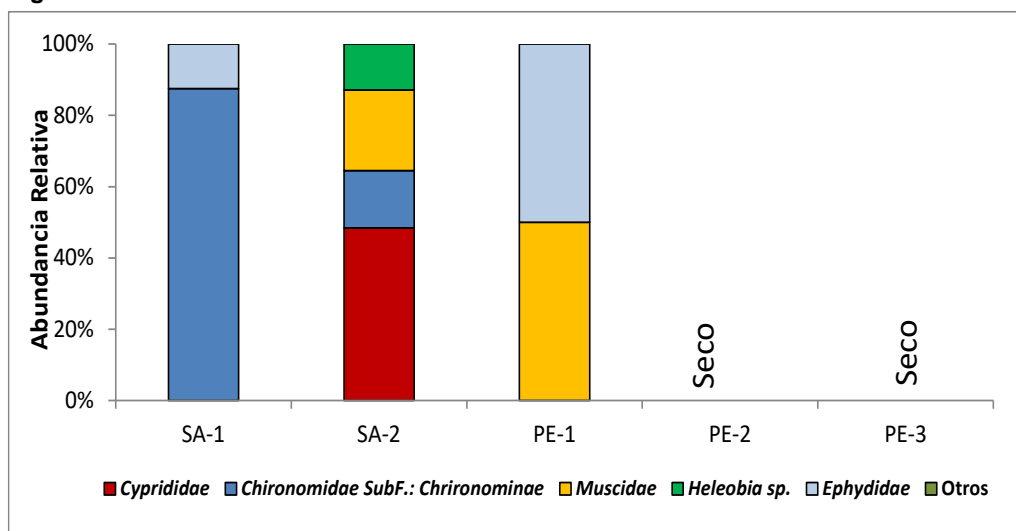
Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-48. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-49. Abundancia relativa del zoobentos medida en el sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 2021.

Respecto a la riqueza total de taxa de macroinvertebrados bentónicos, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 1 y 8 taxa para los distintos puntos de muestreo (Tabla 5-63). El menor valor se detectó en la estación BN-3, mientras que el mayor valor de riqueza total se detectó en el sector Aguas de Quelana en la estación Q-1.

Los coeficientes de variación del área de estudio muestran la menor dispersión en el sector de Aguas de Quelana (CV=38,2; Tabla 5-63 y Figura 5-50), indicando mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de individuos de macroinvertebrados bentónicos, mientras el sector de Puillar presenta la mayor dispersión de todos los sectores (CV=56,8; Tabla 5-63 y Figura 5-50).

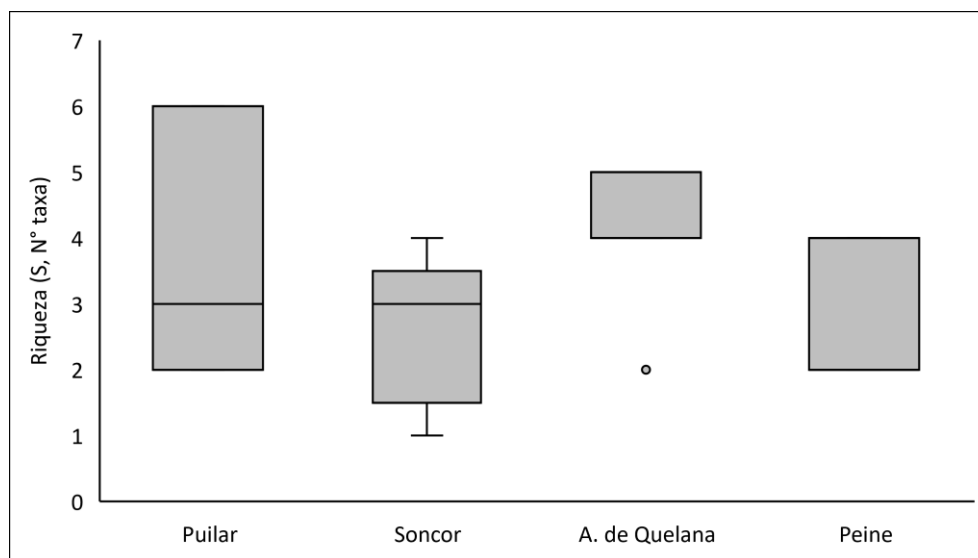
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico, no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio ( $KW=5,30$ ,  $g.l=3$ ,  $p=0,138$ ) lo cual indica que existen niveles de riqueza 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 5-63 y Figura 5-51).

**Tabla 5-63. 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.
Puillar	5	2	6	3,7	3	2,1	56,8
Soncor	4	1	4	2,6	3	1,1	43,9
Quelana	9	2	8	4,7	5	1,8	38,2
Peine	4	2	4	2,7	2	1,2	43,3

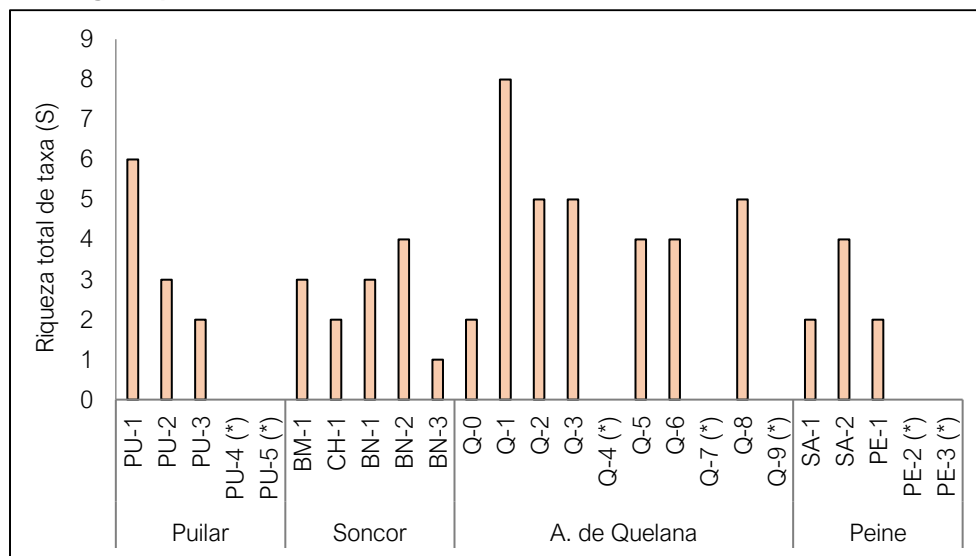
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021. 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, 2021. (\*) 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 2021 variaron entre 0,000 bits y 1,913 bits. El menor valor fue determinado en la estación BN-3, mientras que el mayor valor de diversidad fue determinado en la estación Q-9 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: = 70,21) 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.=28,55) indicando que corresponde al sector con mayor homogeneidad respecto a la diversidad biológica.

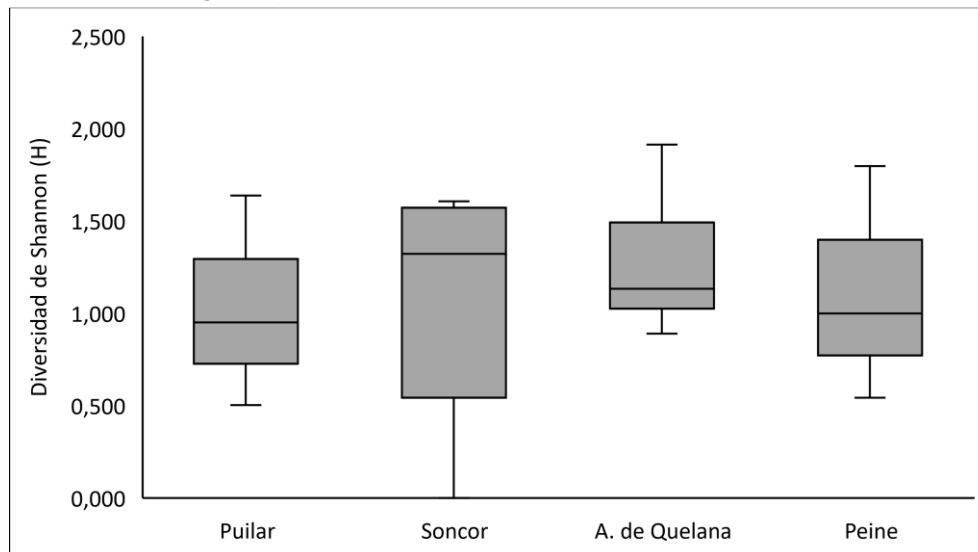
La comparación estadística entre los sectores monitoreados en el Salar de Atacama indican que no existen diferencias significativas entre ellos (KW=0,58, g. l=3, p=0,900) (Tabla 5-64 y Figura 5-52)

**Tabla 5-64. 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	0,503	1,637	1,031	0,952	0,57	55,39
Soncor	5	0,000	1,607	1,009	1,322	0,71	70,21
Quelana	7	0,890	1,913	1,282	1,133	0,37	28,55
Peine	3	0,544	1,797	1,114	1,000	0,63	56,97

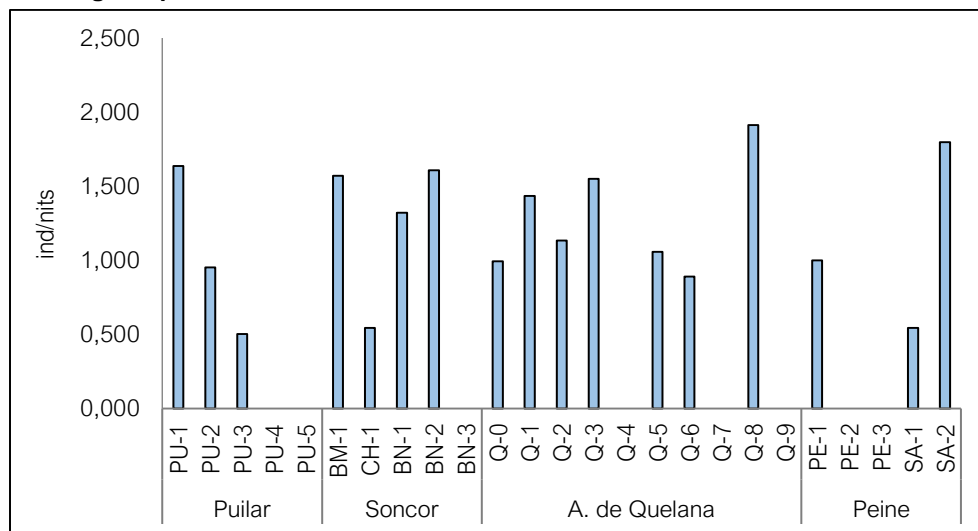
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021. 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, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

5.6.2.5 Zooplankton

Los valores de abundancia total de los organismos zooplancónicos determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 0 y 11,57 ind/L (Tabla 5-65). El menor valor se determinó el sector de Peine (estación PE-1), mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector de Aguas de Quelana específicamente en la estación de monitoreo Q-3.

El sector que presentó la menor dispersión de los datos de abundancia corresponde al sistema Puilar (C.V.=49,1) mostrando una mayor homogeneidad en la cantidad de individuos del zooplancton presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, el sector de Soncor presentó una mayor heterogeneidad respecto a la abundancia de organismos zooplanctónicos dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.=134,7) (Tabla 5-65 y Figura 5-54), revelando una alta variabilidad en la cantidad de organismos del zooplancton que se encuentran en los distintos sectores de este sistema.

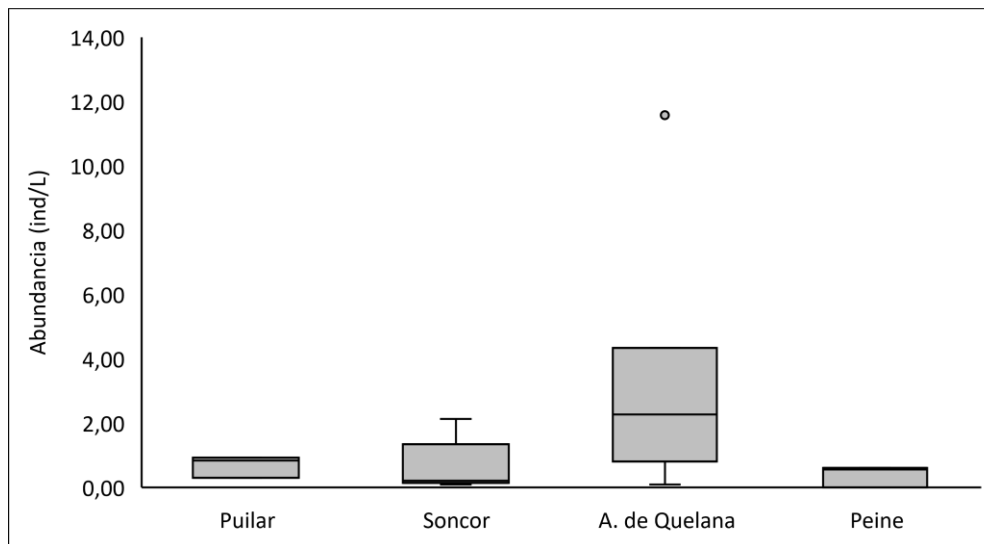
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores (KW=6,03, g.l=3, p=0,110) (Tabla 5-65, Figura 5-54 y Figura 5-55).

**Tabla 5-65. 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	0,30	0,93	0,69	0,83	0,34	49,1
Soncor	5	0,09	2,13	0,63	0,21	0,85	134,7
Quelana	7	0,09	11,57	3,35	2,27	3,87	115,6
Peine	3	0,00	0,60	0,39	0,56	0,33	86,8

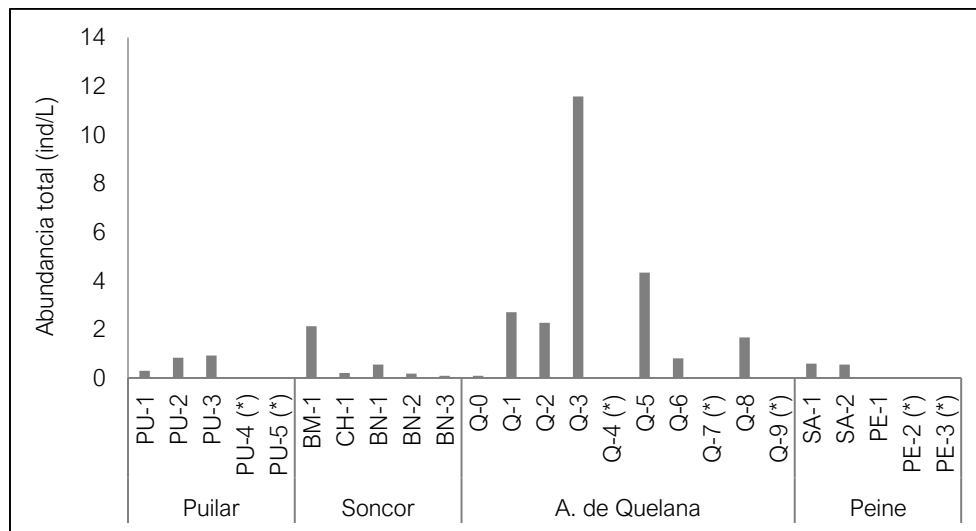
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021. 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.

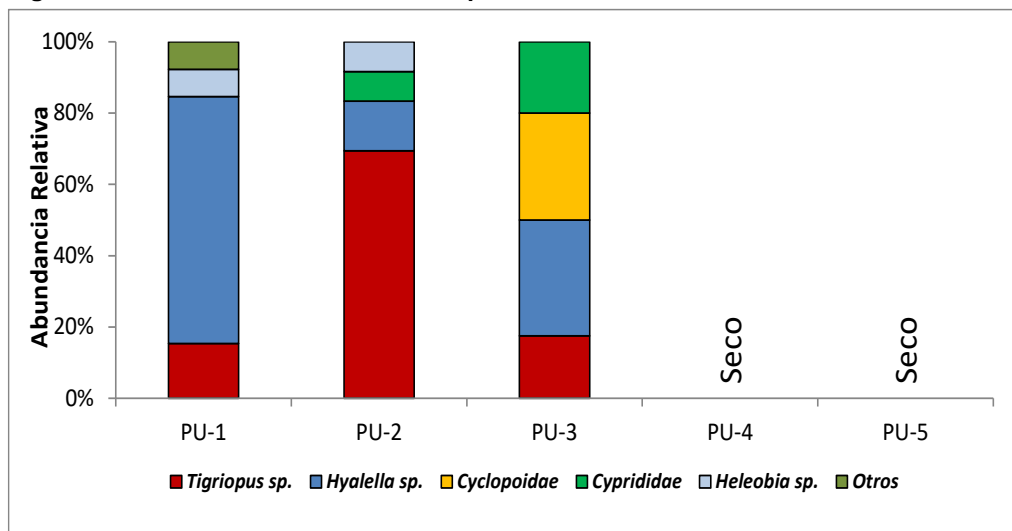
**Figura 5-55. Densidad total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio.**



Fuente: AquaExpert, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

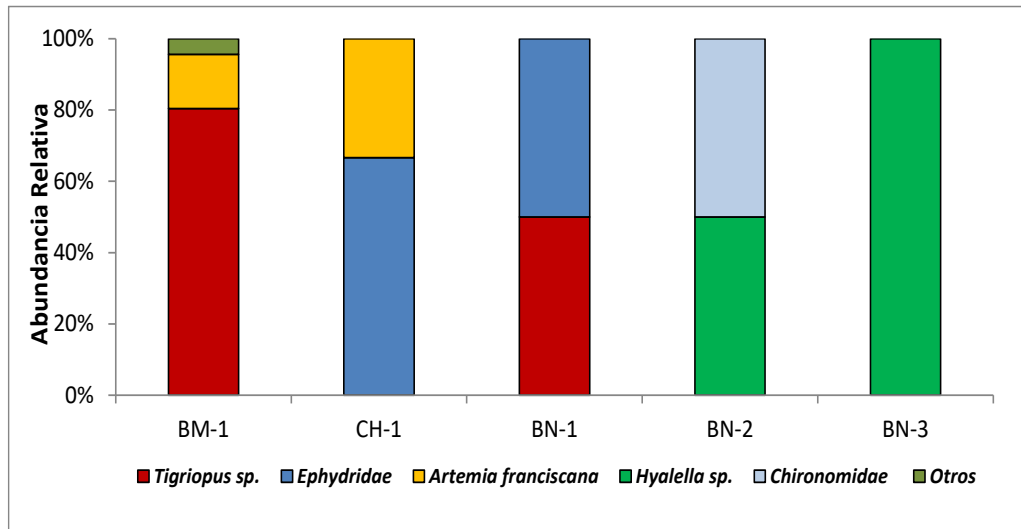
Respecto a las abundancias relativas de taxa, para el sector de Puillar, los taxa dominantes fueron *Tigriopus sp* y *Hyalella sp*. (Figura 5-56). Para el sector de Soncor los taxa que dominaron fueron *Tigriopus sp*, Ephydriidae y *Hyalellidae sp*. (Figura 5-57). En el sector Aguas de Quelana, los taxa con mayor dominancia fueron *Tigriopus sp* y Cyclopoida indet. (Figura 5-58). Finalmente, en el sector de Peine, los taxa que dominaron fueron *Tigriopus sp*. Y *Artemia franciscana* (Figura 5-59).

Figura 5-56. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Puillar.



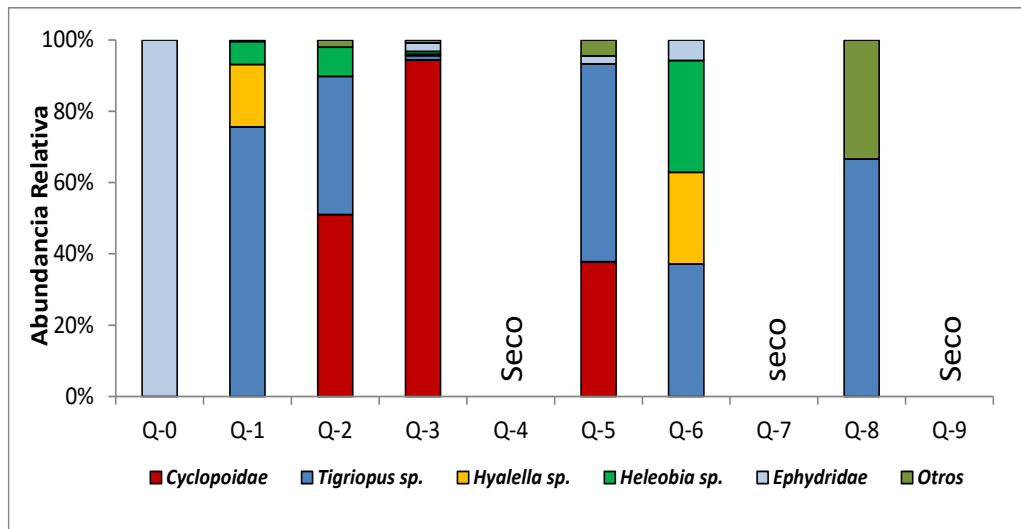
Fuente: AquaExpert, 2021.

Figura 5-57. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Soncor.



Fuente: AquaExpert, 2021.

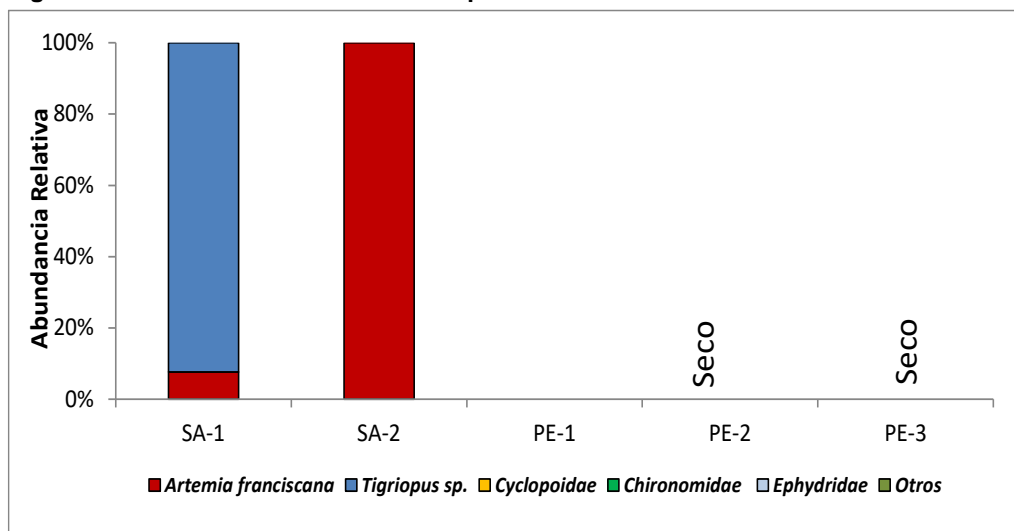
Figura 5-58. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Aguas de Quelana.



Fuente: AquaExpert, 20121



Figura 5-59. Abundancia relativa del zooplancton medida en el sector Peine.



Fuente: AquaExpert, 20121

Respecto a la riqueza total de taxa de individuos zooplanctónicos, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021) variaron entre 0 y 6 taxa para los distintos puntos de monitoreo (Tabla 5-66). El menor valor se detectó en la estación PE-1 del sector de Peine, mientras que el mayor valor de riqueza se detectó en el sector Aguas de Quelana, estación Q-3.

Los coeficientes de variación de los distintos sectores de muestreo fueron diferentes entre los distintos sectores, el sector de Puilar presentó la misma cantidad de taxa en sus estaciones por lo que es el sector más homogéneo en términos de riqueza (Tabla 5-66 y Figura 5-60).

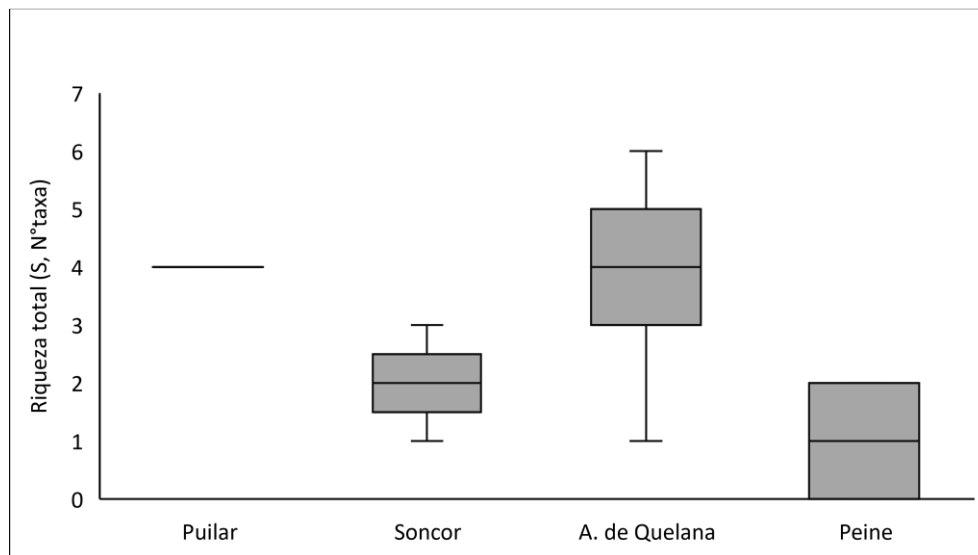
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio ( $KW=9,48$ , g.  $l=3$ ,  $p=0,019$ ). Las principales diferencias se dieron entre el sector Aguas de Quelana respecto de los sectores de Soncor y Peine (Tabla 5-66 y Figura 5-61). Los valores de riqueza de Aguas de Quelana son mayores que los detectados en Soncor y Peine.

Tabla 5-66. 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	4	4	4,0	4	0,0	0,0
Soncor	5	1	3	2,0	2	0,7	35,4
Quelana	7	1	6	3,9	4	1,6	40,8
Peine	3	0	2	1,0	1	1,0	100,0

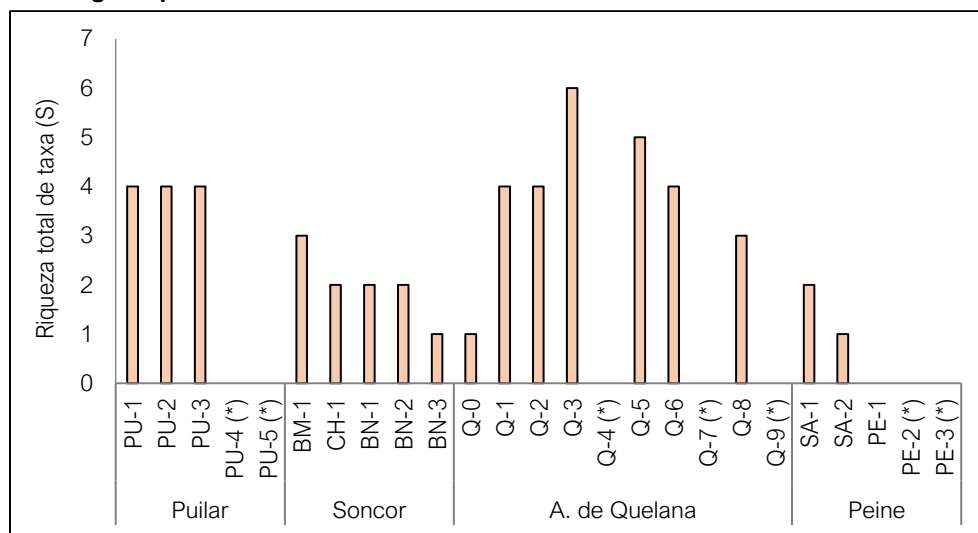
Fuente: AquaExpert, 2021.

**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, 2021. 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, 2021. (\*) Estación Seca, sin lamina superficial de agua.

5.6.2.6 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 2021, Sin embargo, durante la presente campaña se detectó adicionalmente la presencia de macrofitas en el sector de Peine, específicamente en la laguna Salada (SA-2, Tabla 5-67).

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2021), 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, Q-2, Q-3, Q-5, Q-6 y Q-8 y en el sistema de Peine en la estación de monitoreo SA-2 (Tabla 5-67). La estimación del porcentaje de cobertura absoluta indicó que la estación de monitoreo con mayor presencia fue Q-1 la cual presentó un rango de porcentaje de cobertura entre el 50 y 75% según escala de Braun-Blanquet.

**Tabla 5-67. 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	-	-	-	-
	PU-2	-	-	-	-
	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	X	-	-	-
	Q-4	*	*	*	*
	Q-5	-	X	-	-
	Q-6	-	X	-	-
	Q-7	*	*	*	*
	Q-8	-	X	-	-
Q-9	*	*	*	*	
Peine	PE-1	-	-	-	-
	PE-2	-	-	-	-
	PE-3	-	-	-	-
	SA-1	-	-	-	-
	SA-2	-	X	-	-

Fuente: AquaExpert, 2021. (-): Sin presencia de macrófitas, (\*): Estación de monitoreo seca, sin lamina superficial de agua.

## 6 DISCUSIONES

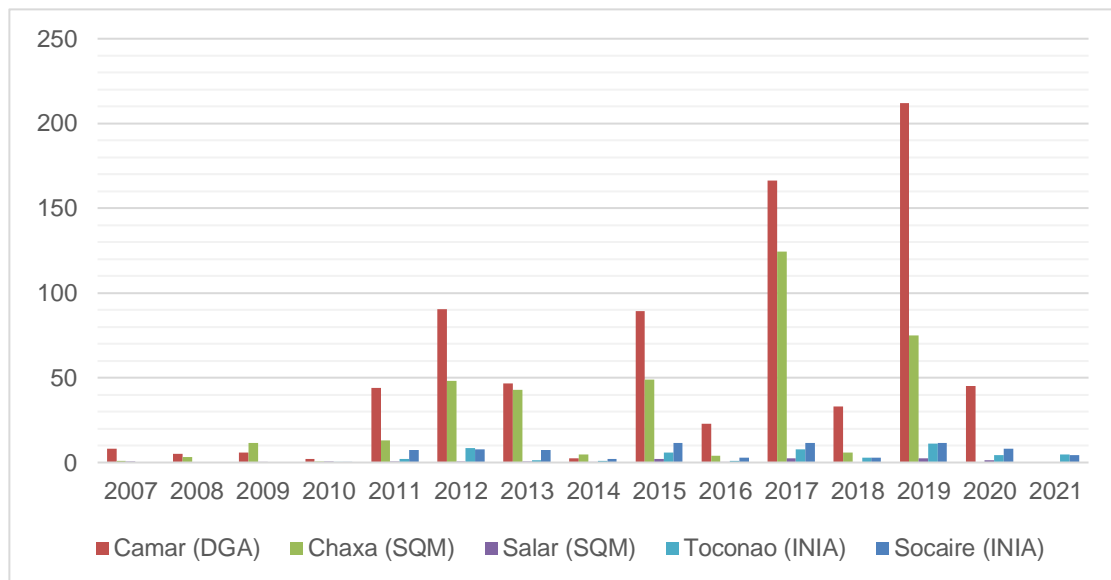
### 6.1 Antecedentes

Para efectos de complementar las discusiones relativas a la evolución temporal de los distintos componentes y variables abordados en la presente sección, a continuación, se presentan los registros de precipitaciones ocurridas en el área de monitoreo. Para ello se utilizó la estación meteorológica Camar de la DGA y las estaciones Toconao y Socaire del INIA, además de la estación Salar de SQM.

Se destaca que la precipitación acumulada a la fecha del monitoreo equivale a 4,58 mm promedio entre las estaciones Toconao y Socaire (periodo Enero-Junio 2021), representando una baja respecto a las lluvias caídas el año anterior, las que alcanzaron 11 mm anual, y el año 2019 que alcanzaron 212 mm anual siendo uno de los eventos de lluvias más abundantes de la década (Figura 6-1). Estas bajas precipitaciones respecto al año 2019, podrían tener efectos en la expresión de la vegetación y en consecuencia en los resultados de los monitoreos posteriores.

La estación Camar perteneciente a la DGA se ubica aproximadamente 10 km al este de la población de Algarrobos, que forma parte del presente informe de seguimiento y por lo tanto es el dato más representativo de las condiciones meteorológicas que afectan a la población de algarrobos. En la Tabla 6-1 se evidencia que las precipitaciones se concentran en el periodo estival, con ocasionales precipitaciones invernales en el área donde se establecen los algarrobos. En verde se destacan los eventos de precipitación más significativos (sobre 15 mm), cabe destacar que desde febrero de 2019 no se han registrado eventos de este tipo.

**Figura 6-1. Precipitaciones acumuladas anuales en el Borde Este del Salar de Atacama.**



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-1. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en la estación meteorológica Camar (DGA).

Año	Mes												Total (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1995	22	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,5
1996	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	16
1997	1	51	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,5
1998	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
1999	-	18	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	25,5
2000	37,5	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	37,9
2001	-	16	82,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,5
2002	-	0,1	58	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	58,8
2003	-	7	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	17
2004	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	5
2005	23,5	-	1,5	1,5	-	-	-	-	6,5	-	-	-	33
2006	6	7	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	-	13,4
2007	0,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1
2008	1,2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
2009	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
2010	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
2011	-	38,5	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	43,5
2012	14,3	73,8	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90,4
2013	-	25,5	-	-	13	-	2	6	-	-	-	-	46,5
2014	1,4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2,4
2015	-	24,2	63	-	-	-	-	-	-	2	-	-	89,2
2016	-	3	-	15	-	-	5	-	-	-	-	-	23
2017	44	95,2	-	2	8	17	-	-	-	-	-	-	166,2
2018	-	19,9	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	32,9
2019	101	111	-	-	-	-	-	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	212
2020	11	-	9	-	-	-	-	25	-	-	S/I	S/I	45
2021*	5,8	2,75	9,58	-	13,5	0	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	31,63

Fuente: DGA, 2021. Fecha de consulta 25-01-2022.

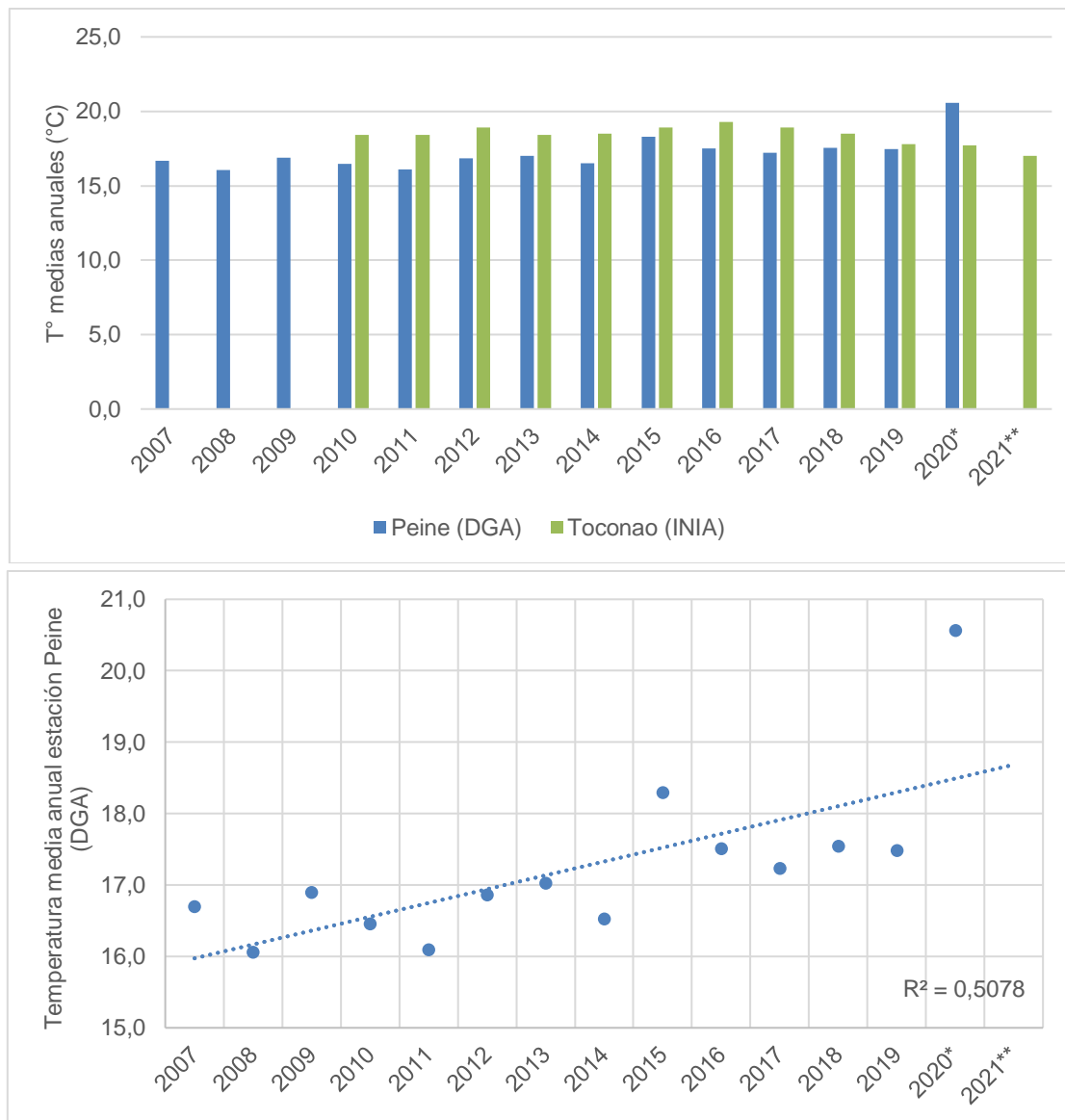
(\*) Corresponde al promedio mensual entre los registros de las estaciones Tocoao y Socaire del INIA, ya que a la fecha los datos de la estación meteorológica de la DGA no están disponibles.

Adicionalmente, se ilustra en la Figura 6-2 la gráfica de las temperaturas promedio anuales, extraídas de la estación de monitoreo Peine perteneciente a la DGA y las estaciones Socaire y Toconao del INIA. Cabe destacar que la información de la estación Peine (DGA) fue la única en línea que presentó datos desde el año 2007, sin embargo, no hubo datos para el 2021.

Las temperaturas suelen ser homogéneas en el territorio, por lo que esta información igualmente es válida para el Borde Este del Salar de Atacama.

Las temperaturas anuales muestran una tendencia al alza según los datos de las estaciones Peine y Socaire, mientras que se observa una leve tendencia a la baja considerando los datos aportados por la estación Toconao del INIA.

**Figura 6-2. Temperatura media anual.**



(\*) Temperatura promedio de los meses de enero, febrero, marzo y abril, resto de meses sin información en la plataforma de la DGA.

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Monitoreo de la vegetación del Borde Este 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 (2006-2021).

### 6.2.1 Análisis de las caracterizaciones en terreno

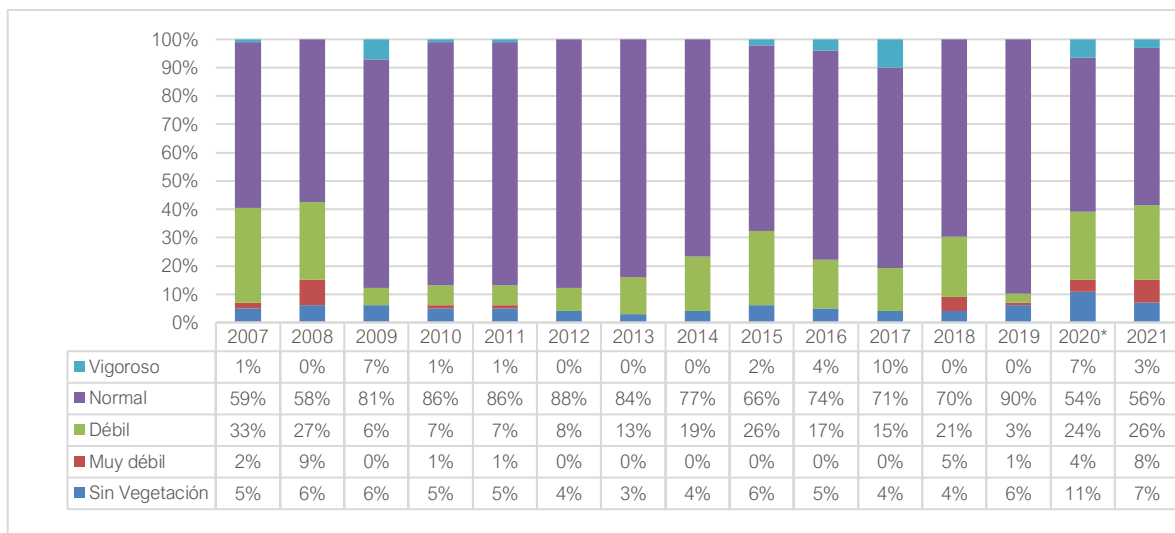
#### 6.2.1.1 Estado vital

De los resultados se extrae lo siguiente:

- La participación porcentual de la categoría “seco/sin vegetación”, se muestra dentro de los porcentajes históricos con un 7% de las muestras de terreno. Si bien existen una baja porcentual de la participación de esta categoría respecto al año anterior, no es posible realizar una comparación con el año 2020 debido a que ese año se monitoreo el 46% de los puntos de terreno debido a restricción de acceso a sectores de la Reserva Nacional los flamencos y a restricciones sanitarias producto de la Pandemia.
- 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 del 9% de los registros en 2008 y un mínimo de cero registros en los años 2006, 2009, 2012-2017. En 2021, la representación de la vitalidad alcanza el 8% para la categoría, encontrándose por sobre el promedio desde el inicio de las mediciones.
- La categoría débil también se ha mostrado oscilante; mientras que en los primeros años de monitoreo llegó a su máximo histórico (33% de los registros en 2007), en 2019 llegó al mínimo histórico con solo un 3% de los registros, lo que se explicó por la cantidad de agua caída en dicho periodo, lo que favoreció el estado vital de las plantas al momento del monitoreo. Para la época estival 2021, la categoría débil ocupó el 26% del total de la muestra (considerando un registro de 99 muestras). La baja cantidad de lluvias podría ser un factor que afecta directamente la vitalidad, ya que las últimas lluvias considerables ocurrieron el 2019, lo que puede haber repercutido en una disminución de la vitalidad en las plantas en los monitoreos posteriores (2020 y 2021).
- La categoría de crecimiento normal tampoco muestra una tendencia hacia el alza o baja 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% y 90% de ellos (mínimo y máximo histórico registrados en los años 2020 y 2019 respectivamente). En 2021, los registros alcanzaron el 56%, lo cual representa 2% por sobre el mínimo histórico. Es importante destacar la baja porcentual que se presenta en esta categoría desde el 2019, fecha en la cual se presentaron las últimas lluvias considerables dentro del área.
- La categoría vigoroso muestra variaciones entre un máximo de 12% de registros anuales en 2006 y un mínimo de cero registros en los años 2008, 2012-2014, 2018-2019. También se observan altas ocupaciones en los años 2009 (7% de los registros) y 2017 (10% de los registros). En 2021 un 3% de los registros se ubicaron en esta categoría de vitalidad, rango que se ubica en el promedio histórico que se ha presentado hasta la fecha.

Los resultados muestran que, si bien existen diferencias entre las categorías de vitalidad a lo largo de los años de monitoreo, no se reconocen tendencias que indiquen una variación sostenida en el tiempo.

**Figura 6-3. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006 – 2021.**



(\*) El año 2020 tiene 46 registros, el resto de los años fue construido sobre la base de 99 registros.

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.2 Porcentaje de copa viva

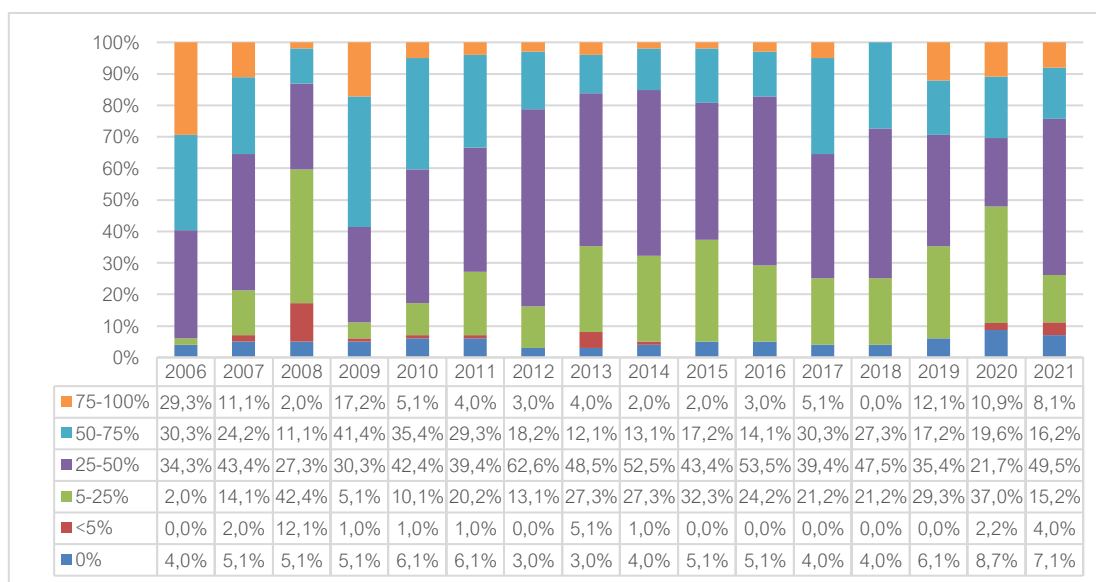
De los resultados se extrae lo siguiente:

- A través de los monitoreos 2006 – 2021, la categoría de copa viva 0% fluctuó entre un 3% y un 8,7% de registros por año, en 2021 este porcentaje llegó al 7,1%. Este resultado deriva de siete descripciones de vegetación (cantidad acorde a los registros históricos), encontrándose dentro de los rangos históricos presentados.
- La cantidad de registros bajo la categoría de copa verde <5% tubo su máximo histórico en 2008 con un 12% de las descripciones de vegetación, y el mínimo histórico en los años 2006, 2012 y 2015 a 2019 con cero registros en esta categoría. En el año 2013 se presentó un peak, el cual llegó al 5,1% de las muestras, mientras que para el monitoreo actual un 4% de las muestras se ubicaron en esta categoría, lo que se condice con la mayoría de los registros históricos.
- La categoría de copa verde de 5-25% registró la mínima y máxima cantidad de observaciones en 2006 y 2008 donde un 2% y 42,2% de las muestras se ubicó en la categoría respectivamente. El año posterior al máximo (año 2009) presento nuevamente una baja considerable en la cantidad de descripciones, con un 5,1% de representatividad, desde ese año en adelante los valores han ido en aumento, pero nunca superado el máximo histórico. Si bien el dato 2021 disminuye con respecto al periodo anterior, esto puede deberse por el bajo tamaño muestral que tienen los datos en el periodo 2020, sin embargo, los valores observados se mantienen sobre los promedios y mínimas históricas.
- Entre 2006 y 2021 la categoría de copa viva 25-50% fluctuó entre un máximo del 62,6% y un mínimo de 21,7% de las descripciones, las que se registraron en los años 2012 y 2020 respectivamente. Los datos hasta el año 2019 siempre fueron mayores a los registros de los primeros años de monitoreo y, antes del 2020, el mínimo histórico se dio en el año 2008 con 23,3% de registros. En 2021, los valores porcentuales duplican al periodo anterior, ubicándose dentro de los rangos antes observados y sobre la media.



- La cantidad de descripciones anuales en la categoría 50-75% fluctúan entre un mínimo de 11,1% y un máximo de 41,4%, registrados en los años 2008 y 2009 respectivamente. Los años posteriores al máximo, la categoría tuvo una tendencia a la disminución la cual se mantuvo hasta el año 2013. A partir del 2014 la cantidad de descripciones aumentó paulatinamente hasta que en 2017 se vio un aumento más marcado (llegando al 30,3% de los registros), los años posteriores los registros disminuyeron, pero siempre por sobre el mínimo histórico.
- La categoría 75-100% de copa viva fluctúa entre un 30% 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 subjetividad de la medición en terreno, luego, de 2012 a 2017 los valores no superan el 5% de registros por año; como se mencionó anteriormente en 2018 se observa la mínima histórica, repuntando en 2019 con valores cercanos al 12% de registros, en 2020 y 2021 se observa una baja, acumulando una reducción del 4%. Una posible causa puede estar asociada a la baja cantidad de precipitaciones registradas.

**Figura 6-4. Proporción del porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

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.

6.2.1.3 Fenología

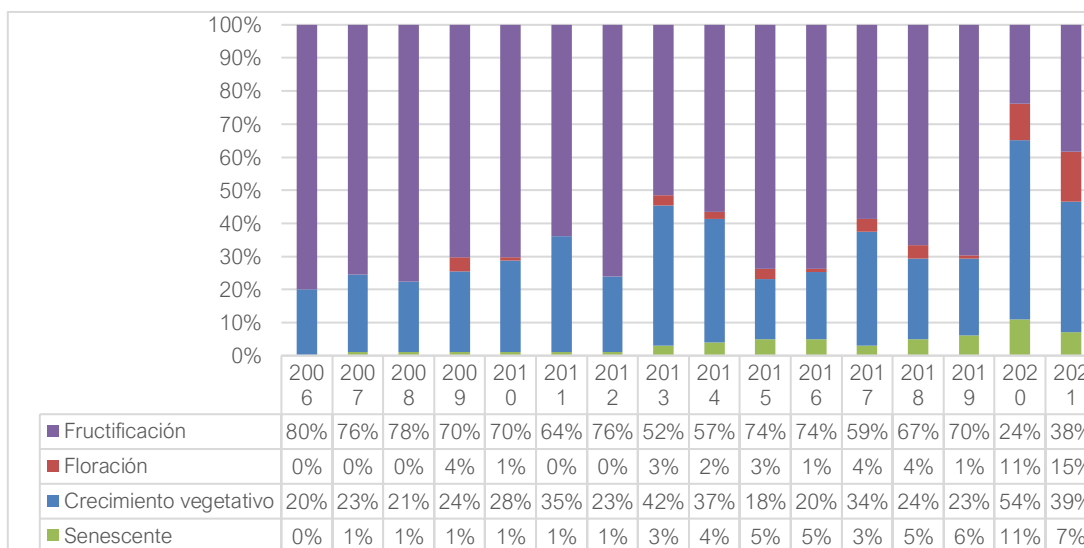
De los resultados se extrae lo siguiente:

- 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 11% de los registros en el año 2020, valor que

estaría influenciado por el tamaño muestral y la época de monitoreo de la campaña complementaria, la cual se realizó en el mes de octubre. En 2019 los registros llegaron como máximo al 6% de las muestras, en relación a una muestra de 99 puntos de monitoreo, mientras que las dificultades en la toma de datos del 2020, si bien disminuyeron el número de observaciones (quedando 5 unidades muestrales bajo esta categoría), porcentualmente se registró un 11% (5% más que el 2019), para finalmente verse reducido a un 7% en 2021.

- La categoría de crecimiento vegetativo da cuenta de una fenofase donde las plantas desarrollan ramas y hojas nuevas, y se aprecia en los ejemplares crecimiento de brotes vegetativos tiernos. En la época de monitoreo habitual, las formaciones vegetacionales del borde este del Salar de Atacama muestran gran parte de las descripciones bajo esta categoría, en particular, entre 2006 y 2020 el número de individuos descritos ha fluctuado entre un mínimo del 18% de las muestras en 2015 y un máximo del 54% de ellas en 2020, con variaciones interanuales que no permiten afirmar una tendencia hacia el alza o baja en el tiempo y que se repiten nuevamente en 2021 con valores de un 39% similar a los presentados en los años 2011, 2014 y 2017.
- La evolución de las descripciones de vegetacionales en el tiempo muestran que la fenofase reproductiva de floración fluctúan entre un mínimo de 0% registros en 2006, 2007, 2011 y 2012; y un máximo de 15% de los registros en 2021.
- La fase fenológica de fructificación es aquella que domina las formaciones vegetacionales del Salar de Atacama en el mes de abril a través del tiempo. Por esta razón, la cantidad de descripciones anuales en esta categoría varían entre un 80% en 2006 y un 24% en 2020. Manteniéndose en el 2021 dentro de los rangos observados (38%).

**Figura 6-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que la proporción de puntos identificados en la fase de reproducción, entendido como producción de flores o frutos, es variable año a año, lo cual es normal considerando que ciertos sectores pueden adelantar sus fases reproductivas, o bien, suprimirlas para favorecer el desarrollo de estructuras o propagación vegetativa en los años con menos acumulación de precipitaciones.

6.2.2 **Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales**

En cuanto a la superficie total de vegetación, la superficie registrada en 2021 fue de 14.085,45 ha, valor que se encuentra dentro de los valores observados históricamente, tal como se aprecia en la Tabla 6-2 y Figura 6-6. Respecto a la rectificación realizada en el año 2013, se aprecia que la superficie actualmente cubierta con vegetación es mayor en 450,45 ha (Tabla 6-2). Este incremento se debe principalmente al registro del Matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*), cuyas superficies históricamente se ha 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%).

Cabe indicar que el matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*) se incorpora como formación vegetal a partir del monitoreo realizado el año 2017. Esta especie es procumbente o semi-erecta de hábito subarbuscivo o sufrútice (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* parece ajustarse 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 6-2, para el periodo 2021 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 (Tabla 6-1).

A continuación, en la Tabla 6-2 se presentan las superficies por tipo vegetacionales en cada uno de los monitoreos realizados a la fecha.

**Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2021.**

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 - Totora - 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
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

**Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2021.**

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	
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

Fuente: Elaboración propia.

Para los tipos vegetacionales permanentes del Borde Este del Salar de Atacama, la diferencias en las superficies cubierta por vegetación se relacionan 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 6-6 y Tabla 6-3, las superficies del periodo 2021 se encuentran dentro de los rangos de valores observados en los periodos previos. Sin embargo, al comparar los resultados con los datos obtenidos el año anterior (2020). Pese al descenso observado, las superficies son superiores al periodo 2013, año en que se generaron las correcciones al mapa de vegetación.

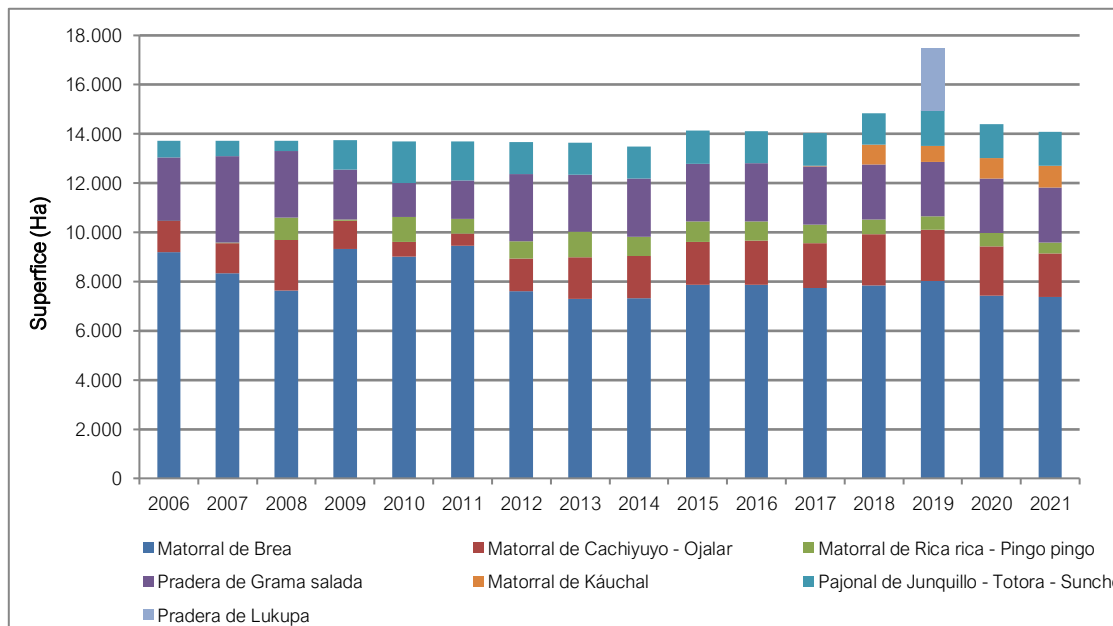
Con respecto a las diferencias con el periodo previo (2020), se observa que el matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea), matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar) y el matorral de *Aloysia deserticola* y *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo) presentaron bajas en superficie. Es necesario indicar que, las diferencias observadas en el matorral de Brea no superan el 1% de descenso.

Mientras que, el matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal) y la pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada) aumentaron su superficie de ocupación respecto a la campaña de monitoreo anterior. Por otra parte, la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totorá – Suncho) en términos prácticos se mantuvo igual al periodo anterior (2020).

En este periodo de monitoreo (2021) tampoco se observó la pradera estacional de Lukupa (*Cistanthe sp*), de la misma forma que en el período anterior (2020),

El detalle de la variación de cobertura por tipo vegetacional es presentado en la Tabla 6-3.

**Figura 6-6. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2021**



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2021 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	
Matorral de <i>Aloisia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica-Pingo pingo)	Semidenso	50-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,0	-	-	-	-
	Abierto	25-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,8	185,4	273,38	-	3,74
	Muy abierto	10-25	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	166,76	214,61	154,06	
	Ralo*	<10	1.385,0	1.385,0	1.337,0	1.324,0	1.231,0	1.218,0	1.150,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-10		-	-	-	-	-	-	-	683,2	453,6	461,8	398,0	398,5	228,6	107,54	327,78	298,08		
<b>Subtotal</b>			<b>1.410,0</b>	<b>1.410,0</b>	<b>1.358,0</b>	<b>1.361,0</b>	<b>1.366,0</b>	<b>1.430,0</b>	<b>1.449,7</b>	<b>1.041,7</b>	<b>776,1</b>	<b>821,4</b>	<b>765,0</b>	<b>769,5</b>	<b>587,9</b>	<b>547,68</b>	<b>542,39</b>	<b>455,88</b>	
Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	denso	75-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,69	-
	Semidenso	50-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6	23,0	24,78	32,93	
	Abierto	25-50	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	757,41	106,45	144,48	
	Muy abierto	10-25	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	726,02	860,08	769,37	
	Ralo*	<10	329,0	329,0	329,0	332,0	334,0	338,0	499,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-10		-	-	-	-	-	-	-	887,5	993,0	948,8	882,0	822,4	825,3	562,69	1.026,32	825,25		
<b>Subtotal</b>			<b>394,0</b>	<b>394,0</b>	<b>380,0</b>	<b>375,0</b>	<b>377,0</b>	<b>724,0</b>	<b>1.683,2</b>	<b>1.792,6</b>	<b>1.751,5</b>	<b>1.806,00</b>	<b>1.815,1</b>	<b>2.074,0</b>	<b>2.069,12</b>	<b>2.024,32</b>	<b>1.772,03</b>		
Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> - (Brea)	Denso	75-100	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	99,24	175,81	181,45	
	Semidenso	50-75	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	674,78	585,64	585,62	
	Abierto	25-50	1.622,0	1.596,0	1.801,0	1.865,0	2.109,0	2.119,0	1.935,3	1.072,2	1.051,0	1.168,4	1.952,0	2.049,1	2.226,3	2.854,31	1.212,74	1.169,86	
	Muy abierto	10-25	2.462,0	2.852,0	3.324,0	3.328,0	3.933,0	3.953,0	3.174,8	2.926,8	2.895,6	3.430,1	3.019,0	2.733,2	2.660,6	2.379,04	2.586,63	2.609,3	
	Ralo*	<10	5.706,0	5.476,0	4.708,0	4.593,0	3.811,0	3.880,0	3.944,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5-10		-	-	-	-	-	-	-	2.831,5	2.891,9	2.794,0	2.434,0	2.347,2	2.327,4	2.026,14	2.851,55	2.812,95		
<b>Subtotal</b>			<b>10.177,0</b>	<b>10.331,0</b>	<b>10.425,0</b>	<b>10.446,0</b>	<b>10.412,0</b>	<b>10.357,0</b>	<b>9.679,3</b>	<b>7.300,8</b>	<b>7.331,0</b>	<b>7.865,1</b>	<b>7.871,0</b>	<b>7.735,3</b>	<b>7.820,2</b>	<b>8.033,51</b>	<b>7.412,37</b>	<b>7.359,18</b>	
Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Muy abierto	10-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	811,8	651,69	824,53	838,67	
	Ralo*	<10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3	-	-	-	44,62	
<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>651,69</b>	<b>824,53</b>	<b>883,29</b>	

Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 - 2021 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	
Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Gramma salada)	Denso	75-100	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	154,37	136,28	131,59	
	Semidenso	50-75	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	265,78	254,8	250,94	
	Abierto	25-50	400,0	399,0	477,0	541,0	595,0	572,0	327,6	342,7	342,7	322,5	318,3	392,0	393,7	438,3	418,62	327,84	354,56
	Muy abierto	10-25	926,0	810,0	804,0	867,0	1.028,0	1.124,0	872,3	795,4	848,3	848,2	966,0	816,9	670,7	937,27	790,27	647,08	
	Ralo*	<10	2.465,0	2.376,0	2.281,0	2.167,0	1.755,0	1.670,0	1.314,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-10		-	-	-	-	-	-	-	815,1	815,1	820,4	645,0	784,1	791,1	421,54	700,24	849,63		
<b>Subtotal</b>			<b>3.809,0</b>	<b>3.603,0</b>	<b>3.609,0</b>	<b>3.609,0</b>	<b>3.442,0</b>	<b>3.424,0</b>	<b>3.141,2</b>	<b>2.318,9</b>	<b>2.360,8</b>	<b>2.341,8</b>	<b>2.357,0</b>	<b>2.349,1</b>	<b>2.235,1</b>	<b>2.197,58</b>	<b>2.209,43</b>	<b>2.233,80</b>	
Pajonal de <i>Juncus balticus</i> - <i>Schoenoplectus americanus</i> - <i>Baccharis juncea</i> (Junquillo - Totorá - Suncho)	Denso	75-100	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	304,14	296,11	270,85	
	Semidenso	50-75	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	242,87	252,2	261,53	
	Abierto	25-50	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	470,68	221,57	206,85	
	Muy abierto	10-25	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	233,35	342,1	346,13	
	Ralo*	<10	249,0	249,0	195,0	189,0	301,0	385,0	395,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-10		-	-	-	-	-	-	-	229,1	224,4	213,2	215,0	212,5	215,1	205,41	269,25	295,91		
<b>Subtotal</b>			<b>1.463,0</b>	<b>1.465,0</b>	<b>1.503,0</b>	<b>1.501,0</b>	<b>1.702,0</b>	<b>1.711,0</b>	<b>1.791,6</b>	<b>1.290,1</b>	<b>1.300,1</b>	<b>1.341,3</b>	<b>1.323,0</b>	<b>1.327,4</b>	<b>1.288,1</b>	<b>1.456,45</b>	<b>1.381,23</b>	<b>1.381,27</b>	
Pradera <i>Cistanthe</i> sp. (Lukupa)	Semidenso	50-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	742,86	-	-	
	abierto	25-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	696,64	-	-	
	Muy abierto	10-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.003,10	-	-	
	ralo	5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97,04	-	-	
<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>-</b>	<b>-</b>	<b>2.539,64</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
<b>Total</b>			<b>17.253</b>	<b>17.203</b>	<b>17.275</b>	<b>17.292</b>	<b>17.299</b>	<b>17.299</b>	<b>16.785,8</b>	<b>13.634,7</b>	<b>13.560,6</b>	<b>14.121,1</b>	<b>14.122</b>	<b>14.030,7</b>	<b>14.817,1</b>	<b>17.495,67</b>	<b>14.394,27</b>	<b>14.085,45</b>	

Entre el año 2006 y 2012 se consideraba que la categoría "Ralo" incluía todos aquellos polígonos cuya cobertura era menor a 10%. Las modificaciones metodológicas efectuadas luego de la campaña de terreno del año 2013 separaron la categoría "Ralo" (cobertura <10%) en las siguientes dos categorías: "Ralo" (cobertura entre 5 y 10%) y "Zona de Vegetación Escasa (cobertura menor a 5%)".  
Fuente: Elaboración propia.

## 6.3 Monitoreo de la vegetación en Zona de Conexión vegetación-acuífero

La siguiente sección recopilará los resultados históricos obtenidos en los puntos de monitoreo distribuidos en la Zona de Conexión vegetación – acuífero. La variación en superficie se ha integrado con el análisis realizado para el monitoreo de Borde Este, dado que los puntos abastecen la base de datos para la actualización del mapa de vegetación.

### 6.3.1 Especies dominantes

De acuerdo a los datos obtenidos de las campañas 2006 al 2021, las especies dominantes en el mes de enero en los puntos de monitoreo son *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis*. Siendo *T. absinthioides* la más frecuente, registrándose en todos los puntos de monitoreo (Tabla 6-4). Seguido de *D. spicata* presente en un máximo de 14 puntos de muestreo (en los años 2008, 2009, 2010, 2011, 2013 y 2016) y un mínimo de 5 puntos en 2019. Y finalmente por *A. atacamensis* presente en un máximo de 7 puntos de monitoreo (en 2011 y 2017) y un mínimo de dos puntos de muestreo en 2019 y 2020.

Cabe destacar que en enero de 2021 no se tuvo acceso a los sectores asociados a los puntos VA-01 y VA-02, dado que se ubican en las cercanías del acceso principal al sector Soncor de la RN Los Flamencos, el cual estuvo sin acceso producto del cierre del área por la pandemia.

**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 2008 - 2021**

Años de monitoreo	S/I	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>
2008	-	5	14	19
2009	-	6	14	19
2010	-	5	14	19
2011	-	7	14	19
2012	-	4	13	19
2013	-	5	14	19
2014	-	5	10	19
2015	-	5	13	19
2016	-	6	14	19
2017	-	7	8	19
2018	-	6	13	19
2019	-	2	5	19
2020	-	2	6	19
2021	2	3	8	17

Por otra parte, las especies dominantes en los puntos de monitoreo en el mes de abril, expuestas en la TABLAXX, confirman el dominio de las tres especies mencionadas anteriormente. Siendo la especie más común *T. absinthioides*, seguido de *D. spicata* y finalizando con *A. atacamensis*.



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.

**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 2008 - 2021**

Años de monitoreo	S/I	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>
2007	-	4	13	19
2008	-	3	12	19
2009	-	5	14	19
2010	-	6	13	19
2011	-	4	15	19
2012	-	4	13	19
2013	-	4	13	18
2014	-	4	12	19
2015	-	4	13	19
2016	-	5	13	19
2017	-	7	9	18
2018	-	6	11	19
2019	-	2	6	19
2020	8	1	4	11
2021	-	3	7	19

### 6.3.2 Cobertura vegetal

Los resultados presentados en la Tabla 6-6 y Figura 6-7 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 distribuido mayoritariamente en las categorías muy abierto y abierto (equivalentes a 10-25% y 25-50% de cobertura vegetal respectivamente), salvo en años puntuales donde se vieron disminuidas o aumentadas respecto al comportamiento medio.

En la campaña de abril de 2008, se observan descripciones vegetacionales concentradas en la categoría 50-75% y 75-100% de cobertura (semidenso y denso), para este periodo no se observa un aumento en las precipitaciones u otras condiciones que hayan favorecido el recubrimiento de plantas, además en la campaña de abril de 2007 (temporada anterior) no se observaron mayoritariamente coberturas en las categorías 10-25% y 25-50% (muy abierto y abierto). Por lo que se considera que las descripciones de enero de 2008 podrían responder a la subjetividad del observador al clasificar esta variable.

Por otra parte, entre abril de 2014 y enero de 2015 se observa un aumento en las descripciones con 5-10% de cobertura (ralo), lo que puede relacionarse a un periodo de sequía ocurrido entre marzo de 2013 a enero de 2015 (Tabla 6-1).

Para el año 2021, se aprecia que las categorías 10-25% y 25-50% (muy abierto y abierto) predominan al igual que la mayor parte de los años analizados. Sin embargo, se aprecia una descripción con cobertura 75-100% (denso), caso que no se reportaba desde enero de 2010.

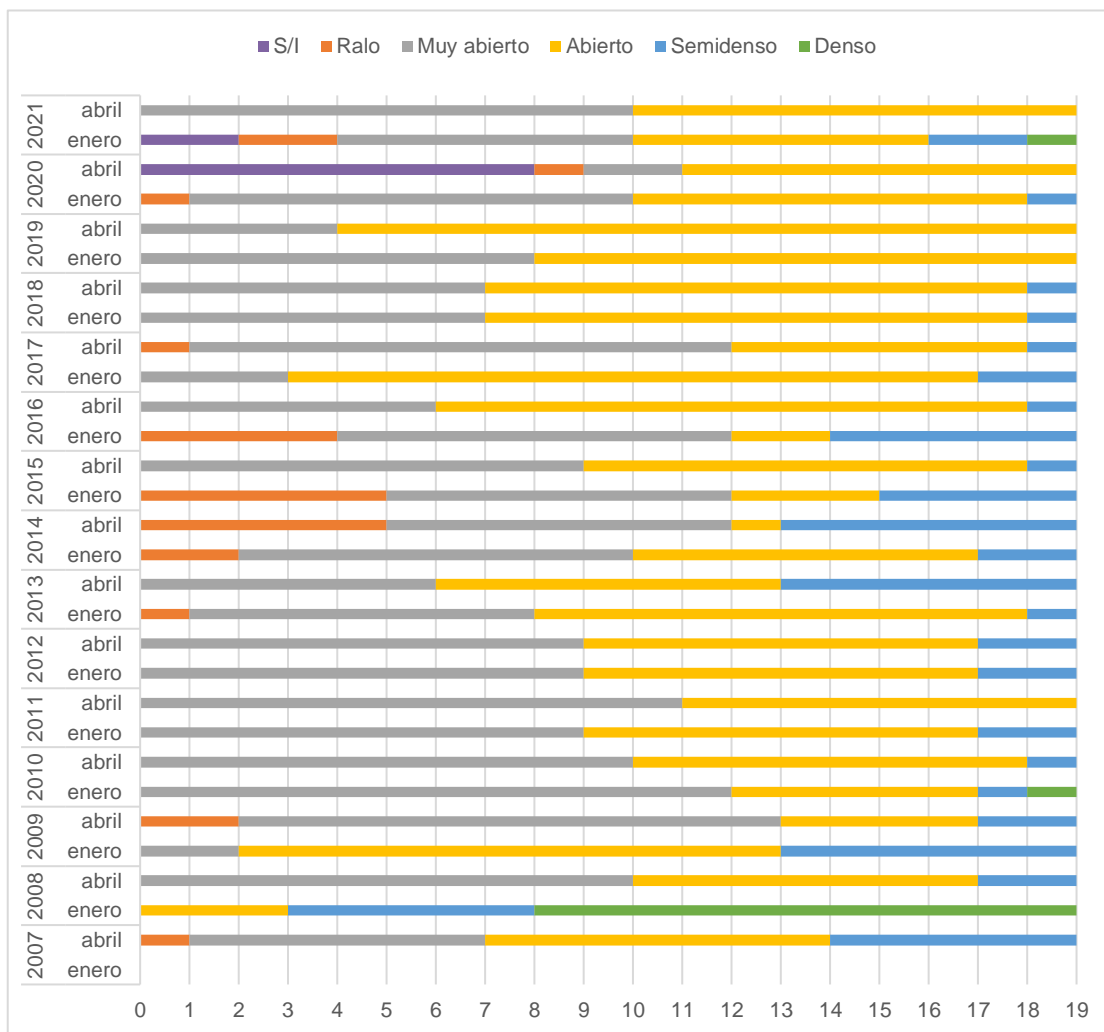
Es relevante reiterar que debido a restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos<sup>16</sup>, el monitoreo de la campaña de enero del 2020 y 2021 se desarrollaron de forma parcial, para la presente campaña se describió el 89,5% del total de puntos de monitoreo, correspondiente a 17 descripciones de terreno.

**Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**

AÑO	MES	S/I	Categorías de cobertura					Total
			Ralo	Muy abierto	Abierto	Semidenso	Denso	
2007	abril	-	1	6	7	5	-	19
2008	enero	-	-	-	3	5	11	19
	abril	-	-	10	7	2	-	19
2009	enero	-	-	2	11	6	-	19
	abril	-	2	11	4	2	-	19
2010	enero	-	-	12	5	1	1	19
	abril	-	-	10	8	1	-	19
2011	enero	-	-	9	8	2	-	19
	abril	-	-	11	8	-	-	19
2012	enero	-	-	9	8	2	-	19
	abril	-	-	9	8	2	-	19
2013	enero	-	1	7	10	1	-	19
	abril	-	-	6	7	6	-	19
2014	enero	-	2	8	7	2	-	19
	abril	-	5	7	1	6	-	19
2015	enero	-	5	7	3	4	-	19
	abril	-	-	9	9	1	-	19
2016	enero	-	4	8	2	5	-	19
	abril	-	-	6	12	1	-	19
2017	enero	-	-	3	14	2	-	19
	abril	-	1	11	6	1	-	19
2018	enero	-	-	7	11	1	-	19
	abril	-	-	7	11	1	-	19
2019	enero	-	-	8	11	-	-	19
	abril	-	-	4	15	-	-	19
2020	enero	-	1	9	8	1	-	19
	abril	8	1	2	8	-	-	19
2021	enero	2	2	6	6	2	1	19
	abril	-	-	10	9	-	-	19

<sup>16</sup> En el marco de la situación de emergencia sanitaria que enfrenta el país, mediante Res. N°160 y 162 de 2020, CONAF dispuso el cierre de las áreas silvestres protegidas bajo su administración, incluyendo la Reserva Nacional Los Flamencos, que se mantuvo cerrada durante el resto del año 2020.

**Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**



### 6.3.3 Vitalidad

Los resultados expuestos en la Tabla 6-7 y Figura 6-8 muestran la evolución de la vitalidad medida en los puntos de monitoreo en el tiempo. Se observa que desde los primeros monitoreos la vitalidad se ha distribuido mayoritariamente en la categoría normal, salvo en años puntuales donde se vio disminuida o aumentada respecto al comportamiento medio.

El año 2015, presenta un comportamiento anómalo, donde las descripciones vegetacionales se concentraron en la categoría débil, lo que pudo relacionarse a un periodo de sequía ocurrido entre marzo de 2013 a enero de 2015 (Tabla 6-1).

El caso contrario se presentó durante el monitoreo del año 2017, donde la mayor parte de las descripciones catalogaron a las formaciones como vigorosas, lo que coincide con la alta acumulación de precipitaciones entre enero y febrero del mismo año.

Para el año 2021, se aprecia que las categorías normal y débil predominan al igual que el año anterior, sin embargo, se aprecian dos descripciones con vitalidad excepcionalmente vigorosa, caso que no se reportaba desde el año 2017.

Es relevante reiterar que debido a restricciones de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos<sup>17</sup>, el monitoreo de la campaña de enero del 2021 se desarrolló de forma parcial, describiendo el 89,5% del total de puntos de monitoreo, correspondiente a 17 descripciones de terreno.

**Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	S/I	
2007	Abril	-	-	11	8	-	-	19
2008	Enero	-	-	6	13	-	-	19
	Abril	-	2	10	7	-	-	19
2009	Enero	-	-	1	18	-	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	-	19
2010	Enero	-	-	-	19	-	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	-	19
2011	Enero	-	-	-	19	-	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	-	19
2012	Enero	-	-	-	19	-	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	-	19
2013	Enero	-	-	-	19	-	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	-	19
2014	Enero	-	-	-	18	1	-	19
	Abril	-	-	-	19	-	-	19
2015	Enero	-	5	14	-	-	-	19
	Abril	-	1	18	-	-	-	19
2016	Enero	-	-	1	18	-	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	-	19
2017	Enero	-	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	-	5	14	-	19
2018	Enero	-	-	4	15	-	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	-	19
2019	Enero	-	-	6	13	-	-	19
	Abril	-	-	5	14	-	-	19
2020	Enero	-	-	3	16	-	-	19

<sup>17</sup> En el marco de la situación de emergencia sanitaria que enfrenta el país, mediante Res. N°160 y 162 de 2020, CONAF dispuso el cierre de las áreas silvestres protegidas bajo su administración, incluyendo la Reserva Nacional Los Flamencos, que se mantuvo cerrada durante el resto del año 2020.

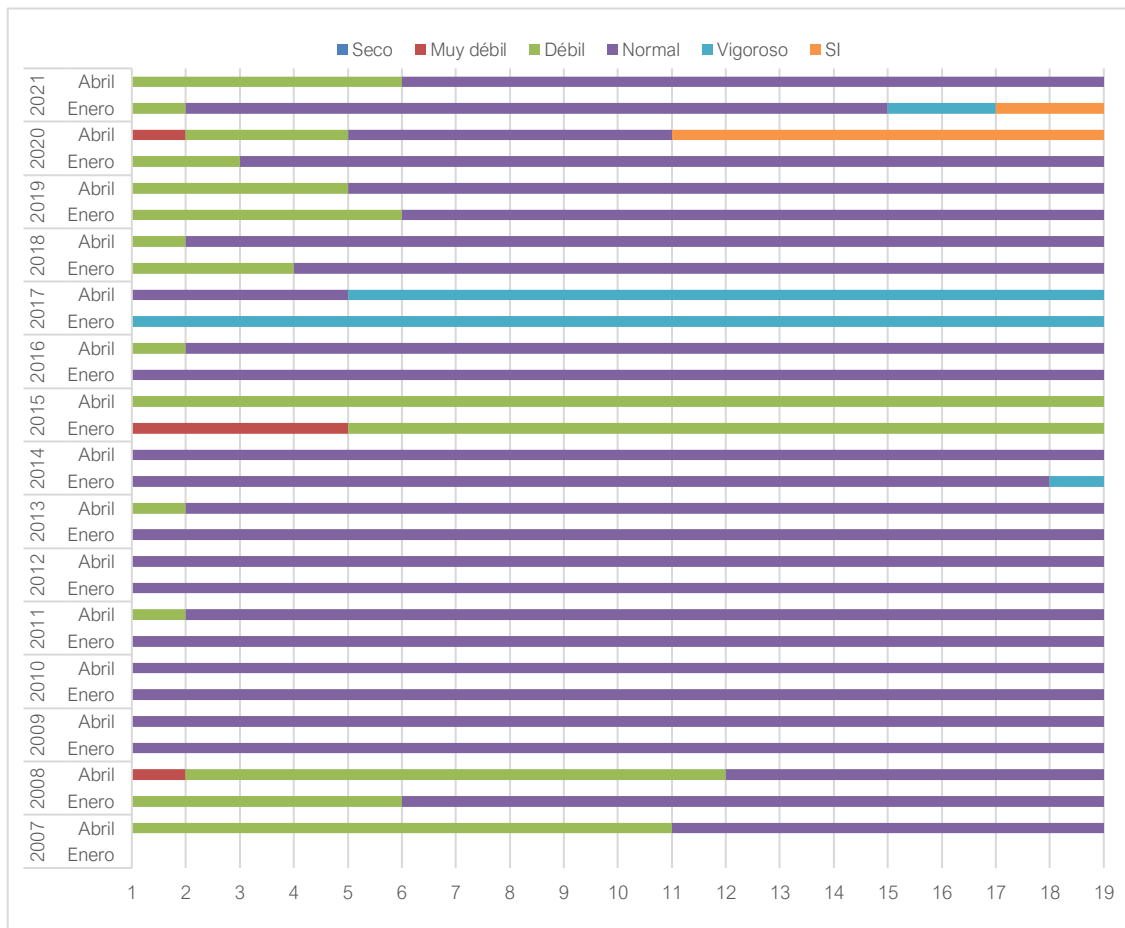
**Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	S/I	
2021	Abril	-	2	3	6	-	8	19
	Enero	-	-	2	13	2	2	19
	Abril	-	1	5	13	-	-	19

S/I: Si información

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

### 6.3.4 Porcentaje de copa viva

La Tabla 6-8 y Figura 6-9, 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 Figura 6-9, la tendencia general de los datos es que hacia el monitoreo de enero las plantas dominantes de las formaciones vegetacionales presenten mayor porcentaje de copa viva. Se observa también, que para ambos meses predomina la categoría de copa viva entre 25-50% y en menor medida la correspondiente a copas entre 50-75%. Mientras que las observaciones con 5-25% y 75-100% de copa tienden a ser menor en número, lo cual se mantiene en la presente campaña de monitoreo.

Para el año 2020 y 2021 se cuenta con información parcial, lo cual se relaciona con restricciones de acceso a áreas de la Reserva Nacional Los Flamencos.

**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 – 2021.**

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	-	-	1	13	5	-	-	19
2008	Enero	-	-	1	7	7	4	-	19
	Abril	-	-	7	12	-	-	-	19
2009	Enero	-	-	-	6	7	6	-	19
	Abril	-	-	-	6	13	-	-	19
2010	Enero	-	-	-	3	7	9	-	19
	Abril	-	-	3	6	8	2	-	19
2011	Enero	-	-	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	3	11	5	-	-	19
2012	Enero	-	-	-	6	8	5	-	19
	Abril	-	-	-	11	8	-	-	19
2013	Enero	-	-	-	6	13	-	-	19
	Abril	-	-	5	11	3	-	-	19
2014	Enero	-	-	2	12	4	1	-	19
	Abril	-	-	-	16	3	-	-	19
2015	Enero	-	-	8	11	-	-	-	19
	Abril	-	-	1	13	5	-	-	19
2016	Enero	-	-	-	10	8	1	-	19
	Abril	-	-	5	14	-	-	-	19
2017	Enero	-	-	-	-	9	10	-	19
	Abril	-	-	5	10	4	-	-	19
2018	Enero	-	-	2	9	7	1	-	19
	Abril	-	-	2	14	3	-	-	19
2019	Enero	-	-	2	10	7	-	-	19
	Abril	-	-	2	9	8	-	-	19
2020	Enero	-	-	4	9	6	-	-	19
	Abril	-	-	5	4	1	1	8	19
2021	Enero	-	-	-	3	10	4	2	19
	Abril	-	1	3	10	4	1	-	19

S/I: Sin información

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-9. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.5 Fenología

El estado fenológico registrado para las especies monitoreadas (Tabla 6-9 y Figura 6-10), muestra que durante la presente temporada se mantiene el comportamiento esperado para las épocas de monitoreo, donde en el mes de enero y abril, se registran fases fenológicas asociadas a la reproducción de las especies (presencia de flores y frutos).

Así, en el mes de enero los individuos tienden a encontrarse en estado de floración o iniciando el periodo de fructificación, mientras que en abril se aprecia una concentración de ejemplares en estado de fructificación, lo que coincidiría con el término del periodo fenológico anual de las especies, considerando que los resultados de porcentaje de copa viva y vitalidad indican que comienza el periodo recesivo de crecimiento.



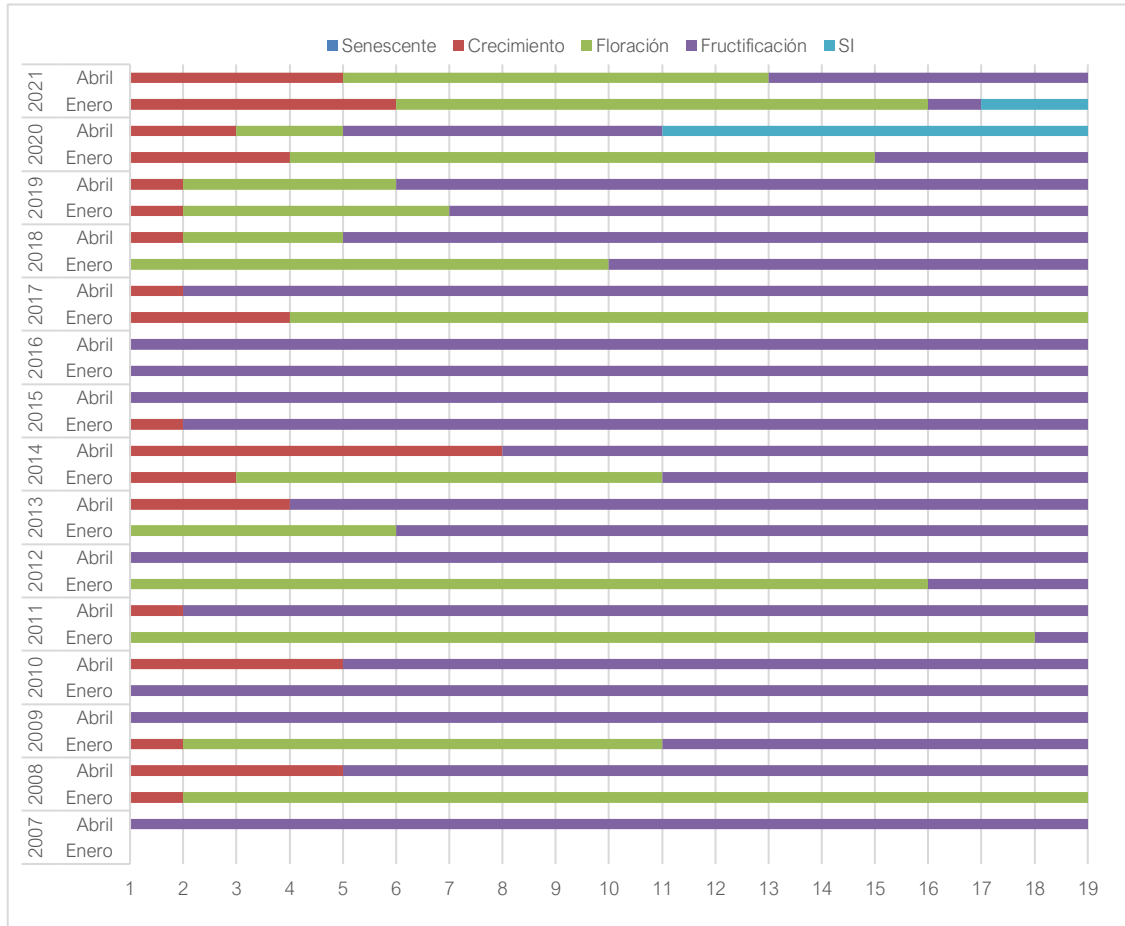
**Tabla 6-9: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Etapa fenológica					Total
		Senescente	Crecimiento	Floración	Fructificación	S/I	
2007	Abril	-	-	-	19	-	19
2008	Enero	-	2	17	-	-	19
	Abril	-	5	-	14	-	19
2009	Enero	-	2	9	8	-	19
	Abril	-	1	-	18	-	19
2010	Enero	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	5	-	14	-	19
2011	Enero	-	1	17	1	-	19
	Abril	-	2	-	17	-	19
2012	Enero	-	1	15	3	-	19
	Abril	-	1	-	18	-	19
2013	Enero	-	-	6	13	-	19
	Abril	-	4	-	15	-	19
2014	Enero	-	3	8	8	-	19
	Abril	-	8	-	11	-	19
2015	Enero	-	2	-	17	-	19
	Abril	-	1	-	18	-	19
2016	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	-	19	-	19
2017	Enero	-	4	15	-	-	19
	Abril	-	2	-	17	-	19
2018	Enero	-	1	9	9	-	19
	Abril	-	2	3	14	-	19
2019	Enero	-	2	5	12	-	19
	Abril	-	2	4	13	-	19
2020	Enero	-	4	11	4	-	19
	Abril	-	3	2	6	8	19
2021	Enero	-	6	10	1	2	19
	Abril	-	5	8	6	-	19

S/I: Sin información

Fuente: Elaboración propia

**Figura 6-10. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

## 6.4 Monitoreo de Algarrobos en el sector pozo Camar-2

En las inmediaciones del pozo de extracción Camar 2 de SQM S.A. en el Borde Este del Salar de Atacama, se desarrolla una población de Algarrobo, la cual, en 2006 se integró por 71 individuos, los que fueron identificados y etiquetados para su seguimiento temporal.

La población de algarrobos objeto de estudio han sufrido los efectos de aluviones a través del tiempo, registrándose desde el 2012 individuos desaparecidos o desprendidos. En 2019 se produjo un evento aluvial<sup>18</sup> de gran envergadura, el que arrasó con 8 ejemplares, lo que significa 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>19</sup>.

### 6.4.1 Análisis de variables medidas

#### 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 2021) se muestran en la Tabla 6-10 y Figura 6-11.

- **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, llegando en el año 2021 a 30 individuos (Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,8557 Ver Figura 6-11 (1)), respecto al año anterior, el 2021 no se registran nuevos individuos secos.
- **Muy débil:** El presente año se registraron cuatro (4) ejemplares bajo esta categoría valor que se encuentra bajo el promedio del monitoreo. Cabe indicar que, esta categoría no se observó en el periodo 2019 y el. No se observa una tendencia a lo largo de los años ( $R^2 = 0,0011$ ). (Ver Figura 6-11 (2)).
- **Débil:** En el año 2006 (línea base) se reportaron seis (6) ejemplares en esta categoría. Durante todo este periodo de seguimiento (2006 – 2021) se han reportado fluctuaciones en el número de individuos. En el presente monitoreo se registran 14 individuos en la categoría débil. Respecto al 2020, son tres (3) ejemplares más y dos (2) sobre el promedio histórico (Tabla 6-7). Dada la oscilación en el número de ejemplares, no se observa una tendencia general ( $R^2 = 0,0005$ ; Figura 6-11 (3)).
- **Crecimiento Normal:** En el año 2006 (línea base) se reportaron 48 individuos en esta categoría. Desde el 2009 al periodo actual (2021), el número de ejemplares se ha distribuido entre nueve (9) y 48 ejemplares. Los registros históricos muestran una tendencia con fluctuaciones, pero que va a la baja ( $R^2 = 0,6774$ ). En el presente año se reportan nueve (9) individuos, equivalente a un (1) individuo menos en relación con el año anterior (10 ejemplares) (Ver Figura 6-11 (4)).
- **Excepcionalmente Vigoroso:** Muestra una disposición a valores cercanos a cero (0) a lo largo de todos los años ( $R^2 = 0,0015$ ), (ver Figura 6-11 (5)), con excepción del año 2008 (3 ejemplares), año

<sup>18</sup> Comprobante reporte de aviso/contingencia/incidente. Cod: RIA4549

<sup>19</sup> El monitoreo contempla la prospección de los 71 ejemplares, visitando de igual forma el sitio donde se ubicaron los ejemplares desaparecidos.

2011 (1 ejemplar), 2012 (4 ejemplares), 2018 (1 ejemplar), 2019 (2 ejemplares), 2020 (2 ejemplares) y 2021 (2 ejemplares).

- 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>20</sup>.

En general se observa que las mediciones del 2021 sobre esta población de Algarrobos muestran pequeñas variaciones. En particular se observa una disminución de individuos con vitalidad normal y muy débil; mientras que aumentan aquellos individuos catalogados como débiles, y se mantiene la cantidad de ejemplares catalogados como vigorosos.

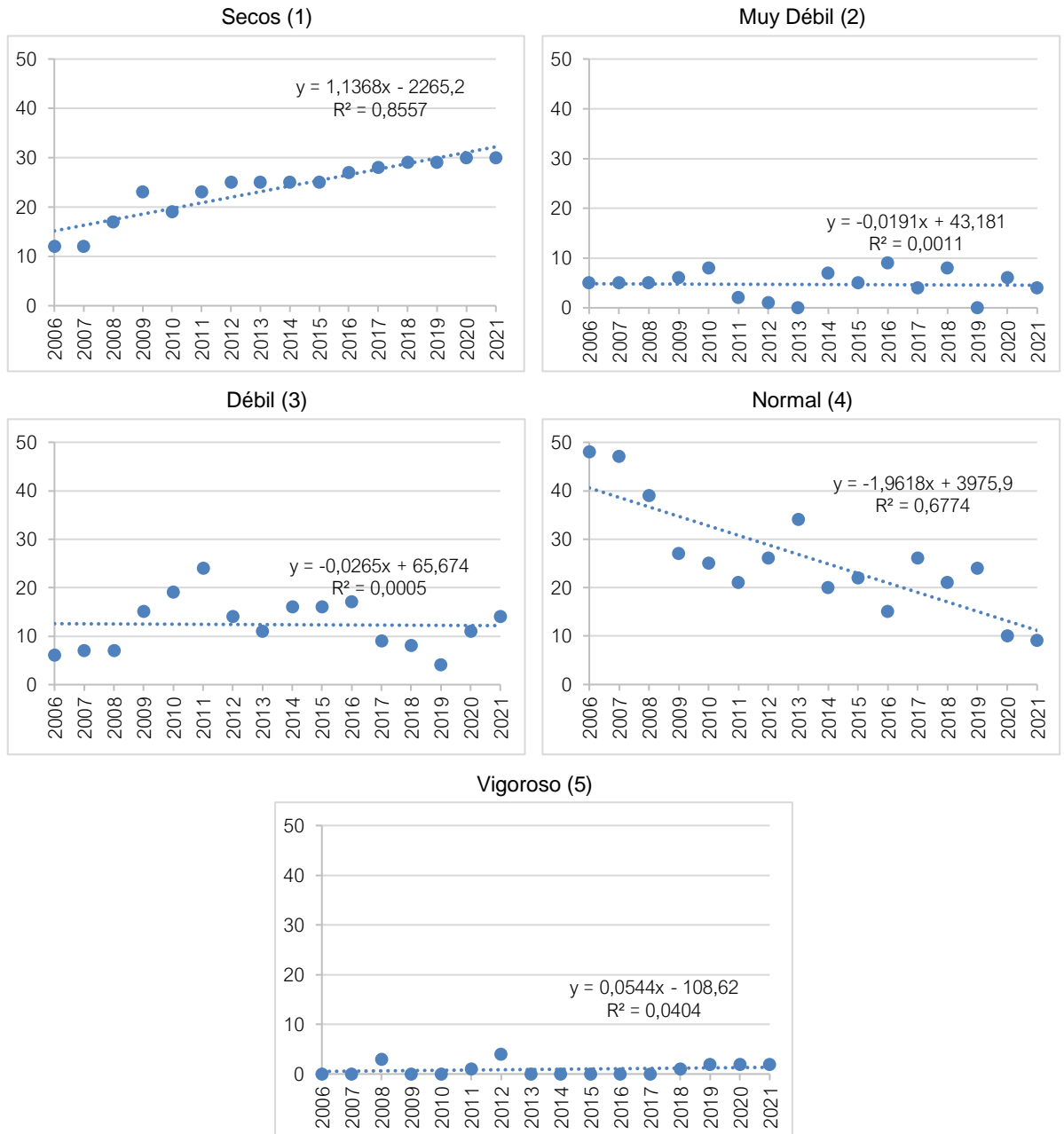
**Tabla 6-10. Vitalidad de la población de Algarrobos. Campañas 2006 – 2021.**

Vitalidad	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Máximo	Mínimo	Promedio
Seco	12	12	17	23	19	23	25	25	25	25	27	28	29	29	30	30	30	12	24
Muy débil	5	5	5	6	8	2	1	0	7	5	9	4	8	0	6	4	9	0	5
Débil	6	7	7	15	19	24	14	11	16	16	17	9	8	4	11	14	24	4	12
C. normal	48	47	39	27	25	21	26	34	20	22	15	26	21	24	10	9	48	9	26
Vigoroso	0	0	3	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	2	2	2	4	0	1
Desaparecidos	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	8	0	0	-	-	-
Desaparecidos acumulados	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	4	4	12	12	12	-	-	-
<b>Total, por año</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>71</b>	<b>59</b>	<b>68</b>
<b>Total, muestra</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>

Fuente: Elaboración propia.

<sup>20</sup> Comprobante reporte de aviso/contingencia/incidente. Cod: RIA4549.

**Figura 6-11. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**



(1): Seco (2): Muy débil (3): Débil (4): Crecimiento normal (5): Excepcionalmente vigoroso.

Fuente: Elaboración propia.

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 6-11 y Figura 6-12. Al respecto se observa:

- Copa viva 0%: Para el año 2021, se registró por segundo año consecutivo 30 ejemplares sin follaje. Desde el comienzo del monitoreo, con 12 ejemplares en esta categoría (línea base), se observa una tendencia al aumento del número de individuos en relación con el tiempo, con un  $R^2$  de 0,8722 (Ver Figura 6-12 (1)).
- Copa viva <5%: Para la categoría <5% de copa verde, en el año 2021 se registró un (1) individuo, lo que equivale a tres (3) ejemplares menos que el periodo anterior. Por otro lado, en el año 2018 se reporta el máximo histórico con ocho (8) ejemplares, similar al año 2010. No se observa una tendencia en el tiempo ( $R^2=0,0275$ ), dado que se presentan fluctuaciones constantes desde el inicio del monitoreo (Ver Figura 6-12 (2)).
- Copa viva 5-25%: En la categoría de 5-25% de copa verde, el año 2021 presentó ocho (8) individuos, lo cual corresponde a cinco (5) ejemplares más que el año anterior. Esta categoría ha sido variable en el tiempo, no observándose tendencias claras por las constantes fluctuaciones que presenta la serie durante los años, teniendo a la fecha un coeficiente de determinación de 0,0526 (Ver Figura 6-12 (3)).
- Copa viva 25-50%: En la categoría 25-50% de copa verde, el número de individuos registrados en el año 2006 presentó el máximo histórico con 22 ejemplares, en el año 2020 se registraron solo siete (7) individuos, igual número respecto al año 2019. Para la campaña actual se registran 13 individuos en esta categoría. Dadas estas fluctuaciones no se observa una tendencia histórica en el número de ejemplares, representados por un  $R^2 = 0,1259$  (Ver Figura 6-12 (4)).
- Copa viva 50-75%: En cuanto a la categoría 50-75% de copa verde, el presente año registra un total de cinco (5) ejemplares, cuatro (4) individuos menos que el año anterior, correspondiendo al mínimo histórico registrado en la serie. Respecto al año base, a la fecha existen cuatro (4) árboles menos que los contabilizados inicialmente. Se observan fluctuaciones en la cantidad de individuos a lo largo de los años presentando un  $R^2$  de 0,0244 (Ver Figura 6-12 (5)).
- Copa viva 75-100%: Finalmente, respecto de la categoría de mayor copa viva (75-100%) en el año 2006 se registraron 13 ejemplares. En la presente campaña se observaron solo dos (2), lo que equivale a cuatro (4) individuos menos 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 0,6124 (Ver Figura 6-12 (6)).

**Tabla 6-11. Copa viva de la población de Algarrobo. Campañas 2006 – 2021.**

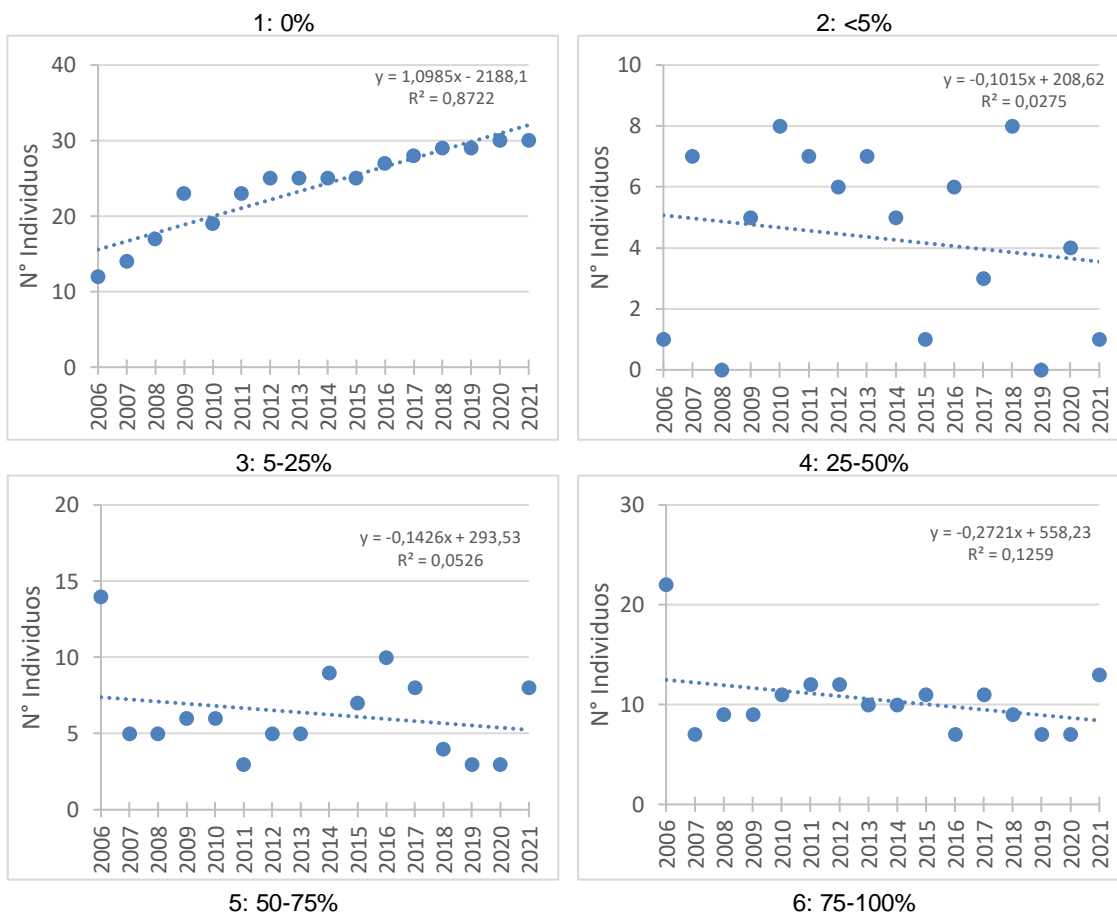
Copa viva	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Máximo	Mínimo	Promedio
0%	12	14	17	23	19	23	25	25	25	25	27	28	29	29	30	30	30	12	23
<5%	1	7	0	5	8	7	6	7	5	1	6	3	8	0	4	1	8	0	5

Tabla 6-11. Copa viva de la población de Algarrobo. Campañas 2006 – 2021.

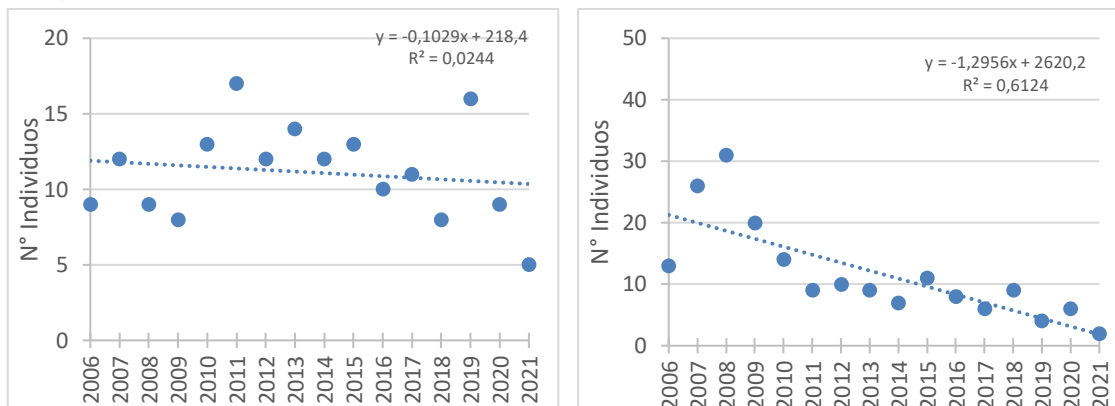
Copa viva	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Máximo	Mínimo	Promedio
5-25%	14	5	5	6	6	3	5	5	9	7	10	8	4	3	3	8	14	3	6
25-50%	22	7	9	9	11	12	12	10	10	11	7	11	9	7	7	13	22	7	10
50-75%	9	12	9	8	13	17	12	14	12	13	10	11	8	16	9	5	17	5	12
75-100%	13	26	31	20	14	9	10	9	7	11	8	6	9	4	6	2	31	2	12
Desaparecidos	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	8	0	0	-	-	-
Desaparecidos acumulados	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	4	4	12	12	12	-	-	-
<b>Total por año</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	-	-	-
<b>Total muestra</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-12. Tendencia de la Copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.



**Figura 6-12. Tendencia de la Copa viva de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.4.1.3 Fenología

Respecto a la Fenología, la Tabla 6-12 y Figura 6-13 muestran los resultados a lo largo de los años de monitoreo.

- **Senescente:** Los individuos senescentes se mantienen en 31 ejemplares, valor registrado por segundo año consecutivo. A través del tiempo se aprecia una tendencia al aumento de esta variable, con un coeficiente de determinación de 0,8651 (Figura 6-13 (1)).
- **Crecimiento vegetativo:** Se observa por segundo año consecutivo a 28 ejemplares en esta categoría. (valor mínimo registrado a la fecha, observado también el 2012). Además, se aprecia una tendencia a la baja de individuos con crecimiento vegetativo, 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 produce 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 estos 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 6-13 (4).

**Tabla 6-12. Fenología de los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**

Fenología	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Máxima	Mínima	Promedio
Senescente	20	20	17	23	19	22	26	25	24	25	29	28	30	29	31	31	31	17	25
C. Vegetativo	49	46	53	48	52	48	28	45	44	43	34	39	37	29	28	28	53	28	41

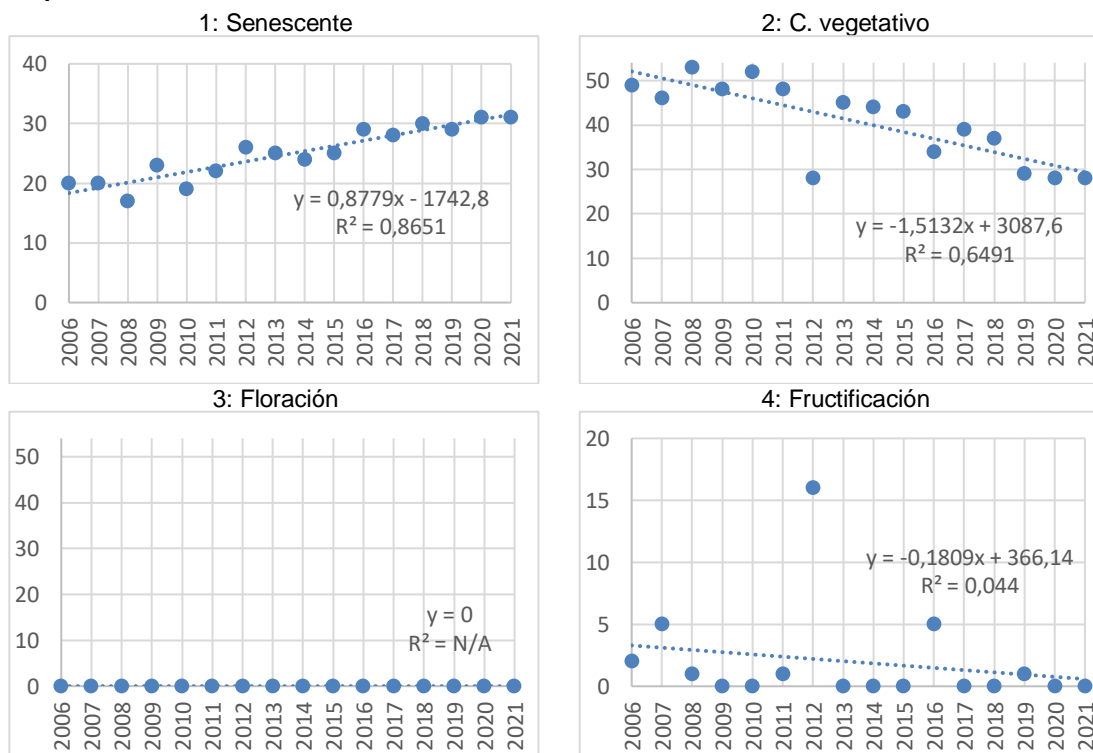


**Tabla 6-12. Fenología de los ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**

Fenología	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Máxima	Mínima	Promedio
Floración	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	16	0	2
Desaparecidos	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	8	0	0	-	-	-
Desaparecidos acumulados	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	4	4	12	12	12	-	-	-
<b>Total por año</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	-	-	-
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-13. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia.

6.4.1.4 Daño por agentes externos

Tal como se mencionó en los análisis anteriores, el año 2021 mantuvo en 30 la cantidad de ejemplares secos (50,8% del total, excluyendo los individuos desaparecidos). De aquellos con algún grado de vitalidad,

la totalidad registró algún tipo de daño; 28 ejemplares (47,5% del total) tuvieron daño animal producto de ramoneo, mientras que un (1) individuo (1,7% del total) registró daño animal y antrópico de forma simultánea.

Respecto a los cinco (5) años analizados, el daño animal predomina en los ejemplares vivos, siendo este tipo de daño el que posee mayor incidencia en la vitalidad y follaje verde de la población; además, 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 6-13. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 – 2021.**

Daño	2017		2018		2019		2020		2021	
	N° de árboles	%	N° de árboles	%	N° de árboles	%	N° de árboles	%	N° de árboles	%
Ambos daños	3	4,5	0	0	1	1,7	0	0	1	1,7
Daño animal	31	46,3	38	56,7	27	45,8	28	47,5	28	47,5
Daño antrópico	0	0	0	0	0	0	1	1,7	0	0
Sin daño	5	7,5	0	0	2	3,4	0	0	0	0
Secos	28	41,8	29	43,3	29	49,2	30	50,8	30	50,8
Desaparecidos acumulados	4	0	4	0	12	0	12	0	12	0
<b>Total por año</b>	<b>67</b>	<b>100</b>	<b>67</b>	<b>100</b>	<b>59</b>	<b>100</b>	<b>59</b>	<b>100</b>	<b>59</b>	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>71</b>	-	<b>71</b>	-	<b>71</b>	-	<b>71</b>	-	<b>71</b>	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-14 se muestran ejemplos de daño por ramoneo.

**Figura 6-14. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo en el año 2021.**



**6.4.2 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 sujetos a monitoreo se ubican en el cono aluvial de la Quebrada de Camar, los que se originaron presumiblemente al depositarse semillas provenientes de la parte alta de la quebrada y cuyo principal aporte hídrico proviene de las esporádicas escorrentías debido a las lluvias estivales altoandinas, los 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 (2006-2021). 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 normales y un aumento del número de nuevos ejemplares 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 por dos causas principales: 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, 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 6-15. Modificación de los escurrimientos superficiales en el sector de Camar**

Imagen Google Earth 2007



Imagen Google Earth 2008

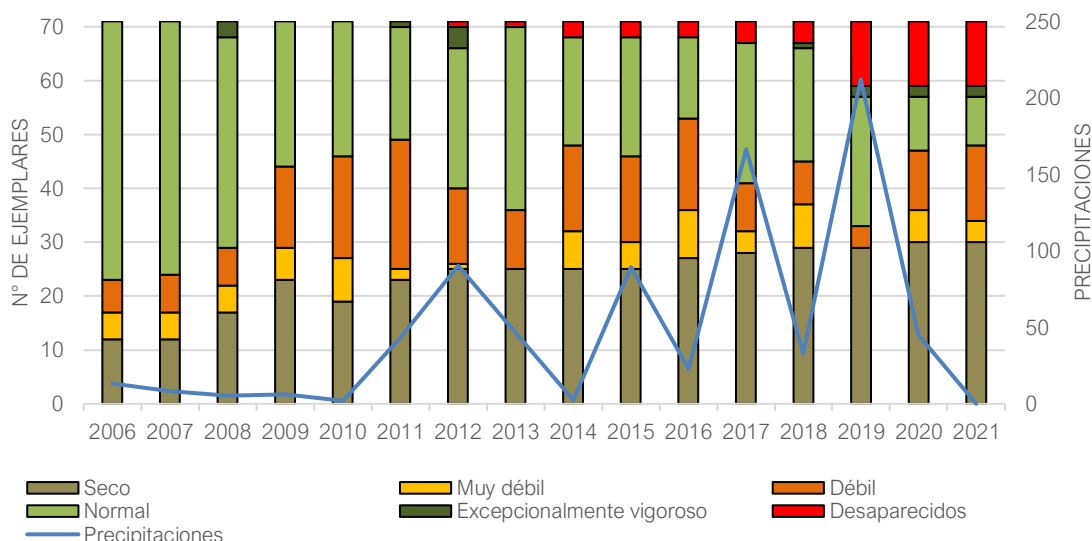


Fuente: Hidroestudios, 2020

Esta modificación de cauces sería una de las causas principales del detrimento de la vitalidad y la disminución del % de copa viva en los algarrobos en el sector norte, al disminuir del aporte hídrico relacionado a escurrimientos superficiales y subsuperficiales. Estos efectos se verifican tanto en la Figura 6-16, y Figura 6-20.

Lo anterior se verifica en la Figura 6-16, donde se observa que la categoría seco tuvo un aumento desde el inicio del monitoreo; las categorías intermedias muy débil y débil muestran oscilaciones, sin mostrar una tendencia en el tiempo y la categoría crecimiento normal evidencia disminuciones en el número de ejemplares descritos en cada periodo, pasando de 48 individuos en 2006 a 10 en 2020 y 9 el 2021.

**Figura 6-16. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**



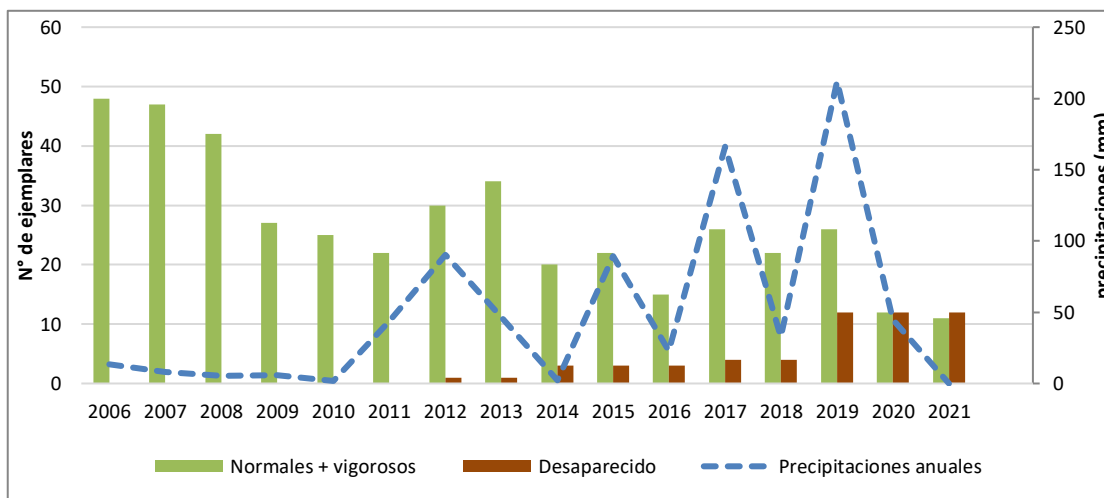
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los aluviones producto de precipitaciones han sido una de las causas de la decepación y posterior desaparición de 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, periodo en el cual precipitaron 212 mm (estación Camar) provocando un evento aluvial de gran volumen, el cual desprendió 8 ejemplares. En 2020, 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 (2021) 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 aparición 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 6-17. Número de ejemplares en la categoría normales y vigorosos, desaparecidos por año de monitoreo y su relación con las precipitaciones en la zona**



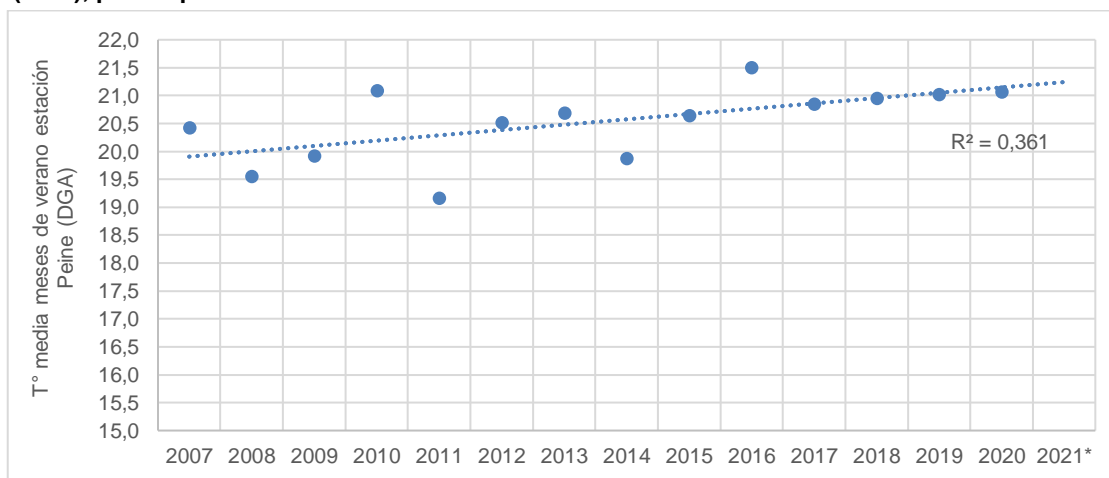
Fuente: Elaboración propia.

- **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 6-18), 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 6-18. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) en la estación Peine (DGA), para el periodo 2007 – 2020.**



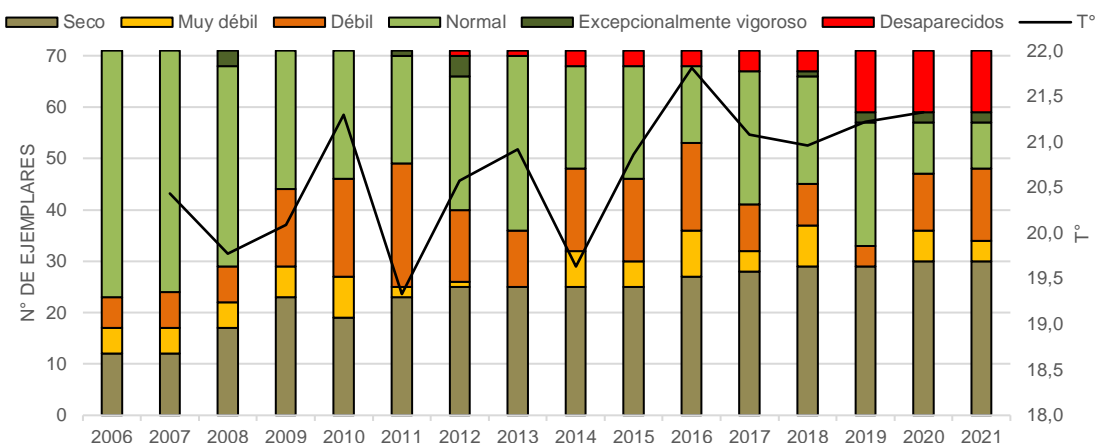
\*Sin datos en la estación meteorológica para el año 2021.

Tal como se observa en la Figura 6-19, 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.

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 e 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 Sanfuentes *et al* (2012).

Tal como se observa en la Figura 6-19, 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.

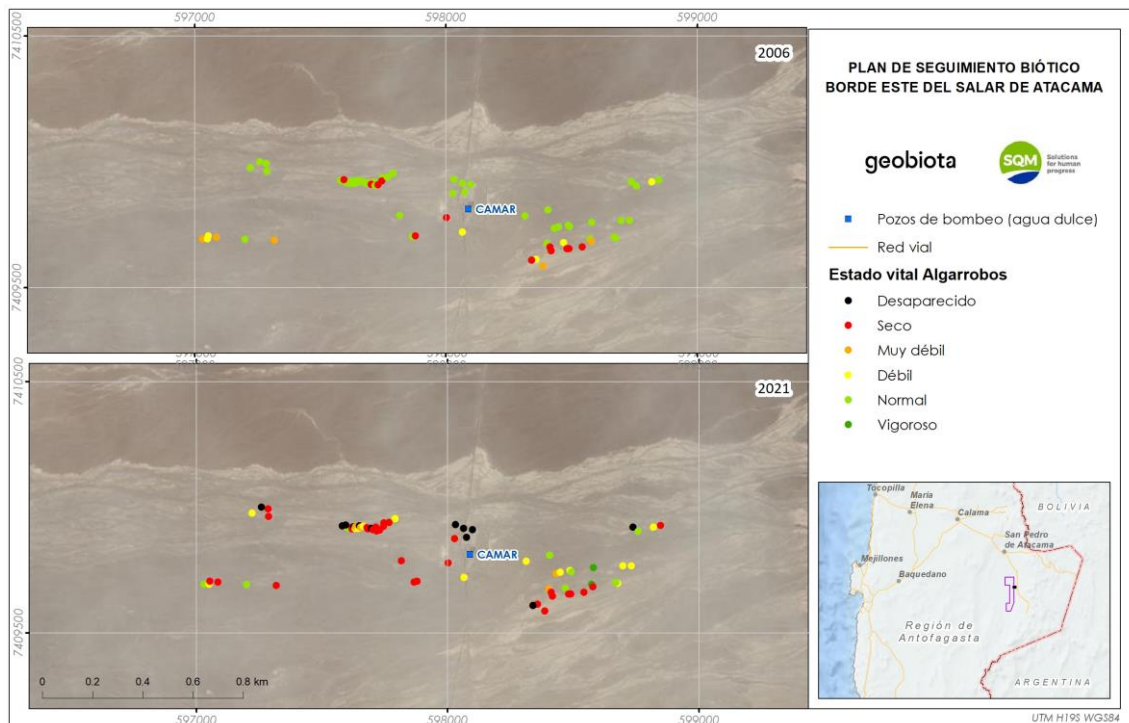
**Figura 6-19. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) y número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2021.**



Es necesario indicar que, el aumento de la temperatura por si sola no explicaría el detrimento de la vitalidad de los Algarrobos, sino que la integración a esta variable en el sistema. Todo esto, considerando la relevancia en los cambios en el régimen de precipitaciones -siendo esta principal aportante de la escorrentía superficial del sector, los efectos de la activa dinámica aluvial debido a precipitaciones extremas y los cambios en la red de drenaje.

Evidentemente hay otros factores que están actuando de manera concomitante sobre el estado de los Algarrobos, como el ramoneo de burros asilvestrados, etc. 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 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 6-20. Estado vital de los algarrobos en el periodo 2006 y 2021 (actual) en el sector de Camar



## 6.5 Monitoreo de Flora

Se analiza y discute la riqueza y frecuencia de especies de flora, así como las mediciones de conductividad eléctrica y pH del suelo, prospectados en 7 transectos de Este a Oeste, que contempla un total de 375 muestras para flora y 75 muestras para suelo.

En el contexto de la formulación del cargo N°5, presentado a través de la Res. Ex. N°1/ROL F-041-2016, se aplica el protocolo de tendencias elaborado por ECOS CHILE.

Los análisis del comportamiento histórico de cada una de estas variables son descritos a continuación.

### 6.5.1 Riqueza y frecuencia de Flora

#### 6.5.1.1 Riqueza de especies de flora

Según Gajardo (1994), la cuenca del Salar de Atacama presenta grandes extensiones carentes de vegetación, a excepción de las comunidades desarrollados 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 Plissock, 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 Plissock, 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 11 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 2021). 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 especie, principalmente herbáceas, debido a episodios de lluvia en el altiplano. Esta condición se pudo observar en el monitoreo de los años 2012 y 2019, periodo en el que 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:

Considerando sólo los puntos de muestreo, se identificaron 13 especies durante la campaña 2021. Este valor está levemente por debajo del promedio (14 taxa) y presenta una disminución de 2 taxas con respecto del caso base (2006) (15 taxas). Si bien la riqueza en 2021 es menor que la registrada en el caso base, esta se encuentra dentro de lo observado en los años anteriores (entre un máximo de 15 taxa y un mínimo de 10 taxa). Demostrando que la riqueza se ha mantenido relativamente estable en el tiempo.

Considerando sólo los registros fuera de los puntos de monitoreo, se identificaron 3 taxa en el presente monitoreo (2021), que corresponden a 5 taxa menos de los registrados en la línea base del año 2006 (8 taxa). No obstante, la variabilidad de los registros a lo largo de los años es amplia, variando entre 1 (2021) a 15 (2019). Por lo que los registros actuales se consideran dentro de la tendencia histórica.

Se estima que la variabilidad observada tanto dentro como fuera de los puntos de muestreo, puede deberse a las siguientes causas:

- i. La variabilidad de especies efímeras es una condición dependiente las precipitaciones, lo que permitiría la aparición de praderas como son las que pertenecen a los géneros *Cistanthe* o *Exodeconus*.
- ii. Intervenciones antrópicas (extracción de biomasa) o animal, lo que podría causar la eliminación de ejemplares perennes.

**Tabla 6-14. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 – 2021.**

Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Agrostis sp.</i>	Poaceae	Hierba anual	Indeterminado	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aloysia deserticola</i>	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x(*)	x	x	x	x	x	x
<i>Ambrosia artemisioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-
<i>Aristida adscensionis</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x
<i>Atriplex glaucescens</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Atriplex imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x(*)	x(*)	x(*)	x	x	-	x
<i>Atriplex madariagae</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Baccharis juncea</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x(*)	x	x	x	x	x	x
<i>Cistanthe amarantoides</i>	Montiaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae <sup>2</sup>	Hierba anual	Endémico	x(*)	x(*)	-	-	-	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	x	x	x
<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	x	-	-	-	-
<i>Cortaderia jubata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cristaria dissecta</i> . var. <i>Dissecta</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	-	-	x	-	-
<i>Cryptantha diffusa</i>	Boraginaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Descurainia stricta</i>	Brassicaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x(*)	x(*)	x	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)
<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	x	x(*)	x	-	-
<i>Eragrostis nigricans</i> Var. <i>punensis</i> Nicora	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-

Tabla 6-14. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 – 2021.

Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Euphorbia amandi</i>	Euphorbiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Festuca hypsophilla</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Hoffmannseggia doellii</i> ssp. <i>Doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	x(*)	x(*)	-	-	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-
<i>Juncus balticus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Juncus balticus</i> ssp. <i>Mexicanus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Lupinus oreophilus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lupinus subinflatus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lycium humile</i>	Solanaceae	Arbusto	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Maihueniopsis aff. atacamensis</i>	Cactaceae	Suculento	Endémico	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Munroa decumbens</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Neuontobotrys tarapacana</i>	Brassicaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Nitrophila atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Hierba anual	Endémico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Prosopis chilensis</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Puccinellia frigida</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x(*)	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Sarcocornia andina</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x
<i>Schoenoplectus americanus</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-
<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Hierba perenne	Endémico	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x(*)	x	x(*)	x(*)	x(*)	x	x	x(*)	x	x	x(*)

**Tabla 6-14. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 – 2021.**

Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Tribulus terrestris</i>	Zigophyllaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-	-	-	-	-	x	-	-
<i>Trichocline caulescens</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x(*)	-	-
<i>Triglochin concinna</i>	Juncaginaceae	Hierba perenne	Nativo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x(*)
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	Malvaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-
<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
Riqueza fuera de los puntos de muestreo				8	8	7	8	8	9	14	4	2	5	3	3	4	15	1	3
Riqueza total				23	23	21	22	22	23	30	19	16	15	16	19	17	35	13	16

Fuente: Elaboración propia. (\*) Registro fuera de parcela.

### 6.5.1.2 Frecuencia de especies de flora

A continuación, se analiza la frecuencia de especies de flora por transectos, considerando todas las temporadas de monitoreo (2006-2021).

#### *Transecto 1:*

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base) fue de ocho (8) taxa (Ver Figura 6-21). En el monitoreo de 2021 se registraron seis (6) taxa. *Lycium humile* y *Puccinellia frígida* son las especies ausentes respecto del monitoreo inicial (2006). *Lycium humile* (arbusto perenne) sólo ha sido registrada en dos instancias, en los años 2006 y 2013; mientras que, *Puccinellia frígida* (hierba perenne) fue registrada en 5 oportunidades (2006, 2007, 2009, 2010 y 2012) sin nuevos registros en los puntos de monitoreo.
- El mínimo histórico en este transecto se registró en 2016 con 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.
- En 2019 y 2021 la especie con mayor frecuencia en el transecto es *Distichlis spicata*, observada en 10 de los 19 puntos de muestreo, también es la especie más frecuentes en todos los años de monitoreo.

#### *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).
- Se detectan diferencias en la riqueza de especies a través del tiempo, manteniéndose o aumentando respecto al 2006. Sólo los años 2015, 2016 y 2021 se observa una riqueza inferior al periodo 2006.
- El mínimo histórico en este transecto se registró el año 2015 con 5 taxa.
- Respecto del monitoreo inicial, *Ephedra multiflora* se ha registrado como ausente desde el 2014. Sin embargo, en el área hay registros de la especie fuera de parcela durante el presente monitoreo.
- Las especies que históricamente han aparecido en este transecto y se han mantenido durante el presente monitoreo son *Atriplex atacamensis*, *Baccharis juncea*, *Distichlis spicata*, *Juncus balticus*, *Lycium humile*, *Schoenoplectus americanus* y *Tessaria absinthioides*.
- *Festuca hypsophilla*, 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 para el año 2020 y 2021. La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 6 de 14 puntos de muestreo.

*Transecto 3:*

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base) fue de 9 taxa representando la máxima riqueza a la fecha y para el presente monitoreo fue de 5 taxa, valor que se sitúa dentro de los registros históricos.
- El año 2020 se observó la riqueza mínima en este transecto con 2 taxa.
- Respecto a las especies observadas de forma relativamente constante durante todos los años de monitoreo, los taxa *Festuca hypsophilla* y *Triglochin concinna* no presentan registro en el presente monitoreo.
- *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 2020 y 2021 no se registraron.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides* con presencia en 7 de los 10 puntos de muestro. Además de esta especie, se registró *Distichlis spicata* con presencia en 4 puntos de muestro.
- En 2021, se mantiene la máxima frecuencia para *Tessaria absinthioides*. Es importante destacar la presencia histórica de *Nitrophylla 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 2021 respecto a la línea base (2006) se mantiene en cuatro (4) especies.
- En 2019 se registró la presencia de *Tiquilia atacamensis*, *Exodeconus integrifolius* y *Cistanthe celosioides* especies que 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, estas especies, dadas las bajas precipitaciones estivales, no se registraron en la campaña posteriores al evento (2020 y 2021).
- En 2021, se mantiene la presencia de forma histórica y constante de *Aloysia deserticola*, *Atriplex atacamensis*, *Distichlis spicata* y *Tessaria absinthioides*; donde la máxima expresión nuevamente se presenta con *Tessaria absinthioides* con un registro en 3 de los puntos a monitorear.

*Transecto 5:*

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base), fue de siete (7) taxa, mientras que en el actual monitoreo alcanzó el mínimo histórico con tres (3) taxa,
- A partir del año 2016 que *Juncus balticus* y *Nitrophila atacamensis* no se registran en el transecto.
- 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 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 seis (6) de los 14 puntos de muestreo.

### Transecto 6:

- La riqueza florística en este transecto históricamente ha sido baja, en 2006 se registraron solo dos (2) especies *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*. En el actual monitoreo solo se registro a *T. absinthioides*, la cual se registro en solo un punto de monitoreo.
- Solo en los monitoreos de 2018 y 2021 *Distichlis spicata* no se observó.
- Solo en el monitoreo de 2018 se registro un ejemplare de *Nitrophila atacamensis*.

### Transecto 7:

- La riqueza florística registrada en 2006 (línea base) fue de tres (3) taxa, valor que en 2021 se mantuvo con el mismo pool de especies (*Distichlis spicata*, *Tessaria absinthioides* y *Nitrophila atacamensis*)
- *Distichlis spicata* y *Tessaria absinthioides* nunca han dejado de registrarse en el transecto. Mientras que *Nitrophila atacamensis* no se registro en los años 2018 y 2020.

En la Figura 6-21 se refleja la dinámica temporal de la riqueza florística en cada transecto de monitoreo, entre los periodos 2006 y 2021.

**Figura 6-21. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Campañas 2006 – 2021.**

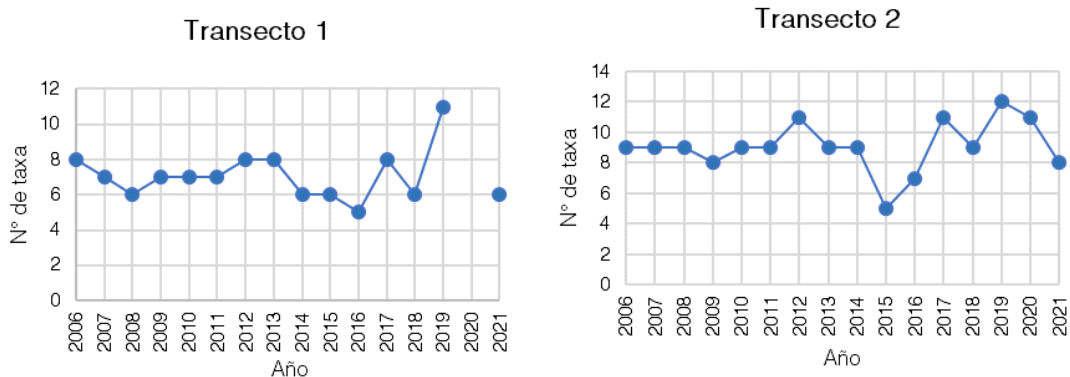
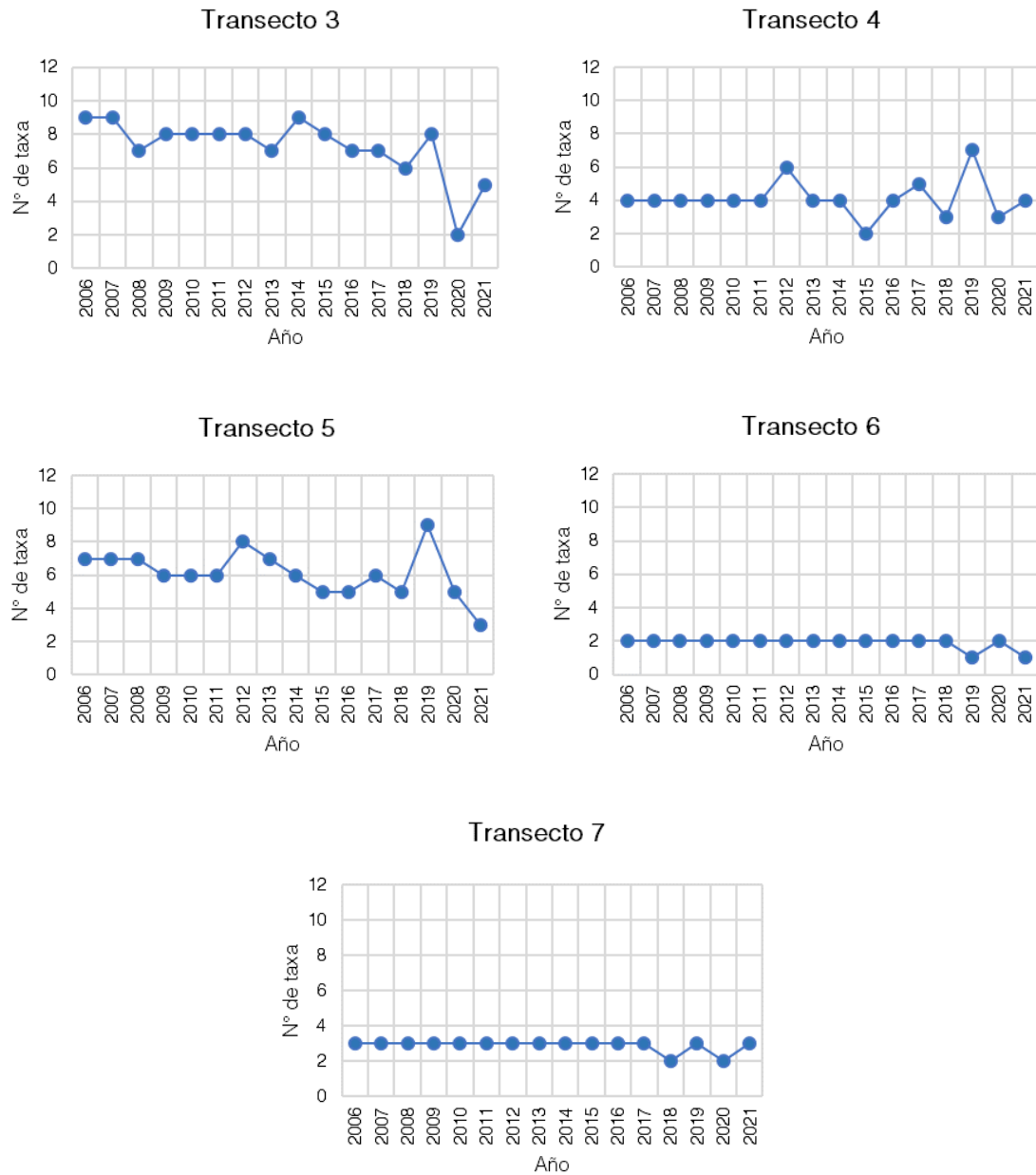


Figura 6-21. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Campañas 2006 – 2021.



(\*) 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.

Fuente: Elaboración propia

En las Tabla 6-15, Tabla 6-16, Tabla 6-17 y Tabla 6-18 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 6-15. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para los transectos 1 y 2.

ID	Especies	T1 (19 parcelas)															T2 (14 parcelas)																
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	<i>Atriplex atacamensis</i>	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	1	2	-	2	4	4	4	4	2	2	3	5	5	2	2	1	2	3	2	2
4	<i>Atriplex imbricata</i>	2	2	2	1	2	2	1	1	1	0	0	1	1	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
6	<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
7	<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	
8	<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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
9	<i>Distichlis spicata</i>	11	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	-	10	3	2	2	0	1	1	2	3	3	0	0	2	1	1	1	1	
10	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
11	<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
12	<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	
13	<i>Juncus balticus</i>	3	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	-	3	2	2	1	0	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	2	
14	<i>Lycium humile</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
15	<i>Nitrophila atacamensis</i>	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	0	4	4	4	-	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
16	<i>Puccinellia frigida</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	
19	<i>Tessaria absinthioides</i>	6	6	6	5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	-	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6	7	
20	<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	3	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0
21	<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
22	<i>Tribulus terrestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Especies por transecto</b>		<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>8</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-16. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para los transectos 3 y 4.

ID	Especies	T3 (10 puntos de muestreo)															T4 (9 puntos de muestreo)																	
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1	<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	<i>Aloysia desertícola</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	1	0	
3	<i>Atriplex atacamensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	0	1	0	0	
4	<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	
8	<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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	<i>Distichlis spicata</i>	5	5	4	4	4	4	4	5	5	3	2	3	4	5	2	4	2	2	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	2	1	1	4	
10	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
11	<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	<i>Festuca hypsophilla</i>	1	1	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	<i>Juncus balticus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	<i>Lycium humile</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
15	<i>Nitrophila atacamensis</i>	2	2	2	2	2	2	0	3	3	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Sarcocornia andina</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Tessaria absinthioides</i>	7	7	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	5	4	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	6	5	6	4	6	
20	<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	
21	<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	<i>Triglochin concinna</i>	1	1	2	2	2	2	1	3	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Especies por transecto</b>		<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-17. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para los transectos 5 y 6.

ID	Especies	T5 (14 puntos de muestreo)														T6 (6 puntos de muestreo)																		
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1	<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	<i>Aloysia desertícola</i>	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	<i>Atriplex atacamensis</i>	3	3	3	4	3	2	3	3	4	4	3	3	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	<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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	<i>Distichlis spicata</i>	5	3	4	2	4	3	3	5	5	2	0	3	3	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	0
10	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	<i>Juncus balticus</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	<i>Lycium humile</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Nitrophila atacamensis</i>	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
16	<i>Puccinellia frígida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Tessaria absinthioides</i>	8	8	8	9	9	9	9	8	9	4	7	6	8	8	7	6	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	0	1	1	
20	<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	<i>Tribulus terrestres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Especies por transecto</b>		<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6-18. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 – 2021, para el transecto 7.**

ID	Especie	T7 (6 puntos de muestreo)															
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	<i>Ambrosia artemisioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Atriplex atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	<i>Cistanthe celosioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	<i>Cristaria dissecta</i> Var. <i>Dissecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Distichlis spicata</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	1	1	1	2
10	<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	<i>Juncus balticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	<i>Lycium humile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Nitrophila atacamensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
16	<i>Puccinellia frigida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Tessaria absinthioides</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2
20	<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	<i>Urocarpidium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	<i>Tribulus terrestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Especies por transecto</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Fuente: Elaboración propia.

6.5.1.3 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 XIII del presente informe.

**A- Comparación de monitoreo actual con la serie histórica**

Para evaluar si las observaciones de la campaña actual (2021) 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 XIII), 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 posee la misma distribución de aquella observada durante los años anteriores.

Para ambas variables 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 como hipótesis alternativa (H1) que 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 6-19.

**Tabla 6-19. 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
2006-2021	0,429	0,541	2006-2021	0,203	0,571
2007-2021	0,429	0,541	2007-2021	0,429	0,541
2008-2021	0,429	0,541	2008-2021	0,429	0,541
2009-2021	0,429	0,541	2009-2021	0,429	0,541
2010-2021	0,429	0,541	2010-2021	0,429	0,541
2011-2021	0,429	0,541	2011-2021	0,429	0,541
2012-2021	0,571	0,203	2012-2021	0,571	0,203
2013-2021	0,429	0,541	2013-2021	0,429	0,541
2014-2021	0,429	0,541	2014-2021	0,571	0,203
2015-2021	0,286	0,938	2015-2021	0,429	0,541
2016-2021	0,286	0,938	2016-2021	0,429	0,541
2017-2021	0,429	0,541	2017-2021	0,429	0,541
2018-2021	0,286	0,938	2018-2021	0,429	0,541
2019-2021	0,571	0,203	2019-2021	0,714	0,056
2020-2021	0,228	0,206	2020-2021	0,429	0,687

Fuente: Elaboración propia.

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 H0 y consecuentemente, no se requiere un estudio adicional.

**B- Evaluación de tendencia**

Respecto a las variables Riqueza y Abundancia de flora, es posible observar en la Tabla 6-20, que para la riqueza de flora solo los transectos N°3 y N°6 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 6-20. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 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	7,2%	-0,126	0,316	No significativo	TRF-1	S/I	-0,063	0,154	No significativo
TRF-2	2,6%	0,057	0,550	No significativo	TRF-2	0,3%	-0,018	0,916	No significativo
TRF-3	44,2%	-0,247	0,005	Significativo	TRF-3	4,8%	-0,356	0,122	No significativo
TRF-4	0,1%	0,009	0,893	No significativo	TRF-4	65,1%	0,079	0,660	No significativo
TRF-5	19,1%	-0,129	0,090	No significativo	TRF-5	29,8%	-0,307	0,156	No significativo
TRF-6	28,4%	-0,038	0,034	Significativo	TRF-6	10,1%	0,000	1,000	No significativo
TRF-7	20,3%	-0,032	0,080	No significativo	TRF-7	2,8%	-0,063	0,358	No significativo

Fuente: Elaboración propia.

Dada la existencia de significancia estadística en la riqueza flora del transecto TF3 y TF6, 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 (dos transectos, equivalentes al 28% 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 y N°6 desde 2006 a 2021, mediante un promedio móvil común, para luego obtener una curva de tendencia ajustada, con la cual 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 6-25), para ello se utilizó la prueba de Levene. Esto último tiene por objetivo aplicar correctamente el rango [Riqueza (2021) ajustado ± 1,64 veces la desviación estándar], aplicable solo si los datos son homogéneos. Finalmente, se evalúa si los datos reales del año 2021 se encuentran dentro del rango calculado.

**Tabla 6-21. Comparación de las varianzas de las dos muestras con significancia estadística**

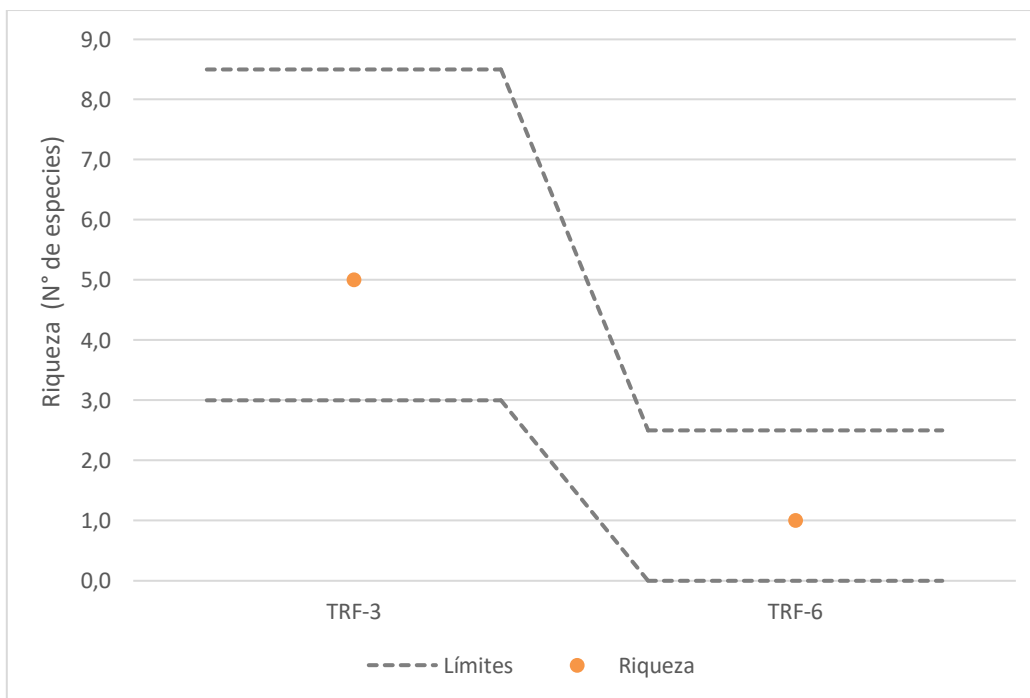
Transecto	Prueba			Valor p	Resultado
	Levene(*)	F (Valor observado)	F (Valor crítico)		
3	Levene(*)	F (Valor observado)	4,123	0,061	Las varianzas son idénticas
		F (Valor crítico)	4,325		
6	Levene(*)	F (Valor observado)	4,650	0,053	Las varianzas son idénticas
		F (Valor crítico)	3,976		

(\*) Dado el tamaño muestral se utilizó solamente la prueba de Lavene.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que el transecto N°3 y N°6 no presenta tendencia al momento del monitoreo, por lo que no se debe realizar un estudio adicional de causalidad de tendencia para él.

**Figura 6-22. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Riqueza en 2021.**



Fuente: Elaboración propia

En resumen, la aplicación del Protocolo de análisis de Tendencias de variables ambientales indicó que al comparar el monitoreo 2021 con la serie histórica, la Riqueza se comportó según lo observado históricamente en cinco de los siete transectos evaluados. Mediante la evaluación de convergencias, se confirmó que la tendencia del transecto N°3 y N°6 no continuó en el monitoreo actual.

**6.5.2 pH del sustrato**

Tal como se explica en el capítulo 5.4.3, se obtuvieron valores de pH según el laboratorio ETF A ALS Life Sciences S.A y según el laboratorio Agroanálisis UC. Esta última entidad ha realizado los análisis desde el año 2012 hasta la fecha. Esta duplicidad de resultados se debe a que ambas metodologías son distintas, por lo que se ha prolongado el análisis del laboratorio Agroanálisis UC con el objeto de dar continuidad a las mediciones históricas.

Con el objeto de verificar las consistencias y/o diferencias entre análisis, se comparan a continuación las mediciones de cada laboratorio.

6.5.2.1 pH del sustrato según Agroanálisis UC (2012 – 2021)

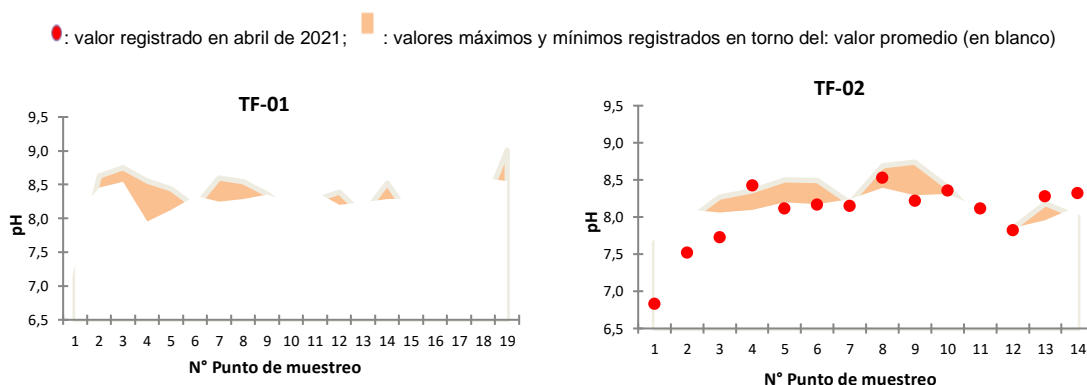
Respecto del monitoreo de pH del sustrato en los transectos de flora, en la Figura 6-23 se representan gráficamente los resultados 2021 junto a los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2007-2020). Las muestras están organizadas desde el borde este del salar hacia el 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 96% de las muestras están dentro de los rangos calculados y solo un 4% (equivalente a tres muestras) poseen valores levemente fuera de estos (Figura 6-23). Las muestras fuera de rango se ubican en las parcelas TF1-1 (pH neutro del orden de 7,15), TF3-6 y TF5-12 (con pH moderadamente alcalino de 8,26 y 8,25 respectivamente).

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 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).

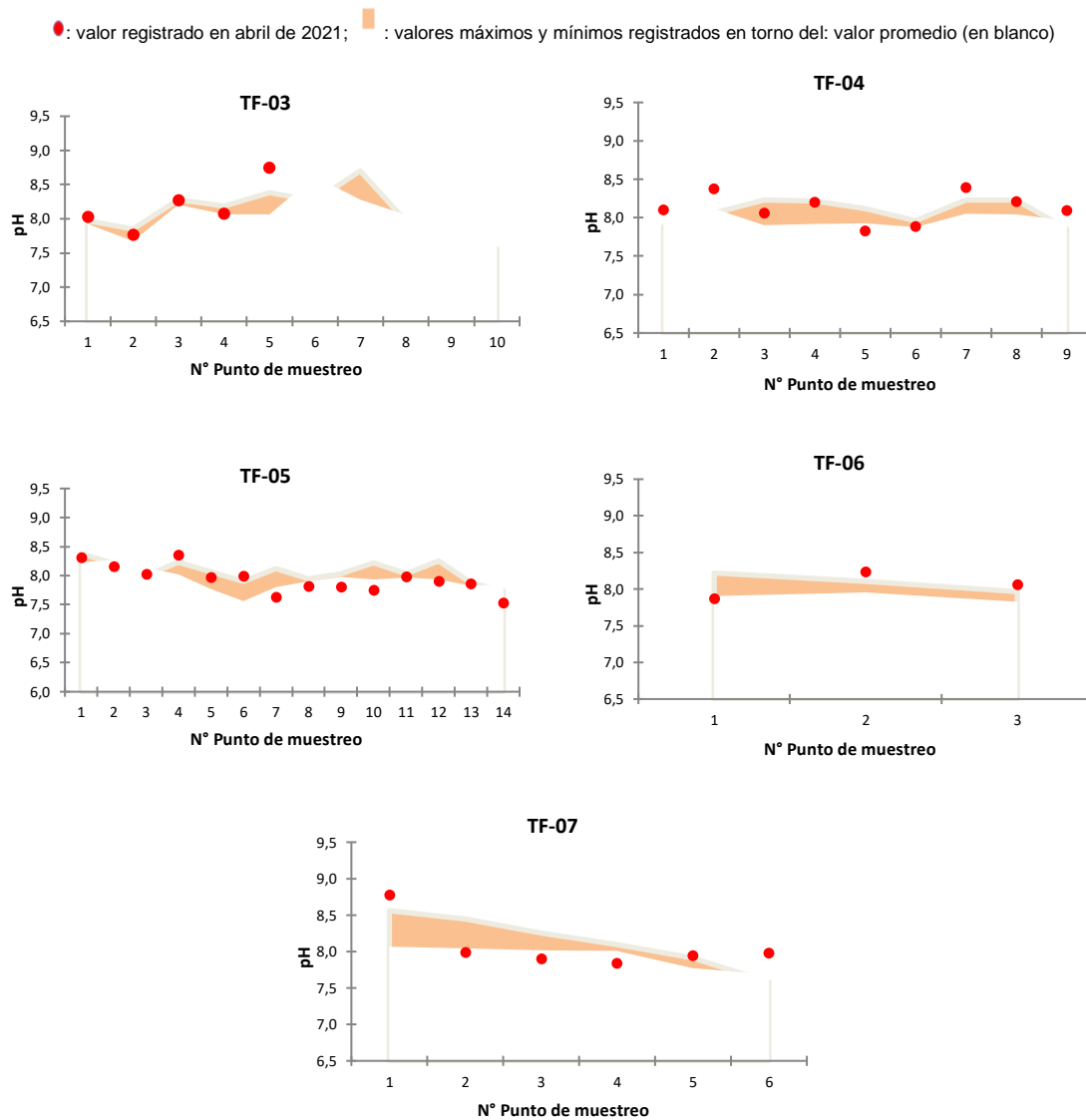
El comportamiento estable del pH en el tiempo no parece tener una directa relación con los resultados de la riqueza y frecuencia de la flora vascular. Ya que la flora se ve afectada principalmente por la disponibilidad hídrica en la zona, mientras que los cambios en el pH del suelo se consideran parte 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 6.5.2.4 (Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales), se analizan en profundidad los datos.

**Figura 6-23. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores.**





**Figura 6-23. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores.**



Fuente: Elaboración propia.

6.5.2.2 pH del sustrato según ETFA ALS Life Sciences (2018 y 2021)

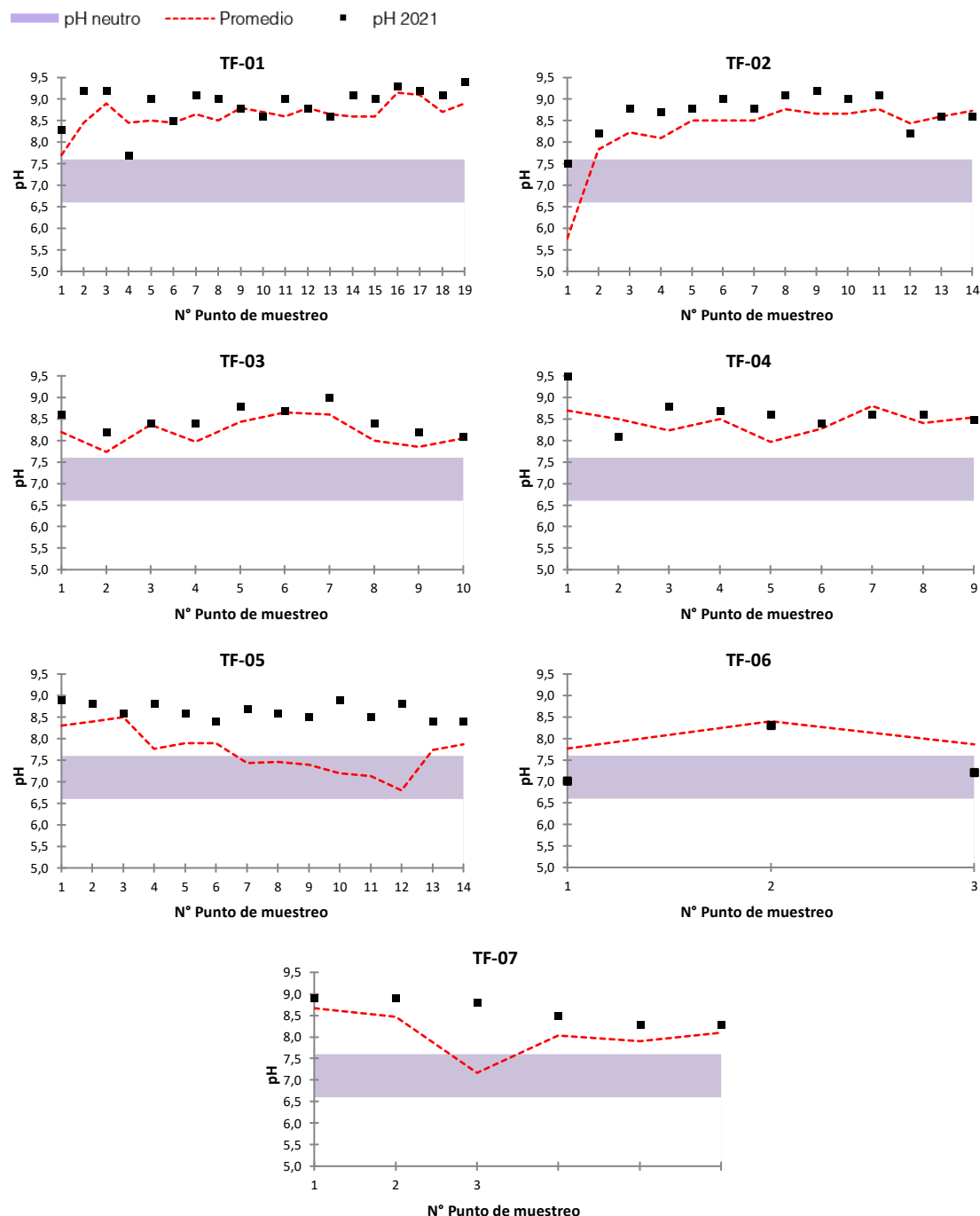
A continuación, se presentan los resultados de pH analizados por ALS Life Sciences S.A. Cabe destacar que el periodo de análisis con metodologías ETFA comenzó en 2018, por lo que se dispone solo de cuatro (4) años de monitoreo (2018 – 2021). En la Figura 6-24 se ilustra el valor del pH para el año 2021, así como el valor promedio de los registros 2018-2020.

Las muestras del año 2021 en la mayoría de los transectos de flora poseen un pH alcalino, solo en casos puntuales llegan a ser neutros y en ningún punto de flora son ácidos, concordando con lo reportado el laboratorio Agroanálisis UC y lo reportado en otros salares (Luzio *et al.*, 2010).

Los valores promedio calculados con los datos 2018 a 2020 muestran que en los transectos dos, cinco y siete algunas muestras pueden llegar a ser neutras, sin embargo, dada la baja cantidad de años analizados, puede que este valor no sea representativo, ya que en febrero de 2019 se evidenció un evento climático que generó abundantes lluvias en el borde este del salar, lo que produjo aluviones que alcanzaron algunos puntos de flora.

De todos modos, un análisis más detallado se presenta en la sección 6.5.2.4, aplicación del protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales.

**Figura 6-24. pH según ALS Life Sciences S.A para el año 2021.**



Fuente: Elaboración propia

### 6.5.2.3 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 XIII del presente informe.

#### **A- Comparación del monitoreo actual con la serie histórica**

Para evaluar si las observaciones de la campaña actual (2021) 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 2021 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 fórmula:

$$\bar{X} \mp 1,64485 * \sigma$$

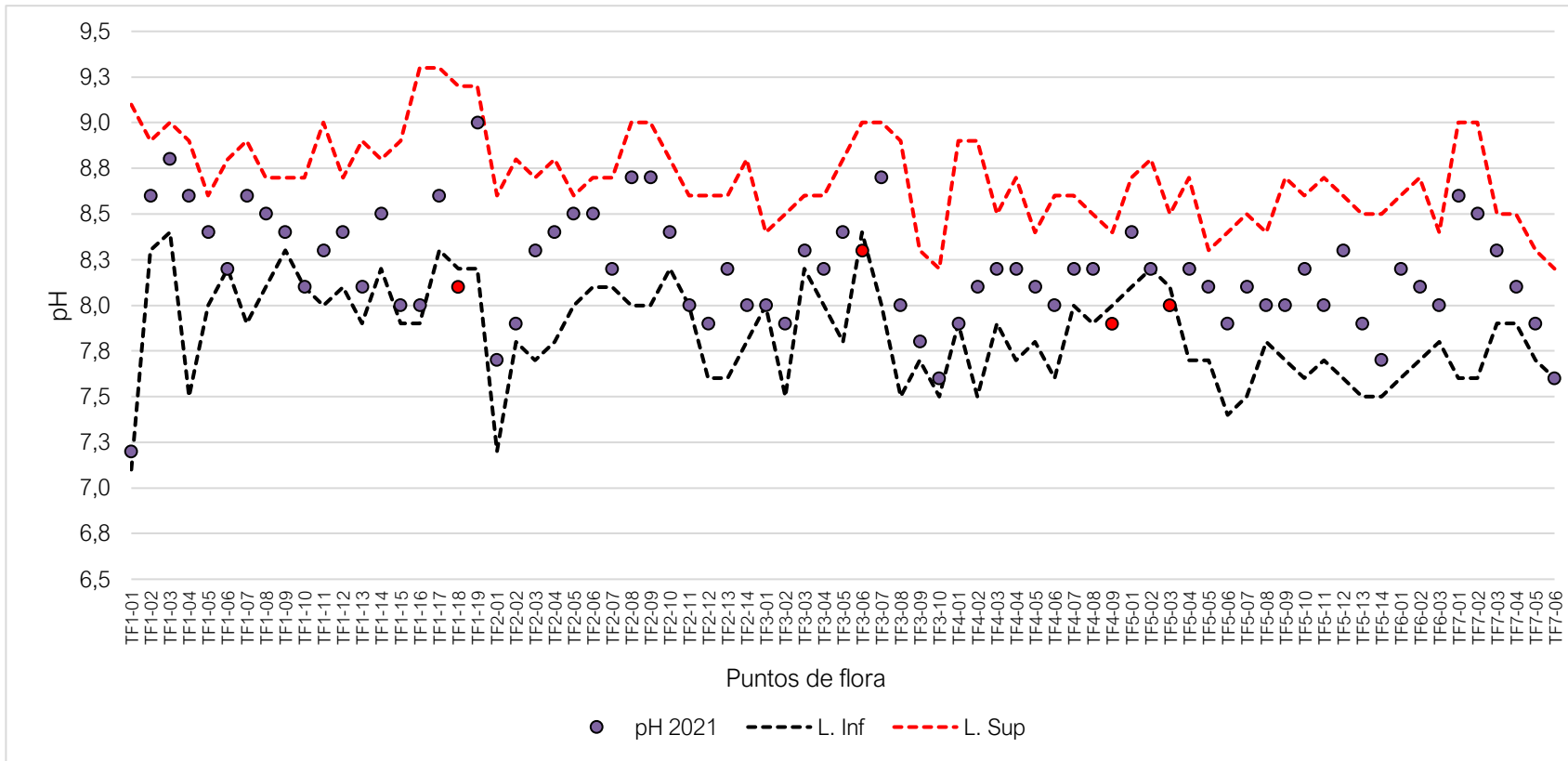
Donde:

$\bar{X}$ = Promedio del periodo 2006-2020

$\sigma$ = Desviación estándar periodo 2006-2020

Luego se compara el valor del pH para el 2021, estimando si se ubica dentro o fuera de los límites establecidos. La Figura 6-25, muestra gráficamente los límites construidos para el pH y el valor 2021.

Figura 6-25. Rangos históricos de pH versus valor reportado en 2021.



Fuente: Elaboración propia.

En 71 muestras de las 75 monitoreadas, correspondiente 94,7% del total, se observa que los valores se encuentran dentro de los límites, comportándose dentro de los rangos históricos. Mientras que, sólo cuatro (4) muestras (5,3% del total) se encuentran levemente fuera de los rangos establecidos.

**Tabla 6-22. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo.**

Punto de muestreo	UCE-TF		Valor 2021
	L. Inferior	L. Superior	
TF1-18	8,2	9,2	8,1
TF3-06	8,4	9,0	8,3
TF4-09	8,0	8,4	7,9
TF5-03	8,1	8,5	8,0

Fuente: Elaboración propia.

El protocolo establece que la variable medida en el monitoreo analizado difiere de la serie histórica, si la cantidad de muestras fuera del rango es superior a 12 elementos, para el universo de 75 puntos de muestreo estudiados. Dado que cuatro (4) elementos se ubican por fuera de los rangos establecidos, es posible concluir que las mediciones de pH realizadas en el periodo 2021 se comportan según los rangos históricos.

## A2- Análisis de distribución

Este análisis es realizado para evaluar si los datos de pH durante las campañas 2006-2020 representan un cambio previo al comportamiento del año 2021, esto evaluando si el set de datos del monitoreo actual posee la misma distribución de aquella observada durante los años anteriores (comparación del año 2021 con cada año anterior de manera separada). Para esto se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Esta prueba detecta si hay diferencias significativas entre las distribuciones de dos muestras, bajo un nivel de confianza del 95%, de acuerdo a 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 6-23. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2021 con cada año anterior**

Comparación	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	valor-p (bilateral)	Interpretación de la prueba:
2006-2021	7,1	8,8	8,3	0,3	0,002	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2007-2021	7,5	8,7	8,2	0,3	0,186	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2008-2021	7,4	8,9	8,3	0,3	0,001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2009-2021	7,6	8,8	8,3	0,3	0,003	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2010-2021	7,6	8,6	8,3	0,3	0,003	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2011-2021	7,4	8,4	8,1	0,2	0,723	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2012-2021	7,6	8,9	8,3	0,3	0,003	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2013-2021	7,7	8,8	8,3	0,3	0,002	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2014-2021	7,5	8,7	8,1	0,3	0,967	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2015-2021	7,7	8,9	8,3	0,3	0,024	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2016-2021	7,6	8,8	8,2	0,3	0,872	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2017-2021	7,8	8,7	8,3	0,2	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2018-2021	7,4	8,8	8,2	0,2	0,073	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2019-2021	7,6	8,8	8,1	0,3	0,872	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		
2020-2021	7,4	8,4	8,1	0,2	0,723	La distribución de las dos muestras es la misma
	6,8	8,8	8,0	0,3		

Fuente: Elaboración propia.

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 ocho (8) de 15 pares de años analizados muestran diferencias, es que no se requiere un estudio adicional.

**B- 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 6-24.

**Tabla 6-24. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para el pH**

ID	Parcela	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
1	TF1-01	-0,11	0,0004	Significativo
2	TF1-02	0,02	0,175	No significativo
3	TF1-03	0,02	0,027	Significativo
4	TF1-04	0,07	0,0001	Significativo
5	TF1-05	0,02	0,151	No significativo
6	TF1-06	-0,01	0,749	No significativo
7	TF1-07	0,01	0,706	No significativo
8	TF1-08	-0,02	0,200	No significativo
9	TF1-09	-0,01	0,286	No significativo
10	TF1-10	-0,02	0,072	No significativo
11	TF1-11	-0,02	0,316	No significativo
12	TF1-12	-0,02	0,315	No significativo
13	TF1-13	-0,05	0,003	Significativo
14	TF1-14	-0,02	0,200	No significativo
15	TF1-15	-0,04	0,005	Significativo
16	TF1-16	-0,06	0,010	Significativo
17	TF1-17	0,00	0,823	No significativo
18	TF1-18	-0,04	0,017	Significativo
19	TF1-FIN	0,01	0,651	No significativo
20	TF2-01	-0,05	0,022	Significativo
21	TF2-02	-0,03	0,045	Significativo
22	TF2-03	0,00	0,879	No significativo
23	TF2-04	0,01	0,703	No significativo
24	TF2-05	0,01	0,346	No significativo
25	TF2-06	0,01	0,647	No significativo
26	TF2-07	0,00	0,760	No significativo
27	TF2-08	0,01	0,466	No significativo
28	TF2-09	0,00	0,943	No significativo
29	TF2-10	-0,01	0,240	No significativo
30	TF2-11	-0,03	0,027	Significativo
31	TF2-12	-0,05	0,003	Significativo
32	TF2-13	-0,03	0,033	Significativo
33	TF2-FIN	-0,04	0,009	Significativo

**Tabla 6-24. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para el pH**

ID	Parcela	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
34	TF3-01	-0,02	0,038	Significativo
35	TF3-02	0,01	0,436	No significativo
36	TF3-03	-0,01	0,407	No significativo
37	TF3-04	-0,02	0,059	No significativo
38	TF3-05	0,04	0,009	Significativo
39	TF3-06	-0,01	0,480	No significativo
40	TF3-07	-0,02	0,232	No significativo
41	TF3-08	-0,02	0,384	No significativo
42	TF3-09	-0,02	0,109	No significativo
43	TF3-FIN	-0,03	0,055	No significativo
44	TF4-01	-0,03	0,054	No significativo
45	TF4-02	0,01	0,614	No significativo
46	TF4-03	0,02	0,162	No significativo
47	TF4-04	0,03	0,009	Significativo
48	TF4-05	-0,01	0,595	No significativo
49	TF4-06	0,02	0,346	No significativo
50	TF4-07	0,00	0,718	No significativo
51	TF4-08	-0,01	0,459	No significativo
52	TF4-FIN	0,00	0,796	No significativo
53	TF5-01	-0,01	0,142	No significativo
54	TF5-02	-0,01	0,438	No significativo
55	TF5-03	-0,02	0,012	Significativo
56	TF5-04	-0,02	0,174	No significativo
57	TF5-05	0,02	0,163	No significativo
58	TF5-06	0,02	0,159	No significativo
59	TF5-07	-0,02	0,166	No significativo
60	TF5-08	-0,03	0,029	Significativo
61	TF5-09	-0,03	0,012	Significativo
62	TF5-10	-0,04	0,003	Significativo
63	TF5-11	-0,04	0,007	Significativo
64	TF5-12	-0,03	0,014	Significativo
65	TF5-13	-0,04	0,001	Significativo
66	TF5-FIN	-0,06	0,0001	Significativo
67	TF-6-01	0,02	0,258	No significativo
68	TF-6-02	0,01	0,481	No significativo
69	TF-6-FIN	0,01	0,333	No significativo
70	TF-7-01	0,07	0,000	Significativo



**Tabla 6-24. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para el pH**

ID	Parcela	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
71	TF-7-02	0,01	0,732	No significativo
72	TF-7-03	-0,02	0,077	No significativo
73	TF-7-04	-0,03	0,004	Significativo
74	TF-7-05	-0,02	0,115	No significativo
75	TF-7-FIN	-0,02	0,042	Significativo

Fuente: Elaboración propia.

Las parcelas sin tendencia llegan al 64% (48 muestras), mientras que el 36% restante (27 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 (27 puntos de muestreo, equivalentes al 36% del total), es que se evalúa si esta tendencia continúa al momento del monitoreo, mediante un análisis de convergencia de datos.

Este análisis de convergencia se realiza sobre los 27 puntos de monitoreo que presentaron tendencia. Este análisis consiste en suavizar los datos anuales del pH, desde 2006 a 2021, 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.

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 6-25), con la finalidad de utilizar correctamente el rango [pH del 2021 ajustado  $\pm$  1,64 veces la desviación estándar], aplicable solo si los datos son homogéneos. Finalmente, se evalúa si los datos reales del año 2021 se encuentran dentro del rango calculado.

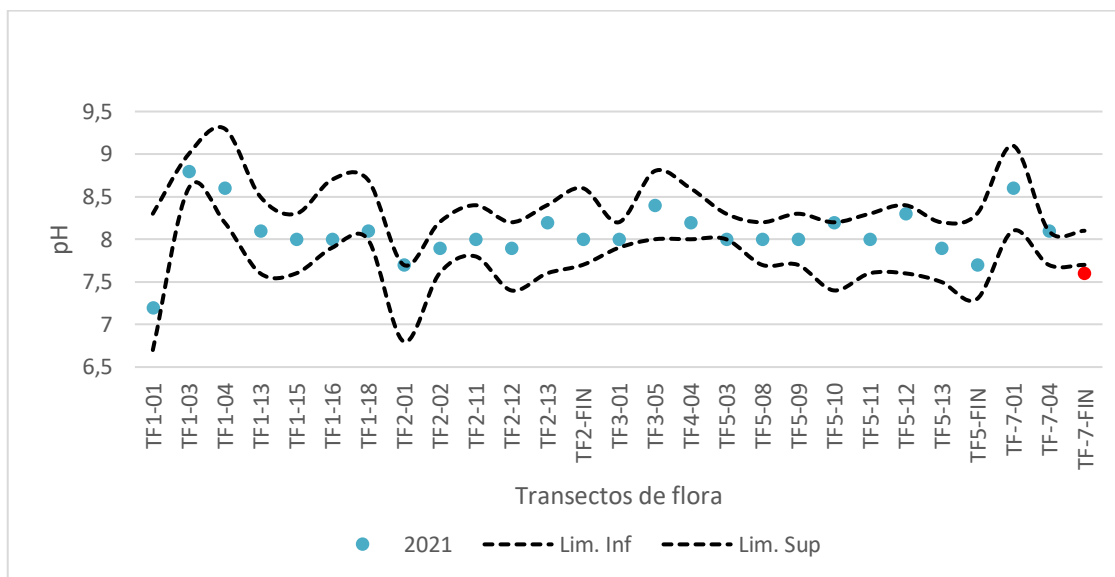
**Tabla 6-25. Comparación de las varianzas de las 27 muestras con significancia estadística**

Prueba		Valor p	Resultado
Levene	F (Valor observado)	0,158	Las varianzas son idénticas.
	F (Valor crítico)		
Bartlett	Chi-cuadrado (Valor observado)	0,407	Las varianzas son idénticas.
	Chi-cuadrado (Valor crítico)		

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que uno (1) de los 27 puntos de monitoreo, correspondiente al TF7-FIN continúa mostrando tendencia en el monitoreo 2021. Dado que este punto equivale 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>21</sup>.

<sup>21</sup> INFORME: Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH, realizado por M. Adriana Carrasco Rimassa, Químico MSc. Especialista en Química de Suelos. 2017. INFORME: Correlaciones pH y Salinidad, realizado por SQM, en 2017.

**Figura 6-26. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de pH en 2021.**

Fuente: Elaboración propia

La aplicación del Protocolo de análisis de Tendencias de variables ambientales indicó que al comparar el monitoreo 2021 con la serie histórica, el pH se comportó según lo observado históricamente. Mediante la evaluación de convergencias se detectó que sólo en una (1) muestra 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 parece tener 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.

### 6.5.3 Conductividad eléctrica del sustrato

Tal como se explica en el capítulo 5.4.3.3, se obtuvo valores de Conductividad eléctrica según una entidad ETF A (ALS Life Sciences S.A) y según el laboratorio con el cual se han realizado los ensayos desde el año 2012 en adelante (Agroanálisis UC). Esto debido a que las metodologías utilizadas por ambas entidades son distintas, implicando que los datos no son comparables.

Con el objeto de verificar las consistencias y/o diferencias entre análisis, se comparan a continuación las mediciones de cada laboratorio.

#### 6.5.3.1 Conductividad eléctrica del sustrato según Agroanálisis UC (2012 y 2021)

Se observa que, del total de muestras obtenidas en la campaña de 2021 (75 muestras), el 92% se encuentran dentro de los valores máximo y mínimos observados entre abril de 2007 a abril de 2020.

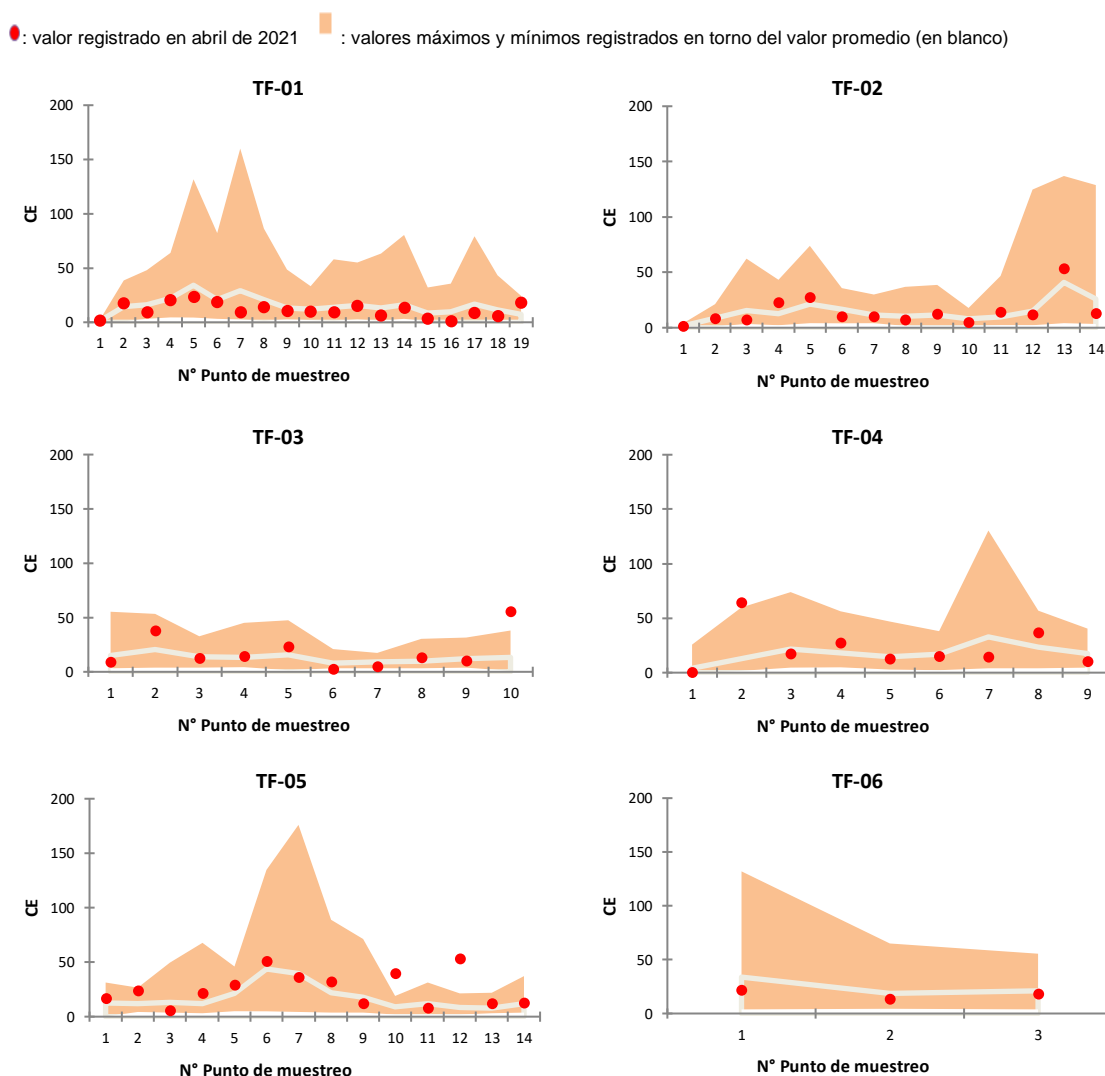
De las muestras fuera de rango, dos se encuentran por debajo de los registros históricos (TF1-16 y TF3-06), representando un 2,7% del total. Y cuatro (4) muestras presentaron un valor sobre los rangos establecidos (TF3-10, TF4-02, TF5-10 y TF5-12), equivalente al 5,3% del total.

Por otra parte, la conductividad eléctrica del presente año demostró las condiciones de alta salinidad esperables para un salar; donde el 86,7% 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 estaría afectando 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.

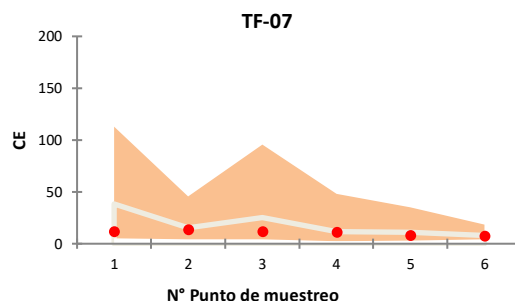
En la Figura 6-27 se muestra la comparación de la conductividad eléctrica del año 2021 con el promedio de todos los años anteriores. Las parcelas en los gráficos están organizadas desde el borde este del salar hacia el núcleo (Este – Oeste).

**Figura 6-27. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.**



**Figura 6-27. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.**

● : valor registrado en abril de 2021    ■ : valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)



Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.3.2 Conductividad eléctrica del sustrato según ALS Life Sciences (2018-2021)

A continuación, se presentan los resultados de la conductividad eléctrica analizada por ALS Life Sciences S.A. Cabe destacar que el periodo de análisis con metodologías ETFA comenzó en 2018, por lo que se dispone solo de cuatro (4) años de monitoreo (2018 – 2021). En la Figura 6-24 se ilustra el valor de la CE para el año 2021, así como el valor promedio de los registros 2018-2020.

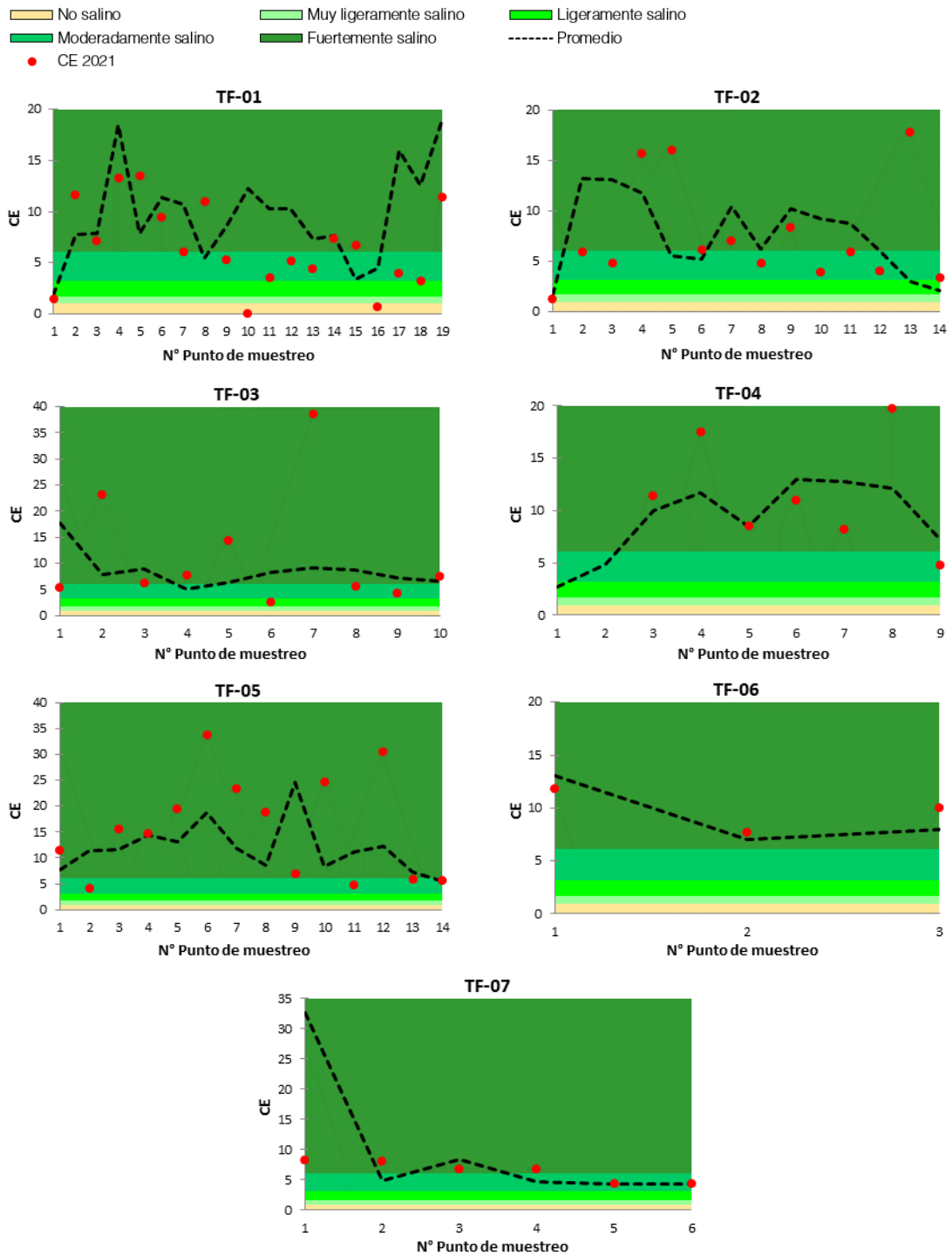
Las muestras del año 2021 en la mayoría de los transectos de flora poseen una conductividad eléctrica que da cuenta de un sustrato Fuertemente salino y Moderadamente salino (93,3% del total), solo en casos puntuales llegan a ser Ligeramente salinos, Muy ligeramente salinos y No salino (6,7% del total), concordando con los resultados esperados para suelos en un salar.

Los valores 2021 presentan diferencias respecto al promedio reportado en los 3 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.

Los valores promedio calculados con los datos 2018 a 2020 muestran que en el transecto uno, dos y cuatro algunas muestras pueden llegar a ser ligeramente salinas. Los casos puntuales de muestras Muy ligeramente salinas o No salinas son escasas; en 2018 se observó un valor No salino en la parcela uno del transecto cuatro, mientras que hubo seis registros donde el suelo fue Muy ligeramente salino, en 2019 no se registraron suelos bajo estas categorías y en 2020 solo se detectaron cuatro puntos donde el suelo fue Muy ligeramente salino.

De todos modos, un análisis más detallado se presenta en la sección 6.5.2.4, aplicación del protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales.

**Tabla 6-26. Conductividad Eléctrica según ALS Life Sciences S.A para el año 2021.**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.3.3 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 de la Res. Ex. N°1/ ROL F- 041-2016. El cual se detalla en el Anexo XIII del presente informe.

#### **A- Comparación de monitoreo actual con serie histórica**

Para evaluar si las observaciones sobre la conductividad eléctrica en la campaña actual (2021) 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 2021 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:

$$\text{Umbral CE} = \bar{X} \mp 1,64485 * \sigma$$

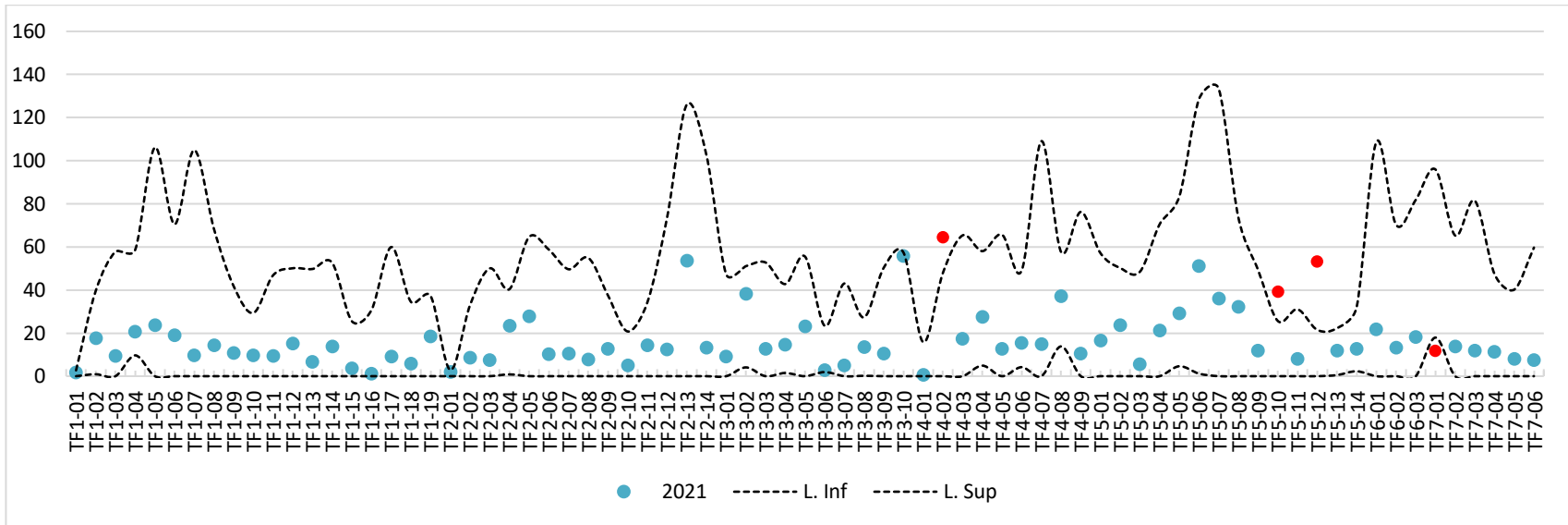
Donde:

$\bar{X}$ = Promedio del CE del periodo 2006-2020

$\sigma$ = Desviación estandar de CE del periodo 2006-2020

Luego se comparó el valor de la conductividad eléctrica para el 2021, evaluando si la muestra se ubica dentro o fuera de los límites establecidos. La Figura 6-28, muestra gráficamente los límites construidos para la CE y los valores medidos en la temporada 2021, observándose que en cuatro puntos de monitoreo el valor registrado en 2021 se ubicó fuera de los límites establecidos. Así, en 71 muestras, correspondiente 95% del total, se observa que los valores se encuentran dentro de los límites, comportándose dentro de los rangos históricos.

Figura 6-28. Rangos históricos de conductividad eléctrica y las mediciones reportado en 2021.



**Tabla 6-27. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo.**

Punto de muestreo	UCE-TF		Valor 2021
	L. Inferior <sup>1</sup>	L. Superior	
TF4-02	0,0	47,9	64,6
TF5-10	0,0	25,6	39,3
TF5-12	0,0	21,5	53,3
TF7-02	17,9	95,9	11,74

(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.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a 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>22</sup>).

## A2- Análisis de distribución

Este análisis es realizado para evaluar si los datos de la Salinidad, evaluado como conductividad eléctrica, durante las campañas 2006-2020 representan un cambio previo al comportamiento del año 2021, esto evaluando si el set de datos del monitoreo actual posee la misma distribución observada durante los años anteriores (comparación del año 2021 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 a 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:

**Tabla 6-28. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la CE de 2021 con cada año anterior**

Comparación	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	valor-p (bilateral)	Interpretación de la prueba:
2006-2021	0,5	32,9	11,8	8,8	0,186	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2007-2021	0,7	73,5	18,5	13,2	0,003	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		

<sup>22</sup> Para un conjunto de 75 elementos en donde se define el rango [media  $\pm$  1,64485\*desviación], se tiene que, si la variable 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 6-28. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la CE de 2021 con cada año anterior**

Comparación	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	valor-p (bilateral)	Interpretación de la prueba:
2008-2021	0,7	81,4	33,1	22,5	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2009-2021	0,6	90,1	27,1	23,8	0,001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2010-2021	0,8	73,5	34,1	20,5	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2011-2021	0,8	90,1	48,2	28,9	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	10,8	8,4		
2012-2021	0,2	176,0	38,1	43,4	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2013-2021	3,7	130,4	38,8	36,2	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2014-2021	2,1	81,8	18,9	18,5	0,119	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2015-2021	0,5	108,4	24,7	19,4	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2016-2021	0,2	74,5	18,5	16,7	0,024	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2017-2021	0,6	99,9	29,5	20,7	<0,0001	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2018-2021	0,3	51,8	16,2	12,3	0,119	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2019-2021	0,8	68,7	22,0	15,9	0,000	Las distribuciones de las dos muestras son diferentes
	1,4	55,3	11,6	8,9		
2020-2021	2,1	81,8	18,9	18,5	0,119	La distribución de las dos muestras es la misma
	1,4	55,3	11,6	8,9		

Fuente: Elaboración propia.

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 4 de 15 pares de años analizados no muestran diferencias, es que no se requiere un estudio adicional.

**B- Evaluación de tendencia**

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 6-29, se presentan los análisis de tendencia de la Salinidad medida como Conductividad Eléctrica, cuyos resultados indican que el 96% de las muestras (72 de 75 muestras) no presentan significancia estadística en su serie temporal. Mientras que el 4% de las observaciones (tres muestras), presentan alguna tendencia. Ya que menos del 10% de las parcelas muestran tendencias, no se requiere de un estudio adicional.

**Tabla 6-29. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para la Salinidad (CE)**

ID	Transecto de flora	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
1	TF1-01	0,04	0,441	No significativo
2	TF1-02	0,35	0,609	No significativo
3	TF1-03	-0,05	0,965	No significativo
4	TF1-04	-0,14	0,698	No significativo
5	TF1-05	-0,18	0,936	No significativo
6	TF1-06	-0,65	0,648	No significativo
7	TF1-07	-0,16	0,951	No significativo
8	TF1-08	0,39	0,814	No significativo
9	TF1-09	0,71	0,423	No significativo
10	TF1-10	0,84	0,134	No significativo
11	TF1-11	1,03	0,311	No significativo
12	TF1-12	0,39	0,722	No significativo
13	TF1-13	0,44	0,694	No significativo
14	TF1-14	1,12	0,342	No significativo
15	TF1-15	0,36	0,545	No significativo
16	TF1-16	0,17	0,82	No significativo
17	TF1-17	1,53	0,261	No significativo
18	TF1-18	0,52	0,477	No significativo
19	TF1-19	0,36	0,728	No significativo
20	TF2-01	0,06	0,178	No significativo
21	TF2-02	-0,09	0,883	No significativo
22	TF2-03	0,34	0,717	No significativo
23	TF2-04	-0,50	0,446	No significativo
24	TF2-05	0,70	0,533	No significativo
25	TF2-06	-0,89	0,382	No significativo
26	TF2-07	-0,98	0,299	No significativo
27	TF2-08	-0,46	0,698	No significativo
28	TF2-09	-0,08	0,968	No significativo

**Tabla 6-29. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para la Salinidad (CE)**

ID	Transecto de flora	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
29	TF2-10	0,04	0,919	No significativo
30	TF2-11	0,08	0,899	No significativo
31	TF2-12	-0,45	0,794	No significativo
32	TF2-13	-0,55	0,814	No significativo
33	TF2-14	-1,43	0,494	No significativo
34	TF3-01	0,10	0,91	No significativo
35	TF3-02	0,79	0,301	No significativo
36	TF3-03	-0,73	0,441	No significativo
37	TF3-04	-0,89	0,19	No significativo
38	TF3-05	-0,40	0,683	No significativo
39	TF3-06	-0,55	0,169	No significativo
40	TF3-07	-1,25	0,14	No significativo
41	TF3-08	-0,07	0,886	No significativo
42	TF3-09	-1,21	0,244	No significativo
43	TF3-10	-1,18	0,297	No significativo
44	TF4-01	-0,08	0,832	No significativo
45	TF4-02	0,73	0,523	No significativo
46	TF4-03	-0,01	0,991	No significativo
47	TF4-04	-1,08	0,222	No significativo
48	TF4-05	-1,19	0,343	No significativo
49	TF4-06	-0,94	0,197	No significativo
50	TF4-07	-0,93	0,682	No significativo
51	TF4-08	0,53	0,498	No significativo
52	TF4-09	-3,04	0,011	Significativo
53	TF5-01	-1,03	0,321	No significativo
54	TF5-02	-1,39	0,088	No significativo
55	TF5-03	-1,58	0,054	No significativo
56	TF5-04	-2,73	0,03	Significativo
57	TF5-05	-2,38	0,056	No significativo
58	TF5-06	-0,68	0,763	No significativo
59	TF5-07	-1,62	0,521	No significativo
60	TF5-08	-0,35	0,798	No significativo
61	TF5-09	0,74	0,446	No significativo
62	TF5-10	0,73	0,216	No significativo
63	TF5-11	1,04	0,056	No significativo
64	TF5-12	1,30	0,052	No significativo
65	TF5-13	-0,19	0,599	No significativo

**Tabla 6-29. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2021 para la Salinidad (CE)**

ID	Transecto de flora	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
66	TF5-14	-0,45	0,345	No significativo
67	TF6-01	-1,30	0,517	No significativo
68	TF6-02	-1,85	0,126	No significativo
69	TF6-03	-2,02	0,144	No significativo
70	TF7-01	-1,43	0,314	No significativo
71	TF7-02	-1,55	0,178	No significativo
72	TF7-03	-1,62	0,267	No significativo
73	TF7-04	0,15	0,881	No significativo
74	TF7-05	-0,57	0,452	No significativo
75	TF7-06	-2,31	0,047	Significativo

Fuente: Elaboración propia.

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 2021 no difiere a la serie histórica (2006-2020), mientras que, solo tres muestras de monitoreo presentaron tendencia, por lo que la variable se mantiene relativamente estable en términos del comportamiento histórico.

## 6.6 Fauna

En el Anexo X, se presenta el catastro de especies con la composición de fauna en el área de estudio registrada a lo largo de los 16 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 catorce campañas de monitoreo en etapa operacional, realizadas desde el año 2008 hasta el 2021. De acuerdo con las prospecciones de terreno efectuadas desde abril de 2006 hasta mayo de 2021, el listado de fauna silvestre del Borde Este del Salar de Atacama está compuesto por un total de 71 especies. Estas corresponden a un anfibio, tres reptiles, 58 aves (19 Passeriformes y 39 no Passeriformes) y nueve 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., registrado durante la campaña del 2015, se descartó definitivamente su presencia en el Borde Este del Salar<sup>23</sup>. De esta forma, no hay un incremento neto en la riqueza de especies.

De las 71 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, 20 especies presentan alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE).

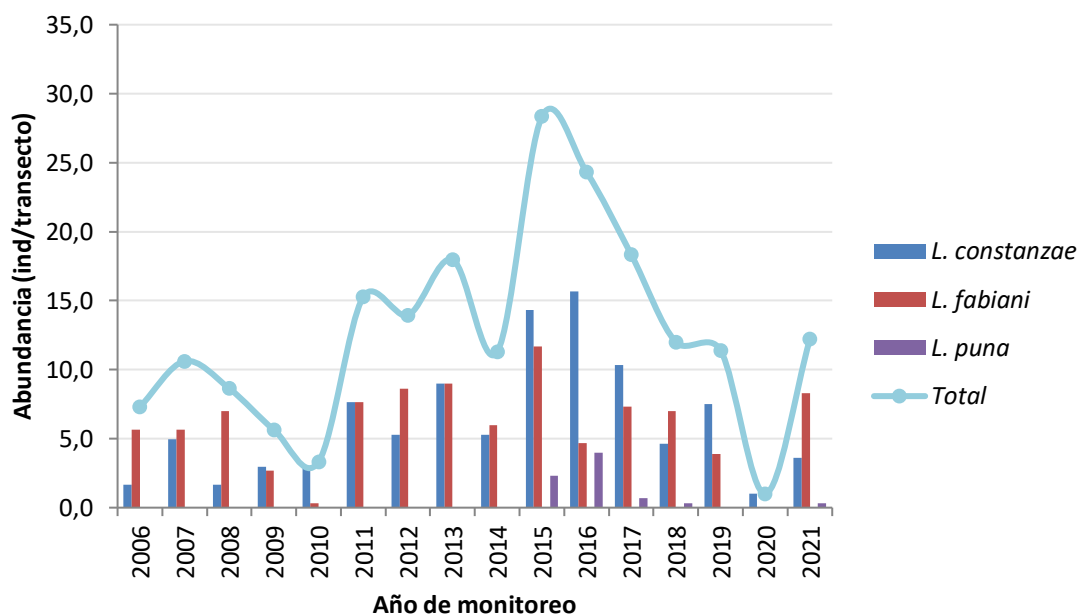
### 6.6.1 Reptiles

La Figura 6-29 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 2021 fue mayor con respecto a las últimas tres campañas para el total de especies detectadas en el área de estudio (*L. constanzae*, *L. fabiani* y *L. puna*) (Figura 6-29 y Tabla 6-30). Además, la especie *Liolaemus puna* que no había sido detectada desde el 2018, pudo ser observada en el sector de Cruce Camar en el ambiente de Brea - Cachiyuyo. Para esta especie se describe un patrón de rango unimodal, con un estrecho rango de actividad entre las 9 y 15 hrs (Labra & Vidal, 2003), por lo que la hora en la que se realizan los transectos tiene una importancia particular para su detección, además es importante mencionar que en la campaña anterior no se tuvo acceso al sector de Cruce Camar, sitio en el cual se ha detectado históricamente esta especie. Con relación a *Liolaemus constanzae* y *Liolaemus fabiani* también presentan un aumento en su abundancia con respecto a la campaña anterior.

---

<sup>23</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).

Figura 6-29. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 – 2021.



(  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-30: Abundancia total de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2021.

Especies observadas	Abundancia (*)															Abund. promedio*	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021
<i>L. constanzae</i>	1,7	5,0	1,7	3,0	3,0	7,6	5,3	9,0	5,3	14,3	15,7	10,3	4,7	7,5	1,0	3,6	6,2
<i>L. fabiani</i>	5,7	5,6	7,0	2,7	0,3	7,6	8,6	9,0	6,0	11,7	4,7	7,3	7,0	3,9	0	8,3	6,0
<i>L. puna</i> **	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,3	0,5

\* Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares

\*\* Se descarta la presencia de *L. cf. Paulinae* (2015), clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

Fuente: Elaboración propia.

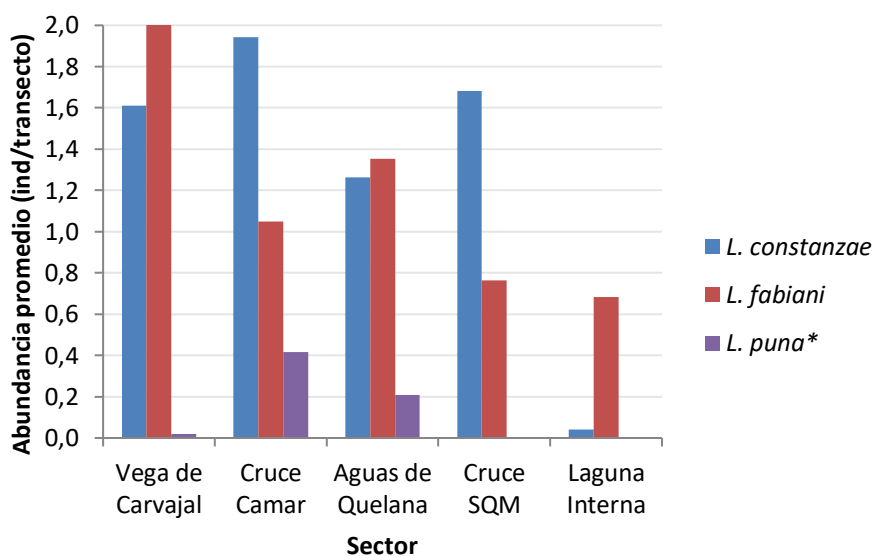
En términos generales, las especies más abundantes durante las 15 campañas de monitoreo corresponden a *L. constanzae* y *L. fabiani*, con una abundancia promedio de 6,2 y 6,0 ind/transecto, respectivamente. Ambas especies han sido registradas durante los distintos años de monitoreo, encontrándose presentes en los cinco sectores de estudio (Figura 6-30). No obstante, se puede detectar una diferenciación importante en la preferencia de hábitat de ambas especies. *Liolaemus constanzae* es la especie dominante en los ambientes 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 de Marginal de Salar y Salar. Por su parte, en el ambiente de Pajonal ambas especies se encuentran en simpatria, 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*, especie de lagartija única 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 en la presente campaña 2021, 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. En términos generales esta especie es la menos abundante, con un promedio de 0,5 ind/transecto.

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*. En particular en esta campaña se observó un aumento en la abundancia de *L. fabiani* en el ambiente de Salar.

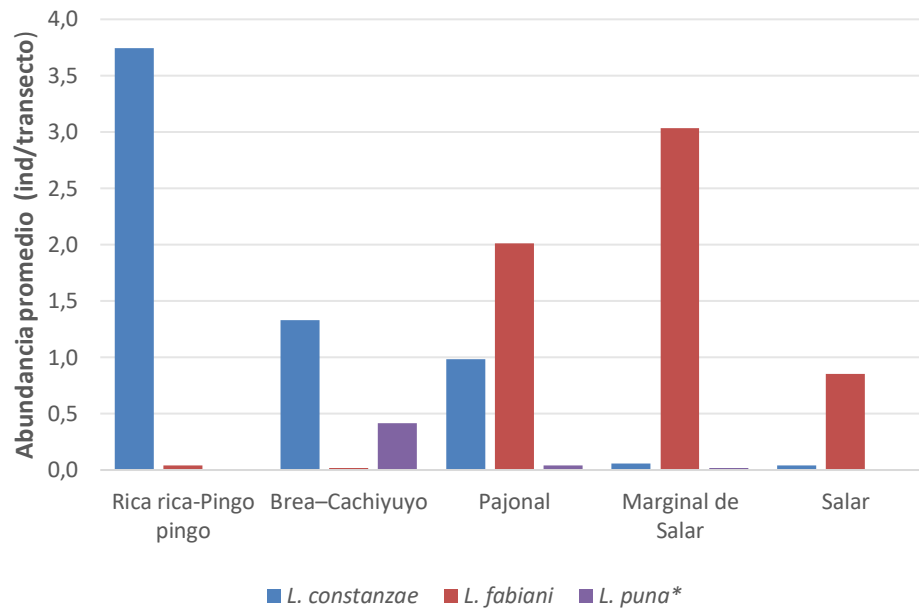
**Figura 6-30. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 – 2021.**



(\*) Se descarta la presencia de *L. cf. paulinae*, clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-31. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 – 2021.



(\*) Se descarta la presencia de *L. cf. paulinae*, clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.  
 Fuente: Elaboración propia



### 6.6.2 Aves en ambientes terrestres

Durante el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) 2006-2021, 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 X). En la campaña correspondiente al monitoreo de abril de 2021, se registraron seis especies de aves asociadas a transectos en ambientes terrestres. La abundancia de ejemplares fue baja, existiendo concordancia con los registros en años anteriores, manteniéndose dentro del rango histórico.

Considerando las distintas campañas de PSA, se pueden observar fluctuaciones en el tiempo en cuanto al registro de las distintas especies, detectándose en algunos casos especies en forma intermitente, existiendo algunos años sin avistamientos (Tabla 6-31). De las 36 especies de aves catastradas en los ambientes terrestres hasta la fecha, 17 tienen registros en solo uno de los quince años de seguimiento. En contraparte, dos especies (*Anthus correndera* y *Geranoaetus polyosoma*) mostraron el mayor grado de presencia, siendo detectadas en diez de los quince años de monitoreo.

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 7,3 especies por año. Durante la campaña de 2021 se detectó una disminución en el número de especies respecto a la campaña anterior, no obstante, los valores se encuentran dentro del rango histórico. Los mayores registros fueron obtenidos en los monitoreos de los años 2013, 2014 y 2016, con 12 especies en cada uno, mientras que en la actual campaña este valor alcanzó un total de 6 especies detectadas (Tabla 6-31).

Tabla 6-31. Abundancia total de aves en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2021.

Especies observadas	Abundancia (*)																Promedio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1 <i>Agriornis microptera</i>	-	-	-	1	0,67	0,33	(**)	0,66	0,66 (**)	-	-	(**)	-	-	(**)	-	0,67
2 <i>Agriornis montana</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	2,33	(**)	-	-	0,33	-	0,83
3 <i>Anthus correndera</i>	1,33	0,33	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	-	0,33	1,67	-	-	2	-	0,33	0,73
4 <i>Asthenes modesta</i>	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
5 <i>Athene cunicularia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	0,33	-	-	1	(**)	-	0,67
6 <i>Bubulcus ibis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	0,33
7 <i>Calidris bairdi</i>	-	-	-	-	-	-	3	2,34	6,67	-	0,66	0,67	0,67	-	-	-	2,34
8 <i>Charadrius alticola</i>	-	-	-	-	-	-	4	3,67 (**)	5,66	2	4,01	2	0,33	-	-	1,00	2,83
9 <i>Chroicocephalus serranus</i>	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	0
10 <i>Circus cinereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	(**)	-	0,33	-	-	0,33
11 <i>Falco peregrinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,33
12 <i>Geositta punensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,67	(**)	-	-	-	-	-	-	-	0,67
13 <i>Geranoaetus polyosoma</i>	-	-	(**)	(**)	0,33 (**)	(**)	(**)	0,33	0,33	0,33	-	-	-	-	0,67	1,00	0,49
14 <i>Hirundo rustica</i>	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0
15 <i>Leptasthenura aegithaloides</i>	-	0,33	-	-	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
16 <i>Lessonia oreas</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	(**)	-	0,33
17 <i>Metriopelia aymara</i>	-	-	-	0,33	-	-	-	3,67	10,67	-	8,67	(**)	1	0,5	-	-	4,14
18 <i>Metriopelia melanoptera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	0,67	-	1,58
19 <i>Muscisaxicola cinerea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	0,33
20 <i>Muscisaxicola flavinucha</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1	-	0,61
21 <i>Muscisaxicola frontalis</i>	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33

**Tabla 6-31. Abundancia total de aves en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2021.**

Especies observadas	Abundancia (*)																Promedio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
22 <i>Muscisaxicola maculirostris</i>	-	0,33	(**)	0,67 (**)	0,67	1,67	(**)	0,33 (**)	0,67	1	-	-	-	-	-	-	0,87
23 <i>Oreopholus ruficollis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7	-	-	2,70
24 <i>Parabuteo unicinctus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,33
25 <i>Phalaropus tricolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,33	-	-	-	-	-	13,33
26 <i>Phalacrocorax macrorhynchos</i>	-	0,33	(**)	(**)	-	-	-	-	-	0,33	-	(**)	-	-	0,33	-	0,33
27 <i>Phoenicoparrus andinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,33	5	0,66	5,66	1,33	-	5	7,33	0,33	3,33
28 <i>Phoenicoparrus jamesi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33	-	14	4	-	-	7,11
29 <i>Phoenicopterus chilensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	0,33	0,33
30 <i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1,00
31 <i>Recurvirostra andina</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
32 <i>Sicalis auriventris</i>	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
33 <i>Sturnella superciliaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
34 <i>Thinocorus rumicivorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	0,33
35 <i>Upucerthia dumetaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	0,33
36 <i>Zonotrichia capensis</i>	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	3,5	-	-	1,39
<b>Número de especies</b>	5	5	5	4	7	5	5	6	12	12	9	12	8	5	10	6	36

(\*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m. (un transecto por tres días)

(\*\*) 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 las abundancias de los años en que se observaron ejemplares

Fuente: Elaboración propia

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, todos con 16 especies registradas. Por su parte, 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 bairdii*, *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 6-32).

**Tabla 6-32. Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2021.**

Indicador	Sector				
	Vega de Carvajal	Cruce Camar	Aguas de Quelana	Cruce SQM	Laguna Interna
Riqueza acumulada de especies	16	16	16	20	5
Abundancia promedio*	3,63	1,63	1,84	2,40	18,97
Especies más abundantes (N° de individuos**)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64) <i>Phoenicoparrus andinus</i> (56)	<i>Metriopelia aymara</i> (31) <i>Agriornis microptera</i> (9) <i>Metriopelia melanoptera</i> (11)	<i>Charadrius alticola</i> (33) <i>Calidris bairdii</i> (25)	<i>Metriopelia aymara</i> (27) <i>Phoenicoparrus andinus</i> (18)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40) <i>Charadrius alticola</i> (12)
Especies registradas en un sector (N° de individuos**)	<i>Asthenes modesta</i> (+) <i>Circus cinereus</i> (1) <i>Chroicocephalus serranus</i> (+) <i>Oreopholus ruficollis</i> (8) <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64)	<i>Athene cunicularia</i> (4) <i>Muscisaxicola cinérea</i> (1) <i>Metriopelia melanoptera</i> (9) <i>Sturnella supercilii</i> (1) <i>Calidris sp</i> (+)	<i>Hirundo rustica</i> (+) <i>Falco peregrinus</i> (1) <i>Parabuteo unicinctus</i> (1) <i>Muscisaxicola flavinucha</i> (2) <i>Muscisaxicola frontalis</i> (1) <i>Phoenicopterus chilensis</i> (1)	<i>Bubulcus ibis</i> (1) <i>Geositta punensis</i> (2) <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (3) <i>Recurvirostra andina</i> (1) <i>Sicalis auriventris</i> (+) <i>Thinocorus rumicivorus</i> (1) <i>Upucerthia dumetaria</i> (1)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40)
Especies compartidas	<i>Metriopelia aymara</i> ; <i>Muscisaxicola maculirostris</i> ; <i>Geranoaetus polyosoma</i> <i>Phalcoenus megalopterus</i> ; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (presentes en cuatro sectores, excepto Laguna Interna) <i>Calidris bairdii</i> <i>Charadrius alticola</i> (presentes en los cinco sectores)				

\*Este valor se obtuvo a partir del promedio del número de ejemplares observados en los transectos de las campañas del 2006 al 2021

\*\*Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2021.

+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto o por registros circunstanciales).

Fuente: Elaboración propia

Dos especies han sido las más abundantes durante los quince años de seguimiento. La primera es *Metriopelia aymara* (tortolita de puna) con un total de 75 avistamientos en transecto, esta especie se distribuye ampliamente en el Borde Este del Salar, encontrándose en todos los sectores y utilizando todos los ambientes, principalmente los hábitats Rica rica – Pingo pingo y Brea – Cachiyuyo, con 42 y 23 avistamientos respectivamente. La segunda especie es *Charadrius alticola* (chorlo de la puna), 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, contabilizando un total de 65 registros.

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 montana* 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 en ambientes terrestres exclusiva de alguno de los sectores o ambientes en estudio (Tabla 6-33).

**Tabla 6-33. Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006 – 2021.**

Indicador	Ambientes				
	Rica rica-Pingo pingo	Brea-Cachiyuyo	Pajonal	Marginal de Salar	Salar
Riqueza acumulada de especies	19	15	12	8	5
Abundancia promedio*	2,16	1,52	0,71	4,19	18,64
Especies más abundantes (N° de individuos**)	<i>Metriopelia aymara</i> (42) <i>Zonotrichia capensis</i> (11)	<i>Metriopelia aymara</i> (23) <i>Muscisaxicola maculirostris</i> (13)	<i>Anthus correndera</i> (12) <i>Metriopelia aymara</i> (5)	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (79) <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64) <i>Charadrius alticola</i> (53) <i>Calidris bairdii</i> (40)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40) <i>Charadrius alticola</i> (12)
Especies registradas en un ambiente (N° de individuos**)	<i>Bubulcus ibis</i> (1) <i>Chroicocephalus serranus</i> (+) <i>Metriopelia melanoptera</i> (8) <i>Muscisaxicola frontalis</i> (1) <i>Oreopholus ruficollis</i> (8) <i>Sicalis auriventris</i> (+) <i>Sturnella superciliaris</i> (1) <i>Thinocorus rumicivorus</i> (1) <i>Upucerthia dumetaria</i> (1)	<i>cinerea</i> (1) <i>Muscisaxicola flavinucha</i> (2) <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (3) <i>Falco peregrinus</i> (1) <i>Parabuteo unicinctus</i> (1)	<i>Astehenes modesta</i> (+) <i>Circus cinereus</i> (2)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (64) <i>Phoenicopterus chilensis</i> (1) <i>Recurvirostra andina</i> (1)	<i>Phalaropus tricolor</i> (40)

**Tabla 6-33. Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006 – 2021.**

Indicador	Ambientes				
	Rica rica-Pingo pingo	Brea-Cachiyuyo	Pajonal	Marginal de Salar	Salar
Especies compartidas	<i>Anthus correndera</i> , <i>Geranoaetus polyosoma</i> , <i>Metriopelia aymara</i> (presentes en cuatro ambientes)				
	<i>Agriornis montana</i> , <i>Muscisaxicola maculirostris</i> y <i>Zonotrichia capensis</i> (presentes en tres ambientes)				

\*Se calcula a partir del promedio del número de ejemplares observados en los transectos de las campañas del 2006 al 2020

\*\*Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2020

+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto o por registros circunstanciales).

Fuente: Elaboración propia

### 6.6.3 Aves en ambientes acuáticos

A diferencia de lo ocurrido durante la campaña del 2020, esta vez se tuvo acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo que se pudo realizar el total de censos (25) acordados para el PSA. Dada la imposibilidad de acceso durante la temporada 2020, los análisis con respecto a las posibles abundancias se hicieron en base a la bibliografía disponible para el área de estudio.

En base a los resultados, la suma de las abundancias para cada especie en los sistemas lacustres indica que la especie más abundante durante la campaña del 2021 fue el flamenco chileno, alcanzado un total de 849 individuos, seguido del flamenco andino con 609 individuos contabilizados. Con relación a los años anteriores se observa un notorio incremento en las abundancias de las tres especies de flamencos (Tabla 6-34).

**Tabla 6-34. Abundancia de aves acuáticas en los periodos 2019-2021.**

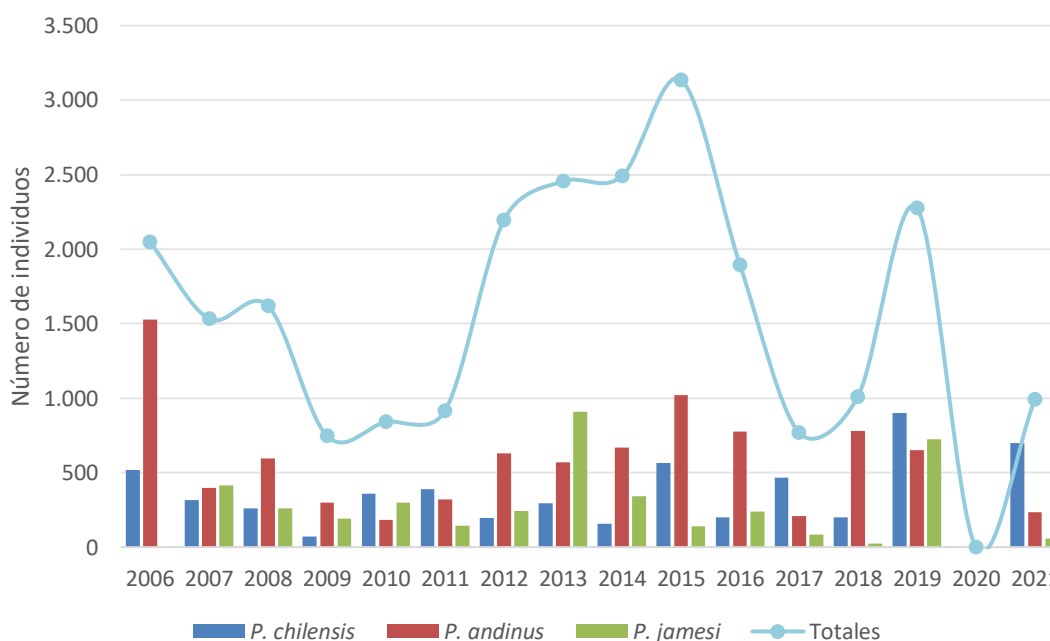
Especie	Nombre común	Abundancia		
		2019	2020	2021
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	-	24	90
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	-	4	191
<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	-	5	3
<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	-	15	217
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Flamenco andino	187	105	609
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Flamenco de James	43	29	135
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco Chileno	15	41	849
Pollos de flamencos	-	62	-	-
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	3	1	78
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato Juarjual	3	-	-
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	-	1	-
<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	-	1	-
<b>N° de especies</b>		5	10	8

Con relación a los distintos sistemas lacustres, se puede observar que, para esta campaña, las mayores abundancias de flamenco chileno (*P. chilensis*) se observaron en el sector de Puilar, mientras que la parina

grande (*P. andinus*) y la parina chica (*P. jamesi*) fueron las especies más abundantes en el sector de Peine (Anexo X). En cuanto al Canal Burro Muerto, las especies dominantes fueron el flamenco chileno (*P. chilensis*), el chorlo de la puna (*C. alticola*) y el caití (*R. andina*). El sector de Barros Negros presenta una mayor abundancia de la especie pollito de mar tricolor.

Con relación al Sistema Soncor, las especies dominantes para esta campaña son los flamencos, siendo el más abundante el flamenco chileno, superando a la especie que históricamente ha registrado las mayores abundancias en el sector: la parina grande. Los valores registrados en este sector durante la campaña de 2021 son bajos en comparación con años como el 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.

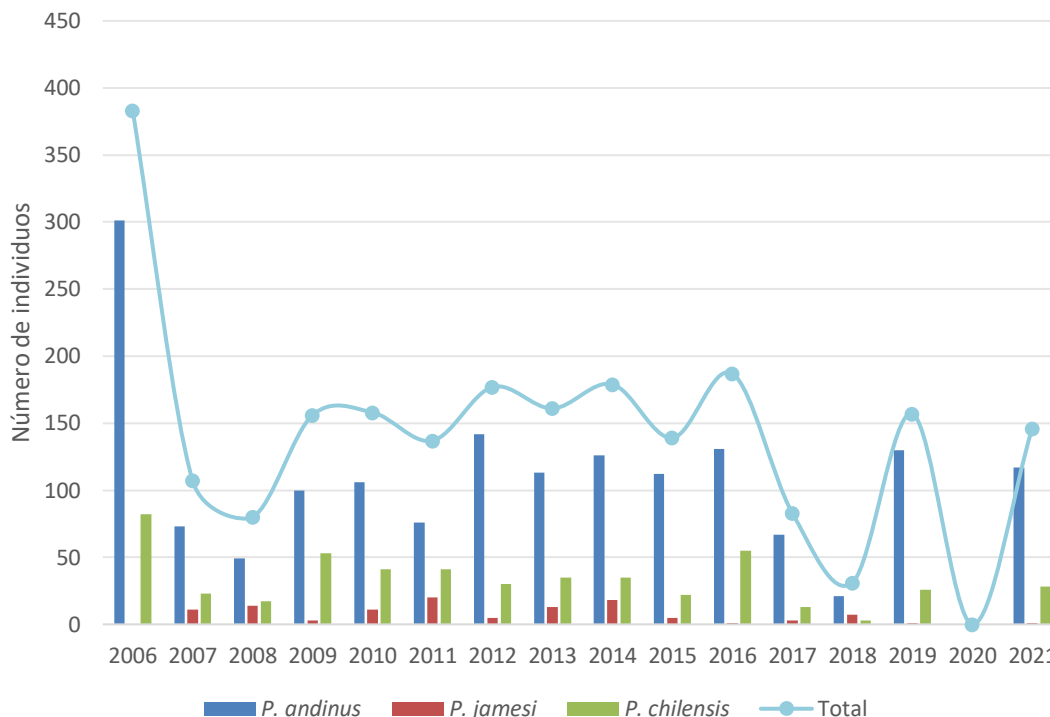
**Figura 6-32. Abundancia de flamencos en Sistema Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos durante la presente campaña en el sistema Aguas de Quelana demuestra que, exceptuando el año 2018, la abundancia de flamencos se mantiene constante a lo largo de los monitoreos. Además del total de individuos registrados, también se mantuvo la tendencia respecto a las especies y sus proporciones de participación en el sistema, destacando la parina grande con los mayores valores de abundancia, seguido por el flamenco chileno (Figura 6-33).

Figura 6-33. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.



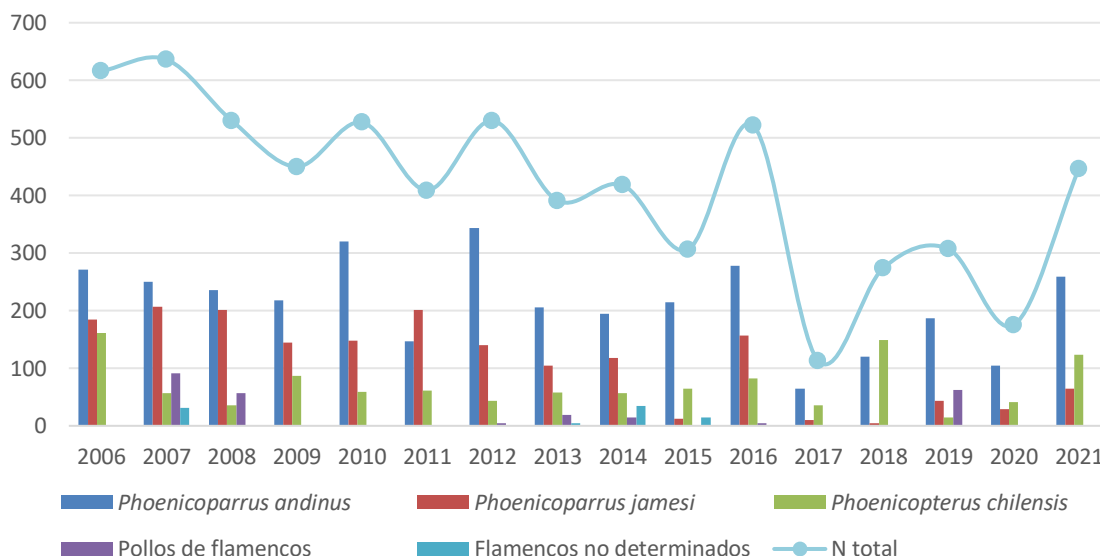
Fuente: Elaboración propia

La tendencia de los datos históricos disponibles muestra una oscilación en la abundancia de flamencos en el Sistema Peine. Si bien, este sector no es un sitio de congregación de individuos reproductivos, lo que se ve reflejado en la baja abundancia de pollos registrada durante los distintos periodos de monitoreo, es relevante poner atención en las fluctuaciones observadas en el número de registros en el tiempo. Es así como en la presente campaña de monitoreo, el sistema lacustre de Peine arrojó un incremento en la abundancia de flamencos respecto al año 2017, 2018 y 2019 (Figura 6-34); la actividad de estas especies se concentró en laguna Salada, que es la que presenta como tendencia la mayor abundancia a lo largo de las distintas campañas de monitoreo (Figura 6-34).

Es importante continuar verificando las tendencias de estos parámetros en los próximos monitoreos a realizar en el sector, en consideración a las fluctuaciones experimentadas en el número de ejemplares en las últimas campañas realizadas. De esta forma, es posible ratificar el comportamiento de las oscilaciones en relación con la variabilidad del número de individuos como un comportamiento normal o anormal para estas poblaciones, teniendo en cuenta los desplazamientos entre lagunas y/o salares dentro de su rango de distribución, tanto en el sistema de Peine u otros sectores utilizados por estas especies, que pudieran condicionar la ocupación de estos sistemas lacustres en particular.



Figura 6-34. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 – 2021.



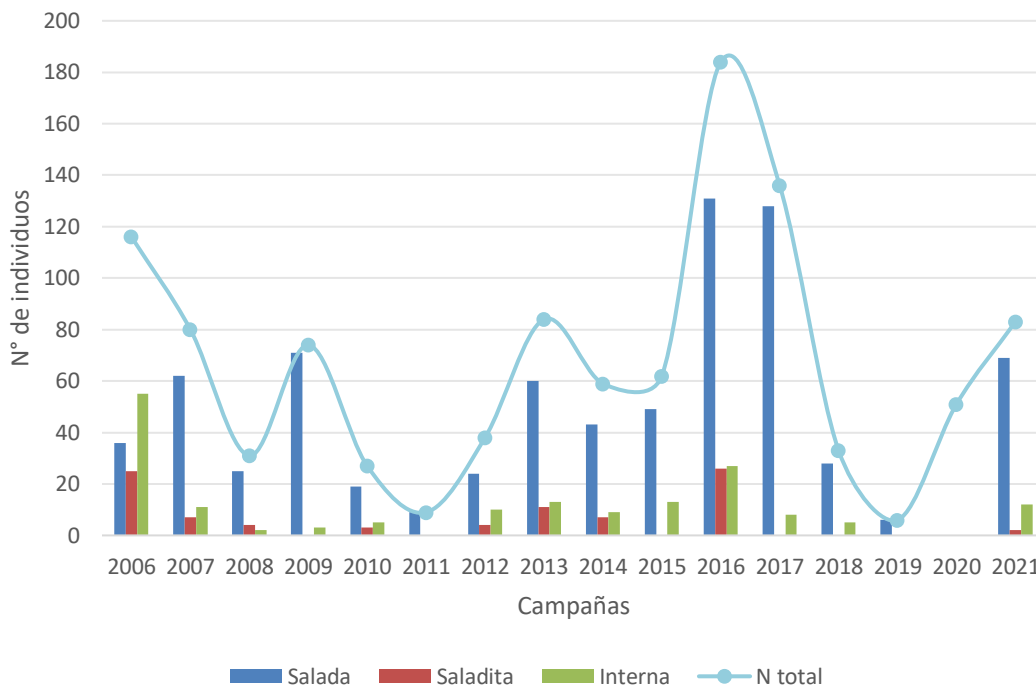
Fuente: Elaboración propia

(\*) 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

En relación con las otras especies de aves registradas en el Sistema Peine, a partir de la temporada 2017 se observa una disminución en la abundancia respecto a al máximo histórico registrado el 2016, como se aprecia en la Figura 6-35, situación que es revertida en la presente campaña, registrándose un aumento en el número de especies en el ambiente de laguna Salada. Los datos históricos muestran una curva con tendencia bimodal, con máximos de abundancia en los primeros y últimos años de monitoreos y un mínimo la campaña 2011, en donde solo se registraron nueve aves.

Dentro de estas especies, se destaca la presencia constante de pollito de mar (*P. tricolor*), playero de Baird (*C. bairdii*), chorlo de la puna (*C. alticola*) y el caití (*R. andina*). Todas estas especies, con la excepción del Caití, presentaron abundancias mayores a lo reportado en el periodo 2019, de forma similar a lo ocurrido con los flamencos.

**Figura 6-35. Abundancia de especies de aves en Sistema Peine (sin considerar flamencos). Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

(\*) 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, los que no se presentan con diferencias por lagunas

### 6.6.4 Mamíferos

#### 6.6.4.1 Micromamíferos

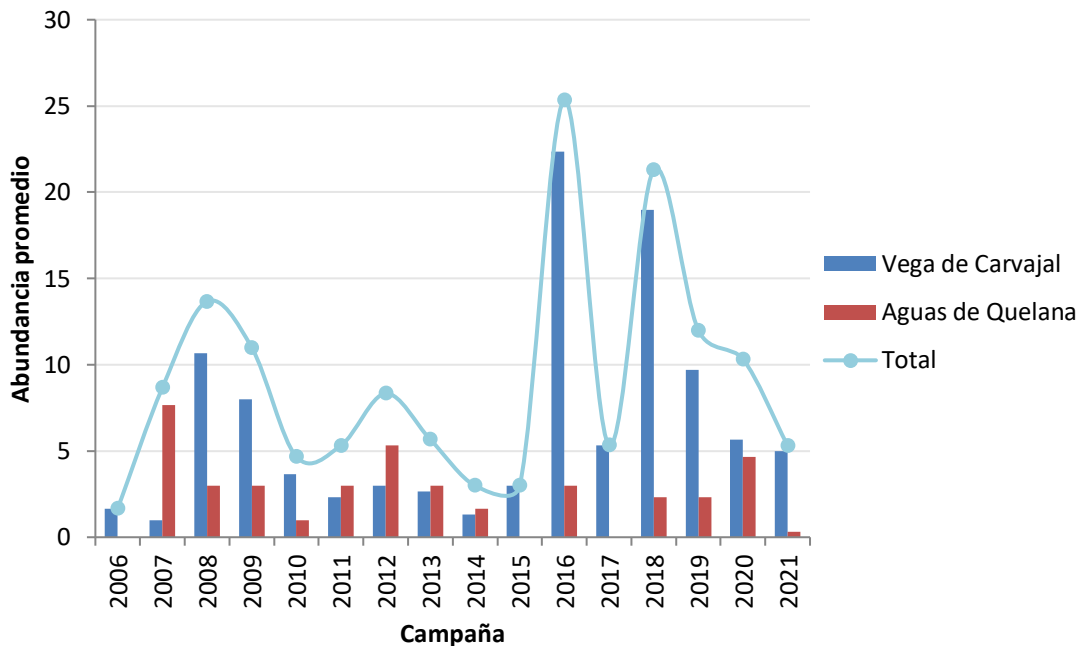
Para la actual campaña de monitoreo se obtuvieron registros en los dos sectores de forma similar a lo ocurrido en la campaña 2020, capturando ejemplares de las especies *Abrothrix andinus*, *Phyllotis xanthopygus* y *Eligmodontia puerulus*. Cabe señalar que los registros del presente año permiten establecer una disminución en las abundancias con respecto al periodo 2019 y 2020, con un total de 16 individuos capturados (Figura 6-36). Si embargo, estos valores se encuentran dentro de los rangos históricos registrados para este grupo, con variaciones importantes asociadas a fluctuaciones naturales.

Al comparar los valores de abundancia promedio según sector, fue posible determinar que los mayores valores se registraron en Vegas de Carvajal con 5,0 individuos capturados por día de trampeo; mientras que en el sector Aguas de Quelana se registraron 0,3 individuos/día (Figura 6-36). Los monitoreos de los años 2016 y 2018 muestran un incremento significativo de la abundancia respecto a las campañas anteriores, aumentando aproximadamente en un 50% los registros de micromamíferos en las Vegas de Carvajal. 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).

Por su parte, los valores registrados durante la presente campaña son similares a temporadas pasadas, obteniendo valores cercanos a los monitoreos de 2010, 2011, 2012, 2013 y 2017.

**Figura 6-36. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2021.**

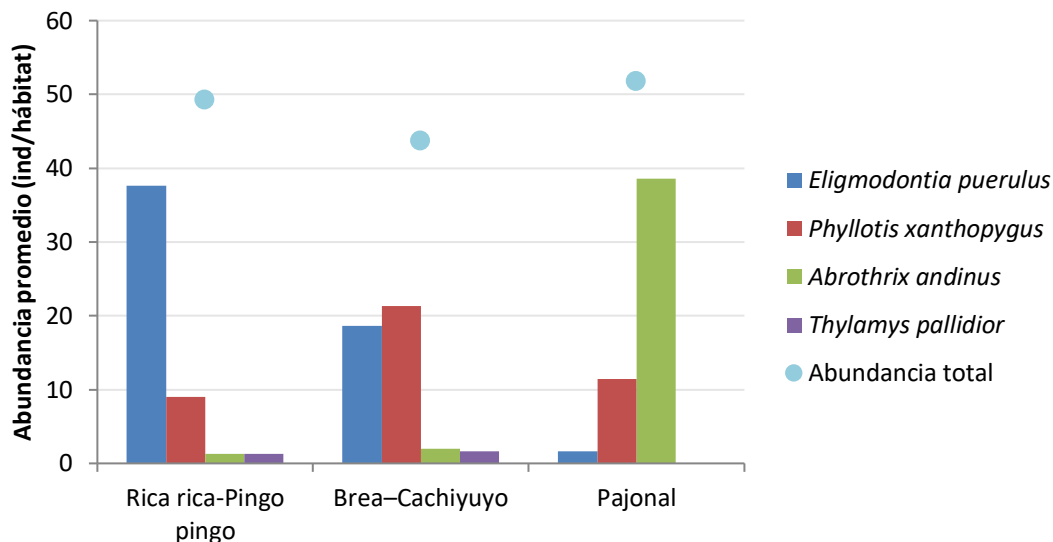


Fuente: Elaboración propia

El análisis de los registros históricos del seguimiento ambiental en el borde este del Salar de Atacama, muestra un predominio de dos especies, las que se distribuyen en función del ambiente en que viven (Figura 6-37): la especie *A. andinus* se encuentra predominantemente en ambientes de Pajonal (38,62 ind/hábitat), mientras que *P. xanthopygus* ha sido registrada en los tres ambientes con abundancias que van entre los 7 y 21 ind/hábitat, distribuyéndose en forma homogénea en los distintos hábitat y sectores. *T. pallidior*, ha presentado los menores valores de captura, dando cuenta de sus bajas densidades poblacionales, así como su difícil captura. Finalmente, la especie *E. puerulus* ha sido registrada en los ambientes de Rica Rica-Pingo Pingo y Brea-Cachiyuyo, donde fue posible encontrar la mayor cantidad de ejemplares con 38,6 y 18,7 ind/hábitat, respectivamente.

Así mismo, estos registros se encuentran claramente asociados a ambientes con vegetación arbustiva y con una mayor densidad. 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 y cercanos a cursos de agua, en tanto que la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) presenta preferencia por sitios de arbustos bajos y sectores más abiertos.

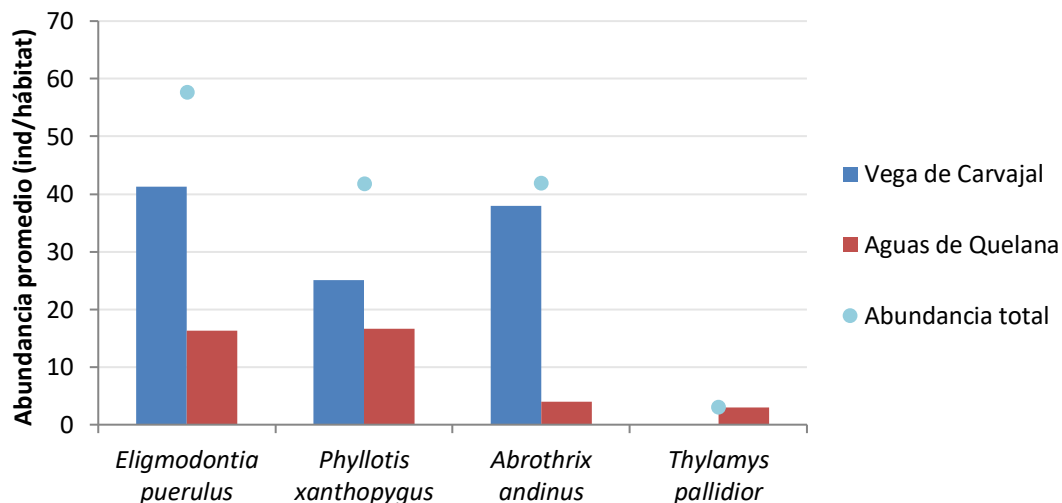
**Figura 6-37. Abundancia de micromamíferos por ambiente en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los sectores de estudio, la riqueza de especies es mayor en Aguas de Quelana, con cuatro especies capturadas durante los monitoreos, mientras que en Vega de Carvajal se han registrado a través de capturas a tres de las cuatro especies presentes en el borde Este del Salar de Atacama, no existiendo a la fecha registros de *T. pallidior* en el sector (Figura 6-38). En la presente campaña la mayor abundancia de micromamíferos fue en Vegas de Carvajal con 15 individuos capturados, mientras que en Aguas de Quelana solo se capturó un individuo de *E. puerulus*.

**Figura 6-38. Abundancia de micromamíferos por especie en los sectores de estudio. Campañas 2006 – 2021.**



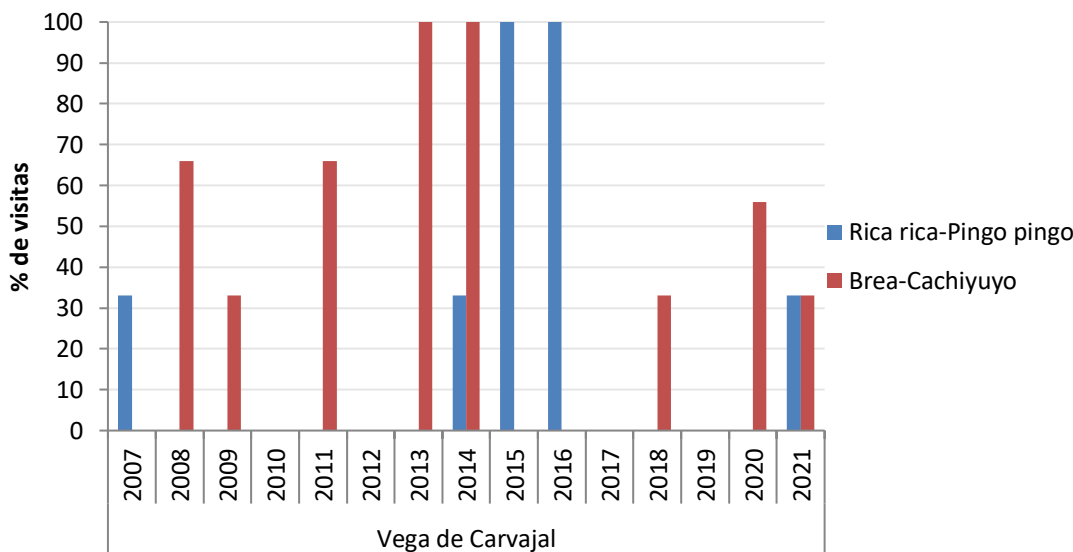
Fuente: Elaboración propia

6.6.4.2 Macromamíferos

En el presente monitoreo, no hubo registros de especies en las estaciones olfativas, sin embargo, fue posible detectar la presencia de zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) mediante el uso de cámaras trampa instaladas en las mismas estaciones. 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.

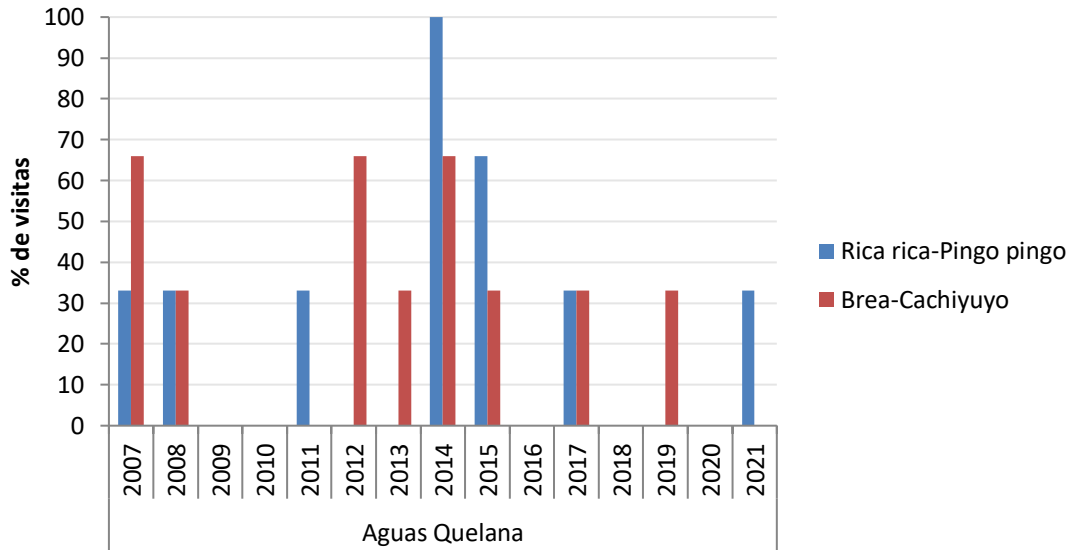
Durante los distintos años de monitoreo, ha sido posible establecer la presencia de zorros en todos los años de monitoreo, a excepción de la campaña 2010, donde no hubo registros para estas especies. La detección en el tiempo ha sido aleatoria en los dos sectores y/o ambientes prospectados (Figura 6-39 y Figura 6-40). Sin embargo, se ha observado una tendencia a utilizar mayormente los ambientes en el sector de Vegas de Carvajal, utilizando de forma homogénea los recursos presentes en el ambiente Rica Rica – Pingo Pingo y Brea-Cachiyuyo, llegando al 59,8 y 60,9% de visitas, respectivamente (Figura 6-41). A lo anterior se suma el patrón azaroso del número de visitas, dando 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 6-39. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 – 2021.**



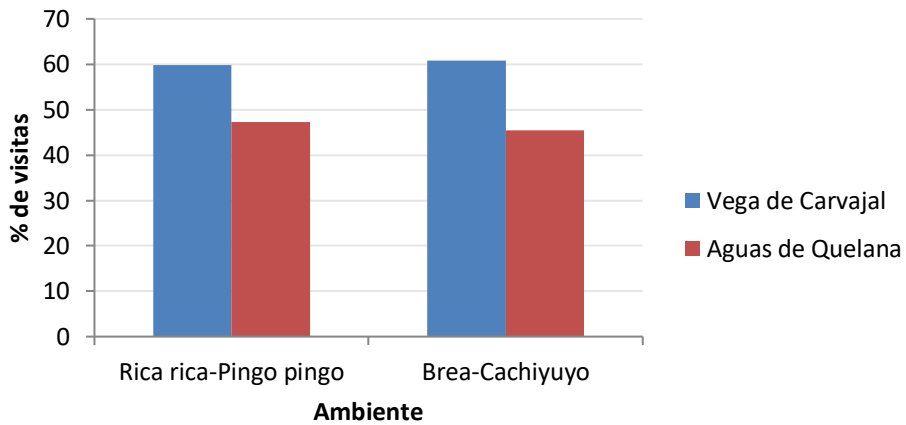
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-40. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 – 2021.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-41. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* en estaciones olfativas. Campañas 2007 – 2021.



Fuente: Elaboración propia

## 6.7 Biota acuática

### 6.7.1 Medio Abiótico

Los principales resultados obtenidos de los análisis comparativos entre el actual periodo (año 2021) de monitoreo respecto a los periodos anteriores (comparación interanual) para el medio abiótico se presentan desde la desde la Tabla 6-35 a la Tabla 6-62 y Figura 6-42 a la Figura 6-69. Cabe indicar que en la comparación interanual no se incluyó el año 2020 debido a que no se realizaron muestreos durante dicho año debido a la situación vivida por la pandemia Covid-19.

#### 6.7.1.1 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 2006-2021) 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.

Respecto al sector de Puillar, la temperatura durante todo el periodo de monitoreo (2006 – 2021), varió entre 4,2 y 29,0 °C (**Tabla 6-35**), 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 el año 2021 y los distintos periodos de estudio en el sector de Puillar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=54,22$ ,  $g.l=15$ ,  $p<0,001$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021), el cual varió significativamente respecto a años 2008, 2009, 2010 y 2019, estas diferencias mostraron que el año 2021 presentó temperaturas más cálidas que las medidas los años mencionados (Figura 6-42).

**Tabla 6-35. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puillar.**

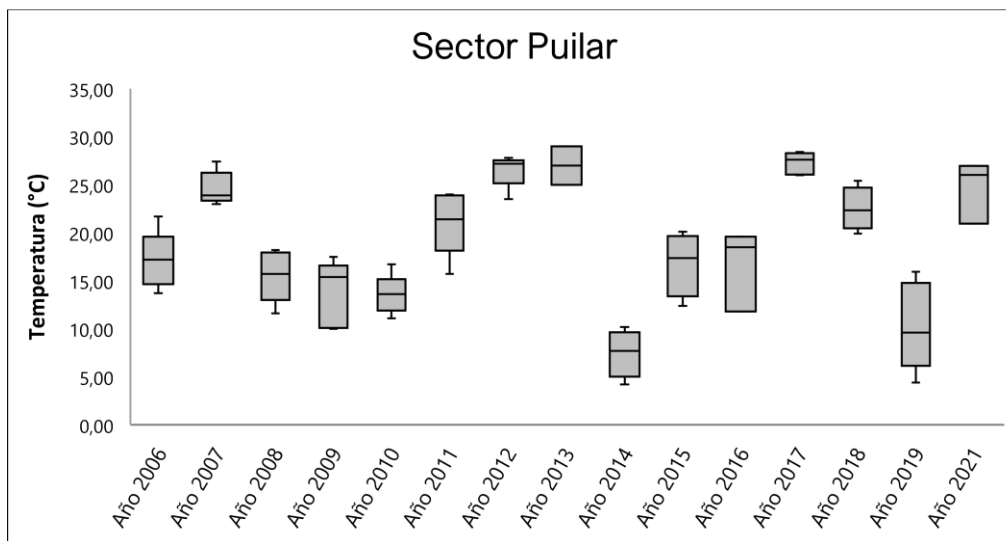
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	13,70	21,70	17,14	17,20	2,96	17,29
Año 2007	5	23,00	27,40	24,62	23,90	1,73	7,02
Año 2008	5	11,60	18,20	15,52	15,70	2,67	17,23
Año 2009	5	10,00	17,50	13,76	15,40	3,44	24,98
Año 2010	5	11,10	16,70	13,54	13,60	2,04	15,07
Año 2011	5	15,70	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	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla 6-35. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2021	3	20,96	26,95	24,64	26,01	3,22	13,07

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-42. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 (2006-2021) mostraron un rango que varió 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 6-36). La comparación entre el actual periodo y los periodos de estudio anteriores en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=30,48, g. l=15, p=0,007), el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a años 2007, 2016, 2017 y 2018; el periodo de monitoreo 2021 presentó, en términos generales, menores temperaturas que las registradas en el mismo sector durante los años mencionados (Figura 6-43).

**Tabla 6-36. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 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

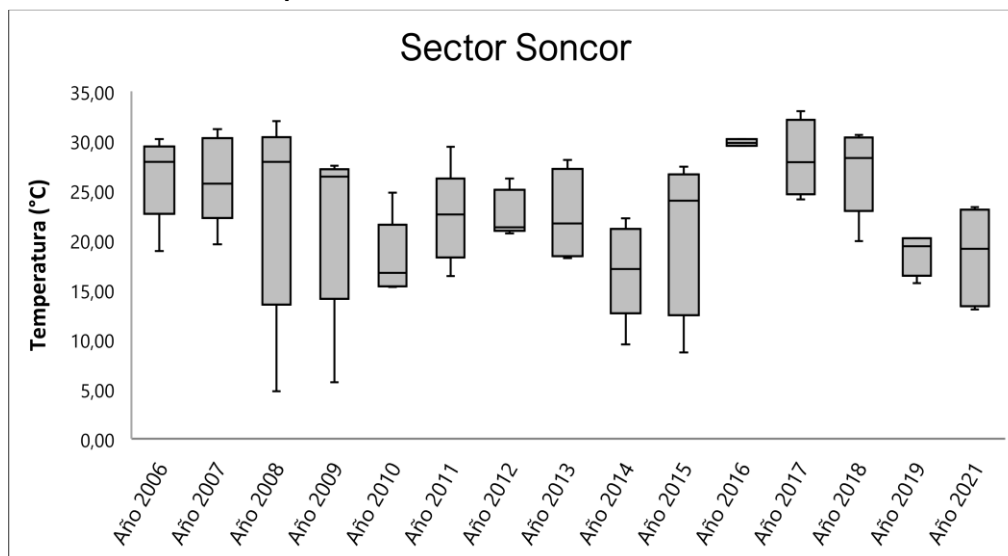


**Tabla 6-36. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-43. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

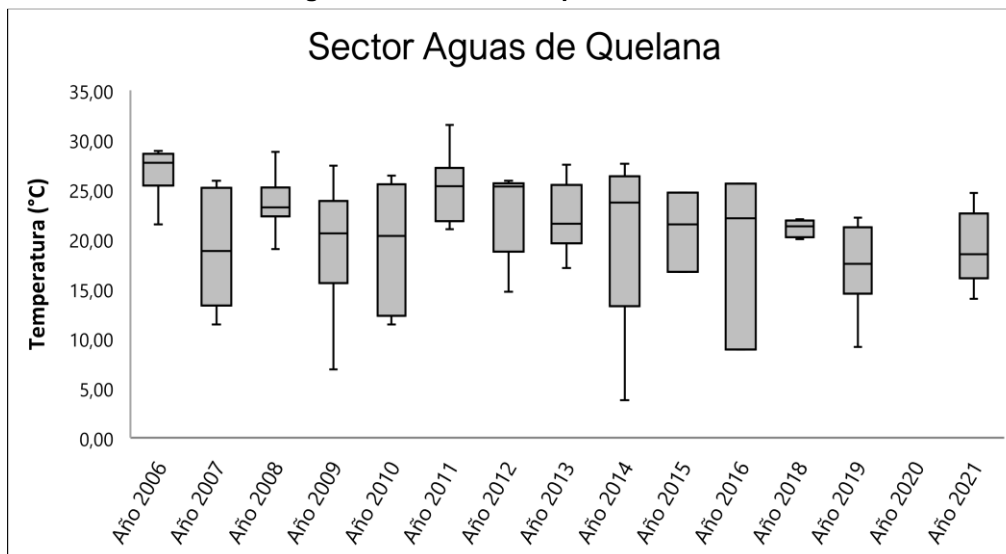
Por otro lado, para el sector Aguas de Quelana, las temperaturas anuales medidas durante todo el periodo de estudio (2006-2021), variaron entre 3,8 y 31,5 °C. Los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que también existe variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-37). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=28,59 g. l=114, p=0,007), el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente con los años 2006, 2008, 2011, donde el año 2021 presentó menores temperaturas que el resto de los años (Figura 6-44).

**Tabla 6-37. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-44. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 (años 2006-2021), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos

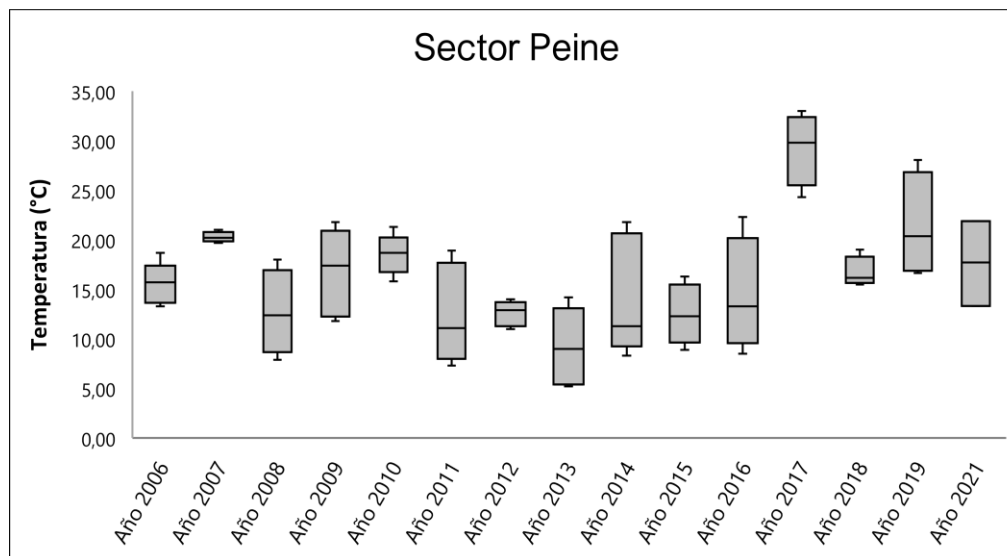
durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-38). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre algunos periodos de monitoreo evaluados ( $KW= 36,98$ , g.  $l=15$ ,  $p=0,0006$ ). Sin embargo, cabe destacar que estas diferencias se dieron entre periodos anteriores al actual, el periodo 2021 no presenta ninguna diferencia significativa respecto a los periodos anteriores (Figura 6-45).

**Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura (°C) registrados entre los años 2006 - 2021 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
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	3,00	21,88	17,65	17,73	4,28	24,23

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-45. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 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.

#### 6.7.1.2 pH

El análisis comparativo del parámetro pH a través de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), 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 indicando una homogeneidad en los valores de pH. Cabe indicar que todos los valores registrados a lo largo del periodo de estudio se encuentran dentro de los 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). Además, todos los valores de pH medidos en el Salar de atacama durante el periodo de monitoreo del año 2021 estuvieron dentro del rango histórico medido para este parámetro.

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 6-39), 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 (2021) y los periodos de estudio anterior en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=30,78, g.l=15, p=0,006), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual

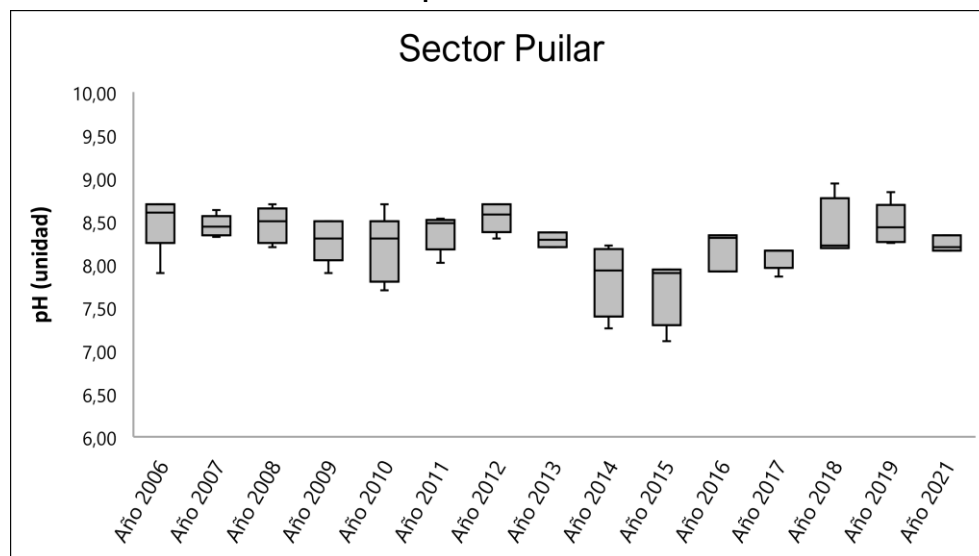
varió significativamente respecto al año 2015, indicando que el año 2021 presentó valores de pH más básicos que dicho año mencionado (Figura 6-46).

**Tabla 6-39. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-46. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

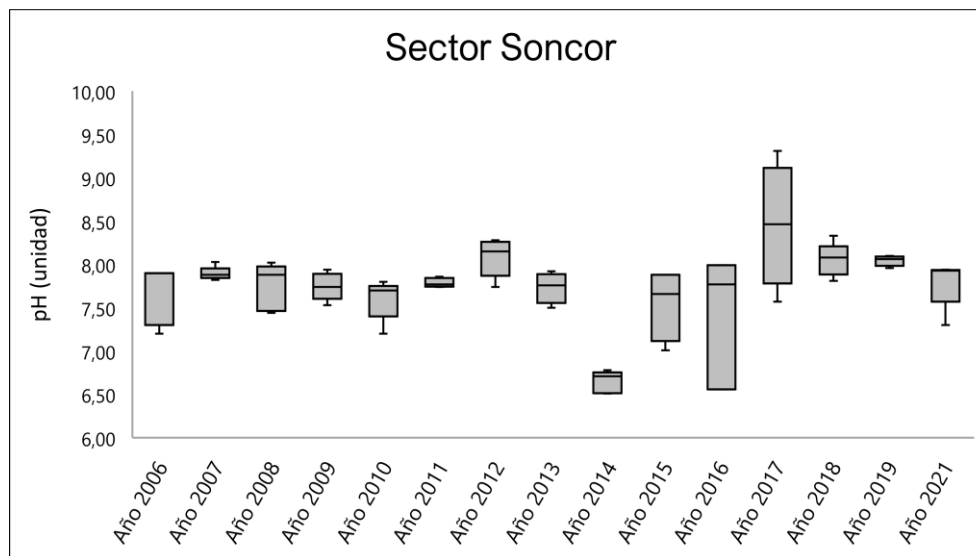
En cuanto al sector de Soncor, los valores de pH variaron entre 6,51 y 9,31 unidades, por su parte al igual que lo ocurrido en el sistema de Puilar, los distintos coeficientes de variación indican una baja heterogeneidad en tres de los sitios de muestreo, indicando a su vez que existe en general una baja variabilidad interanual en los datos de pH registrados en el sector (Tabla 6-40). Sin embargo, la comparación estadística entre el periodo 2021 y los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=37,24$ ,  $g.l=15$ ,  $p<0,001$ ), el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a los años 2014 y 2019, estas diferencias están dadas principalmente ya que el año 2021 presentó valores de pH más neutros que los años anteriormente mencionados, (Figura 6-47). 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 6-40. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-47. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 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 6-41). 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 ( $KW=30,94$  g.  $l=14$ ,  $p=0,0021$ ). Las principales diferencias indican que el actual periodo (año 2021) varió respecto al año 2014, los valores de pH medidos durante el actual periodo fueron más básicos que los registrados durante el año 2014 (Figura 6-48). 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 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

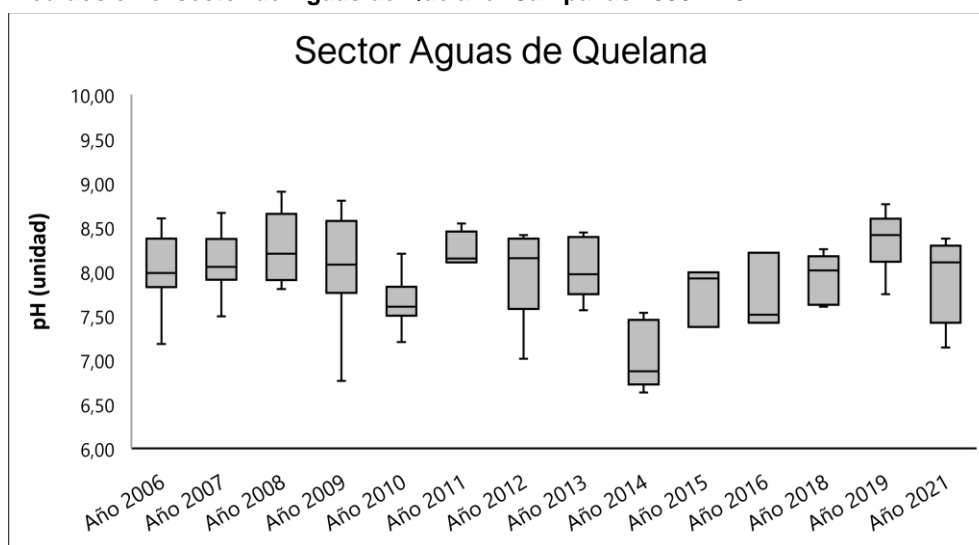
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	7	7,18	8,60	8,01	7,98	0,46	5,73
Año 2007	10	7,49	8,66	8,09	8,05	0,33	4,07
Año 2008	9	7,80	8,90	8,29	8,20	0,39	4,73
Año 2009	10	6,76	8,80	8,06	8,08	0,60	7,40
Año 2010	10	7,20	8,20	7,66	7,60	0,28	3,60
Año 2011	8	7,33	8,54	8,15	8,15	0,37	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 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-48. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 2006-2021), 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 6-42). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el periodo 2021 respecto al año 2012 (KW= 39,37; g. l=15, p<0,1) (Figura 6-49). Al igual que lo detectado 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 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 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

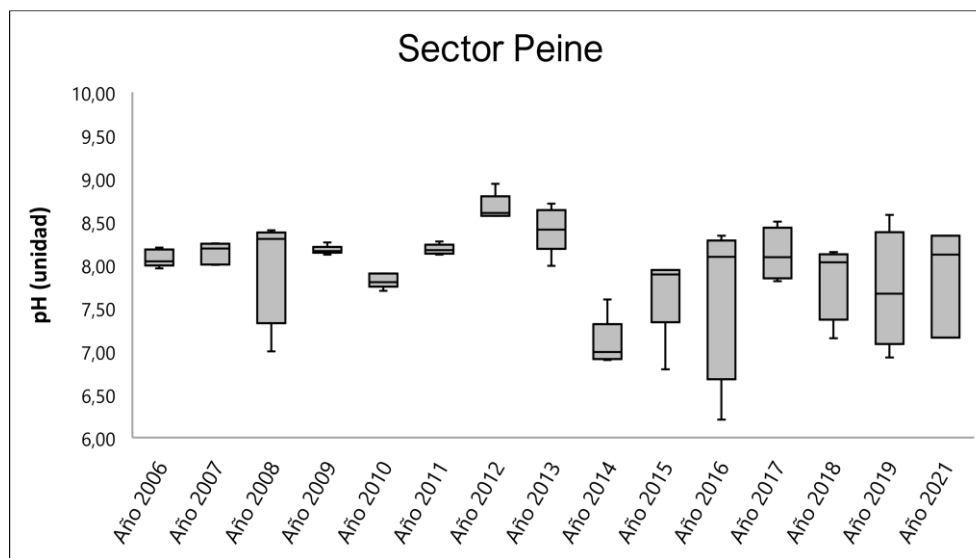


**Tabla 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH (unidad) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-49. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 más bien estable en los sectores estudiados a lo largo de los años. En este sentido, como se mencionó anteriormente los valores 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 aún cuando

los máximos valores exceden dicha norma levemente, 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, intervalo 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.

6.7.1.3 Conductividad eléctrica del agua

La conductividad eléctrica 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 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 uso en actividades tales como riego.

De acuerdo con el monitoreo histórico, el sector de Puillar presentó una 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 6-43) 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 conductividad eléctrica registrados en el sector. Por su parte, la comparación entre el actual periodo y lo periodos de estudio anteriores en el sector de Puillar indican que no existen diferencias significativas entre ninguno de los distintos periodos respecto a este parámetro (KW=14,20, g. l=15, p=0,435) (Figura 6-50).

**Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puillar.**

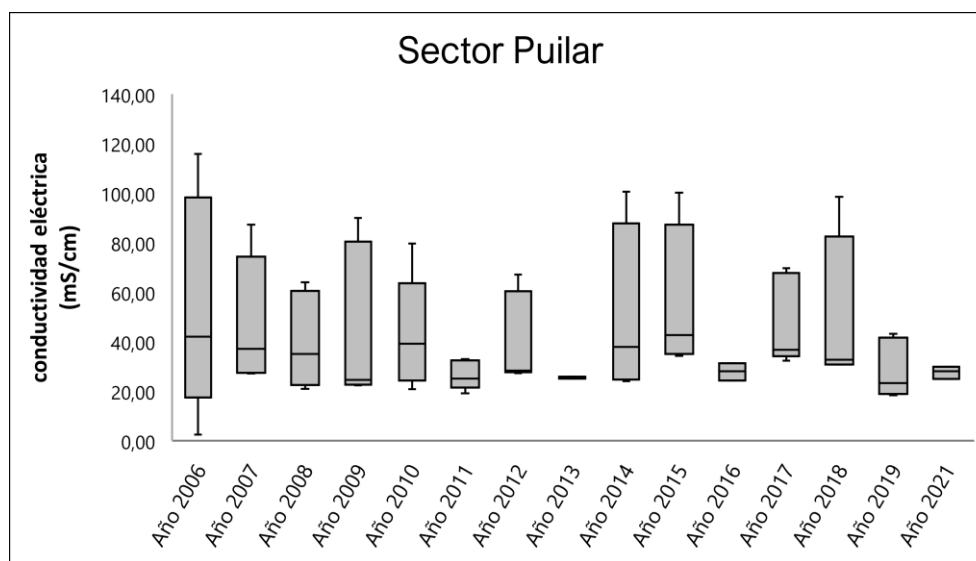
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	2,50	115,80	54,70	42,10	44,13	80,68
Año 2007	5	27,20	87,30	48,16	37,10	25,93	53,85
Año 2008	5	21,00	64,00	40,20	35,00	19,41	48,28
Año 2009	5	22,40	90,00	46,18	24,60	32,01	69,33
Año 2010	5	20,90	79,70	43,04	39,20	22,92	53,26
Año 2011	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
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

**Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	24,96	29,91	27,64	28,04	2,50	9,04

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-50. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 - 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 6-44). En complemento, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio indica que no existen diferencias significativas ( $KW=13,09$ ,  $g. I=15$ ,  $p=0,519$ ) (Figura 6-51) 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 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

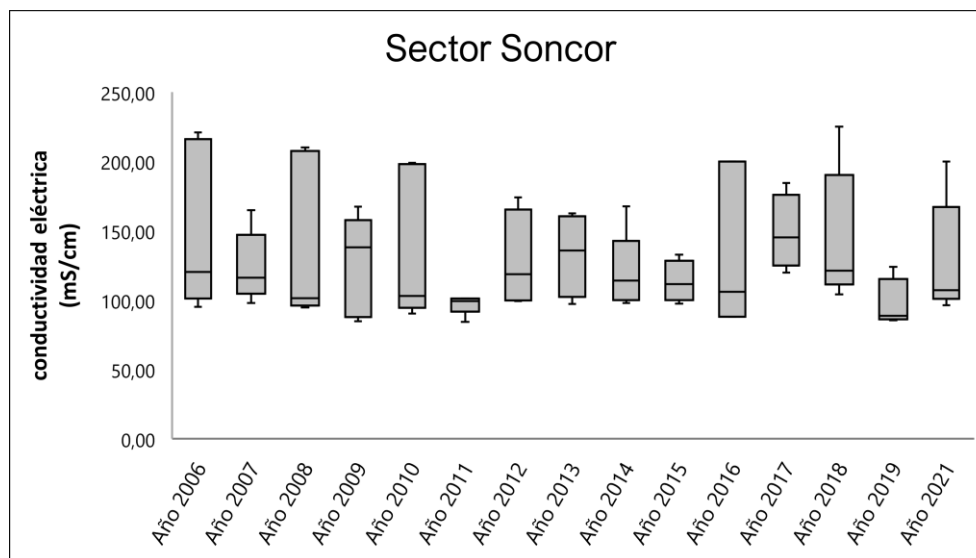
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	95,20	221,00	150,96	120,40	60,14	39,84
Año 2007	5	98,00	164,80	123,96	116,20	25,46	20,54
Año 2008	5	94,80	210,00	141,70	101,30	60,14	42,44
Año 2009	5	84,70	167,50	125,86	138,20	36,41	28,93
Año 2010	5	90,20	199,00	137,56	102,90	55,37	40,25

**Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-51. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2020.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

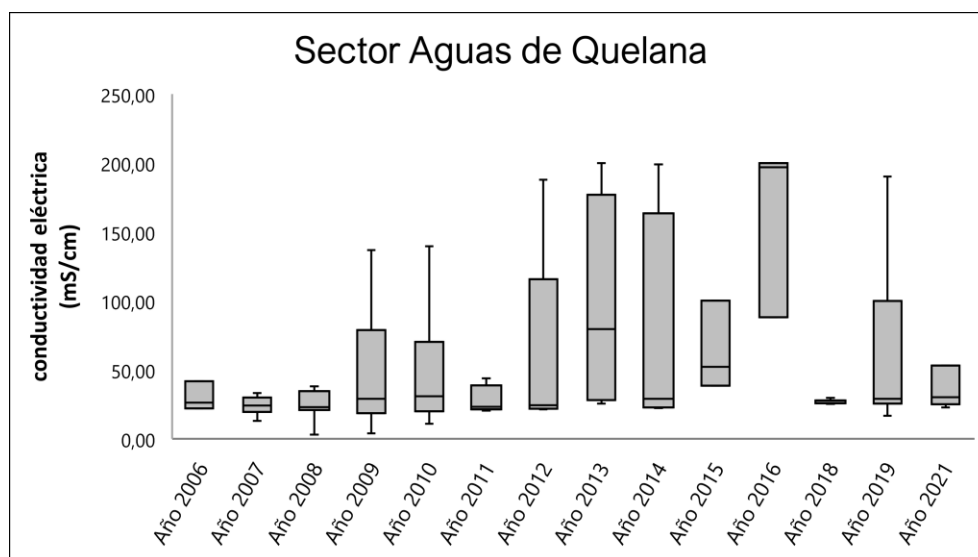
Para el sector Aguas de Quelana, las conductividades históricas variaron entre 3,0 y 243 mS/cm, a pesar del amplio rango en los valores de conductividad para este sector (dado principalmente por la existencia de valores atípicos a la tendencia), los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual en los datos conductividad eléctrica registrados en el sector (Tabla 6-45) y además, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas ( $KW=18,55$ ,  $g.l=14$ ,  $p=0,138$ ) (Figura 6-52).

**Tabla 6-45. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-52. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 2006-2021). 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 6-46). Con relación a la comparación interanual, a diferencia de lo ocurrido en los otros sectores del Salar de Atacama, en el sector de Peine se presentó diferencias significativas entre algunos de los periodos de monitoreo ( $KW= 31,64$ ,  $g. l=13$ ,  $p=0,0049$ ). Sin embargo, dichas diferencias significativas estuvieron dadas por periodos anteriores al evaluado, por lo que el actual periodo 2021 no presentó diferencias significativas respecto a los datos históricos (Figura 6-53).

**Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

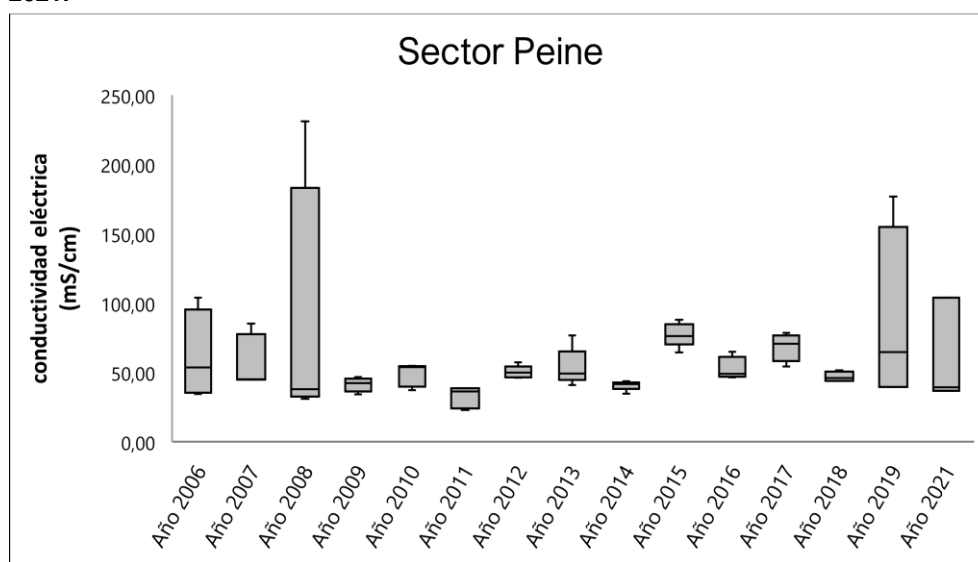
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	34,50	103,90	62,96	53,50	31,09	49,37
Año 2007	5	44,80	85,20	57,98	45,00	18,70	32,25
Año 2008	4	31,00	231,00	84,50	38,00	97,73	115,65
Año 2009	5	34,30	46,70	41,16	42,30	4,97	12,08
Año 2010	5	37,20	54,80	48,48	53,90	8,21	16,94
Año 2011	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

**Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-53. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 elevadas 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 se encuentran dentro del rango de valores históricos determinados para estos sitios.

6.7.1.4 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 2006-2021), se puede indicar que los únicos sectores que presentaron diferencias significativas en la variabilidad interanual en los valores de Salinidad fueron Aguas de Quelana y Peine, mientras que los sectores de Puilar y Soncor no presentaron diferencias a través del tiempo.

Respecto al sector de Puilar, la salinidad medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 10,96 y 100,0 PSU (Tabla 6-47) 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 muestran que no existen diferencias significativas en los valores de Salinidad medidos a través de los años (KW=14,40, g. l=15, p=0,420) por lo que este parámetro en este sector se ha comportado de manera estable, al igual que la conductividad.

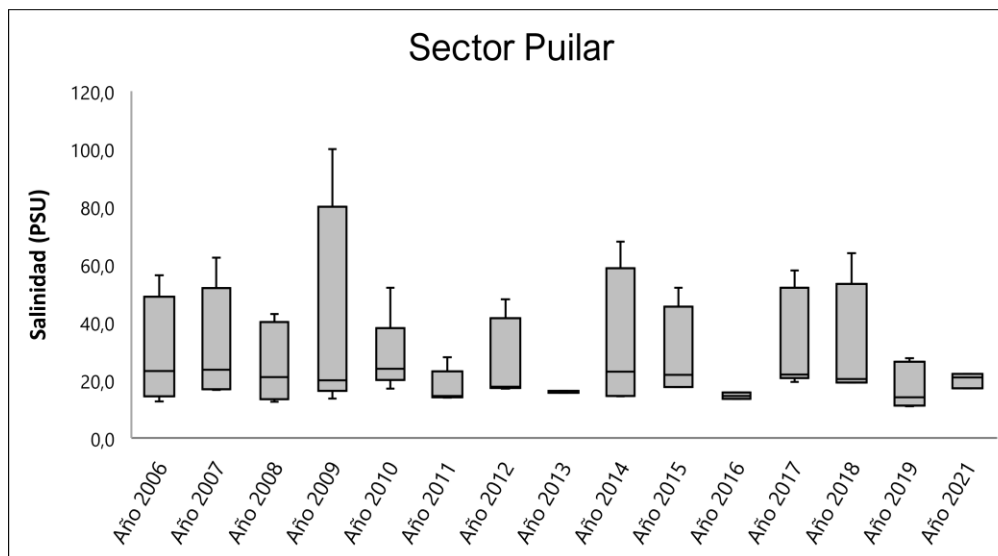
**Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo



**Figura 6-54. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 2006-2021), variaron entre 8,70 y 306,0 PSU. Por su parte, los distintos coeficientes de variación indican homogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de Salinidad registrados en este sector (Tabla 6-48). Por otro lado, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que existen diferencias significativas en los valores de salinidad medidos ( $KW=21,42$ ,  $g. l=14$ ,  $p=0,044$ ), estas diferencias estuvieron dadas principalmente entre al actual periodo de estudio (año 2021) y los años 2011 y 2019. Los valores medidos en el actual periodo fueron mayores que los valores de Salinidad registrados durante dichos 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 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

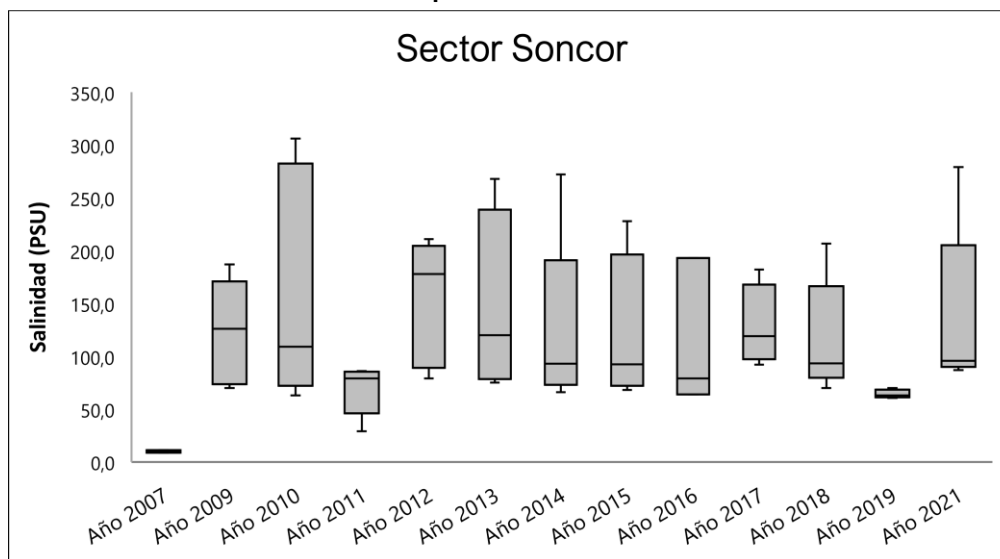
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	1	69,30	69,30	69,30	69,30	-	-
Año 2007	2	8,70	11,00	9,85	9,85	1,63	16,51
Año 2008	1	65,50	65,50	65,50	65,50	-	-
Año 2009	5	70,00	187,00	123,00	126,00	50,13	40,76
Año 2010	5	63,00	306,00	163,60	109,00	111,02	67,86
Año 2011	5	29,00	86,00	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
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

**Tabla 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-55. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 6-49). 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 ( $KW=26,31$ , g.  $l=14$ ,  $p=0,015$ ). Esta diferencia se presentó entre el año 2021 y los años 2007 y 2008, principalmente debido a que los valores medidos de salinidad fueron menores durante el año 2007 y 2008 respecto al monitoreo actual. (Figura 6-56). Todos los valores medidos durante el actual periodo se encontraron dentro del rango histórico para este sector.

**Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

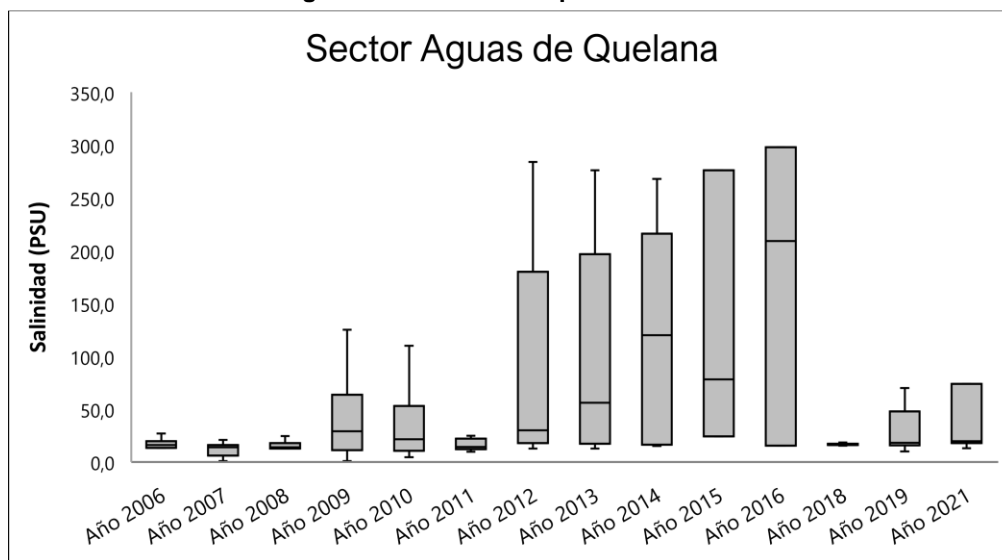
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	6	13,20	26,80	17,10	16,10	5,01	29,33

**Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-56. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 2006-2021), por su parte los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-50). Con relación a la comparación interanual, estadísticamente se presentaron

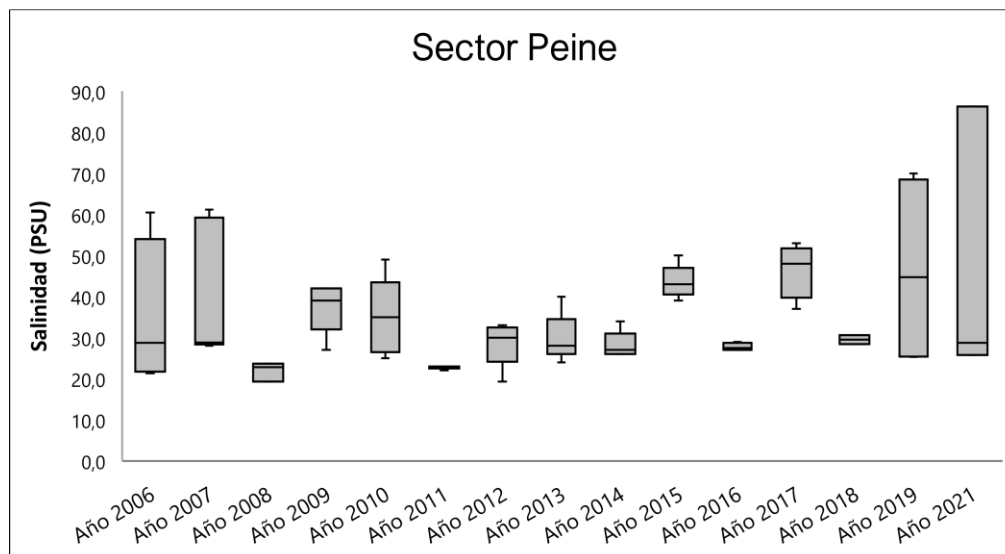
diferencias significativas entre el actual periodo respecto al año 2011 de monitoreo (KW= 31,42, g. l=15, p=0,005). Esta diferencia se debe a que el año 2011, presentó menores valores de salinidad. (Figura 6-57).

**Tabla 6-50. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad (PSU) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-57. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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), basado 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.

#### 6.7.1.5 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 (2006-2021), se observaron diferencias significativas en todos los sectores de estudio, presentando un rango de concentraciones amplio y que varió entre 0,50 mg/L (Aguas de Quelana, año 2014) y 13,90 mg/L (Aguas de Quelana, año 2008).

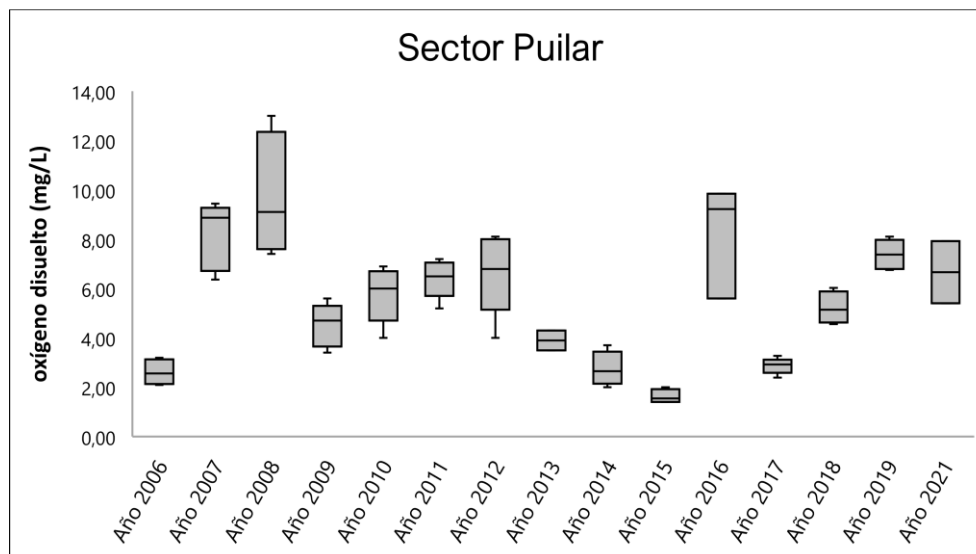
Respecto al sector de Puilar, las concentraciones de oxígeno disuelto medidas durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 1,40 y 13,00 mg/L (Tabla 6-51), además, los distintos coeficientes de variación medidos a lo largo del tiempo indican una alta heterogeneidad en los datos, mostrando que existe 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 ( $KW= 54,65$ ,  $g. l=15$ ,  $p<0,001$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) respecto a los años 2006, 2015 y 2018. El año 2021 presentó mayores concentraciones de Oxígeno que los años 2006, 2015 y 2018 (Figura 6-58). Estos resultados evidencian una oscilación interanual sin un patrón específico respecto a este parámetro.

**Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-58. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 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, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en las concentraciones de registrados en el sector (Tabla 6-52). La comparación entre el actual periodo y los distintos periodos de estudio indica la existencia de diferencias significativas ( $KW=37,54$ ,  $g. l=15$ ,  $p<0,001$ ), el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a los periodos 2007 y 2008 ya que, el año 2021, presentó en promedio menores valores de concentración de oxígeno que los años 2007 y 2008 (Figura 6-59). Todos los valores de oxígeno disuelto medidos durante el actual periodo de monitoreo estuvieron dentro del rango de valores históricos para este sector.

**Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

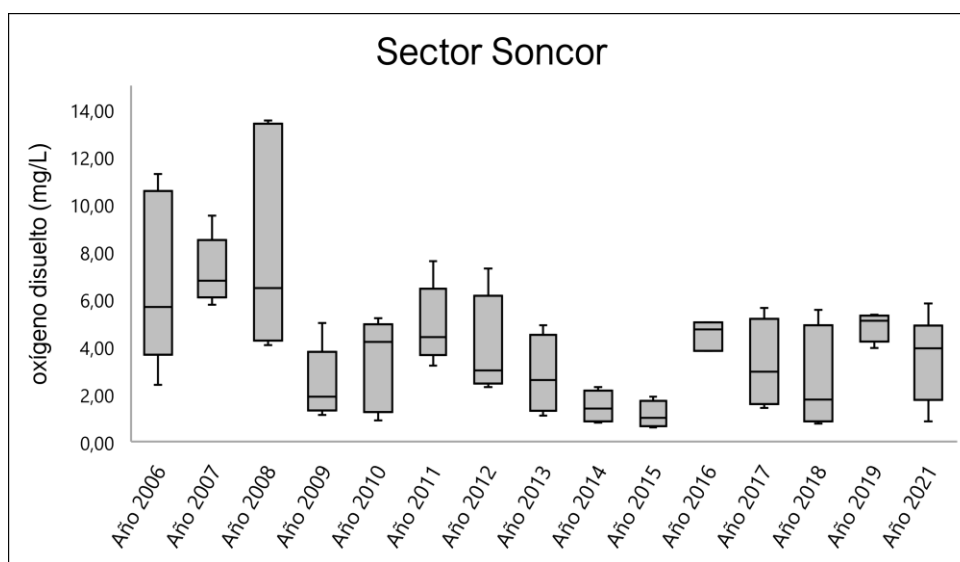
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2006	5	2,40	11,28	6,83	5,67	3,66	53,54
Año 2007	5	5,77	9,53	7,19	6,78	1,45	20,11
Año 2008	5	4,07	13,54	8,35	6,47	4,69	56,17
Año 2009	5	1,13	5,00	2,42	1,89	1,54	63,48
Año 2010	5	0,90	5,20	3,32	4,20	1,94	58,38
Año 2011	5	3,20	7,60	4,92	4,40	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

**Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-59. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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, al igual que en los anteriores sectores estudiados, indican alta heterogeneidad en los datos, indicando una alta variabilidad interanual en las concentraciones de oxígeno disuelto presente en la columna de agua registrados en el sector (Tabla 6-53). En complemento, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio para el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW=64,09$ , g.  $l=14$ ,  $p<0,001$ ). Los valores de oxígeno disueltos medidos el 2021 variaron respecto a los años 2007, 2008, 2013 y 2018. El actual periodo mostró en promedio menores valores de concentración de oxígeno disuelto respecto a los años mencionados (Figura 6-60). Cabe destacar que estas diferencias se detectaron solo con 4 periodos anteriores y que todos los valores de Oxígeno disuelto medidos durante el actual monitoreo (año 2021) se encuentran dentro del rango histórico.

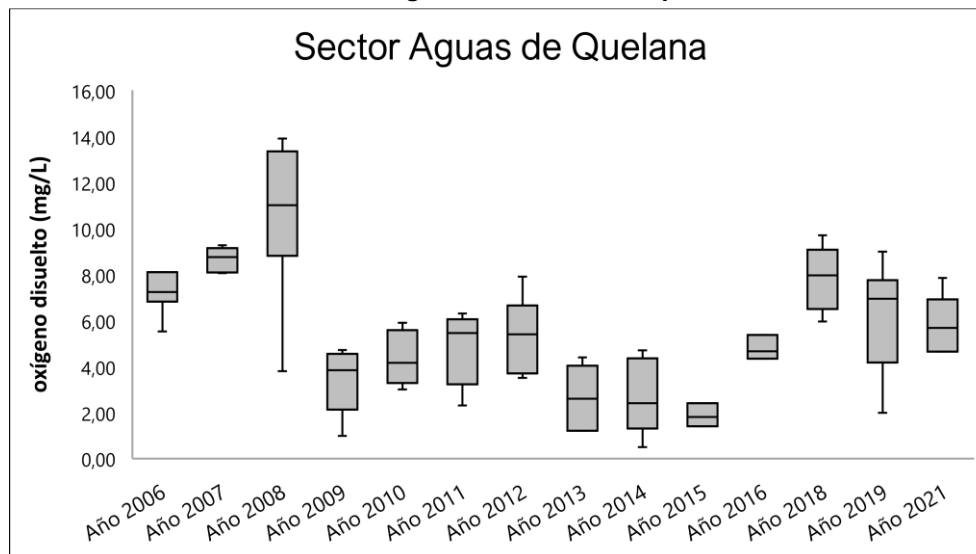


**Tabla 6-53. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-60. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

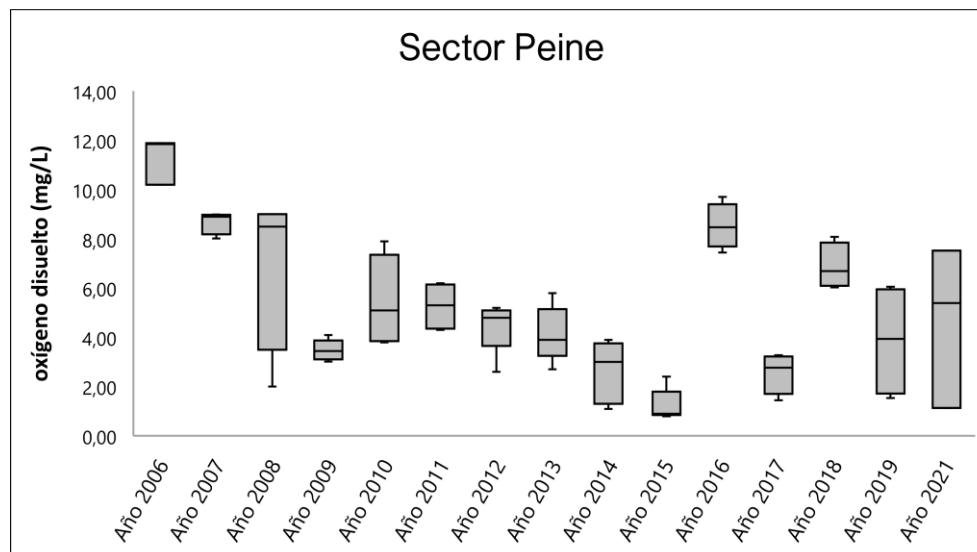
Finalmente, el oxígeno disuelto medido en el sector de Peine varió entre 0,80 y 11,89 mg/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), por su parte, los coeficientes de variación determinados para los distintos monitoreos indican alta variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-54). Con relación a la comparación estadística interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 48,11, g. l=15, p<0,001). Para el periodo de monitoreo 2021 en el sector de Peine los valores de oxígeno disuelto variaron significativamente respecto a los valores medidos el año 2007. El año 2021 presentó valores de concentración de oxígeno menores que los medidos el año 2007. (Figura 6-61). Al igual que en los otros sectores, los valores de oxígeno disuelto medidos en el sector de Peine durante el año 2021 estuvieron dentro del rango histórico de valores en este sector.

**Tabla 6-54. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto (mg/L) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-61. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

Como se mencionó 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 indicar que todos 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.

#### 6.7.1.6 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 diferencia 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.

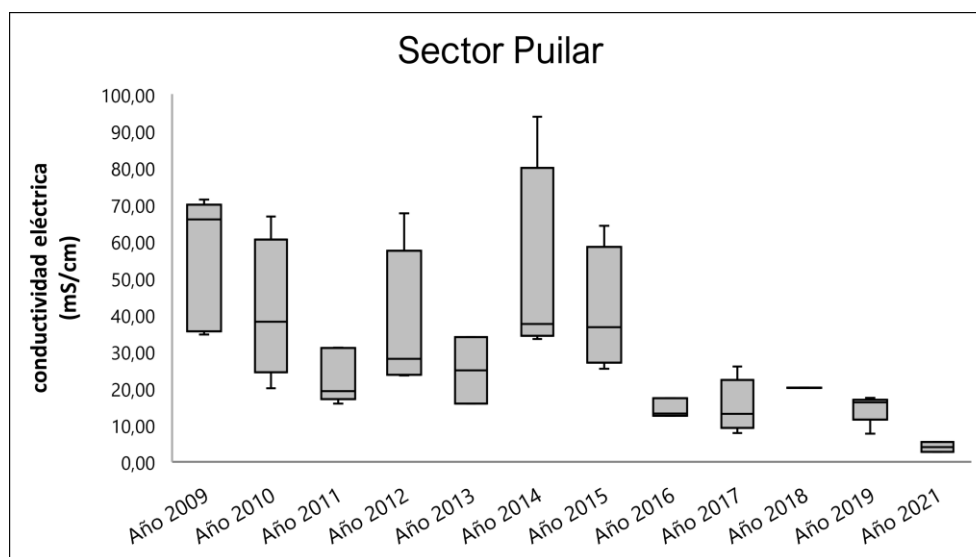
Respecto al sector de Puilar, la conductividad del sedimento determinada durante todo el periodo de monitoreo varió entre 2,63 y 93,80 mS/cm (Tabla 6-55) los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una variabilidad interanual en los valores 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= 37,52, g. l=12,  $p<0,001$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021), el cual varió respecto a los periodos 2009, 2010, 2011, 2012, 2017, 2018 y 2019. Los valores de conductividad fueron significativamente más bajos en el año 2021 respecto a los valores medidos en los periodos mencionados. (Figura 6-62). Todos los valores medidos durante el actual periodo fueron los menores valores registrados durante todos los periodos monitoreados dentro en este sector.

**Tabla 6-55. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-62. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Puilar. Campañas 2009 - 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 6-56). La comparación entre los distintos periodos de monitoreo en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas ( $KW= 45,78$ ,  $g. l=12$ ,  $p <0,001$ ), el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió respecto a todos los demás periodos prospectados exceptuando los años 2017 y 2019. Los valores de conductividad del año 2021 fueron menores respecto a los periodos anteriores (Figura 6-63). Todos los valores medidos durante el actual periodo estuvieron dentro del rango histórico en este sector.

**Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

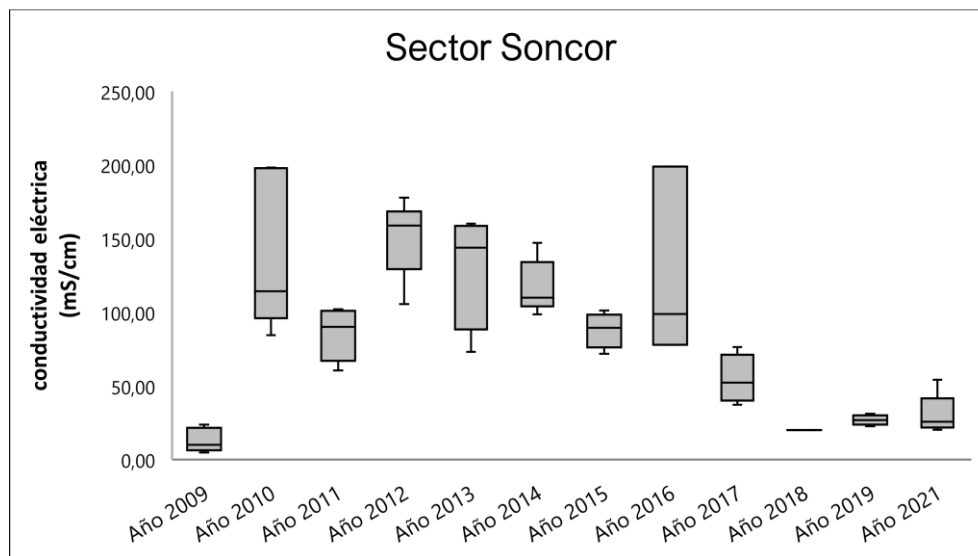
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	4,90	23,70	13,18	10,00	8,07	61,24
Año 2010	5	84,50	198,20	140,32	114,20	53,61	38,21
Año 2011	5	60,40	102,00	85,22	90,00	17,83	20,92
Año 2012	5	105,50	177,90	150,82	158,80	27,02	17,91
Año 2013	4	73,10	160,20	130,23	143,80	39,71	30,49
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

**Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
---------	---	--------	--------	-------	---------	------------	------------

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-63. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 oscilaron 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 del sector (Tabla 6-57). Por su parte, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW= 27,21$ ,  $g. l=12$ ,  $p= 0,004$ ). Las principales diferencias estuvieron dadas entre el actual periodo respecto a los años 2015 y 2016. Los valores de conductividad eléctrica del sedimento medidos durante el actual año 2021 fueron menores respecto a los detectados en los periodos mencionados (Figura 6-64). Todos los valores medidos durante el actual periodo estuvieron dentro del rango histórico en este sector.

**Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

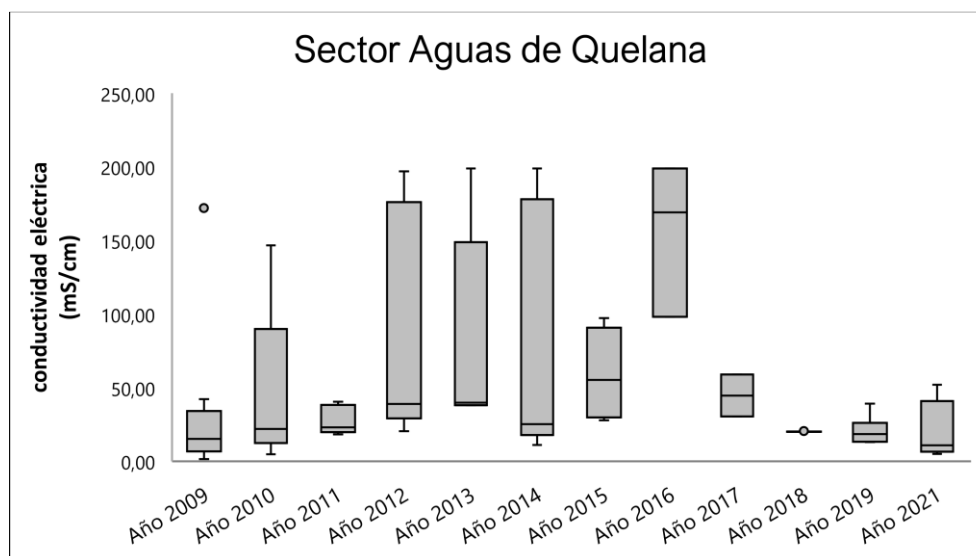
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	10	1,50	172,00	32,72	15,25	50,59	154,64
Año 2010	10	4,70	146,60	46,44	22,00	50,61	108,99
Año 2011	8	18,20	170,00	43,23	23,00	51,76	119,75
Año 2012	5	20,40	197,00	89,86	38,90	80,36	89,43
Año 2013	6	38,00	199,00	81,15	39,80	68,72	84,68
Año 2014	5	11,10	199,00	83,34	25,20	87,86	105,42

**Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-64. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2009 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

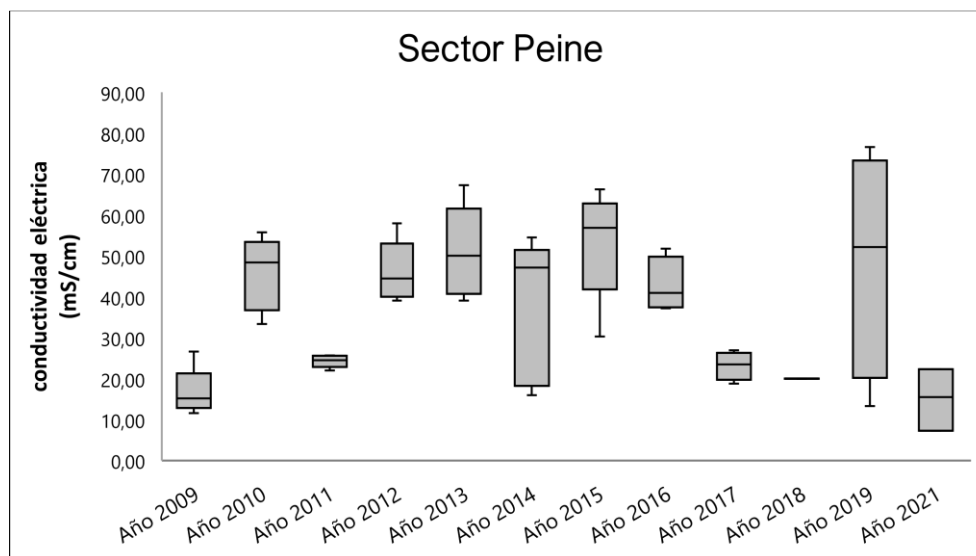
Por último, la conductividad del sedimento en el sector de Peine varió entre 7,28 y 76,58 mS/cm durante todo el periodo de monitoreo (años 2009-2021) y los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-58). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo ( $KW= 33,45$ , g.  $l=12$ ,  $<=0,001$ ). El periodo de monitoreo 2021 varió respecto a los años 2010, 2012, 2013 y 2015, donde los valores medidos de conductividad eléctrica del sedimento fueron menores que en el año 2021 (Figura 6-65). Cabe indicar que, la mayoría de 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 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-65. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Peine. Campañas 2009 - 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

6.7.1.7 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 todos los



sectores monitoreado, con excepción del sector Aguas de Quelana donde no se detectó una variación temporal significativa.

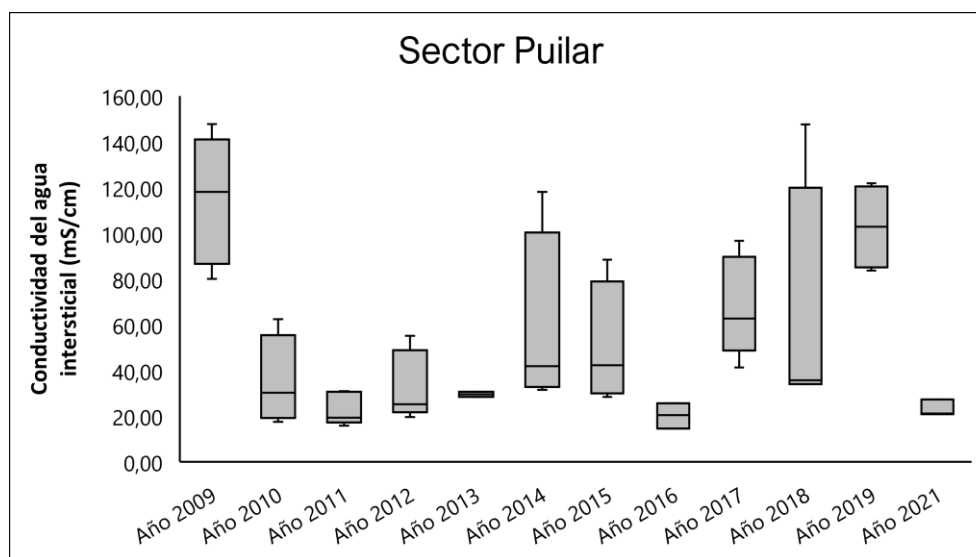
Respecto al sector de Puilar, la conductividad del agua intersticial medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 14,50 y 147,70 mS/cm (Tabla 6-59), los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual 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 ( $KW=31,91$ ,  $g.l=12$ ,  $pz0,001$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) 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 2021 (Figura 6-66).

**Tabla 6-59. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-66. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Puilar. Campañas 2009 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 heterogeneidad en los datos, mostrando una variabilidad interanual en valores de conductividad del agua intersticial registrados en el sector (Tabla 6-60). 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 ( $KW=29,55$  g.  $l=12$ ,  $p=0,002$ ). Los valores de conductividad eléctrica del agua intersticial medidos el año 2021 variaron significativamente respecto a los medidos los años 2009 y 2017. Los valores de conductividad fueron más bajos en el año 2009, respecto al periodo actual (año 2021) mientras que en el año 2017 los valores medidos fueron mayores que los determinados durante el actual año 2021. (Figura 6-67). Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

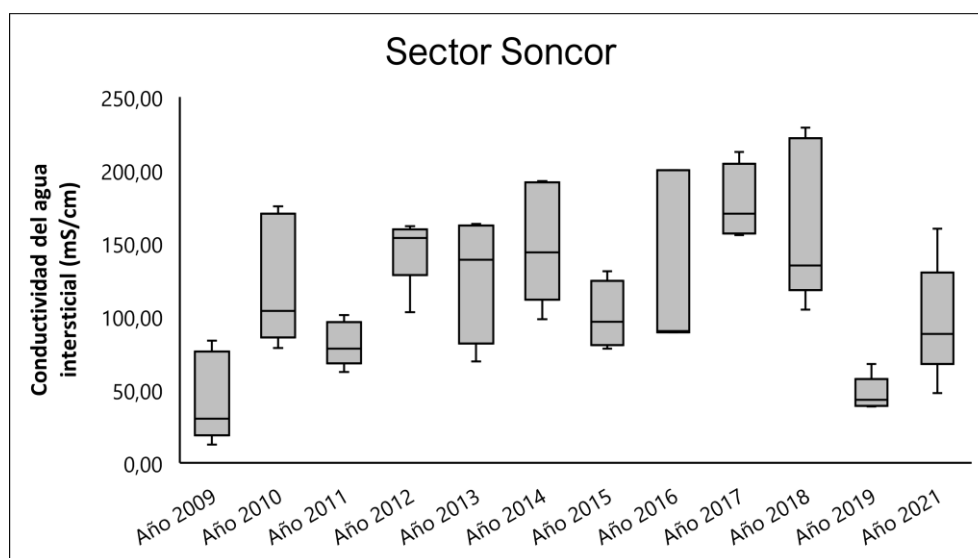
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	5	12,30	83,50	43,90	30,10	30,44	69,35
Año 2010	5	78,40	175,10	123,08	103,70	44,08	35,81
Año 2011	5	62,00	101,00	81,12	78,00	15,20	18,74
Año 2012	5	102,80	161,60	145,76	153,50	24,25	16,64
Año 2013	4	69,20	163,20	127,43	138,65	43,81	34,38
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

**Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2019	4	83,54	121,80	102,71	102,75	19,14	18,64
Año 2020	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	5	47,46	159,90	96,61	87,97	40,59	42,01

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-67. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Soncor. Campañas 2009 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 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 y 2019 respecto a los otros periodos de monitoreo, sin embargo, en su mayoría los valores medidos indican que existe una baja variabilidad interanual en los valores de conductividad registrados en el sector (Tabla 6-61). 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=16,90, g. l=12, p=0,111) (Figura 6-68). Cabe indicar que los valores de conductividad del agua intersticial medidos durante el actual periodo (año 2021), estuvieron dentro del rango histórico medido en este sector del Salar de Atacama. Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

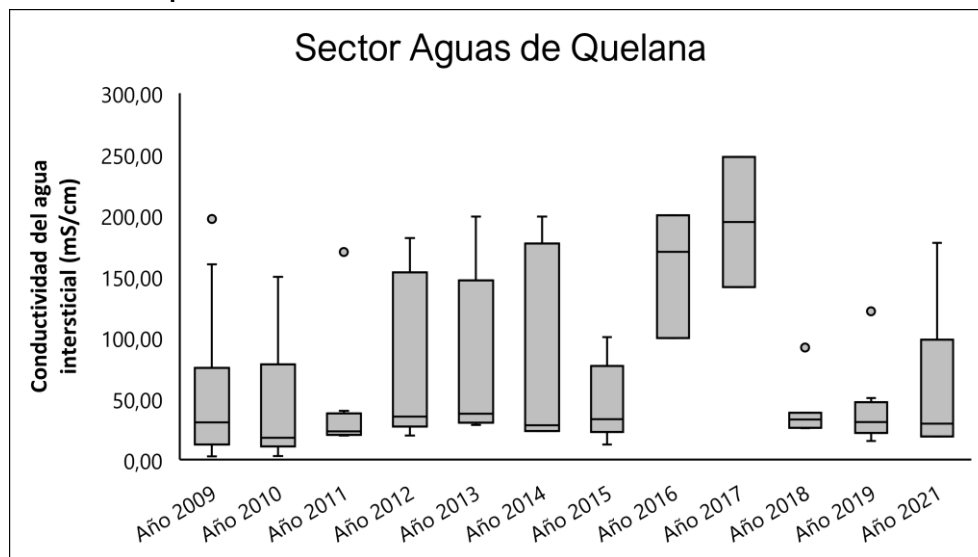
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
Año 2009	10	2,60	197,00	54,57	30,35	67,01	122,79

**Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var.
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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-68. 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– 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 2009-2021), 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 6-62). Sin embargo, a pesar de esta baja heterogeneidad, desde un punto de vista estadístico la comparación interanual presentó diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo ( $KW= 36,05$ ;  $g. l=10$ ,  $p$

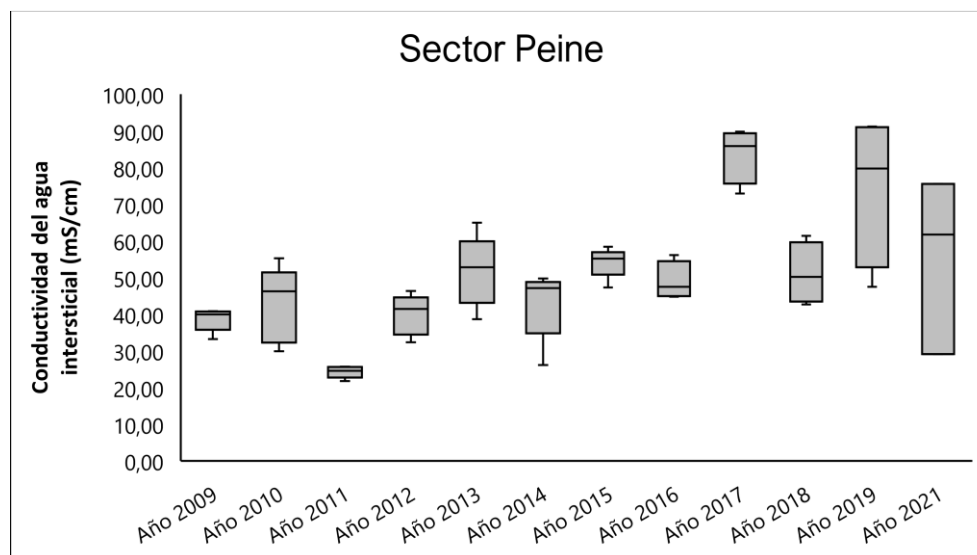
<0,0001). Para el periodo de monitoreo 2021, en el sector de Peine los valores de conductividad del agua intersticial medidos variaron respecto a los valores medidos el año 2011. El año 2021, presentó valores de conductividad más altos que el año 2011. (Figura 6-69). Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-62. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del Agua intersticial (mS/cm) registrados entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

Periodo	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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): 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 Peine. Campañas 2009 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

#### 6.7.1.8 Consideraciones

Todos los sistemas muestreados presentaron en 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 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.

### 6.7.2 Medio Biótico

Los principales resultados obtenidos de los análisis comparativos para el medio biótico se presentan desde la Tabla 6-63 a la Tabla 6-102 y Figura 6-70 a la Figura 6-109.

#### 6.7.2.1 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 los distintos sectores monitoreados en el salar de Atacama.

Los valores de clorofila-a a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), han variado entre valores cercanos a 0 y 264,00 µg/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 Puilar, la clorofila-a planctónica medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 0,00 y 41,00 µg/L. (Tabla 6-63) 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 Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=31,45$ ;  $g. l=15$ ,  $p=0,002$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual varió significativamente en sus

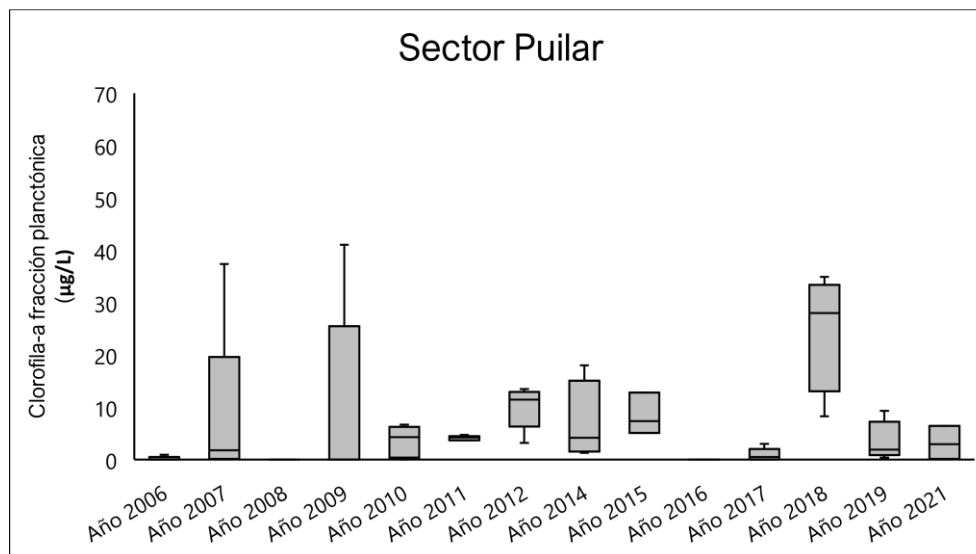
concentraciones de clorofila-a planctónica respecto a las medidas durante los años 2006 y 2008. En general, los valores de clorofila-a planctónica medidos el año 2021 fueron mayores que los valores medidos los años 2006 y 2008 (Figura 6-70). Cabe indicar que todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2021 se encontraron dentro del rango histórico de valores observado en este sector de Salar de Atacama. Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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	0,11	6,41	3,16	2,97	3,15	99,72

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-70. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 µg/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 6-64). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=43,73, g. l=15, p <0,001). Estas diferencias indican que el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a años 2006-2008-2012-2016 y 2019. Las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas el año 2021 fueron mayores que las determinadas los años 2006-2008 y 2012 pero fueron menores que las determinadas los años 2016 y 2019. Por su parte, todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2021 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama. Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

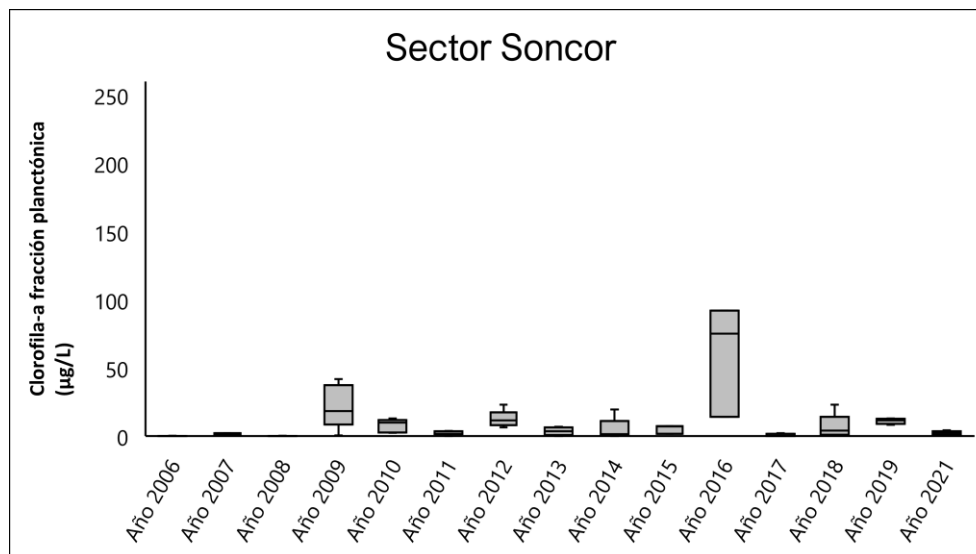
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0070	0,0360	0,0156	0,0120	0,0116	74,5632
Año 2007	5	1,0680	2,1360	1,5486	1,3350	0,5472	35,3343
Año 2008	5	0,0100	0,0427	0,0167	0,0100	0,0146	87,2889
Año 2009	5	0,3000	41,6000	21,8400	18,2000	15,9312	72,9450
Año 2010	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	0,42	4,04	2,22	2,32	1,41	63,37

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-71. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

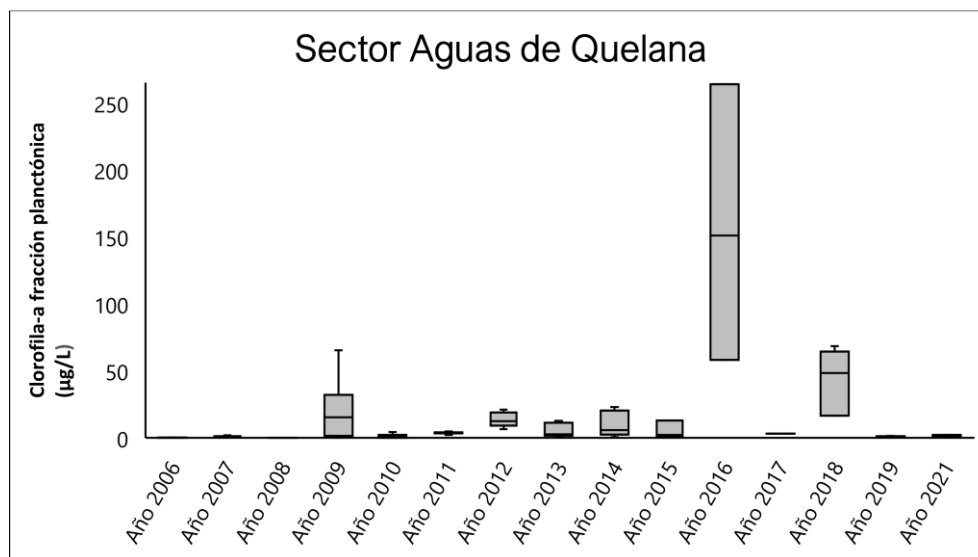
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las concentraciones de clorofila-a variaron entre 0,00 y 264,00 µg/L, al igual que lo detectado en Puillar y Soncor los distintos coeficientes de variación determinados en las diferentes campañas de monitoreo revelan una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe variabilidad interanual en los datos de clorofila-a planctónica registrados en el sector (Tabla 6-65). 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 ( $KW=70,42$ ,  $g. l=14$ ,  $p<0,001$ ). La concentración de clorofila-a planctónica determinada en el actual periodo 2021 varió respecto a los valores determinados durante los años 2006- 2008-2012, 2016 y 2018. Al igual que lo detectado en Soncor, los valores de clorofila medidos el año 2021 fueron mayores que las determinadas los años 2006-2008 y 2012 pero fueron menores que las determinadas los años 2016 y 2018. Por su parte, todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2021 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama. (Figura 6-72). Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-65. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (ug/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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
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	0,27	32,64	5,50	0,97	11,98	217,68

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-72. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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.

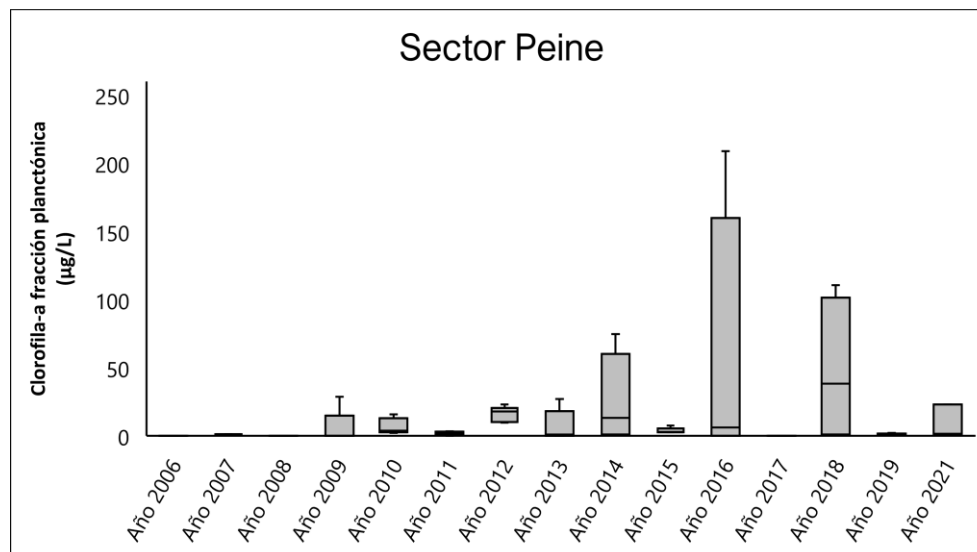
Finalmente, la concentración de la clorofila-a planctónica medida en el sector de Peine varió entre 0,00 y 209,00 µg/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-66). 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 ( $KW= 27,96$ ,  $g.l=15$ ,  $p=0,009$ ). Las principales diferencias se presentaron para el actual periodo, el cual varió respecto a los años 2006-2007 y 2012. Los valores de clorofila medidos el año 2021 fueron más altos que los valores medidos los años 2006-2007 y 2012 (Figura 6-73). Por su parte, todas las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas en la actual campaña de monitoreo 2021 se encontraron dentro del rango histórico de valores en este sector de Salar de Atacama. Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-66. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica (µg/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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	12,3900	145,8000

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-73. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 reiterar 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.

#### 6.7.2.2 Clorofila-a de la Fracción Bentónica

En relación con la clorofila-a presente en la fracción bentónica, el análisis interanual histórico de las concentraciones 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 2006-2021), han variado entre valores cercanos a 0,00 y 330,14 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 Soncor el año 2008.

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 2006-2021) variaron entre 2,8 y 7,43 mg/m<sup>2</sup> (Tabla 6-67) 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=47,03, g. l=14, p<0,001), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual varió significativamente respecto a los años 2008 y 2019. Los valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos los años 2008 y 2019 fueron más altos que los determinados en el actual periodo (Figura 6-74). 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

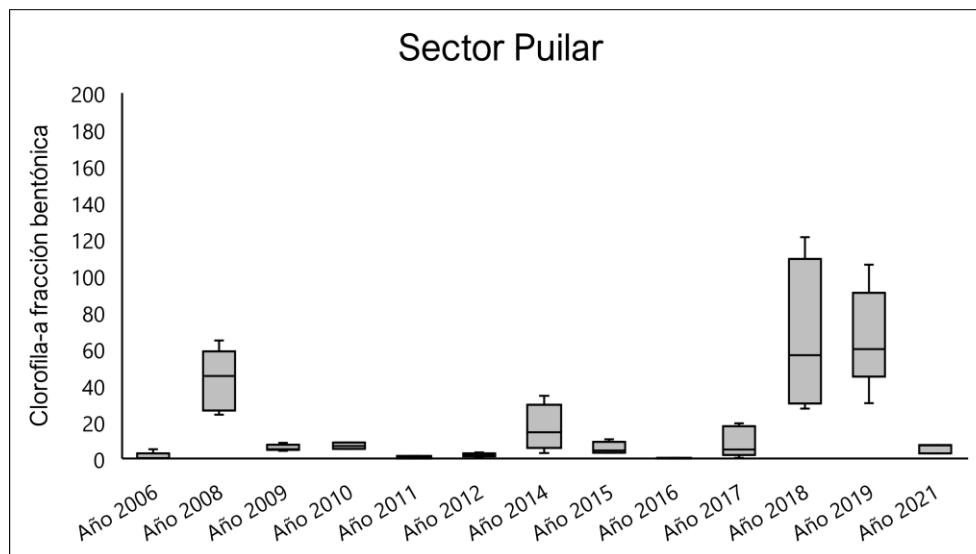
sistemas hidrológicos (Wetzel, 2001). Además, Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-67. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m2) registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-74. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 330,14 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 6-68). La comparación estadística realizada entre los distintos periodos de estudio para el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=31,52, g. l=13, p=0,003), los valores de clorofila-a bentónica medidos durante el actual periodo de monitoreo (año 2021) variaron significativamente respecto a los medidos los años 2006-2008-2018 y 2019. Las concentraciones de clorofila-a bentónica, medidas el año 2021 fueron mayores que las registradas el año 2006 pero fueron menores que las registradas durante el periodo 2008-2018 y 2019 (Figura 6-75). Finalmente, Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-68. 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.**

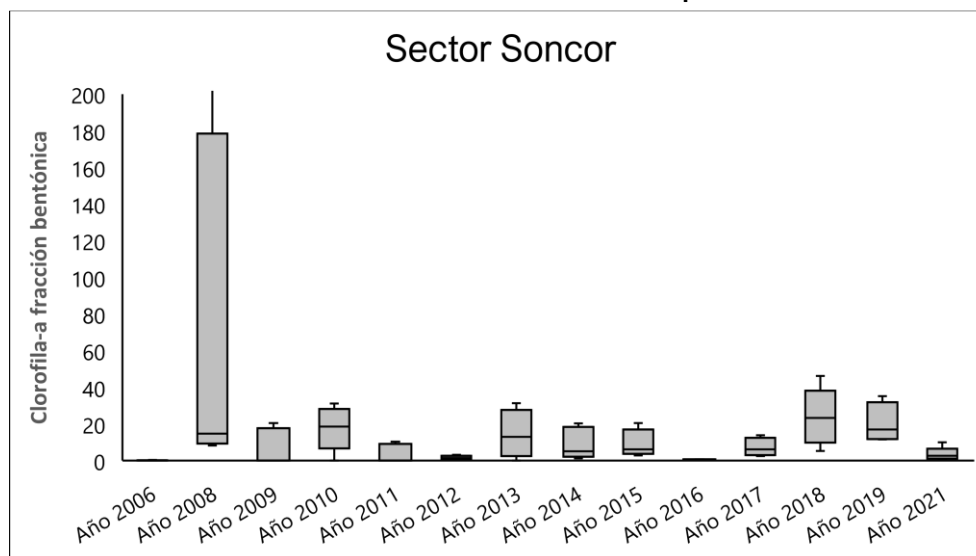
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,0580	0,3050	0,1178	0,0790	0,1051	89,2299
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	5	8,2997	330,1420	78,0168	14,7549	141,1252	180,8908
Año 2009	5	0,0000	20,4000	7,1000	0,0000	9,9010	139,4508
Año 2010	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
Año 2014	5	1,3000	20,3600	9,1960	5,0600	8,5768	93,2665

**Tabla 6-68. 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 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

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-75. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

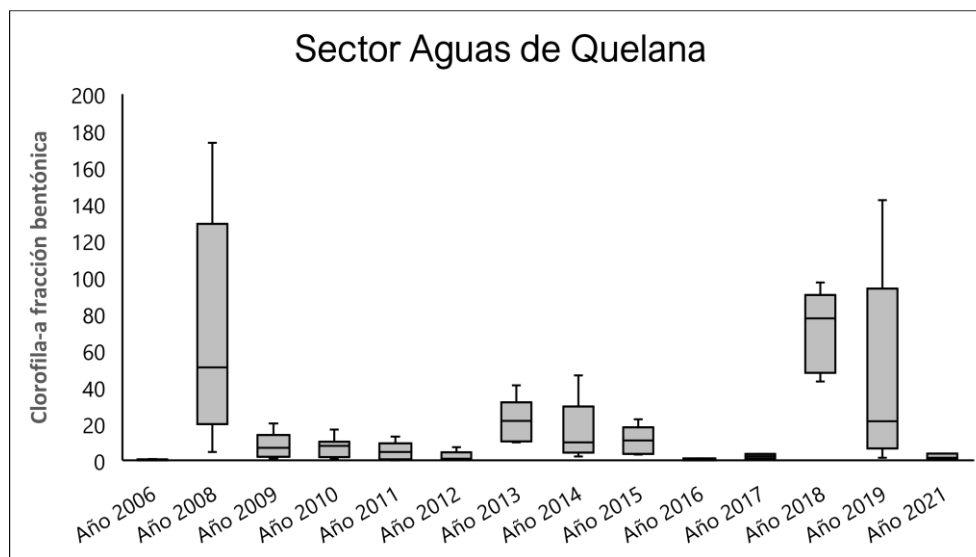
Para el sector Aguas de Quelana, el rango de valores de concentración de clorofila-a bentónica varió entre 0,00 y 173,77 mg/m<sup>2</sup>. Los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de concentración de clorofila-a bentónica registrados en el sector (Tabla 6-69). La comparación estadística realizada entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican la existencia de diferencias significativas (KW=62,43,94, g. l=13, p<0,001). Los valores de clorofila-a determinados durante el actual periodo de monitoreo (año 2021) variaron respecto a los periodos 2006-2008-2009-2013-2014-2018 y 2019. En general, los valores registrados durante el año 2021 fueron más bajos que los registrados en los otros periodos (Figura 6-76). Cabe destacar que Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**Tabla 6-69. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica (mg/m2) registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-76. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.



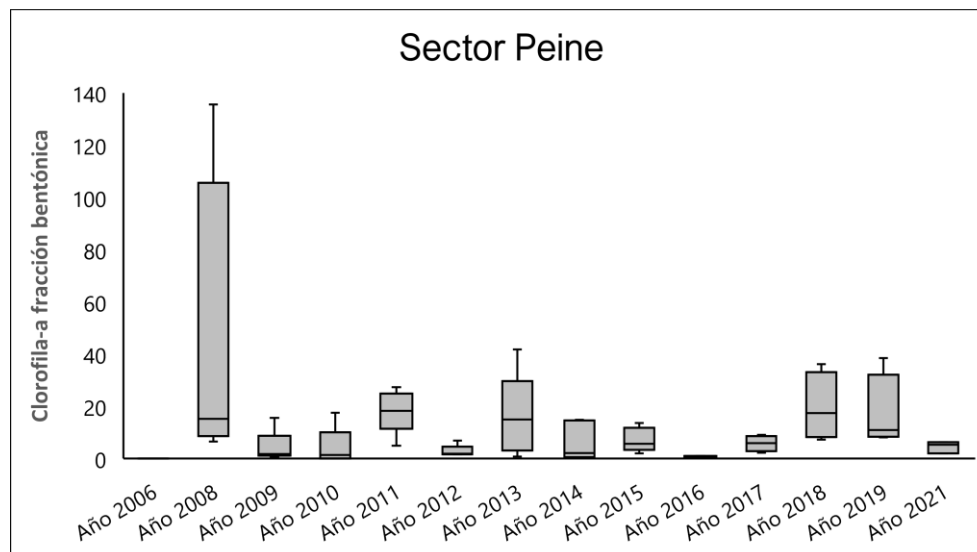
Finalmente, el rango de valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine varió entre 0,00 y 135,56 mg/m<sup>2</sup> durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021). Los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican como tendencia general una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-70). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con el año 2006 (KW= 35,76, g. l=14, p<0,001). El periodo de monitoreo 2021 varió respecto al año 2006 debido a que los valores de clorofila-a bentónica medidos este periodo fueron mayores a los medidos en el año 2006 (Figura 6-77). 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). Todos los valores medidos en este sector se encontraron dentro del rango históricos para este parámetro.

**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 - 20219 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

Fuente: AquaExpert, 2021, (-): Año sin datos.

**Figura 6-77. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 2006-2021), 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 inter-sectores 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 tanto en Peine como en los otros sitios prospectados del Salar de Atacama.

#### 6.7.2.3 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 Puillar, los valores de abundancia total medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 400.000 cél/l (Tabla 6-71) 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 Puillar indican la existencia de diferencias significativas (KW=41,64, g. l=15, p=0,031), las principales diferencias registradas se detectaron entre el año 2021 y los periodos 2008-

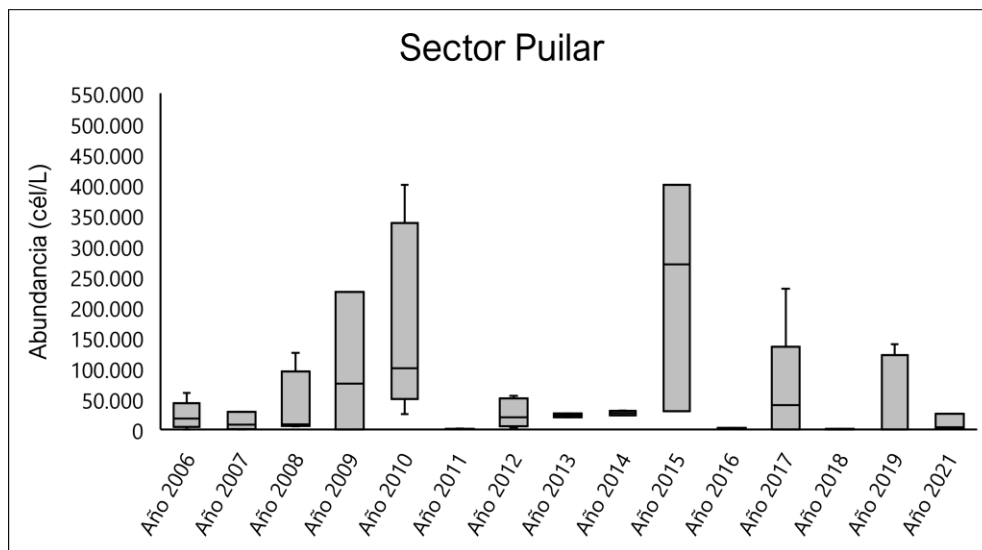
2010 y 2012. Las abundancias detectadas durante el actual periodo fueron menores que las determinadas los años mencionados (Figura 6-78). Cabe indicar que las abundancias detectadas durante el año 2021 se encuentran dentro del rango histórico detectado para este sector.

**Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-78. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 2006-2019) 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 abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-72). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indica la existencia de diferencias significativas ( $KW=40,41$ ,  $g.l.=13$ ,  $p<0,001$ ), ya que el actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a los años 2006-2007-2008-2011-2013-2014-2015 y 2017. Los valores de abundancia total de microalgas planctónicas detectados el año 2021 fueron en promedio menores que los periodos 2013, 2014, 2015 pero presentó mayores valores de abundancia que las determinadas los años 2006, 2007 y 2008. Cabe indicar que el año 2009 fue el periodo que presentó significativamente las mayores abundancias de organismos fitoplanctónicos en el sector (Figura 6-79) debido posiblemente a a presencias de Bloom algales (proliferación masiva de microalgas).

**Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

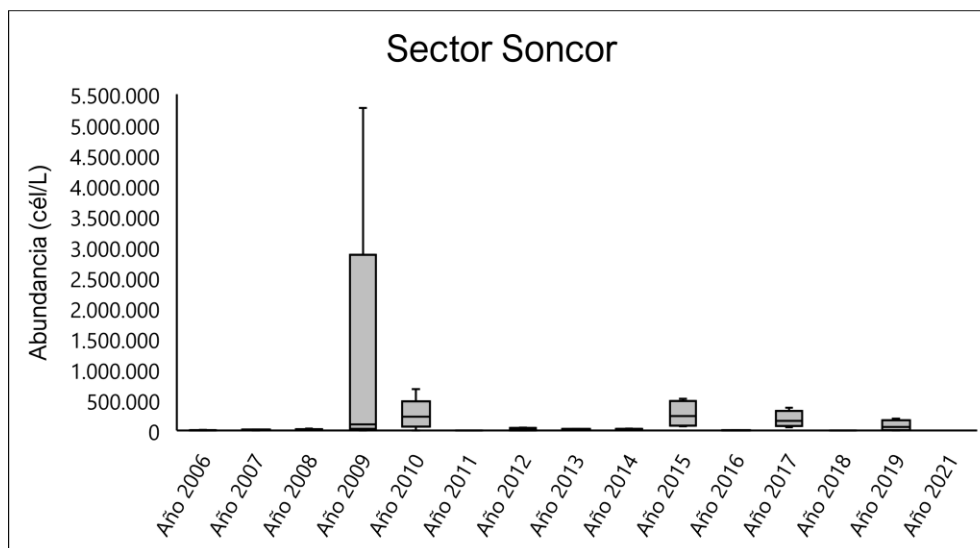
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	183,0	8.895,0	3.827,8	3.659,0	3.402,4	88,9
Año 2007	5	543,0	15.441,0	8.109,0	5.100,0	6.573,4	81,1
Año 2008	5	5.883,0	29.130,0	12.544,8	9.285,0	9.433,4	75,2
Año 2009	5	0,0	5.275.000,0	1.180.000,0	100.000,0	2.296.832,1	194,6
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

**Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-79. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: AquaExpert, 2021. 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 células/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 6-73). 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 ( $KW=72,87$ ,  $g. l=13$ ,  $p<0,001$ ). Cabe indicar que los valores de abundancia total determinados durante el periodo 2021 no presentaron diferencias significativas con respecto a los años anteriores, encontrándose dentro de los rangos detectados. (Figura 6-80). Sin embargo, las diferencias significativas fueron principalmente detectadas entre los años 2009-2010 y 2015 que fueron los periodos que presentaron una mayor abundancia respecto al resto de los periodos monitoreados. 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

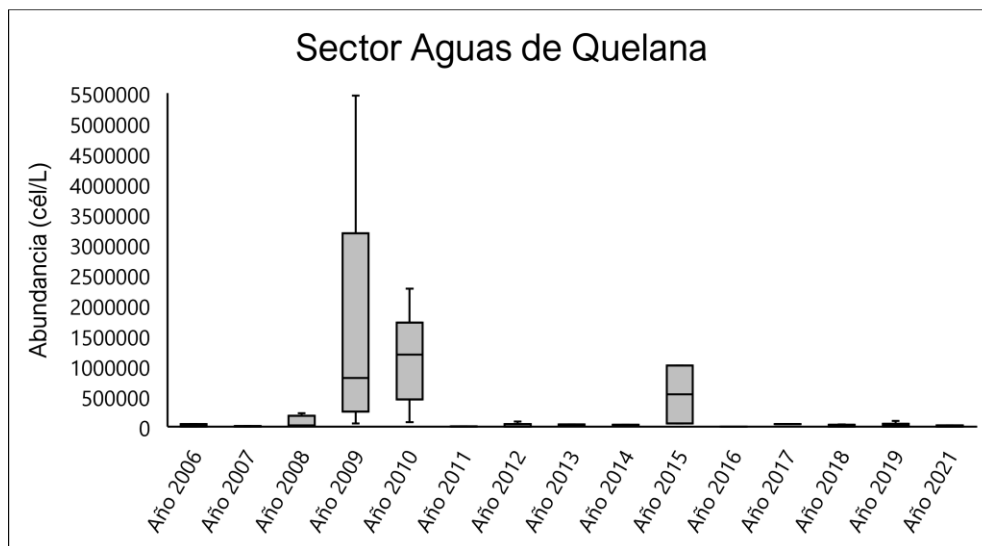
históricamente ha presentado, las que son propias de su dinámica y que fueron descritas en la línea de base del proyecto, encontrándose en numerosas ocasiones varias de sus estaciones de muestreo sin agua superficial suficiente para el muestreo.

**Tabla 6-73. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-80. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 células/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021). 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 6-74). Con relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo ( $KW= 51,19$ ,  $g. l=13$ ,  $p<0,001$ ). Los valores de abundancia total de microalgas planctónicas medidos durante el periodo de monitoreo 2021 variaron significativamente respecto a los valores detectados los años 2009-2010-2011-2012-2013-2014 y 2015. Las abundancias detectadas durante el año 2021 fueron menores que las detectadas en los periodos mencionados. Al igual que lo detectado en los otros tres sectores del Salar de Atacama, el periodo de monitoreo correspondiente al año 2009, fue el periodo que presentó los mayores niveles de abundancia en el sector de Peine (Figura 6-81). Por su parte, cabe señalar que, respecto al rango de valores de abundancia total de microalgas planctónicas medido durante todo el periodo de monitoreo, los valores detectados en el actual monitoreo (año 2021) se encuentran dentro de este rango.

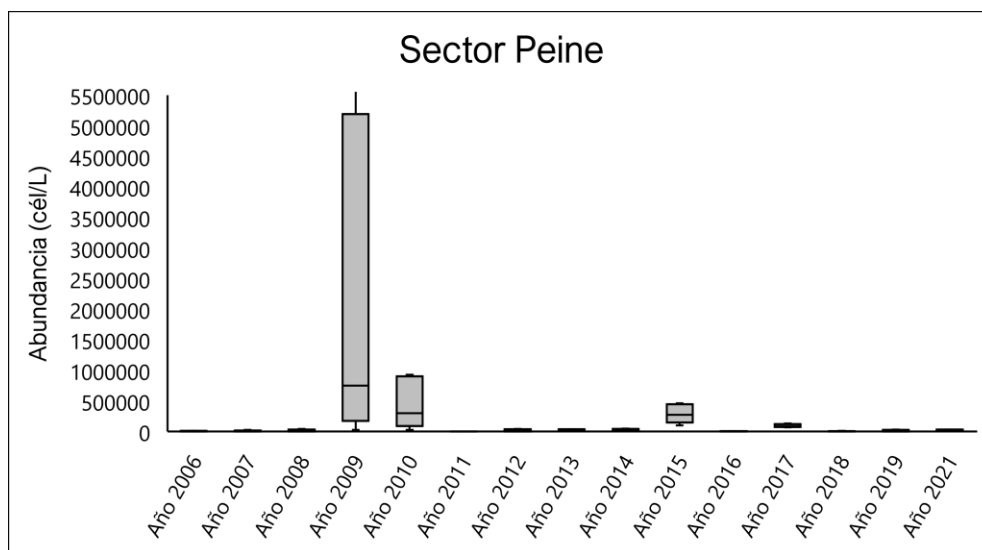
Al analizar los datos históricos, se puede evidenciar que existe un patrón con una tendencia a una moderada baja en la abundancia de microalgas planctónicas. Sin embargo, a pesar de esta tendencia, el periodo de monitoreo de 2009 presentó la mayor abundancia histórica en el sector, siendo este un periodo atípico respecto al resto de los periodos monitoreado. Esta alta abundancia 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 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitoplancton (cél/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-81. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia.

- Riqueza



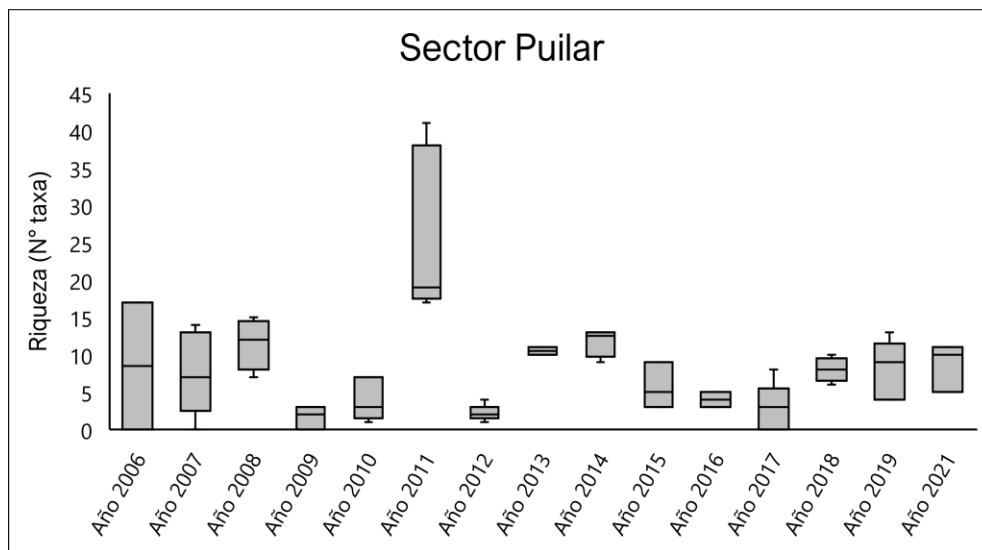
Respecto a la riqueza del fitoplancton, para el sector de Puilar, los valores de riqueza total medidos durante todo el periodo de monitoreo han variado entre 0 y 41 taxa (Tabla 6-75) de la misma manera que lo detectado con la abundancia, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad 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 Puilar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=41,61$ , g.  $l=15$ ,  $p<0,001$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual varió significativamente respecto a los años 2009-2011 y 2012. La riqueza del fitoplancton fue mayor durante el año 2021, respecto a los años 2009-2011 y 2012. (Figura 6-82). 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 2021) se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

**Tabla 6-75. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-82. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 6-76). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=, g.l.=15, p<0,001), el actual periodo de monitoreo (año 2021), varió significativamente respecto al año 2012. Los niveles de riqueza del fitoplancton detectados durante el año 2021 fueron mayores que los periodos mencionados anteriormente. (Figura 6-83). 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 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

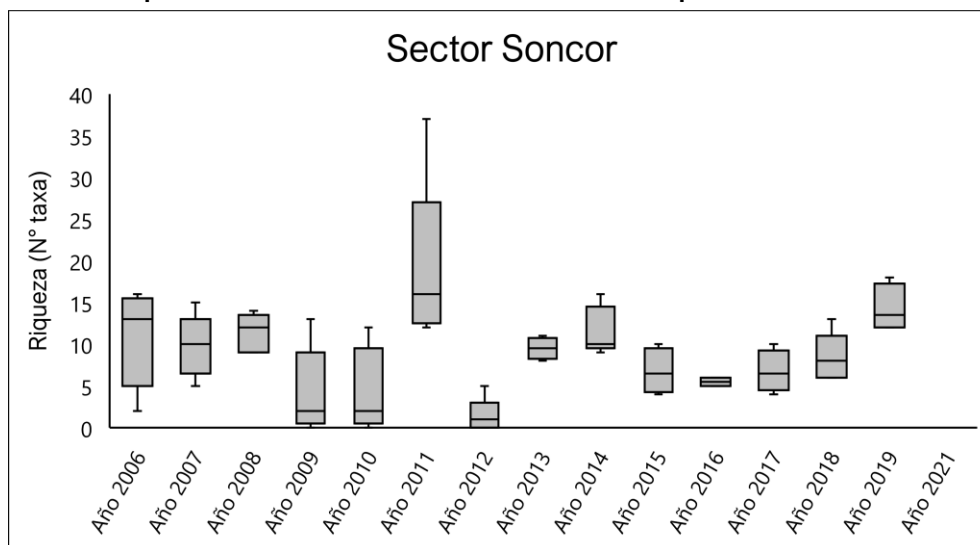
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	2	16	11	13	5,8	53,8
Año 2007	5	5	15	10	10	3,7	37,8
Año 2008	5	9	14	11	12	2,3	20,2
Año 2009	5	0	13	4	2	5,3	125,3
Año 2010	5	0	12	4	2	5,0	114,3
Año 2011	5	12	37	19	16	10,3	54,1
Año 2012	5	0	5	1	1	2,1	148,1
Año 2013	4	8	11	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

**Tabla 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-83. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

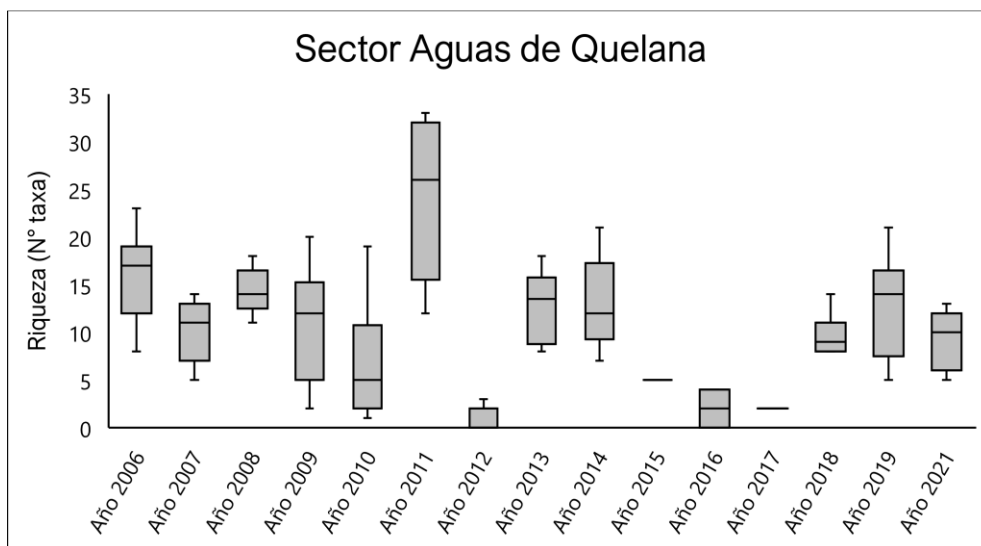
El sector Aguas de Quelana por su parte, presentó un rango de riqueza que ha variado entre 0 y 33 taxa a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), además, los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, señalando la existencia de una gran variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector (Tabla 6-77). La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=49,07, g.l.=12, p<0,001). 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 2021 fue menor que la medida los años 2006-2008-2011 y 2012 pero fue mayor que la medida el año 2016 (Figura 6-84). 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 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitoplancton registradas entre los años 2006 - 2021 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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-84. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

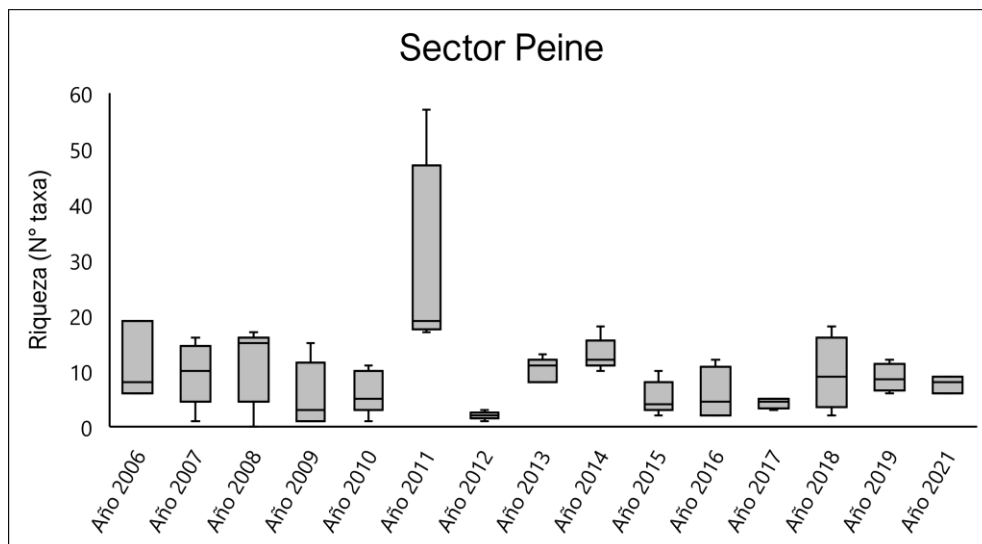
Finalmente, la riqueza de taxa medida en el sector de Peine durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021) ha variado entre 0 y 57 taxa y los coeficientes de variación determinados durante todos los periodos de estudio indican una leve variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros y muestran una heterogeneidad interanual en los niveles de riqueza en este sector (Tabla 6-78). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo ( $KW= 33,41$ ,  $g.l.=15$ ,  $p=0,002$ ). El año 2021 varió respecto a los años 2011-2012 y 2014 (Figura 6-85). La riqueza medida el año 2021 fue significativamente menor que la del año 2011 y mayor que las medidas los años 2012 y 2014. Además, los valores detectados en la actual campaña se encuentran 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 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-85. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

6.7.2.4 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 Puillar, 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 Puillar indican la existencia de diferencias significativas (KW=34,39, g.l.=13, p=0,002), cabe indicar que el año 2021, no presentó diferencias significativas con el resto de los años. (Figura 6-86). 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 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puillar.**

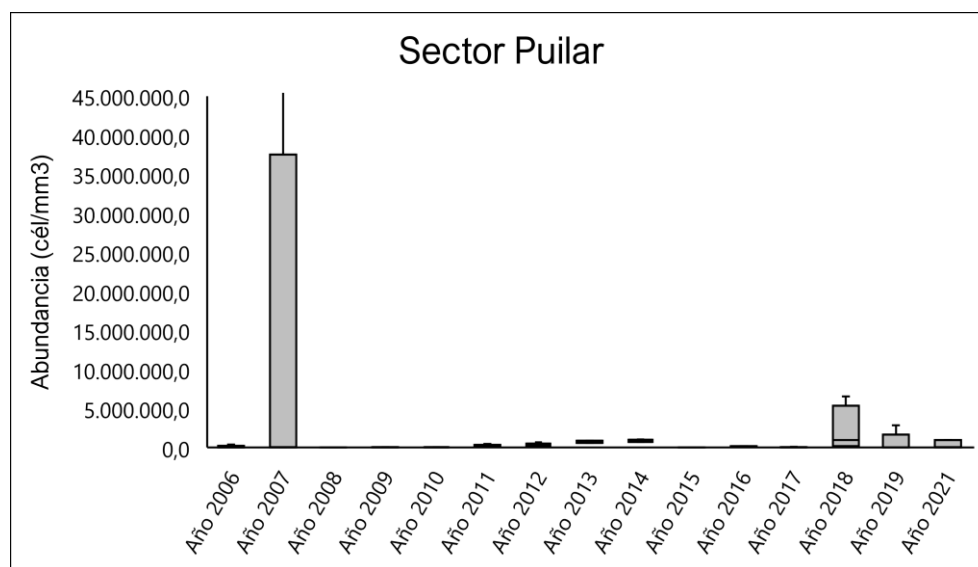
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	303,0	380.621,0	92.523,6	13.686,0	162.733,6	175,9
Año 2007	5	0,0	74.543.000,0	15.025.600,0	71.000,0	33.271.928,1	221,4

**Tabla 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-86. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 8.357.005 células/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 6-80). 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 ( $KW=42,48$ , g.  $l=15$ ,  $p<0,001$ ). El actual periodo de monitoreo (año 2021), presentó diferencias significativas con el año 2008. Cabe señalar que las abundancias detectadas el año 2021, corresponden a unas de las mayores abundancias detectadas para este sector (Figura 6-87). Cabe indicar que durante el actual periodo se detectó un Bloom algal (proliferación masiva de microalgas) que podría posiblemente estar relacionada con el aumento de algún nutriente.

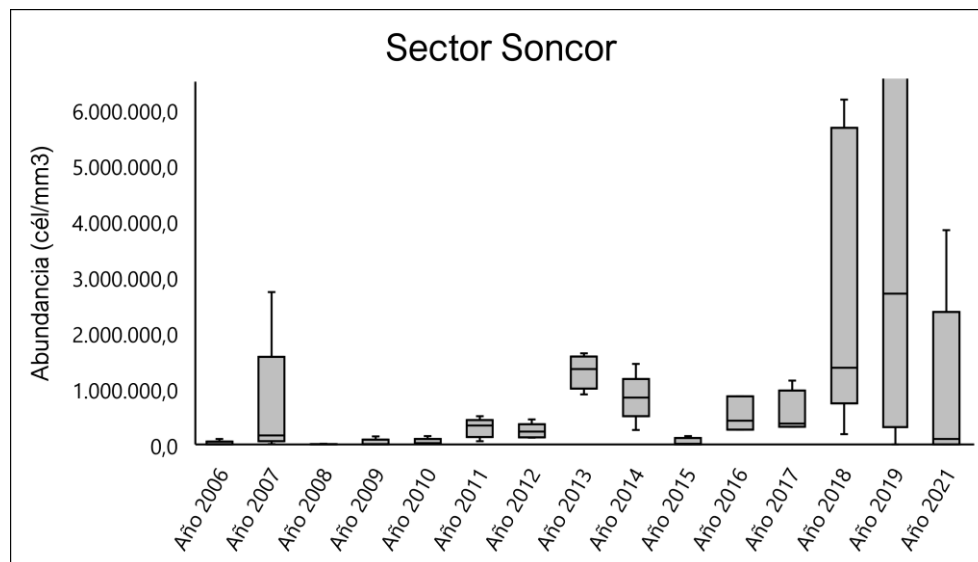
**Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Soncor**

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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo



**Figura 6-87. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

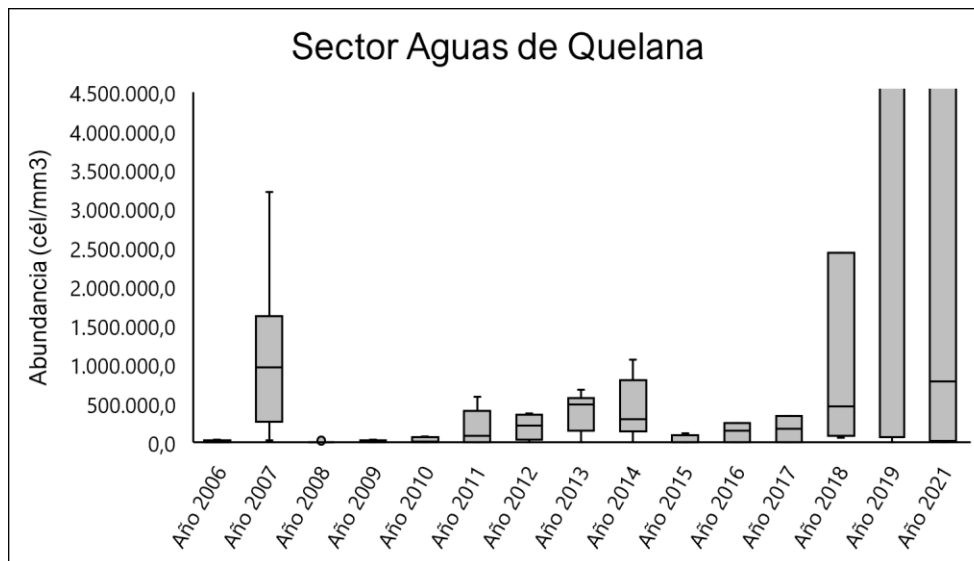
Para el sector Aguas de Quelana, las abundancias variaron entre 0 y 28.547.646  $\text{cél}/\text{cm}^3$ , los distintos coeficientes de variación indican una amplia heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los valores de abundancia total de microalgas bentónicas registrados en el sector (Tabla 6-81). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW=59,68$ , g.  $I=14$ ,  $p < 0,001$ ) (Figura 6-88). El actual periodo de monitoreo (año 2021) varió respecto a los periodos 2006-2008-2009 y 2010. El año 2019 presentó los más altos valores de abundancia respecto a los periodos anteriormente mencionados y todos los periodos en este sector. Al igual que lo detectado en otros sitios, en el sector de aguas de Quelana se evidenció un Bloom algal (proliferación masiva de microalgas) y por consiguiente se determinaron los valores más altos en la data histórica del sector, cabe indicar que la proliferación masiva de microalgas usualmente está asociada al aumento de nutrientes y  $\text{CO}_2$  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 6-81. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/mm<sup>3</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-88. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 células/cm<sup>3</sup> durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2021), por su parte, los coeficientes de variación indican alta variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-82). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre los periodos de monitoreo (KW=44,45, g. l=15, p<0,001). Cabe destacar que el actual periodo de monitoreo 2021 no varió respecto a los periodos anteriores. (Figura 6-89) y estas diferencias significativas estuvieron dadas entre los periodos anteriores. 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 una proliferación algal.

**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 - 2021 en el sector de Peine.**

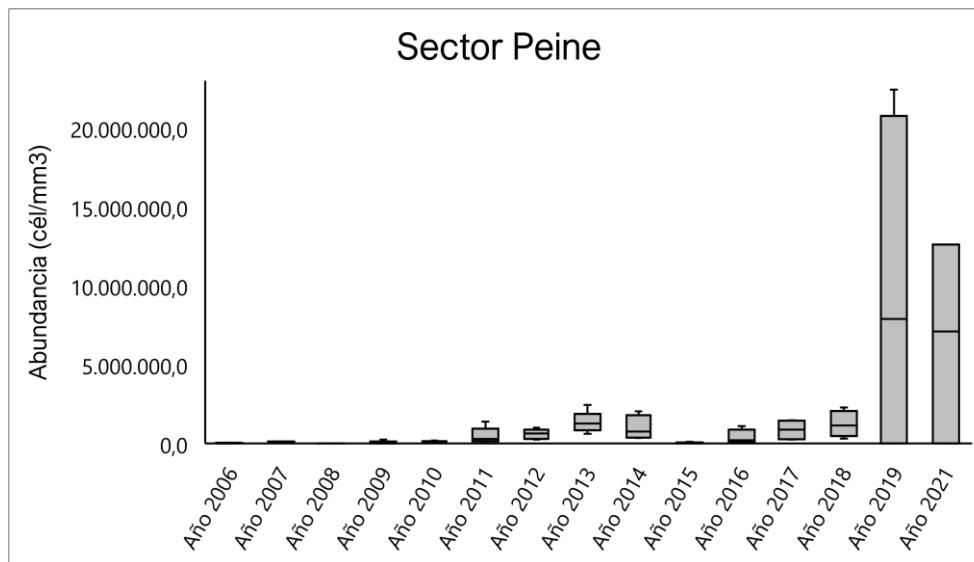
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	3	2.146,0	50.838,0	21.785,3	12.372,0	25.674,6	117,9
Año 2007	5	55.000,0	129.000,0	97.200,0	109.000,0	34.615,0	35,6
Año 2008	5	0,0	12.555,0	4.004,4	1.675,0	5.293,1	132,2
Año 2009	5	7.657,0	247.314,0	61.674,0	18.171,0	104.057,1	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

**Tabla 6-82. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Fitobentos (cél/cm3) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-89. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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

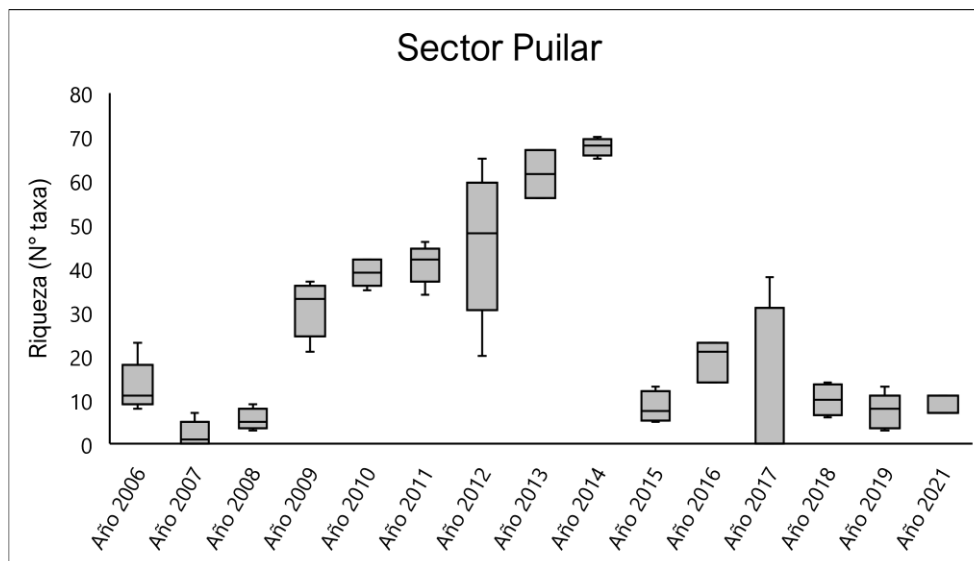
Respecto a la riqueza del fitobentos, para el sector de Puillar, los valores de riqueza total de taxa medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 70 taxa (Tabla 6-83), en conjunto, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando que 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 Puillar indican la existencia de diferencias significativas ( $KW=52,54$  g.l.=12,  $p<0,001$ ), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual varió significativamente respecto a los años 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. (Figura 6-90). Sin embargo, cabe indicar que los niveles de riqueza detectado 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 Puillar, lo que indicaría un patrón cíclico natural respecto a la variación de los niveles de riqueza taxonómica en el sector de Puillar.

**Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puillar.**

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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-90. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 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 6-84). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=62,41, g. l=15, p<0,001), sin embargo, el actual periodo de monitoreo (año 2021) no varió significativamente respecto a todos los periodos, las diferencias fueron detectadas entre periodos anteriores al actual (Figura 6-91). Cabe indicar que los valores de riqueza detectados durante el actual periodo estuvieron dentro de los rangos históricos presentados para este sector.

**Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

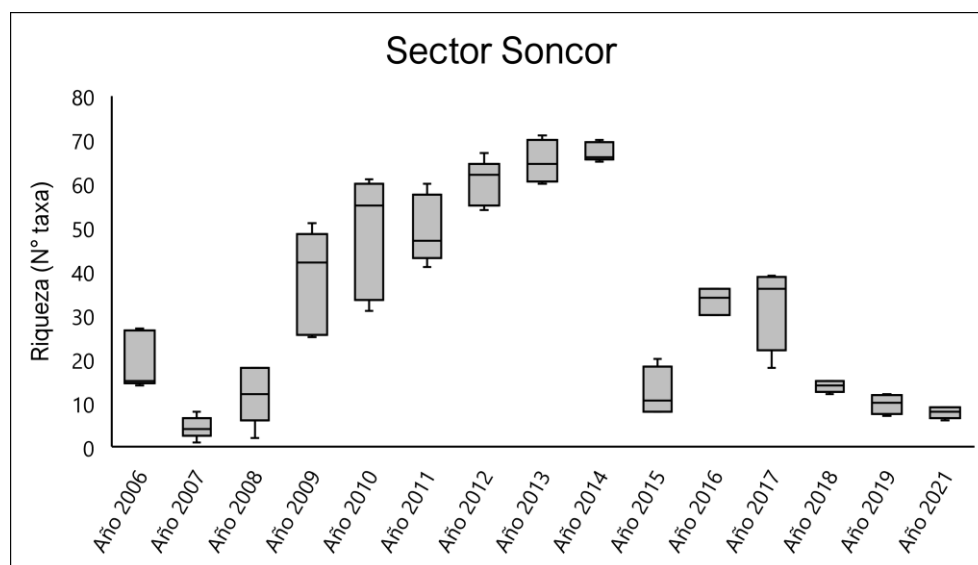
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	14	27	19	15	6,5	33,5
Año 2007	5	1	8	4	4	2,5	57,0
Año 2008	5	2	18	12	12	6,6	55,3
Año 2009	5	25	51	38	42	11,9	31,2
Año 2010	5	31	61	48	55	13,9	28,7
Año 2011	5	41	60	50	47	7,7	15,6
Año 2012	5	54	67	60	62	5,2	8,7
Año 2013	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

**Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-91. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

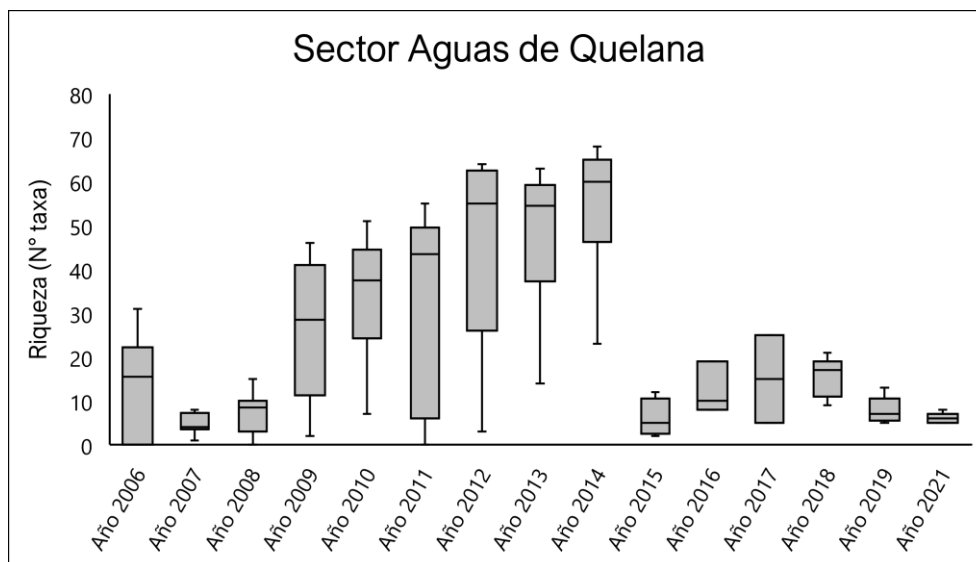
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, los niveles de riqueza medidos a través de todo el periodo de estudio han variado entre 0 y 68 taxa, además, los coeficientes de variación indican una gran heterogeneidad en los datos, y una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza determinados en el sector (Tabla 6-85). 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=57,78, g. l=14, p<0,001). Los niveles de riqueza específica determinados en el actual periodo de monitoreo variaron respecto a los niveles determinados los años 2009-2010-2011-2013-2014-2016 y 2018. Los valores de riqueza detectados durante el año 2021 fueron menores que los detectados los años anteriores (Figura 6-92). Además, todos los valores detectados durante el actual periodo de monitoreo (año 2021) estuvieron dentro de los rangos históricos presentados para este sector del salar de Atacama.

**Tabla 6-85. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-92. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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) siendo este el valor de riqueza mas alto registrado en todo el Salar de Atacama,



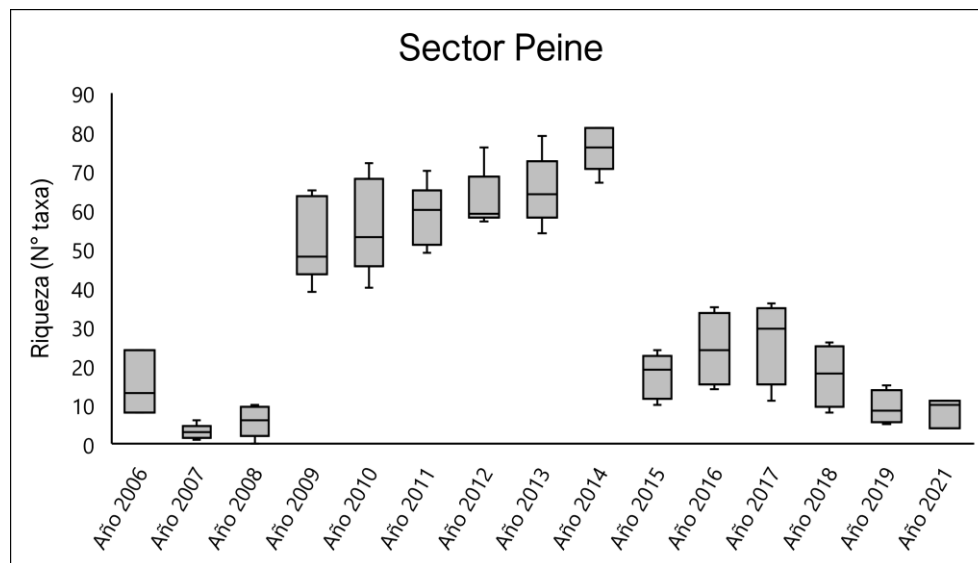
también, los coeficientes de variación indican variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-86). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo ( $KW=59,39$ , g.l.=15,  $p<0,001$ ). Para el periodo de monitoreo 2021 en el sector de Peine los valores de riqueza medidos variaron respecto a los medidos los años 2009-2010-2011-2012-2013 y 2014. La riqueza de taxa fue menor respecto a los años 2009-2010-2011-2012-2013 y 2014. Cabe indicar que el rango de valores determinado en el actual periodo se encuentra dentro de los valores históricos medidos para este sector (Figura 6-93).

**Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Fitobentos registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-93. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

#### 6.7.2.5 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 incluye. Estos animales son principalmente rotíferos y crustáceos y dentro de estos últimos, 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

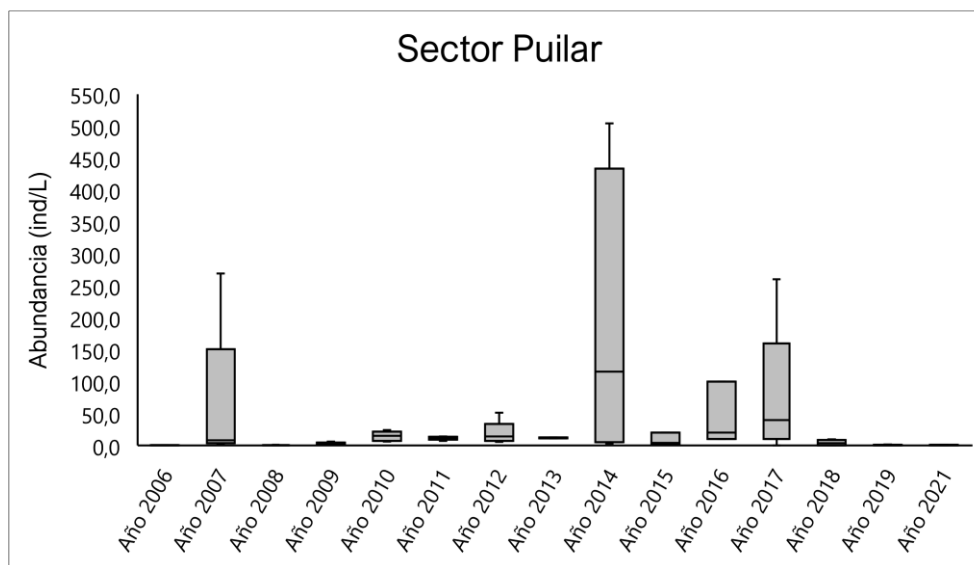
En relación con el sector de Puillar, los valores de abundancia total de individuos zooplanctónicos medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 504 ind/L (Tabla 6-87), además los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando una alta variabilidad interanual en valores de abundancia registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puillar indican la existencia de diferencias significativas (KW=40,85, g.l.=15, p<0,001), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021), el cual varió significativamente respecto a los años 2007-2009-2010-2011 y 2012, ya que los valores de abundancia registrados el año 2021 fueron menores que los años señalados anteriormente. Por otra parte, el año 2021 fue similar estadísticamente a los años 2006 y 2008 (Figura 6-94). Sin embargo, los valores de abundancia se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector del salar de Atacama.

**Tabla 6-87. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplankton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-94. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 6-88). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=39,77, g.l.=15, p<0,001). El actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a los años 2011-2012-2013-2016-2017 y 2019. Los valores de abundancia fueron menores durante el año 2021 respecto a los periodos anteriores (Figura 6-95). 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.

**Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

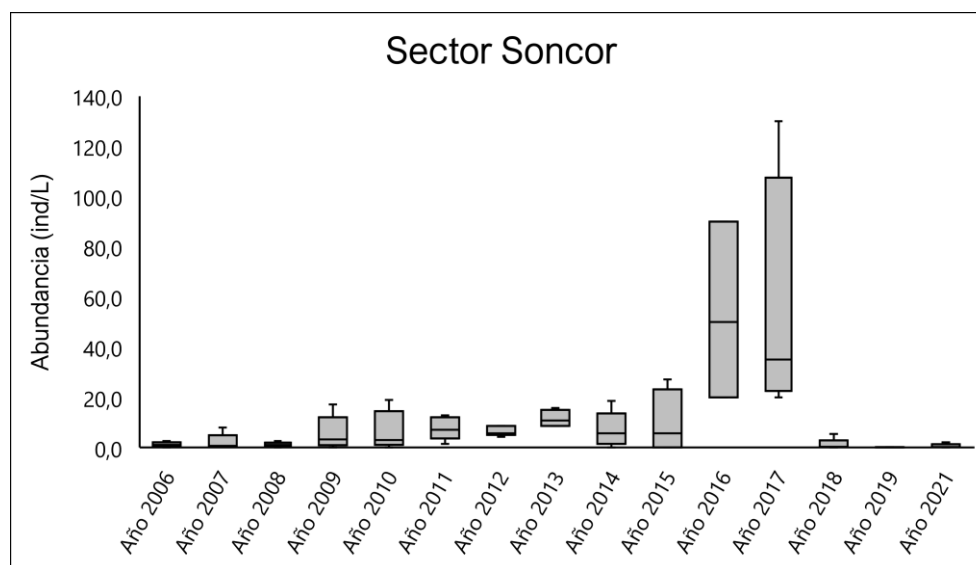
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0,00	2,60	1,13	1,02	0,98	86,96
Año 2007	5	0,30	8,00	2,22	0,70	3,28	147,67
Año 2008	5	0,00	2,60	1,12	1,00	0,98	87,12
Año 2009	5	0,00	17,10	5,84	3,20	6,80	116,37
Año 2010	5	0,00	19,00	6,80	3,00	7,79	114,57
Año 2011	5	1,40	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

**Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplankton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-95. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplankton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

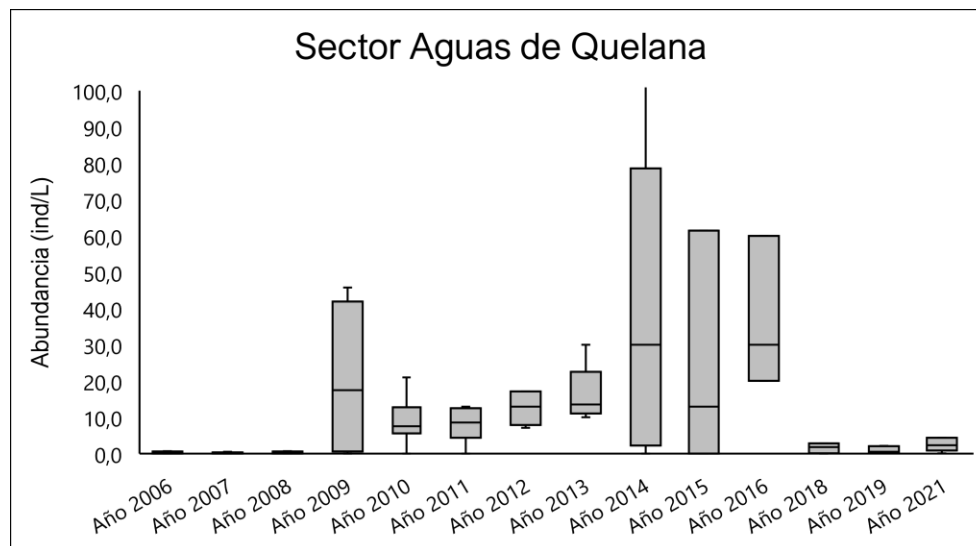
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias totales históricas del zooplankton variaron entre 0 y 133 ind/L, por su parte, los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, y consigo una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia registrados en el sector (Tabla 6-89). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas ( $KW=43,50$ ,  $g. l=14$ ,  $p<0,001$ ). Las abundancias del zooplankton detectadas en el actual periodo (año 2021) variaron significativamente respecto a las abundancias detectadas durante los años 2006-2007-2008-2012-2013 y 2015. Los valores de abundancia de individuos zooplanctónicos medidos el año 2021 fueron menores respecto a los periodos mencionados con anterioridad a excepción del año 2007, donde las abundancias del año 2021 fueron mayores (Figura 6-96). Además, se mantuvieron dentro del rango histórico detectado para el sector.

**Tabla 6-89. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplankton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-96. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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

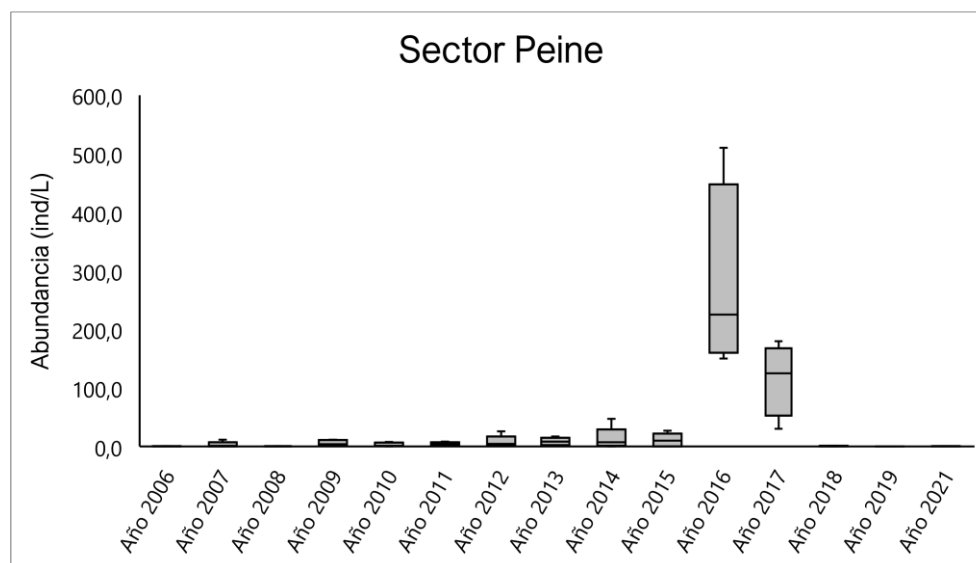
variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-90). Con relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo ( $KW=43,50$ ,  $g. l=15$ ,  $p<0,001$ ). El actual periodo de monitoreo 2021 varió significativamente respecto a los años 2011-2012 y 2013. Los valores de abundancia del zooplancton medidos el año 2021 fueron menores que los periodos anteriores mencionados. (Figura 6-97). 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 6-90. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton (ind/L) registradas entre los años 2006 - 2021 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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-97. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 6-91), 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=26,21, g. l=15, p=0,015). Las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual varió significativamente respecto a los años 2014 y 2017. Los valores de riqueza fueron mayores durante el año 2021, que los periodos mencionados anteriormente. En términos generales se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector de salar de Atacama (Figura 6-98).

**Tabla 6-91. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 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
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

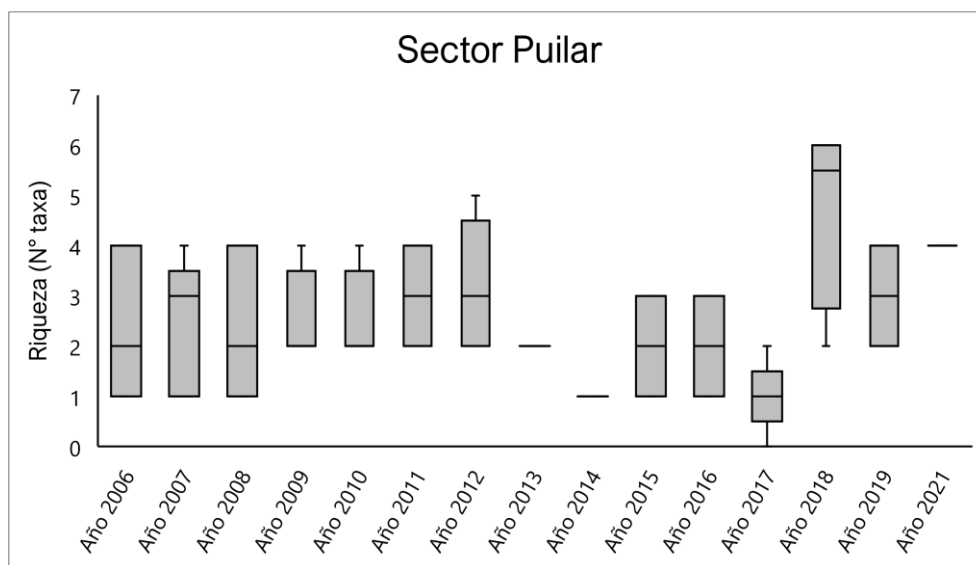


**Tabla 6-91. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-98. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

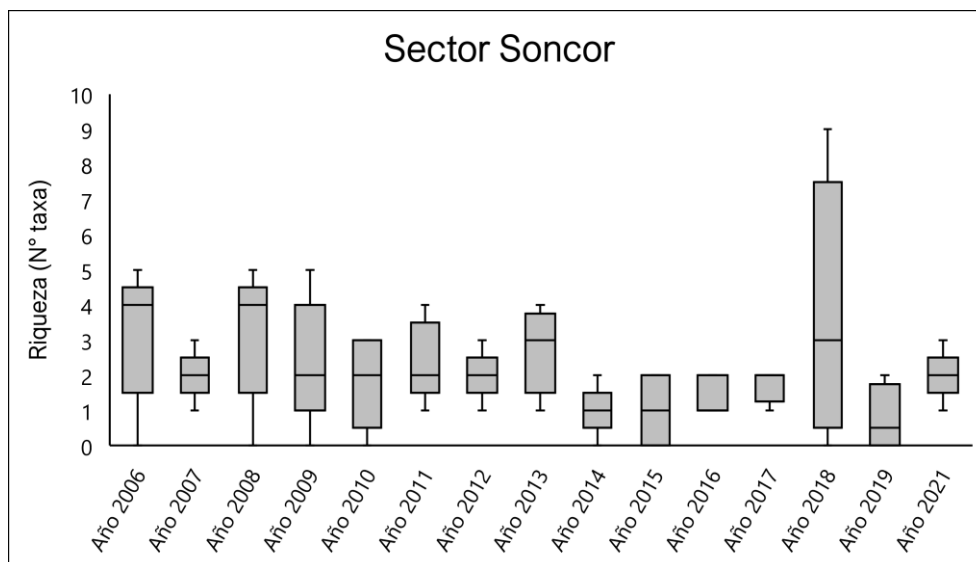
En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de riqueza taxonómica han variado entre 0 y 9 taxa. Siendo este el sector que presentó los mayores valores de riqueza histórica en toda el área del proyecto. Por su parte, los distintos coeficientes de variación indican una heterogeneidad en los datos, sin embargo, esta variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector no difiere estadísticamente entre ellos (Tabla 6-92). De esta manera, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas ( $KW=17,82$ ,  $g.l.=15$ ,  $p=0,175$ ) (Figura 6-99). Cabe indicar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2021) se encuentran dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

**Tabla 6-92. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton 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	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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-99. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

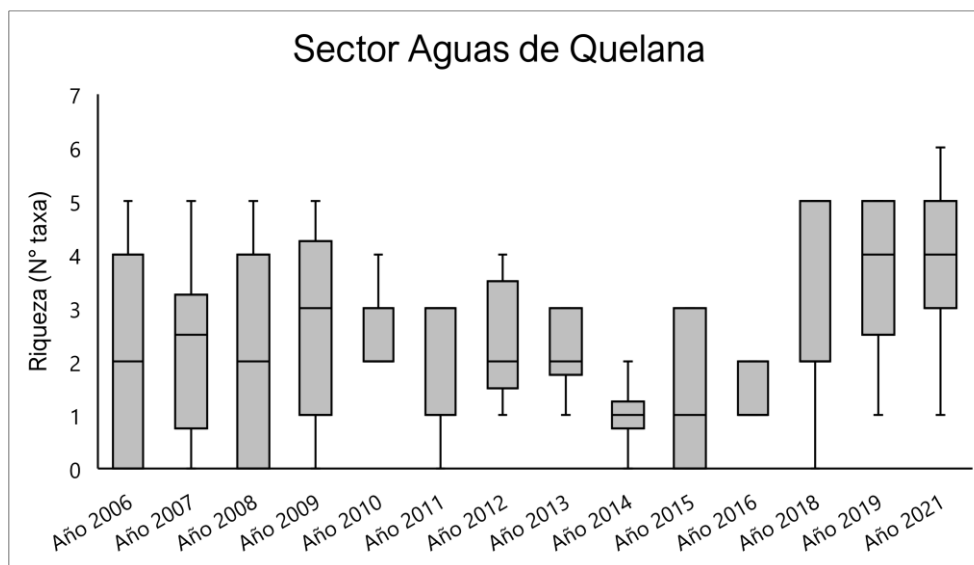
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, el rango histórico de valores de riqueza taxonómica ha variado entre 0 y 6 taxa, además los distintos coeficientes de variación y las desviaciones estándar indican baja dispersión y heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector (Tabla 6-93). 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 ( $KW=19,92$ ,  $g. I=14$ ,  $p= 0,082$ ) (Figura 6-100). Además, cabe mencionar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2021) se encuentran dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

**Tabla 6-93. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-100. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (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 2006-2021), 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 6-94). En relación con la comparación interanual, no presentaron diferencias significativas en los niveles de riqueza específica ( $KW=16,46$ ,  $g.l.=15$ ,  $p= 0,221$ ). (Figura 6-101). Además, cabe mencionar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2021), se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector.

**Tabla 6-94. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

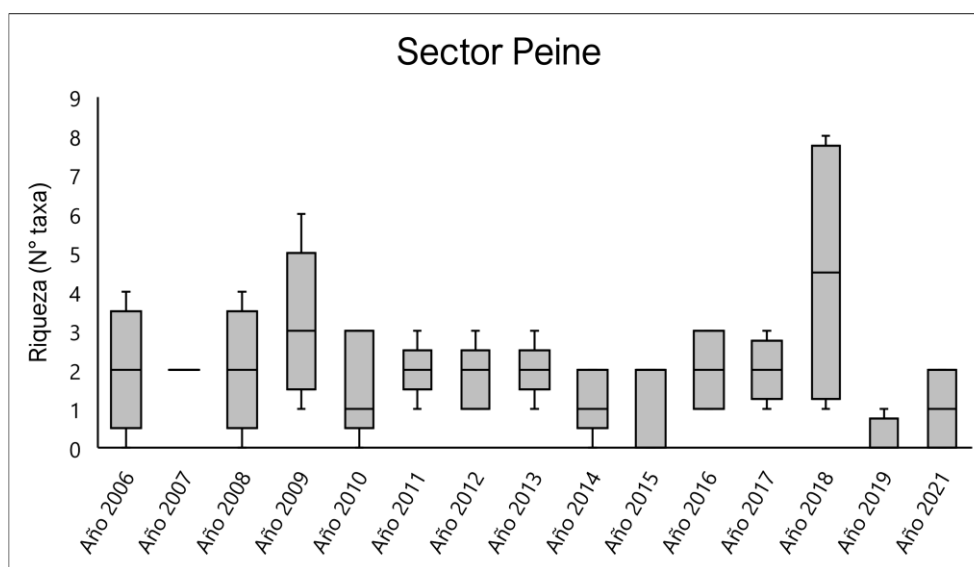
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	0	4	2	2	1,6	79,1
Año 2007	5	2	2	2	2	0,0	0,0
Año 2008	5	0	4	2	2	1,6	79,1
Año 2009	5	1	6	3	3	1,9	60,1
Año 2010	5	0	3	2	1	1,3	83,9
Año 2011	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2012	5	1	3	2	2	0,8	46,5
Año 2013	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2014	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

**Tabla 6-94. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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	*	*	*	*	*	*	*
Año 2021	3	0	2	1	1	1,0	100,0

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-101. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

#### 6.7.2.6 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

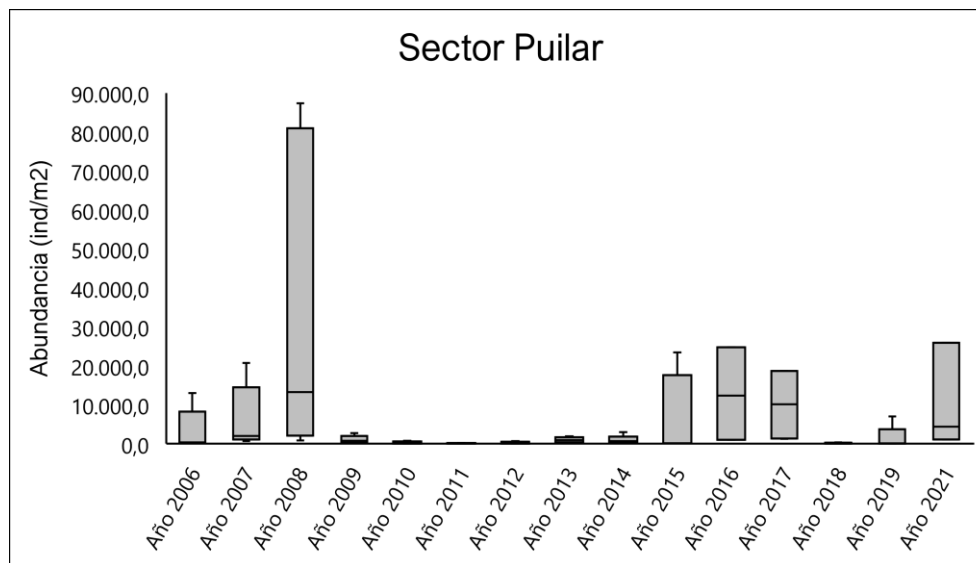
El rango histórico de valores de abundancia total de individuos zoobentónicos medidos durante todo el periodo de monitoreo en el sector de Puilar variaron entre 0 y 87.374 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 6-95), por su parte las desviaciones estándar y los distintos coeficientes de variación determinados en 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 Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=40,34, g. l=5, p<0,001), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2021) el cual varió significativamente respecto a los años 2010-2011-2012. Los valores de la abundancia de organismos zoobentónicos medida el año 2021, fue mayor que medida los periodos mencionados. (Figura 6-102). No obstante, 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 6-95. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-102. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Puillar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 6-96). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=50,87, g.l.=15, p<0,001). El actual periodo de monitoreo (año 2021) varió significativamente respecto a los años 2006-2007-2008-2012-2016-2017 y 2018. Los valores de abundancia del zoobentos determinados el año 2021 fueron en promedio menores que los medidos años anteriores (Figura 6-103). Sin embargo, se mantuvieron dentro del rango histórico de valores determinado para este sector.

**Tabla 6-96. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Soncor.**

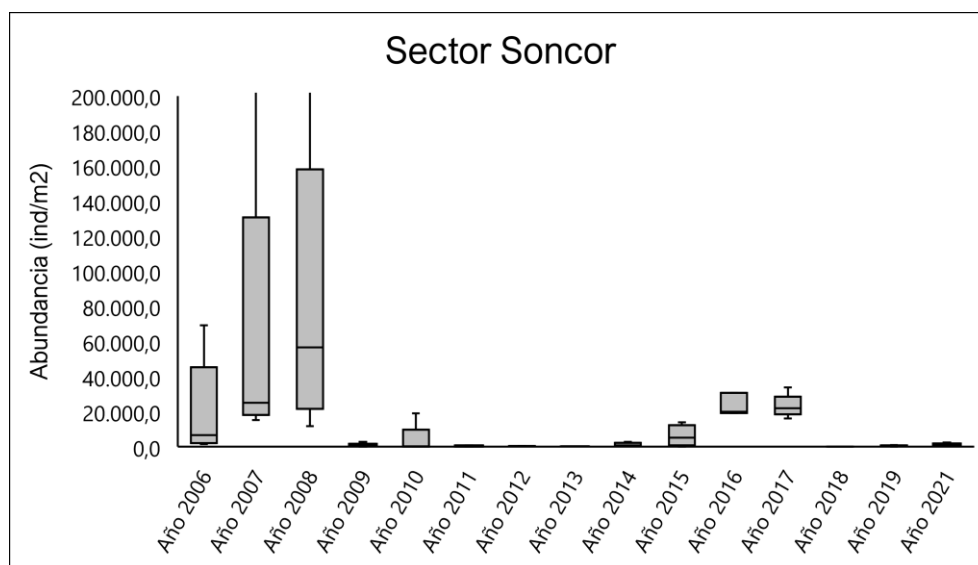
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	1.515,0	69.192,0	20.303,2	6.566,0	28.482,6	140,3
Año 2007	5	15.151,5	222.979,8	64.596,0	25.000,0	88.958,0	137,7
Año 2008	5	11.742,4	212.121,2	83.232,3	56.565,7	79.909,2	96,0
Año 2009	5	101,0	2.712,9	950,1	753,6	1.023,1	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

**Tabla 6-96. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/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 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
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-103. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 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 6-97). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=58,63, g. l=14, p<0,001). El actual periodo de monitoreo varió respecto a los periodos 2009-2010-2011-2012-2013-2015 y 2018. El año 2021, presentó valores de abundancia mayores que los periodos mencionados (Figura 6-104). 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.

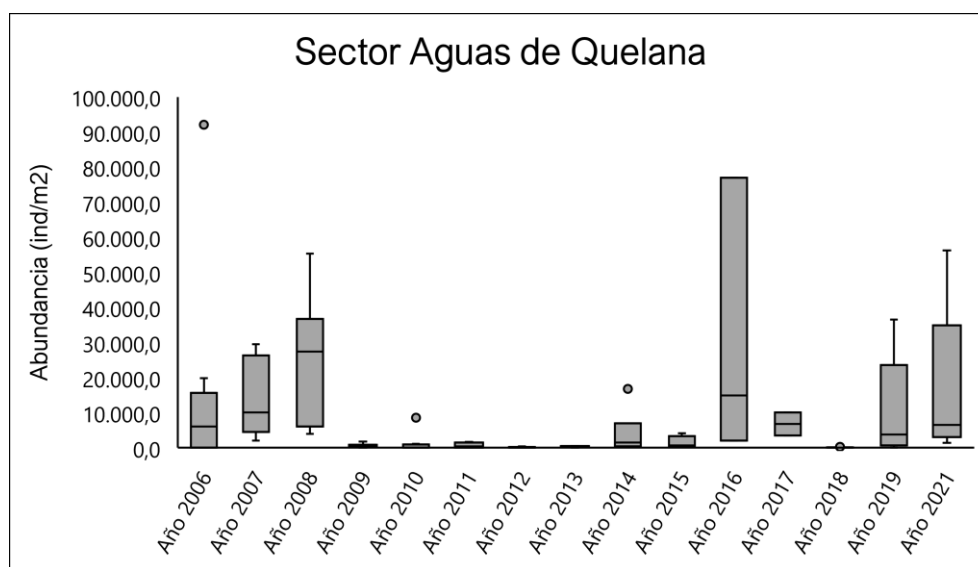


**Tabla 6-97. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos (ind/m<sup>2</sup>) registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Aguas de Quelana.**

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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-104. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los intercuantiles 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 2006-2021) varió entre 0 y 60.480 ind/m<sup>2</sup>,

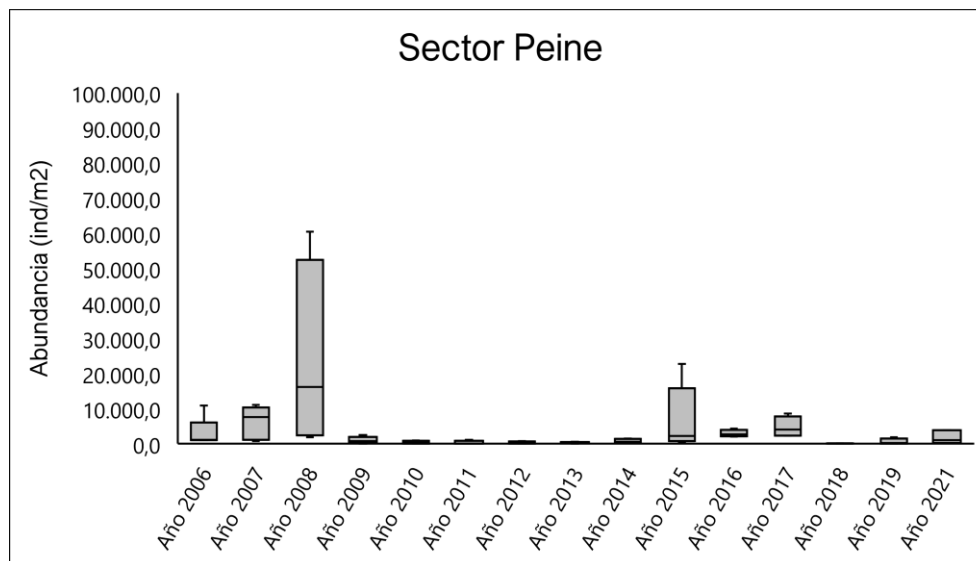
también, los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual en los valores de abundancia en este sector (Tabla 6-98). Con relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre algunos de los periodos de monitoreo ( $KW=42,45$ ,  $g. l=13$ ,  $p<0,0001$ ). 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 6-105). Los valores de abundancia obtenidos durante el periodo 2021 se encuentran dentro del rango histórico de valores de abundancia total determinados 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 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-105. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 Puilar, los valores históricos de riqueza taxonómica medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 6 taxa (Tabla 6-99). 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 en el sector de Puilar indican que no existe diferencias significativas en los valores de riqueza medidos en el sector de Puilar ( $KW=18,49$ ,  $g.l.=15$ ,  $p=0,155$ ), (Figura 6-106). Es importante indicar que los niveles de riqueza determinados en el actual periodo 2021 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

**Tabla 6-99. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puilar.**

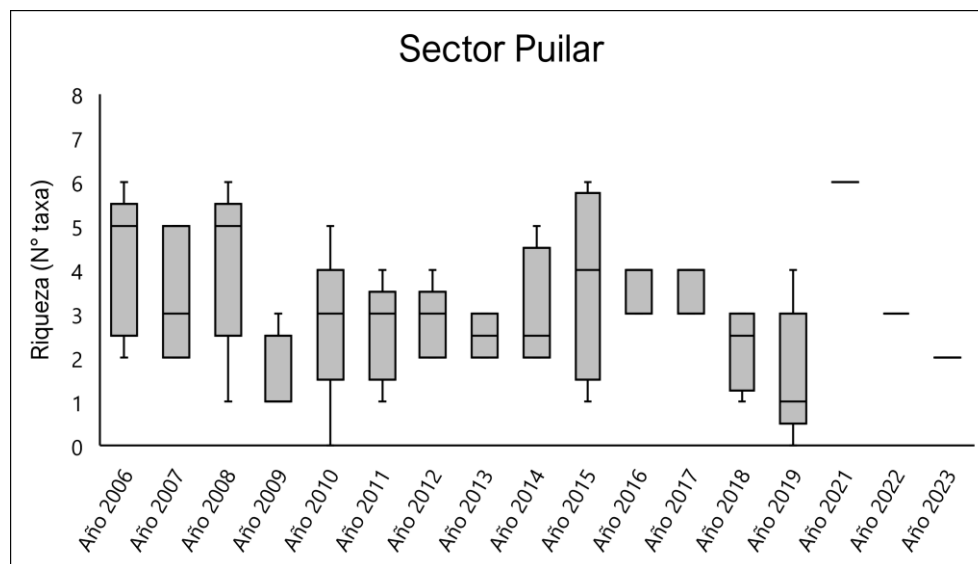
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	2	6	4,2	5	1,6	39,1
Año 2007	5	2	5	3,4	3	1,5	44,6
Año 2008	5	1	6	4,2	5	1,9	45,8
Año 2009	5	1	3	1,6	1	0,9	55,9
Año 2010	5	0	5	2,8	3	1,8	63,9
Año 2011	5	1	4	2,6	3	1,1	43,9
Año 2012	5	2	4	2,8	3	0,8	29,9
Año 2013	2	2	3	2,5	3	0,7	28,3
Año 2014	4	2	5	3,0	3	1,4	47,1

**Tabla 6-99. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Puillar.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2015	4	1	6	3,8	4	2,2	59,1
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-106. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Puillar. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

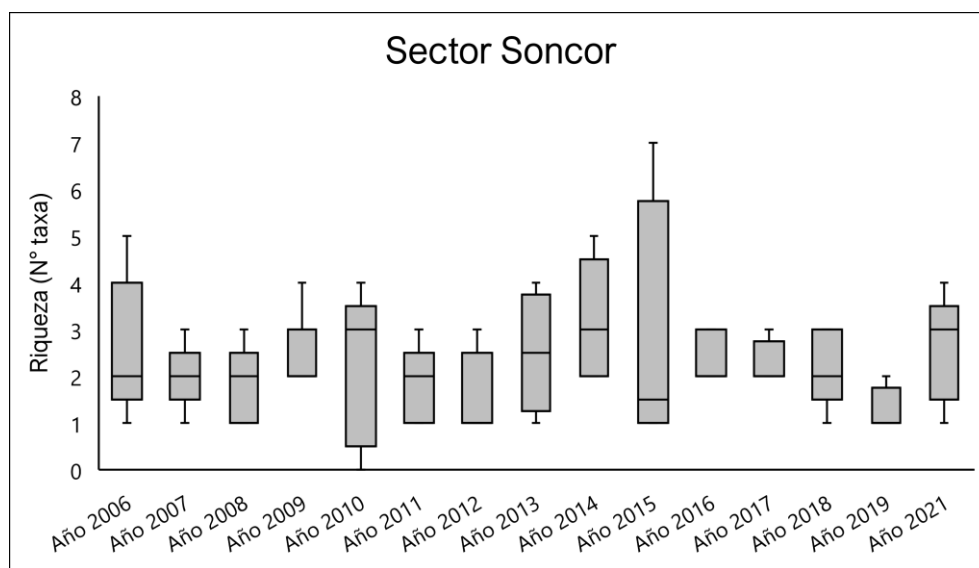
En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de riqueza específica han variado entre 0 y 7 taxa y al igual que en el sector de Puillar, los distintos coeficientes de variación y desviaciones estándar indican una muy leve heterogeneidad en los datos y una baja variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica (Tabla 6-100). 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 ( $KW=11,38$ ,  $g.l.=15$ ,  $p=0,567$ ) (Figura 6-107). Además, todos los valores de riqueza determinados en el actual periodo 2021 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

**Tabla 6-100. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos 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	1	5	2,6	2	1,5	58,3
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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-107. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

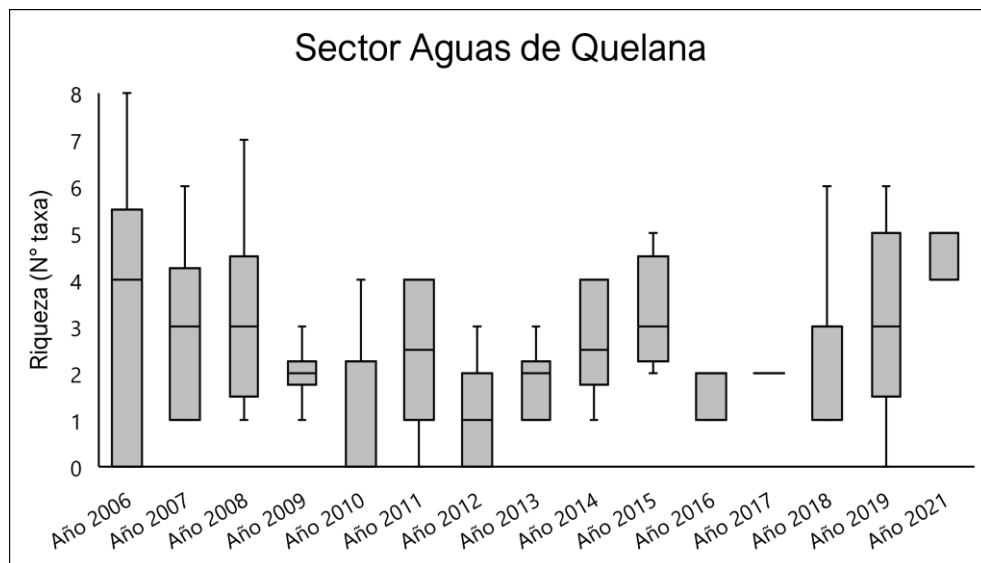
Por otro lado, en el sector Aguas de Quelana el rango histórico de los valores de riqueza taxonómica han variado entre 0 y 8 taxa, siendo este uno de los sectores sector que presentó la mayor riqueza taxonómica históricamente, de igual manera que lo encontrado en los sectores de Puilar y Soncor, los 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 6-101). 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 ( $KW=22,71$ ,  $g. l=13$ ,  $p= 0,053$ ) (Figura 6-108). 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 2021, se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

**Tabla 6-101. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 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

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-108. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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 2006-2021) varió entre 0 y 8 taxa, y con conjunto con el sector de Aguas de Quelana, este sitio presentó la mayor riqueza taxonómica históricamente. Además, los coeficientes de variación indican baja variabilidad en los datos y una baja heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-102). Con 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 ( $KW=18,20$ , g.  $l=14$ ,  $p=0,145$ ). Para el periodo de monitoreo 2021 en el sector de Peine los valores de riqueza medidos fueron menores que los periodos estudiados (Figura 6-109).

**Tabla 6-102. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

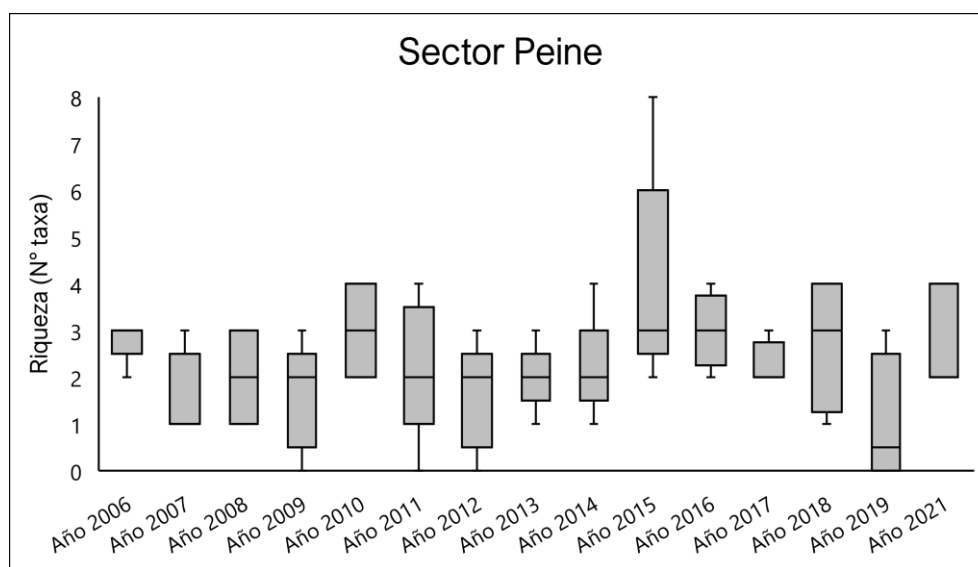
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
Año 2006	5	2	3	2,8	3	0,4	16,0
Año 2007	5	1	3	1,6	1	0,9	55,9
Año 2008	4	1	3	2,0	2	1,2	57,7
Año 2009	5	0	3	1,6	2	1,1	71,3
Año 2010	5	2	4	3,0	3	1,0	33,3
Año 2011	5	0	4	2,2	2	1,5	67,4
Año 2012	5	0	3	1,6	2	1,1	71,3
Año 2013	5	1	3	2,0	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

**Tabla 6-102. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zoobentos registradas entre los años 2006 - 2021 en el sector de Peine.**

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. De var.
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	9	2	4	2,7	2	1,2	43,3

Fuente: AquaExpert, 2021. (\*): Año sin muestreo

**Figura 6-109. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Campañas 2006 – 2021.**



Fuente: Elaboración propia. (\*) 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.

**6.7.2.7 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 establecido o un comportamiento de tendencia y responden más bien a diversos factores, tales como momento y hora del muestreo, factores que son claves en la variación de los resultados obtenidos (APHA, AWWA y WEF, 2012). Además, si bien se detectaron diferencias, tanto de aumento como de disminución, en algunas variables respecto a la data histórica, todos los valores determinados en el medio biótico se encuentran dentro de los rangos históricos medidos en todos los sectores del Salar de Atacama. La excepción 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 o proliferaciones algales (proliferaciones masivas) los cuales posiblemente podrían estar asociados al aumento de los nutrientes en los sistemas estudiados, considerando los datos históricos esta condición también fue detectada durante el año 2009 y 2019, por lo que se sugiere seguir estudiando esta condición en busca de algún patrón o condición.



## 7 CONCLUSIONES

### 7.1 Monitoreo de la vegetación del Borde Este mediante imágenes satelitales

Los resultados obtenidos en 2021 indican que la superficie cubierta con vegetación en el área de estudio alcanza 14.085,45 ha, lo que representa la sexta mayor superficie histórica de los monitoreos y 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 52,25% de la superficie cubierta por vegetación (equivalente a 7.359,18 ha), seguido por la pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada), ocupando el 15,85% y el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar) ocupando un 12,58% de la superficie con vegetación (2.233,80 ha y 1.772,03 ha respectivamente). En cuarto lugar, se ubica la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totorá – Suncho), ocupando el 9,81% del área con vegetación (1.381,27 ha).

Por otra parte, se observa el aumento del matorral de Káuchal (58,79 ha), pradera de Gramma salada (24,37 ha) y la pradera de Junquillo – Totorá – Sucho (0,04 ha). Y una disminución en el matorral de Brea (53,19 ha), matorral de Cachiyuyo Ojalar (252,29 ha) y matorral de Rica rica – Pingo pingo (86,51 ha), tal como se presenta en la Tabla 7-1.

**Tabla 7-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2020-2021.**

Año de monitoreo	Tipo vegetacional (ha)							TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo – Ojalar	Matorral de Rica rica – Pingo pingo	Matorral de Káuchal	Pradera de Gramma salada	Pajonal de Junquillo - Totorá - Suncho	Pradera de Lukupa	
2020	7.412,37	2.024,32	542,39	824,50	2.209,43	1.381,23	-	14.394,27
2021	7.359,18	1.772,03	455,88	883,29	2.233,82	1.381,27	-	14.085,45
Disminución	53,19	252,29	86,51	-	-	-	-	308,79
Aumento	-	-	-	58,79	24,37	0,04	-	-

Fuente: Elaboración propia.

La dinámica del periodo reportado se encuentra dentro de las variaciones normales verificadas en todo el monitoreo, más aún, cuando es el segundo periodo posterior a un fenómeno de gran expresión vegetativa como lo fue el 2019.

Al compararse las observaciones de vitalidad, copa verde y fenología en terreno para la construcción del mapa del Borde Este de abril 2021 con la temporada anterior, se evidencia:

- La vitalidad muestra un aumento en la categoría crecimiento normal (del 2%) y aumento en las categorías débil y muy débil, los que alcanzaron el 26% y 8% de las muestras respectivamente. En comparación con la campaña anterior, sí se reportan descripciones en la categoría vigoroso, las que llegan al 3% de las muestras.
- Respecto al porcentaje de copa verde, se observa un aumento del 27,8% en las observaciones en la categoría 25-50% y disminución del 21,8% y 3,4% en las categorías 5-25% y 50-75%, respectivamente.

- Se mantienen las categorías de fenología, crecimiento vegetativo y fructificación como las predominantes en el mes de abril.

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 vegetación en Zona de Conexión vegetación-acuífero

De las muestras de vitalidad en terreno de 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:

- Al comparar los registros de enero y abril de 2021, 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. En ambos meses las coberturas predominantes fueron 10-25% y 25-50% de recubrimiento (categorías muy abierto y abierto).
- En la campaña 2021, se observaron 4 categorías de vitalidad: Muy Débil, Débil, Normal y Vigoroso. En enero y abril 2021 se aprecia mayor proporción de ejemplares en vitalidad normal (68,4% en cada mes), sobre otras categorías. En el mes de enero además se registraron sectores con vegetación débil y vigorosa, mientras que en abril muy débil y débil.
- Según la información histórica, la mayor expresión de copa viva se observa en el mes de enero, observándose en algunos periodos muestras entre 75-100%. Lo anterior es consistente con lo observado en la campaña 2021, evidenciándose en enero la mayor cantidad de registros en la categoría de 50-75% (52,6%) de copa viva, mientras que en abril los registros observados mayoritariamente se asocian a los porcentajes de copa viva de 25-50% (52,6%).
- 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 año 2021, donde el 52,6% de los registros se encuentran en la fase de floración durante enero y el 42,1% y 31,6% de los registros en la fase de floración y fructificación en abril respectivamente, asociado al final del proceso reproductivo de los matorrales de Brea.

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 Algarrobos en el 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 2021. 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. El periodo 2019 es el caso más significativo a la fecha, en vista que precipitaron 212 mm, causando el desprendimiento de ocho (8) ejemplares de algarrobos. Posterior a este evento, no se han presentado eventos similares.

De los individuos en pie, el 50,8% del total se encuentran secos, mientras que el 23,7% (14 individuos) se encuentra un estado Débil. Demás, un porcentaje menor de individuos poseen vitalidad Normal, Muy débil o Excepcionalmente vigoroso.

Respecto a la copa verde, predominó la categoría 25-50% con 13 ejemplares (22% del total), luego la categoría 5-25% con ocho (8) individuos (13,6% del total), en menor medida se registraron las categorías 50-75%, 75-100% y <5%.

Fenológicamente, el 47,5% de los individuos registraron la etapa de Crecimiento vegetativo, mientras que un 52,5% la etapa de Senescencia. Esta última incluye además de los ejemplares secos a un individuo que, a pesar de poseer algún grado de vitalidad, se reconoció en esta etapa. No se identificaron ejemplares con indicios de Floración o Fructificación.

Por otra parte, la totalidad de ejemplares vivos tuvo algún tipo de deterioro, el que fue mayoritariamente del tipo animal (ramoneo).

Los ejemplares de Algarrobo de la quebrada de Camar aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática (CRICYT, 2018), 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 los ejemplares de algarrobos podría explicarse por múltiples factores naturales y antrópicos tales como; los años de sequía de acuerdo con la información de precipitaciones presentada (2006-2010), la ocurrencia de aluviones especialmente en los periodos 2012, 2017 y 2019, factores antrópicos como la modificación de la red de drenaje lo cual fue analizado a través de distintos estudios realizados en el marco del Plan de Cumplimiento y otros factores como el efecto del ramoneo de burros asilvestrados. Sin embargo, esta última al no contar con datos históricos completos no es posible generar relaciones de causalidad directa ni su efecto previo a las mediciones. Sin embargo, desde su evaluación en terreno (2017), los efectos del ramoneo de burros asilvestrados se han observado en la mayoría de los algarrobos (entre 87% a 100% de los algarrobos vivos). Los efectos del ramoneo pueden ser significativos debido a que es posible la reducción al mínimo de cobertura fotosintéticamente activa, especialmente en pequeños y medianos individuos, como son la mayoría de los ejemplares monitoreados en este PSA. Asimismo, se deben considerar los daños sobre ejemplares adultos, cuyos efectos acumulados también pueden ser considerables en el tiempo.

## 7.4 Flora

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 únicamente 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 actual campaña de monitoreo 2021, se registró una riqueza de 16 taxas, de las cuales 13 taxas se identificaron dentro de los puntos de monitoreo y tres (3) taxa fuera de los puntos de monitoreo. Estos se agruparon en 11 familias donde Chenopodiaceae presenta la mayor cantidad de registros. Según hábito de crecimiento, se observa que predominan los hábitos arbustivos y hierba perenne, mientras que el origen biogeográfico de las especies fue mayoritariamente nativo (en 13 taxa) y endémico (en tres 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 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 la propuesta de Programa de Cumplimiento refundido presentado a la SMA por SQM, 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 XIII). 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 alcalino a Muy fuertemente alcalino ( $\text{pH} > 9,0$ ), según la ETFA ALS. Mientras que según el laboratorio Agroanálisis UC varió entre las categorías Neutro y Muy fuertemente alcalino.
- El 96,4% de las muestras analizadas por el laboratorio Agroanálisis UC, se distribuyeron dentro de los rangos observados para el pH durante los años anteriores.
- La conductividad eléctrica (en los dos laboratorios que analizaron muestras) presenta valores No salinos ( $0 - 0,98 \text{ dS/m}$ ) hasta fuertemente salino ( $>6,07 \text{ dS/m}$ ), predominando aquellos Fuertemente salinos. Se observaron variaciones puntuales que serían producto de las condiciones del micrositio, ya que se dan en muestras específicas y no en transectos completos.
- El 86,7% 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 una (1) muestra continuó con tendencia a la baja en el monitoreo 2021, 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 y 4% las muestras presentan una tendencia significativa.
- De esta manera, se descartó un efecto sostenido en el tiempo y se verifica que las diferencias observadas entre mediciones 2006-2011 y 2012-2021 se produjeron por la estandarización de las condiciones de medición, al enviarse a un laboratorio especializado desde el 2012.

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 las especies presentes en el Borde Este del Salar de Atacama se encuentran adaptadas a las condiciones de extrema salinidad y los resultados de ese monitoreo sugieren que la vegetación está ligada principalmente a la disponibilidad hídrica en cada sitio.

## 7.5 Fauna

Los resultados del monitoreo de fauna del periodo 2021, indican una riqueza de 22 especies, las que corresponden a 3 especies de reptiles, 14 aves y 5 mamíferos. Si bien, la riqueza registrada durante la presente campaña es menor que en otros años de monitoreo, representa un aumento respecto al total de especies registradas durante la campaña de 2020. No obstante, es posible señalar que este parámetro se mantiene dentro de los rangos históricos registrados para la fauna en el borde este del Salar de Atacama considerando los 15 años de monitoreo en el sector.

Todas las especies registradas son nativas, donde dos de ellas son endémicas y pertenecen a la clase Reptilia (*Liolaemus constanzae* y *L. fabiani*). Por su parte, nueve de estas especies se encuentran clasificadas en categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE), de las cuales 5 se encuentran en categoría de conservación de amenaza.

En consideración de que este año se pudo llevar a cabo la totalidad de los transectos, a diferencia al año 2020, resulta importante realizar este análisis en retrospectiva con años anteriores y no comparar directamente con aquellos donde existieron restricciones de acceso a la Reserva. 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, 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. Así mismo, en el caso de especies residentes, es probable que exista una reducción en la actividad por parte de los ejemplares, lo que podría reflejarse en registros de abundancia menor a lo esperado en meses más cálidos, en particular para especies altamente dependientes de las condiciones ambientales, como es el caso de los reptiles.

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, de manera similar a lo registrado a lo largo de los distintos años de monitoreo. Estas muestran una marcada diferenciación en cuanto 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 un individuo perteneciente a la especie *L. puna*, la cual no había sido registrada desde la campaña de 2018.

En cuanto a las aves en ambientes terrestres, similar a lo observado en campañas previas, existe un bajo registro de ejemplares en estos sectores. Considerando los quince años de seguimiento, las especies con mayor abundancia corresponden a la tortolita de la puna (*Metriopelia aymara*), que se distribuyen en todos los sectores de estudio, y el chorlo de la puna (*Charadrius alticola*), asociado principalmente a ambientes con cuerpos de agua cercanos, como los de Salar o Marginal de Salar. La variación histórica de la abundancia de las aves en los ambientes terrestres prospectados a lo largo del monitoreo se ha mantenido dentro de las fluctuaciones que han sido históricamente registradas, no mostrando evidencias de una tendencia hacia la disminución en el número de individuos.

En relación con los flamencos, los registros obtenidos en la actual campaña de monitoreo demuestran que las poblaciones se han mantenido estables en el tiempo. Esta tendencia de estabilidad se observa de mejor forma en el sistema lacustre de Aguas de Quelana; por otra parte, el sistema Peine demostró un aumento en los avistamientos respecto a los últimos tres monitoreos, lo que da cuenta de las fluctuaciones naturales existentes en estos sistemas, los que pueden encontrarse asociadas a diversas variables (meteorológicas, alimentarias, reproductivas, etc.).

Respecto a los mamíferos, durante la campaña 2021 fue posible capturar a tres especies de roedores, obteniéndose además registros mediante evidencia indirecta de la presencia de tuco tuco (*C. fulvus*). Según los registros históricos, las especies más abundantes durante los quince 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.

El análisis de los datos históricos indica que las variaciones en la abundancia de los micromamíferos se han mantenido dentro de las variaciones obtenidas a lo largo del monitoreo, con aumentos explosivos en el número de individuos, característicos en los roedores, en particular después de periodos de mayores precipitaciones, donde existe un incremento en los recursos.

Por su parte, la presencia de *Lycalopex sp.* se ha verificado a lo largo de todo el monitoreo, en los dos sectores y ambientes prospectados (evidencia directa), y en prácticamente toda el área de estudio, principalmente por medio de evidencias indirectas (fecas y huellas), además de algunos registros puntuales de avistamiento de individuos, lo que da cuenta de la alta movilidad de esta especie generalista, que ocupa en forma extensa el Borde Este del Salar de Atacama.

## 7.6 Biota Acuática

### 7.6.1 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 limo. Los sistemas muestreados en general presentaron buena calidad de sus aguas, y la presencia de comunidades acuáticas acordes 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 2021) 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 una 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. Los menores valores de temperatura se registraron en Soncor.

Para el parámetro pH medido en la campaña de abril de 2021, 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 acididad a ligeramente básicas. La Conductividad y Salinidad mostraron que existen diferencias significativas entre los sectores del Salar de Atacama.

En cuanto al parámetro Oxígeno disuelto se determinó leve heterogeneidad entre los valores de Oxígeno medidos en los sectores de Puilar y aguas de Quelana, mientras que en los sectores de Soncor y Peine existe una mayor variación. Además, no se detectaron diferencias de los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos.

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 2021) 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. Finalmente cabe indicar que, dentro de la comparación interanual realizada, todos los parámetros de calidad de agua y sedimentos medidos durante el actual periodo (año 2021) se encontraron dentro de los rangos históricos medidos en el área de estudio.

#### 7.6.2 Medio Biótico

Respecto a la variable Clorofila-a durante la campaña de abril de 2021, 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 presentó mayor variabilidad en los sectores de Soncor y Aguas de Quelana, los cuales presentaron valores de concentración de clorofila-a 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 términos del Fitobentos y Fitoplancton, durante el actual periodo (abril 2021) no existen diferencias en los niveles de Abundancia y Riqueza determinados entre los distintos sistemas y en general, existe 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. 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 dentro de este tipo de ecosistema (wetze, 2011), 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 2021 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 y Aguas de Quelana respecto a Peine. Cabe señalar que en general existe una baja variabilidad y escasa diferencia en los valores de Riqueza entre los sistemas de estudio indicando un ambiente homogéneo respecto a este parámetro sin embargo esta escasa variabilidad difiere significativamente, registrándose mayores valores de riqueza en Puilar y Aguas de Quelana respecto a Soncor y Peine.

Por su parte, la comparación histórica interanual de todos los parámetros comunitarios de Fitobentos, Fitoplancton, 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 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 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 histórica, todos los valores determinados en el biótico se encuentran dentro de los rangos históricos medidos en todos los sectores del Salar de Atacama.

Finalmente, es de gran importancia señalar que la toma de datos y el muestreo completo efectuado de forma oportuna es un factor decisivo al momento de poder establecer patrones de comportamiento tanto del medio abiótico, como del medio biótico. Ambos componentes van estrechamente de la mano y es relevante que sean muestreados durante la misma época para así poder ser monitoreados y poder comparar con los datos históricos, de lo contrario las comparaciones podrían no reflejar la realidad de la situación, sobrestimando o subestimando los resultados.



## 8 BIBLIOGRAFÍA

### 8.1 Vegetación, Flora y Algarrobos

Aguilar, N., Galindo, G.; Fortanelli, J. y Contreras, C (2010). Índice normalizado de vegetación en caña de azúcar en la Huasteca Potosina. 18 pp.

Alvarez JA & PE Villagra (2009). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana (Argentina) 35(1): 49-63.

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.

Chuvieco, E. (2002). Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ediciones Ariel. 578p.

Chavez, P. (1996). Image-Bases Atmospheric corrections – Reviste and improved. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 62, N°9 septiembre 1996, PP 1025-1036.

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.

D.S. N° 23/2019. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, Decimoquinto Proceso. Ministerio del Medio Ambiente.

Gajardo R (1994) La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

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. 2018. Sinopsis bioclimática de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 384 p.

Loubert, F., & P. Pliscoff. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial universitaria. Segunda edición. [pp. 61-63].

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., .1983. O. Matthei, M. Quezada. 1983. Flora Arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. 407 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.
- Rosenbluth, B., H. A. Fuenzalida y P. Aceituno. 1997. Recent temperatura variations in southern South America. *Interneteional Journal of Climatology* 17(1): 67-85. [pp. 61, 63].
- 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.
- 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. Gutierrez. 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.
- 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.
- 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
- Villagran, C. & V. Castro. 2004. *Ciencia Indígena de Los Andes del Norte de Chile*. Editorial Universitaria. 362 pp.
- Vuille, M., y R. S. Brandley. 2000. Mean annual temperature trends and their vertical structure in the tropical Andes. *Geophysical Research Letters* 27(23): 3885-3888. [p.61].
- Vuille, M., R. S. Brandley, y F. Keimig. 2000. Interannual climate variability in the Central Andes and its relation to tropical Pacific and Atrantic forcing. *Journal of Geophysical Research* 105(D10): 12447-12460. [pp. 57,63].
- Vuille, M., R. S. Brandley., M. Werner., y F. Keimig. 2003. 20th century climate clange in the tropical Andes: Observations and model results. *Climatic change*. 59: 75-99. [p. 61].
- XTerrae, 2019. Informe “Estudio relación morfología y escorrentía superficial abanico quebrada Camar, sector tubería agua industrial”.
- 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

## 8.2 Fauna Terrestre

Araya B. & G. Millie. 1998. Guía de campo de las aves de Chile. Octava edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 406 p.

Blanco, D. y M. Carbonell. 2001. El censo neotropical de aves acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires & Ducks Unlimited, Memphis, 96pp.

Bibby, C.J., N.D. Burgess y D.A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, London.

Brown, J.H. and Zeng, Z. 1989, Comparative Population Ecology of Eleven Species of Rodents in the Chihuahuan Desert. Ecology, 70: 1507-1525.

Caziani, SM. y EJ. Derlindati, 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 JM. 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 CF 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

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. & 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 OP y E. Rodríguez, 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. & 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 JA. 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.

Ley N° 19.473 de Caza de 27.09.96 del Ministerio de Agricultura.

López-Lanús, B. y D. E. Blanco (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 G. González. 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. Peñalosa APG (ed.) Santiago, Chile. 308 pp
- Muñoz-Pedrerros A. 2008. Huellas y signos de mamíferos de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros A. & JL. Yañez. 2000. Mamíferos de Chile. Ediciones CEA, Valdivia Chile. 464 pp.
- Muñoz-Pedrerros A., J. Rau, J. Yañez. 2004. Aves rapaces de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros A., J. R. Rau, M. Valdebenito, V. Quintana & D. R. Martínez. 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. & F. Jaksic. 1992. Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
- Osgood WH. 1943. The Mammals of Chile. Field Museum of Natural History. Zoological Series 30: 1-268.
- Parada, M. 1990a. 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 H. Nuñez. 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., C. Zuleta, A. Gantz, F. Sáiz, A. Cortés, L. Yates, A. Spotorno y E. Couve. 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 Zoología. 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, JP. 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., J. Fitzpatrick, T. Parker III, & D. Moskovits. 1997. Neotropical birds, ecology and conservation. The University of Chicago Press, Chicago, 478pp.

geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino 6: 481-539.

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. & A. Labra. 2008. Herpetología de Chile. Science Verlag, Santiago.

### 8.3 Biota Acuática

AMAKAIK CONSULTORIA 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.

MERRIT 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-Xantophyceae, 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.

RAMÍREZC, 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) *IconographiaDiatomologica* 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 FrederichHustedt, Vol 1, 2 y 3. J. Cramer, GerbrüderBorntraegerBerlin - Stuttgart.

VEGA M, DE LOS RÍOS P & A. MANSILLA (2010). Distribución del género *Hyaella* 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. XVI, 1006 pp.

RUMRICH U, LANGE-BERTALOT H & M RUMRICH (2000) IconographiaDiatomologica 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 FrederichHustedt, Vol 1, 2 y 3.J. Cramer, GerbrüderBorntraegerBerlin – 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. XVI, 1006 pp.