



Campaña de Monitoreo N°11 – abril de 2017

**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 2017.



Contenido

1.	RESUMEN.....	1
1.1	Vegetación.....	1
1.1.1	Vegetación Borde Este.....	1
1.1.2	Vegetación zona de conexión con acuífero.....	1
1.1.3	Algarrobos sector Camar 2.....	2
1.2	Flora.....	3
1.3	Fauna.....	3
1.3.1	Reptiles.....	3
1.3.2	Aves.....	4
1.3.3	Mamíferos.....	4
1.4	Biota Acuatica.....	4
1.4.1	Medio Abiótico.....	4
1.4.2	Medio Biótico.....	4
1.4.3	Análisis histórico y conclusiones.....	5
2.	INTRODUCCIÓN.....	6
3.	OBJETIVOS.....	8
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1	Área de estudio.....	9
4.2	Vegetación.....	11
4.2.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	11
4.2.1.1	Monitoreo en Borde Este del Salar.....	11
4.2.1.2	Monitoreo en Zona de Conexión vegetación - acuífero.....	12
4.2.1.3	Monitoreo de algarrobos (<i>Prosopis flexuosa</i>).....	14
4.2.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	15
4.2.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	15
4.2.3.1	Monitoreo en Borde Este y Zona de Conexión.....	15
4.2.4	Materiales y equipos utilizados.....	18
4.2.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	18
4.3	Flora.....	18
4.3.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	18
4.3.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	20
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	20
4.3.4	Materiales y equipos utilizados.....	21
4.3.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	21
4.4	Fauna.....	21

4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	21
4.4.1.1	Monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos.....	21
4.4.1.2	Monitoreo de aves en ambientes acuáticos.....	25
4.4.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	27
4.4.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	27
4.4.3.1	Solicitud del Permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre.....	27
4.4.3.2	Técnicas de muestreo aplicadas.....	27
4.4.3.3	Reptiles.....	28
4.4.3.4	Aves en ambientes terrestres.....	28
4.4.3.5	Aves en ambientes acuáticos.....	28
4.4.3.6	Micromamíferos.....	29
4.4.3.7	Macromamíferos.....	29
4.4.3.8	Identificación, origen geográfico y singularidad de las especies.....	29
4.4.4	Materiales y equipos utilizados.....	30
4.4.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	31
4.5	Biota acuática.....	31
4.5.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	31
4.5.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	36
4.5.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	36
4.5.3.1	Medio abiótico.....	36
4.5.3.2	Medio biótico.....	36
4.5.4	Materiales y equipos utilizados.....	37
4.5.5	Fechas de muestreo.....	39
5.	RESULTADOS.....	40
5.1	Vegetación.....	40
5.1.1	Monitoreo en Borde Este.....	42
5.1.1.1	Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales.....	42
5.1.1.2	Estado vital.....	43
5.1.1.3	Follaje verde.....	44
5.1.1.4	Fenología.....	46
5.1.2	Monitoreo en Zona de Conexión vegetación- acuífero.....	47
5.1.2.1	Cobertura y composición.....	47
5.1.2.2	Estado vital.....	48
5.1.2.3	Follaje verde.....	49
5.1.2.4	Estado fenológico.....	50
5.1.3	Monitoreo de algarrobos (<i>Prosopis flexuosa</i>).....	50
5.1.3.1	Estado vital.....	51
5.1.3.2	Proporción de copa verde.....	52

5.1.3.3	Daño.....	53
5.2	Flora	54
5.2.1	Riqueza florística.....	54
5.2.2	Frecuencia y abundancia de la flora.....	55
5.2.3	Caracterización química del sustrato.....	56
5.2.3.1	Medición de pH	56
5.2.3.2	Medición de Salinidad.....	57
5.3	Fauna	58
5.3.1	Riqueza y caracterización de especies.....	58
5.3.2	Abundancia de Reptiles.....	58
5.3.3	Abundancia de avifauna	60
5.3.3.1	Abundancia de aves en ambientes terrestres	60
5.3.3.2	Abundancia de aves en ambientes acuáticos	61
5.3.4	Abundancia de mamíferos	66
5.3.4.1	Abundancia de micromamíferos.....	66
5.3.4.2	Abundancia de macromamíferos.....	67
5.4	Biota Acuática	68
5.4.1	Medio Abiótico.....	68
5.4.1.1	Temperatura del agua	70
5.4.1.2	pH del agua.....	71
5.4.1.3	Conductividad eléctrica del agua.....	72
5.4.1.4	Salinidad del agua.....	73
5.4.1.5	Oxígeno disuelto en el agua	74
5.4.1.6	Conductividad eléctrica de los sedimentos y del agua intersticial	75
5.4.1.7	Temperatura de los sedimentos	77
5.4.2	Medio Biótico	78
5.4.2.1	Clorofila-a	78
5.4.2.2	Fitoplancton	81
5.4.2.3	Fitobentos.....	85
5.4.2.4	Zooplancton	94
5.4.2.5	Zoobentos.....	96
5.4.2.6	Plantas acuáticas	100
6.	DISCUSIONES.....	102
6.1	Vegetación.....	103
6.1.1	Monitoreo en Borde Este	103
6.1.1.1	Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales	103
6.1.1.2	Estado vital	105
6.1.1.3	Follaje verde	106

6.1.1.4	Fenología.....	108
6.1.2	Monitoreo en Zona de Conexión	108
6.1.2.1	Estado vital	108
6.1.2.2	Follaje verde	109
6.1.2.3	Fenología.....	110
6.1.3	Monitoreo de Algarrobos	111
6.2	Flora	114
6.2.1	Riqueza florística.....	114
6.2.2	Frecuencia y abundancia de la flora.....	118
6.2.3	pH del sustrato	122
6.2.4	Conductividad eléctrica del sustrato	125
6.3	Fauna	127
6.3.1	Reptiles.....	132
6.3.2	Aves en ambientes terrestres.....	135
6.3.3	Aves en ambientes acuáticos.....	140
6.3.3.1	Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Borde Este del Salar de Atacama.....	140
6.3.3.2	Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Soncor.....	144
6.3.3.3	Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana	147
6.3.3.4	Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Peine.....	149
6.3.4	Mamíferos	153
6.3.4.1	Micromamíferos	153
6.3.4.2	Macromamíferos.....	156
6.4	Biota Acuática	159
6.4.1	Medio Abiótico.....	159
6.4.1.1	Temperatura	159
6.4.1.2	pH.....	164
6.4.1.3	Conductividad Eléctrica (mS/cm) del Agua	170
6.4.1.4	Salinidad del agua.....	177
6.4.1.5	Oxígeno Disuelto.....	183
6.4.1.6	Conductividad Eléctrica de Sedimentos.....	189
6.4.1.7	Conductividad eléctrica del agua intersticial de sedimentos	194
6.4.2	Medio Biótico	199
6.4.2.1	Clorofila-a del Fitoplancton	199
6.4.2.2	Clorofila-a del Perifiton	205
6.4.2.3	Fitoplancton	211
6.4.2.4	Fitobentos	221
6.4.2.5	Zoobentos.....	232
6.4.2.6	Zooplancton	242

6.4.2.7	Plantas acuáticas	252
7.	CONCLUSIONES.....	258
7.1	Vegetación.....	258
7.2	Flora	259
7.3	Fauna	259
7.4	Biota Acuática	260
7.4.1	Medio abiótico.....	260
7.4.2	Medio biótico.....	261
8.	REFERENCIAS.....	261

Tablas

Tabla 2-1: Parámetros establecidos según RCA 226/06 y responsables de la ejecución del presente Plan de Seguimiento Ambiental.....	6
Tabla 4-1: Vértices del Área de estudio.....	9
Tabla 4-2: Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el borde este del Salar de Atacama (Datum WGS84, 19S).....	11
Tabla 4-3: Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, H19S).....	13
Tabla 4-4: Ubicación de los individuos de <i>P. flexuosa</i> monitoreados (Datum WGS84 19S).....	14
Tabla 4-5: Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas.....	16
Tabla 4-6: Escalas utilizadas para clasificar el follaje verde de las plantas.....	16
Tabla 4-7: Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.....	17
Tabla 4-8: Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).....	19
Tabla 4-9: Ubicación de puntos de muestreo para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 H19S).....	22
Tabla 4-10: Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).....	25
Tabla 4-11: Sectores evaluados en el monitoreo de biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama – Campaña abril 2016 (Datum WGS84 19S).....	31
Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017.....	42
Tabla 5-2: Total de puntos de monitoreo por categoría de cobertura de la vegetación. Zona de conexión vegetación-acuífero. Mediciones de enero y abril de 2017.....	47
Tabla 5-3: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad.....	48
Tabla 5-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas enero-abril de 2017.....	49
Tabla 5-5: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2017.....	50
Tabla 5-6: Vitalidad de los ejemplares de <i>Prosopis flexuosa</i> en la quebrada Camar. Campaña 2017.....	51
Tabla 5-7: Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (<i>Prosopis flexuosa</i>) en quebrada Camar. Campaña 2017.....	52
Tabla 5-8: Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo (<i>Prosopis flexuosa</i>) en quebrada Camar. Campaña 2017.....	53
Tabla 5-9: Catálogo florístico registrado en campaña de abril 2017.....	54
Tabla 5-10: Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama.....	55
Tabla 5-11. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama.....	55
Tabla 5-12. Frecuencia de las especies durante la campaña 2017.....	55
Tabla 5-13. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.....	56
Tabla 5-14. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.....	57
Tabla 5-15. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.....	57
Tabla 5-16. Conductividad eléctrica (dS/m) obtenida en cada punto de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.....	58
Tabla 5-17. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017.....	59
Tabla 5-18. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama. Campaña 2017.....	60
Tabla 5-19. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campaña 2017.....	61
Tabla 5-20. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama Campaña 2017.....	63
Tabla 5-21. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2017.....	64
Tabla 5-22. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2017.....	64
Tabla 5-23. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2017.....	65

Tabla 5-24. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2017	65
Tabla 5-25. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2017.....	66
Tabla 5-26. Abundancia de otras especies de aves en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2017	66
Tabla 5-27. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017...	67
Tabla 5-28. Índice de visitas de <i>Pseudalopex sp</i> (zorro) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2017	68
Tabla 5-29. Parámetros fisicoquímicos en el agua y sedimentos de los sistemas lacustres (abril 2017). .	69
Tabla 5-30. Estadígrafos de la temperatura del agua (°C) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	70
Tabla 5-31. Estadígrafos del pH registrado en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	71
Tabla 5-32. Estadígrafos de la conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	72
Tabla 5-33. Estadígrafos de la salinidad del agua (g/L) en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	74
Tabla 5-34. Estadígrafos de la concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	75
Tabla 5-35. Estadígrafos de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	76
Tabla 5-36. Estadígrafos de la CE del agua intersticial de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas hidrológicos	76
Tabla 5-37. Estadígrafos de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas hidrológicos.	78
Tabla 5-38. Concentración de clorofila del fitoplancton y perifiton en las estaciones de monitoreo (abril de 2016).	79
Tabla 5-39. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a (µg/L) del fitoplancton registrada en los sistemas hidrológicos.....	79
Tabla 5-40. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a (µg/g) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos.....	80
Tabla 5-41. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Puilar.....	82
Tabla 5-42. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Soncor.	82
Tabla 5-43. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Aguas de Quelana.....	83
Tabla 5-44. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Peine.....	83
Tabla 5-45. Estadígrafos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	84
Tabla 5-46. Composición, riqueza abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Puilar.....	85
Tabla 5-47. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Soncor.	87
Tabla 5-48. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana.	89
Tabla 5-49. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Peine.	90
Tabla 5-50. Estadígrafos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	93
Tabla 5-51. Composición, riqueza, abundancia total (ind/L) y relativa (A.R.) de zooplancton en las estaciones monitoreadas (abril de 2017).	94
Tabla 5-52. Estadígrafos de la abundancia de zooplancton (ind/L) registrada en los sistemas hidrológicos.	95



Tabla 5-53. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m ²) y relativa (A.R.) de zoobentos en el sistema lagunar Puillar (abril de 2017).....	97
Tabla 5-54. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m ²) y relativa (A.R.) de zoobentos en el sistema lagunar Soncor (abril de 2017).	97
Tabla 5-55. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m ²) y relativa (A.R.) de zoobentos en los sistemas Aguas de Quelana y Peine (abril de 2017).....	98
Tabla 5-56. Estadígrafos de la abundancia de zoobentos (ind/m ²) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	98
Tabla 5-57. Cobertura de vegetación acuática en los sistemas lacustres por estación de monitoreo. ...	100
Tabla 5-58. Estadígrafos de la cobertura de vegetación acuática (%) en los sistemas lacustres (abril de 2017).	101
Tabla 6-1. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en la estación meteorológica Camar (DGA)....	102
Tabla 6-2: Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017.	104
Tabla 6-3: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.	110
Tabla 6-4. Riqueza de especies presentes en el área de estudio.....	116
Tabla 6-5. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para los transectos 1,2 y 3.....	120
Tabla 6-6. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para los transectos 4,5 y 6.....	120
Tabla 6-7. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para el transecto 7.....	122
Tabla 6-8 Listado de especies de vertebrados presentes en el Borde Este del Salar de Atacama.....	128
Tabla 6-9: Abundancia total de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017	133
Tabla 6-10: Abundancia total de aves en ambientes terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017	136
Tabla 6-11: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2017	138
Tabla 6-12: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2017	139
Tabla 6-13: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campañas 2006-2017	142
Tabla 6-14. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Soncor. Campañas 2006-2017	146
Tabla 6-15: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006-2017	148
Tabla 6-16. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Peine. Campañas 2006-2017	152
Tabla 6-17. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017.....	159
Tabla 6-18. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.	161
Tabla 6-19. Estadística descriptiva de la temperatura registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	162
Tabla 6-20. Estadística descriptiva de temperaturas registradas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.	163
Tabla 6-21. Estadística descriptiva de los valores de pH registrados en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017.....	165
Tabla 6-22. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	166
Tabla 6-23. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	168
Tabla 6-24. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.	169



Tabla 6-25. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	171
Tabla 6-26. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	172
Tabla 6-27. Estadística descriptiva de la CE (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	174
Tabla 6-28. Estadística descriptiva de la CE del agua (mS/cm) registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	175
Tabla 6-29. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrados en el sistema Puilar, entre los años 2006 y 2017.....	177
Tabla 6-30. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	179
Tabla 6-31. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	180
Tabla 6-32. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	181
Tabla 6-33. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	184
Tabla 6-34. Estadística descriptiva la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	185
Tabla 6-35. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	186
Tabla 6-36. Estadística descriptiva de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	188
Tabla 6-37. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2017.....	190
Tabla 6-38. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2009 y 2017.....	191
Tabla 6-39. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017.....	192
Tabla 6-40. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017.....	194
Tabla 6-41. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Puilar entre los años 2009 y 2017.....	195
Tabla 6-42. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Soncor entre los años 2009 y 2017.....	196
Tabla 6-43. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017.....	196
Tabla 6-44. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017.....	197
Tabla 6-45. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	199
Tabla 6-46. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	201
Tabla 6-47. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	202
Tabla 6-48. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	203
Tabla 6-49. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a bentónica (µg/cm ²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	205
Tabla 6-50. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton (µg/cm ²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	206

Tabla 6-51. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	208
Tabla 6-52. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	209
Tabla 6-53. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	211
Tabla 6-54. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	212
Tabla 6-55. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	214
Tabla 6-56. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	215
Tabla 6-57. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	216
Tabla 6-58. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	217
Tabla 6-59. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	219
Tabla 6-60. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	219
Tabla 6-61. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cel/mL) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	222
Tabla 6-62. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	222
Tabla 6-63. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	224
Tabla 6-64. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	225
Tabla 6-65. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	227
Tabla 6-66. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	227
Tabla 6-67. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	229
Tabla 6-68. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	230
Tabla 6-69. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	232
Tabla 6-70. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	233
Tabla 6-71. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	234
Tabla 6-72. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	235
Tabla 6-73. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	237
Tabla 6-74. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	237
Tabla 6-75. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	239
Tabla 6-76. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	240
Tabla 6-77. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	242



Tabla 6-78. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	242
Tabla 6-79. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	244
Tabla 6-80. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	245
Tabla 6-81. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	247
Tabla 6-82. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	247
Tabla 6-83. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	249
Tabla 6-84. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	250
Tabla 6-85. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.....	252
Tabla 6-86. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.....	253
Tabla 6-87. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.....	255
Tabla 6-88. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.....	256



Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio y sus vértices.....	10
Figura 4-2. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en el borde este del Salar de Atacama.	12
Figura 4-3. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión.	13
Figura 4-4. Distribución de los individuos de <i>P. flexuosa</i> monitoreados.	15
Figura 4-5. Vegetación en mosaico y su representación cartográfica. Ejemplo de pradera de grama salada (<i>Distichlis spicata</i>).....	18
Figura 4-6. Ubicación de los transectos de flora en el área de estudio.	19
Figura 4-7. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.	23
Figura 4-8. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor.	26
Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana.	26
Figura 4-10. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Peine.....	27
Figura 4-11. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática	33
Figura 4-12. Instrumentos de muestreo monitoreo biota acuática.....	38
Figura 5-1. Estado del follaje de la vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama en los meses de noviembre de 2005 y abril de 2006	41
Figura 5-2. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017.	43
Figura 5-3. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama. Campaña 2017.	44
Figura 5-4. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2017.....	45
Figura 5-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2017.....	46
Figura 5-6. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la vegetación. Campañas de Enero y Abril de 2017	47
Figura 5-7. 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 2017.	48
Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de follaje verde de la vegetación. Campañas de Enero y Abril de 2017.....	49
Figura 5-9. 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 2017.	50
Figura 5-10. Vitalidad de los ejemplares de <i>Prosopis flexuosa</i> en la quebrada Camar. Campaña 2017... ..	51
Figura 5-11. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (<i>Prosopis flexuosa</i>) en quebrada Camar. Campaña 2017.	52
Figura 5-12. Presencia de daño en los ejemplares de <i>Prosopis flexuosa</i> en la quebrada Camar. Campaña 2017	53
Figura 5-13. Representación gráfica de la temperatura del agua registrada en cada sistema lagunar (abril 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).....	70
Figura 5-14. Representación gráfica del pH del agua registrado en cada sistema lagunar (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).....	71
Figura 5-15. Representación gráfica de la CE del agua (mS/cm), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).....	73
Figura 5-16. Representación gráfica de la salinidad del agua (g/L), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).....	74

Figura 5-17. Representación gráfica de la concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 75

Figura 5-18. Representación gráfica de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 76

Figura 5-19. Representación gráfica de la CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos, registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 77

Figura 5-20. Representación gráfica de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 78

Figura 5-21. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a (µg/L) del fitoplancton, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 80

Figura 5-22. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a (µg/g) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 81

Figura 5-23. Riqueza y abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitoplancton registradas en los sistemas lagunares (abril de 2017)..... 84

Figura 5-24. Representación gráfica de la abundancia (cél/L) del fitoplancton, registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos. Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 85

Figura 5-25. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2017). Para una mejor visualización, sólo se presentan las especies con abundancia relativa $\geq 1\%$. El resto de ellas se presenta agrupado en la categoría “otros”. 92

Figura 5-26. Representación gráfica de la abundancia de fitobentos, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio) 94

Figura 5-27. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de zooplancton registradas en los sistemas lacustres (abril de 2017)..... 95

Figura 5-28. Representación gráfica de la abundancia (ind/L) de zooplancton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 96

Figura 5-29. Abundancia relativa promedio (%) de los taxones de zoobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2017)..... 98

Figura 5-30. Representación gráfica de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio)..... 99

Figura 5-31. Cobertura promedio de plantas acuáticas en los sistemas lacustres (abril de 2017). 100

Figura 6-1. Precipitaciones acumuladas anuales en estación Camar (DGA)..... 102

Figura 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017..... 105



Figura 6-3. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006-2017.	106
Figura 6-4. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 - 2017.	106
Figura 6-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos....	108
Figura 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.	109
Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.	111
Figura 6-8. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo para la campaña 2017	112
Figura 6-9. N° de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2017.	113
Figura 6-10. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (<i>Prosopis flexuosa</i>) en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2016.	113
Figura 6-11. Comparación del pH actual con el obtenido en años anteriores.....	124
Figura 6-12. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.	126
Figura 6-13. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 al 2017	132
Figura 6-14. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 al 2017.....	133
Figura 6-15. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 al 2017.....	135
Figura 6-16. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2017.....	140
Figura 6-17. Abundancia de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2017.....	143
Figura 6-18. Abundancia de pollos de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2017	143
Figura 6-19. Abundancia de aves registradas en el Sistema Soncor (sin flamencos). Campañas 2006 al 2017	144
Figura 6-20. Abundancia de pollos de flamencos registrados en el Sistema Soncor. Campañas 2006 al 2017	145
Figura 6-21. Abundancia de flamencos registrados en el Sistema Soncor (sin pollos). Campañas 2006 al 2017	146
Figura 6-22. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 al 2017.....	147
Figura 6-23. Abundancia de especies de aves en Sistema Aguas de Quelana (sin flamencos). Campañas 2006 al 2017	148
Figura 6-24. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 al 2017.....	149
Figura 6-25. Abundancia de flamencos por laguna en el Sistema Peine. Campañas 2006 al 2017.....	151
Figura 6-26. Abundancia de especies de aves en Sistema Peine (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2017	152
Figura 6-27. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2017	154
Figura 6-28. Abundancia de micromamíferos por ambiente en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2017	155
Figura 6-29. Abundancia de micromamíferos por especie en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2017	156
Figura 6-30. Índice de visitas de <i>Pseudalopex sp</i> en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 al 2017	157
Figura 6-31. Índice de visitas de <i>Pseudalopex sp</i> en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 al 2017.....	157
Figura 6-32. Índice de visitas de <i>Pseudalopex sp</i> en estaciones olfativas. Campañas 2007 al 2017	158
Figura 6-33. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa a la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).	160
Figura 6-34. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea	

horizontal representa a la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 161

Figura 6-35. Evolución temporal de la temperatura en el Sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 163

Figura 6-36. Evolución temporal de la temperatura en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 164

Figura 6-37. Evolución temporal del pH en el Sistema Puilar, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 166

Figura 6-38. Evolución temporal del pH en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 167

Figura 6-39. Evolución temporal del pH en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 168

Figura 6-40. Evolución temporal del pH en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 170

Figura 6-41. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 172

Figura 6-42. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 173

Figura 6-43. Evolución temporal de la CE del agua en el Sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 175

Figura 6-44. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 176

Figura 6-45. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Puilar, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 178

Figura 6-46. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 179

Figura 6-47. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea



horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 181

Figura 6-48. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 182

Figura 6-49. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 184

Figura 6-50. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 186

Figura 6-51. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 187

Figura 6-52. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 189

Figura 6-53. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 190

Figura 6-54. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 192

Figura 6-55. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 193

Figura 6-56. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 194

Figura 6-57. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Puilar, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 195

Figura 6-58. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 196

Figura 6-59. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de



cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año)..... 197

Figura 6-60. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 198

Figura 6-61. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año)..... 200

Figura 6-62. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año)..... 201

Figura 6-63. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 203

Figura 6-64. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año)..... 204

Figura 6-65. Evolución temporal de clorofila-a bentónica en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 206

Figura 6-66. Evolución temporal de clorofila del perifiton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 207

Figura 6-67. Evolución temporal de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 209

Figura 6-68. Evolución temporal de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 210

Figura 6-69. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 213

Figura 6-70. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la



línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 215

Figura 6-71. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 218

Figura 6-72. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 220

Figura 6-73. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 223

Figura 6-74. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 226

Figura 6-75. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 228

Figura 6-76. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 231

Figura 6-77. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 233

Figura 6-78. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 236

Figura 6-79. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 238

Figura 6-80. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 241

Figura 6-81. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la



línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 243

Figura 6-82. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 246

Figura 6-83. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 248

Figura 6-84. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 251

Figura 6-85. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 253

Figura 6-86. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 254

Figura 6-87. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 255

Figura 6-88. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año). 257



Anexos

Anexo I – Cartografía de la vegetación 2017.

Anexo II - Base de datos vegetacional Borde Este 2017.

Anexo III - Base de datos vegetacional Zona de conexión vegetación-acuífero 2017.

Anexo IV - Base de datos florística 2017.

Anexo V - Base de datos monitoreo *Prosopis flexuosa* 2017.

Anexo VI - Registro Fotográfico *Prosopis flexuosa* 2017.

Anexo VII - Permiso Sectorial de Captura de Animales de Especies Protegidas de Fauna Silvestre y Registro de Actividades sector Peine

Anexo VIII- Fotografías de fauna silvestre 2017.

Anexo IX – Catastro y Abundancia de Vertebrados en el Borde Este del Salar de Atacama

Anexo X – Abundancia de Flamencos en Sistemas Lacustres

Anexo XI – Certificación de Laboratorios de análisis 2017.

Anexo XII - Bibliografía

Anexo XIII – Responsables y participantes Seguimiento Ambiental – Campaña enero - abril 2017.

Anexo XIV – Resultados históricos de Biota acuática - Parámetros Abióticos

Anexo XV – Resultados históricos de Biota Acuática - Parámetros Bióticos

1. RESUMEN

El presente informe expone los resultados de la campaña N° 11 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, y según lo modificado en el acuerdo N° 9 de la Resolución N° 056/2008.

El Plan de Seguimiento Ambiental tiene por objetivo dar cuenta del estado ambiental de las componentes Vegetación, Flora Vascular y Fauna, en virtud de su evolución temporal e identificando cambios en ellas, con la finalidad de detectar la ocurrencia de eventuales efectos no previstos por el Proyecto.

1.1 Vegetación

1.1.1 Vegetación Borde Este

Los resultados obtenidos en 2017 indican que la superficie total cubierta con vegetación sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama, alcanza 14.030,7 ha. Del total de esta superficie, la formación vegetacional con mayor representación corresponde al Matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea), que cubre una superficie de 7.735,3 ha, equivalente al 55,1% de toda la vegetación presente en el área. La pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada), corresponde a la segunda formación vegetacional más abundante, ocupando una superficie de 2.349,1 ha, equivalente al 16,8% del total. La superficie asociada a cada tipo de vegetación ha sido superior a la rectificadora en el año 2013 (Informe N°7), con excepción del Matorral de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (Rica rica-Pingo pingo) el que muestra menos superficie, reducción que se produjo en el año 2014. Dada la constitución del tipo vegetacional donde las especies tienen bajas coberturas y grandes espaciamentos, es difícil lograr definir con precisión los límites de la unidad por medio de la imagen satelital, los cuales al contar con nueva información de terreno o cartográfica pueden ser mejorados produciendo cambios en la superficie.

Para el presente año, dados los altos montos de precipitación acumulados a la fecha de monitoreo se ha registrado la presencia del tipo vegetacional, matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal), especie cuyo crecimiento se produce posterior a eventos precipitaciones.

El monitoreo de la vitalidad de la vegetación de Borde Este, indicó que los distintos tipos vegetacionales monitoreados presentaron una vitalidad mayoritariamente normal, registrándose la categoría en el 70,7% del total de puntos de muestreos, por otra parte, la categoría débil se registró en el 15,2% del total. Al comparar este parámetro con los resultados de años anteriores se observa un incremento de la cantidad de puntos en la categoría de vitalidad vigoroso, pasando de un 4,0% a un 10,1%. Cabe mencionar que, para el presente año, las categorías de vigor normal y vigoroso acumularon un total de 80,8% superando lo observado entre los años 2014 a 2016, donde se apreciaba una disminución de este parámetro.

La evaluación del follaje verde desde el año 2006 al año 2016 ha identificado una dominancia de registros en las categorías de copa verde mayor 25% (25 a 50%, 50-75% y 75-100%), acumulándose en torno al 50% de los puntos muestreados. Para el presente año la acumulación de registros se ha concentrado entre las categorías 5 a 25%, 25 a 50% y 50 a 75%. El mayor verdor de las plantas se asocia directamente a que estas han producido de mayor cantidad de nuevas estructuras (hojas, ramillas y tallos) como resultado del incremento en las precipitaciones.

Por último, respecto de los resultados obtenidos en la evaluación de la fenología del Borde Este, se identifica que las plantas para el monitoreo de abril se encuentran principalmente en proceso de fructificación (58,6% del total). Esta condición se comparte para todos los años de monitoreo.

1.1.2 Vegetación zona de conexión con acuífero

En el presente año, los puntos de muestreo ubicados en la zona de conexión vegetación-acuífero indican que la cobertura vegetacional varía entre los meses de enero y abril. En el mes de enero, se describe una menor copa verde en las formaciones, relacionado con un final extendido del periodo de receso invernal,

lo cual se demuestra con una concentración del 63,1% de los puntos en la categoría 10-25% de recubrimiento. Posteriormente, en la medida que avanzan los procesos de formación de estructuras vegetativas y reproductivas, el porcentaje de copa verde tiende a aumentar, concentrando a un 57,8% de los puntos muestreados en la categoría 25-50%. La cantidad de puntos no permite identificar un patrón en el tiempo.

En la zona de conexión el estado vital y porcentaje de follaje verde presenta resultados similares en las mediciones realizadas en enero y abril, presentando en la mayoría de los puntos una vitalidad vigorosa. En cuanto al estado fenológico de la vegetación, para el mes de enero la mayoría de los puntos de muestreo se encontraban en floración (78,9% de los puntos). Mientras que para el mes de abril se identificaron en principalmente en fructificación (89,5% de los puntos).

1.1.3 Algarrobos sector Camar 2

El estado vital de los ejemplares de Algarrobos ubicados en las inmediaciones del pozo Camar 2, mostraron que un 54,9% de los ejemplares monitoreados se presentaron de muy débil a vigoroso y el porcentaje restante se encontró seco sin evidencia de follaje verde ni estructuras reproductivas. Las mediciones realizadas en 2017 muestran que los ejemplares en la categoría de vitalidad considerada normal aumentaron de 15 a 26 individuos, en tanto que el número de ejemplares con vitalidad débil disminuyó de 17 a 9 individuos.

El número de ejemplares sin follaje verde monitoreados el 2017 aumentó con respecto a la campaña anterior, pasando de 30 a 32 individuos. Con respecto a las otras categorías, se observó una disminución, en relación al año anterior, de los individuos con follaje entre el 75-100% de copa verde, pasando de 8 a 6 individuos. Situación similar se observa en las categorías <5% y 50-75%, donde el número de individuos pasó de 6 a 3 y 10 a 8, respectivamente. Por otra parte, en las categorías restantes hubo un aumento en el número de los individuos, así la categoría de 25-50% de copa verde pasó de 7 a 11 ejemplares en la presente campaña y la categoría 5-25% de copa verde se incrementó de 10 a 11 individuos.

El análisis sobre las precipitaciones muestra que durante el año 2016 no se registraron precipitaciones de gran magnitud, lo que implica un bajo aporte hídrico pluvial a los ejemplares. Por el contrario, el período estival del año 2017 registró grandes precipitaciones, los que podrían contrarrestar los efectos asociados a las bajas precipitaciones observadas el año anterior. Si bien los meses de Enero y Febrero del presente año aportaron muchos recursos hídricos, el nulo aporte del año 2016 hace que en términos generales sólo se observe un aumento en ejemplares de crecimiento normal, pese a un aumento en 2 ejemplares en categoría seco.

1.2 Flora

La riqueza florística identificadas durante las prospecciones de terreno en el Borde Este del Salar de Atacama, realizadas entre 2006 a 2017 se han mostrado muy estables, en donde se ha registrado en total 34 diferentes especies vasculares dentro de toda el área a lo largo de los años.

La especie *Tessaria absinthioides* es la especie más frecuentemente observada, registrada en el 44% (33 parcelas) de los 75 puntos de muestreo. En los transectos realizados en general la riqueza de especies es baja, variando entre 2 y 11 especies. Las especies más frecuentes son *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, presentes en todos los transectos. Se observa un aumento en el número total de especies registradas dentro de las parcelas (16 especies para esta campaña), alcanzando un máximo histórico. Asimismo, se observa una mayor riqueza y abundancia en los distintos transectos, con mayores registros en comparación con los años anteriores.

La caracterización química del sustrato, indica que el pH en los puntos de muestreos variaron entre las categorías ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino, registrándose mayormente en 50,7% de los puntos muestreados moderadamente alcalino. Los resultados indican que la flora del Borde Este del Salar de Atacama se desarrolla en un sustrato fuertemente salino, en 56 puntos (74,6%) se aprecia que tuvieron una salinidad superior a 6,07 dS/m. La mayoría de los puntos se distribuyen al interior de los rangos observados de pH y CE (82,7% y 72%). Las variaciones observadas no permiten concluir que sea un efecto de las actividades del Proyecto, sino más bien por condiciones de micrositio.

1.3 Fauna

El Plan de Seguimiento Ambiental 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. Para cada grupo faunístico, el PSA 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 metodologías son: 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 de los Sistemas Lacustres mencionados anteriormente.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante esta campaña se aprecian diferencias en cuanto a la riqueza y abundancia de especies en los diferentes hábitats prospectados a lo largo de las distintas campañas. La revisión de la riqueza desde el año 2006 a la fecha, muestra variaciones en cuanto al número de especies de un año a otro, con el valor más bajo de especies obtenido durante el año 2010 con 25 especies, el que contrasta con su valor máximo alcanzado en el año 2007, en el cual se registraron 43 especies. Estas diferencias dan cuenta de la dinámica comunitaria existente en este tipo de ambiente.

Los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) realizado durante el periodo 2017, muestran una disminución en la riqueza general del componente fauna, con 27 especies, en comparación con las 33 especies detectadas el año 2016. En relación a los distintos hábitats, el ambiente de Pajonal es el que presenta los mayores valores con ocho especies, seguido por el hábitat de Brea – Cachiyuyo, con seis especies, el de Rica rica – Pingo pingo, con cuatro especies, y por último el ambiente de Marginal de Salar y el de Salar con tres especies cada uno.

En cuanto a las singularidades observadas, de las 27 especies detectadas durante el presente monitoreo, once se encuentran en alguna categoría de conservación, siendo dos de ellas endémicas de la Región de Antofagasta.

1.3.1 Reptiles

El análisis por clase taxonómica indica que para la clase Reptilia, las especies *L. constanzae* y *L. fabiani* presentaron las mayores abundancias promedio, mientras que *L. puna* presenta una disminución respecto del año anterior. Sin embargo, estas variaciones se encuentran dentro del rango histórico.

1.3.2 Aves

En cuanto a las aves de ambientes terrestres, estas revelan un registro de nueve especies identificadas a nivel de especie durante el 2017, mostrando una reducción en relación a campañas anteriores. En cuanto a la avifauna acuática en los distintos Sistemas Lacustres prospectados, detectándose 13 especies. De la misma forma que en monitoreos previos, existe un predominio en dos de las tres especies de flamenco, observándose una disminución respecto al año anterior en las dos parinas presentes: *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) y *Phoenicoparrus jamesi* (parina grande). Así mismo, se aprecia una reducción importante en el número de pollos de estas especies en la presente temporada.

1.3.3 Mamíferos

Finalmente, para mamíferos se encontraron cinco especies, entre ellas tres micromamíferos (*Abrothrix andinus*, *Eligmodontia puerulus* y *Phyllotis xanthopygus*), un micromamífero fosorial (*Ctenomys fulvus*), y finalmente un macromamífero (*Pseudalopex culpaeus*). En el caso del zorro, solo se registró en uno de los sectores mediante estaciones olfativas. Sin embargo, fue posible detectar su presencia en tres sectores y cuatro ambientes mediante evidencia indirecta (huellas y fecas). De esta forma, tanto el micromamífero fosorial como el zorro culpeo han sido observados en campañas previas y sus abundancias se registran dentro del rango histórico de cada especie.

1.4 Biota Acuática

Se informa sobre los resultados de la undécima campaña anual de monitoreo del componente biota acuática (parámetros bióticos y físicos) del Proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama", contemplado en el Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) del Salar de Atacama y se analizan las tendencias de los monitoreos efectuados desde el año 2006 hasta el año 2017.

1.4.1 Medio Abiótico

El monitoreo anual del medio abiótico consiste en la determinación de los parámetros temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE) y salinidad del agua, oxígeno disuelto (OD) y CE y temperatura de sedimentos en los sistemas lacustres Soncor, Puillar, Aguas de Quelana y Peine.

En el monitoreo efectuado en abril de 2017 la temperatura que se registró en el agua fue similar en todas las estaciones de monitoreo, fluctuando entre 24,1 y 33 °C. La temperatura de los sedimentos fue muy similar a la del agua, encontrándose en el rango 25,2 – 34,1 °C.

El pH, se encontró dentro del rango 7,6 – 9,3, presentando los cuatros sistemas monitoreados promedios alcalinos (>8) con una baja dispersión de datos. La concentración de OD, por su parte, fluctuó entre 1,42 y 5,63 mg/L.

La conductividad eléctrica (CE) y salinidad registradas en el agua de los sistemas hidrológicos fluctuaron entre 32,4 – 185 mS/cm y 19,4- 182 g/L, respectivamente. Por su parte, la CE del sedimento se encontró dentro del rango 7,8 – 76,5 mS/cm. De acuerdo a estos resultados pueden agruparse los sistemas en dos: Puillar – Peine y Soncor – Aguas de Quelana. Donde el primero grupo presentó una menor salinidad y CE del agua y sedimentos..

1.4.2 Medio Biótico

El monitoreo anual del medio biótico consiste en muestrear y analizar la concentración de clorofila, abundancia y riqueza de fitoplancton, fitobentos, zoobentos, zooplancton y cobertura de plantas acuáticas en los sistemas lacustres Soncor, Puillar, Aguas de Quelana y Peine.

En el monitoreo efectuado el año 2017, la clorofila – a planctónica se encontró dentro del rango 0 – 3 µg/L y en la mayoría de las estaciones no fue detectada. La clorofila bentónica por su parte, se encontró dentro del rango 0,34 – 19,2 µg/g.

La abundancia de fitoplancton osciló entre 0 y 230.000 cél/L en el conjunto de sistemas, con promedios dentro del rango 40.000 – 183.000 cél/L. Los taxones más abundantes en todos los sistemas pertenecen a la clase Chlorophyceae. *Chlorella fusca* fue el taxón dominante en los sistemas Puillar, Aguas de Quelana

y Soncor. En el sistema Peine dominó el taxón *Chlorella vulgaris*. La riqueza total de especies fue de 8, 14, 2 y 9 taxa para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente

La abundancia de fitobentos en las estaciones de muestreo se encontró dentro de un rango amplio (0 – 1.145.000 cél/mL). La riqueza taxonómica de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fue de 46, 64, 26 y 51 taxa, respectivamente. El taxón dominante en la mayoría de los sistemas (Soncor, Aguas de Quelana y Peine) fue *Amphora carvajalana*. En el sistema Puilar dominó el taxón *Craticula grunowii*.

La abundancia de zooplancton determinada en las cuatro estaciones de monitoreo se encontró dentro del rango 0 ind/L – 260 ind/L. Las riquezas taxonómicas de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron de 2, 2, 1 y 3 taxa, respectivamente, mientras que los taxones dominantes, en el mismo orden de sistema anterior fueron: *Harpacticoidae sp.*, *Chironomidae sp.*, *Chironomidae sp.* y *Ostracoda sp.*

La abundancia de zoobentos se encontró dentro del rango 1.260 ind/m² – 33.840 ind/m² en las estaciones de muestreo. La riqueza taxonómica de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fue de 4, 3, 3 y 3 taxones, respectivamente. Los taxones dominantes en estos sistemas fueron *Ostracoda sp.* en el sistema Puilar y *Harpacticoidae sp.*, en los sistemas Aguas de Quelana, Soncor y Peine. El índice de Shannon – Wiener fluctuó entre 1 (sistema Peine) y 1,82 (Sistema Puilar).

Finalmente, las plantas acuáticas presentaron una cobertura máxima menor a 5% en todos los sistemas lacustres y estaciones de monitoreo.

1.4.3 Análisis histórico y conclusiones

Las mediciones realizadas el año 2017, en su mayoría, se encontraron dentro del rango histórico de los sistemas lacustres. Respecto a las tendencias temporales, los parámetros abióticos no evidencian tendencias definidas. En cuanto a los parámetros bióticos (fitoplancton, fitobentos, zooplancton, zoobentos y plantas acuáticas), los cuatro sistemas monitoreados presentaron fluctuaciones con el mismo comportamiento. De esta manera, las variaciones y tendencias observados responderían a factores globales o que aplican a todos los sistemas (como metodologías de medición). Cabe notar que cada parámetro presenta un comportamiento histórico distinto. El fitoplancton y la cobertura de plantas acuáticas no mostraron tendencias en el periodo analizado. La abundancia y riqueza de fitobentos aumentaron durante el periodo 2009-2014, disminuyeron el año 2015 y aumentaron nuevamente el año 2016, manteniéndose el año 2017. La abundancia de zooplancton, por su parte, tuvo una tendencia al aumento durante el periodo 2009-2016, presentando el año 2017 un comportamiento similar al del 2016. En contraste, la abundancia de zoobentos disminuyó en el periodo 2009-2013 y aumentó nuevamente el año 2014-2015.

2. INTRODUCCIÓN

El presente informe expone los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) de vegetación, flora, y fauna 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 y resultados son presentadas en un informe complementario al presente informe y se entrega a la autoridad ambiental por separado.

Tabla 2-1: Parámetros establecidos según RCA 226/06 y responsables de la ejecución del presente Plan de Seguimiento Ambiental.

Componente	Numeral RCA (226/06)	Variable	Parámetros	Frecuencia medición	Institución y/o equipos de trabajo responsables
Vegetación y Flora	10.3	Vegetación en Borde Este	Cobertura de la vegetación. Especies dominantes presentes. Cobertura por especie. Porcentaje de copa verde Estado vital	Anual	Geobiota
		Vegetación en Zona de Conexión	Especies dominantes presentes. Cobertura por especie. Porcentaje de copa verde. Estado vital.	2 veces al año	Geobiota
		Flora	Frecuencia de especies. Riqueza florística. Caracterización del sustrato. Medición de pH y salinidad del suelo.	Anual	Geobiota Análisis de Laboratorio: Laboratorio de Servicios Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal (Universidad Católica).
		Ejemplares algarrobo (<i>Prosopis flexuosa</i>)	Vitalidad Porcentaje de copa viva	Anual	Geobiota
Fauna	10.4	Reptiles	Abundancia	Anual	Geobiota
		Aves (terrestres y acuáticas)	Abundancia	Anual	Geobiota
		Mamíferos (micromamíferos y carnívoros)	Abundancia	Anual	Geobiota
Biota Acuática	10.5	Medio Abiótico	Temperatura Conductividad	Anual	Universidad Católica del Norte

Tabla 2-1: Parámetros establecidos según RCA 226/06 y responsables de la ejecución del presente Plan de Seguimiento Ambiental.

Componente	Numeral RCA (226/06)	Variable	Parámetros	Frecuencia medición	Institución y/o equipos de trabajo responsables
			pH Oxígeno disuelto Temperatura de sedimentos Conductividad de sedimentos		
		Medio Biotico	Fitobentos: Composición, abundancia y contenido de clorofila Fitoplancton: Riqueza, abundancia y contenido de clorofila Zoobentos: Composición, abundancia, índice de Shannon-Wiener Zooplancton: Composición y abundancia. Plantas acuáticas: Cobertura absoluta.	Anual	Universidad Católica del Norte

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 expuestas en Resolución Exenta N°56/2008.

Cabe mencionar que la RCA 226/2006 en su Resuelvo 1.3 establece "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", lo cual fue modificado por medio del recurso de reclamación, Resolución N° 056/2008, y que resuelve en su Acuerdo N° 9 la eliminación del monitoreo antes mencionado.

Los resultados expuestos más adelante en el documento corresponden a los obtenidos en las campañas de muestreo ejecutadas en Enero y Abril, según corresponda, del año 2017, campaña de monitoreo número 11.

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 XIII.

El presente informe, reportará para cada variable su metodología de muestreo y/o medición, los resultados obtenidos para el presente año, la discusión de los resultados actuales y su comparación con los históricos obtenidos, estableciéndose por último las conclusiones respectivas. Los datos históricos que se utilizarán de insumo para la discusión se presentan en los Anexos II, III, IV V, IX, X, XIV y XV.



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, con la finalidad de detectar efectos detrimentales causados por la extracción de agua en los pozos Mullay 1, Allana 1 y Camar 2.

Los objetivos específicos del presente informe de Plan de Seguimiento ambiental son:

- Evaluar las especies dominantes y la variación de la cobertura de la vegetación en el Borde Este y en la Zona de Conexión del Salar de Atacama.
- Determinar la riqueza florística y propiedades del suelo en 7 transectos de monitoreo distribuidos en el Borde Este del Salar de Atacama.
- Monitorear la copa verde y vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* ubicados en el área del Pozo Camar 2.
- Determinar la abundancia de reptiles, aves terrestres, micromamíferos y carnívoros en el Borde Este del Salar de Atacama.
- Determinar la abundancia de aves acuáticas presente en los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine.
- Medir parámetros limnológicos bióticos y abióticos de los sistemas lacustres lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine
- Analizar históricamente el comportamiento de las variables mencionadas previamente.

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.

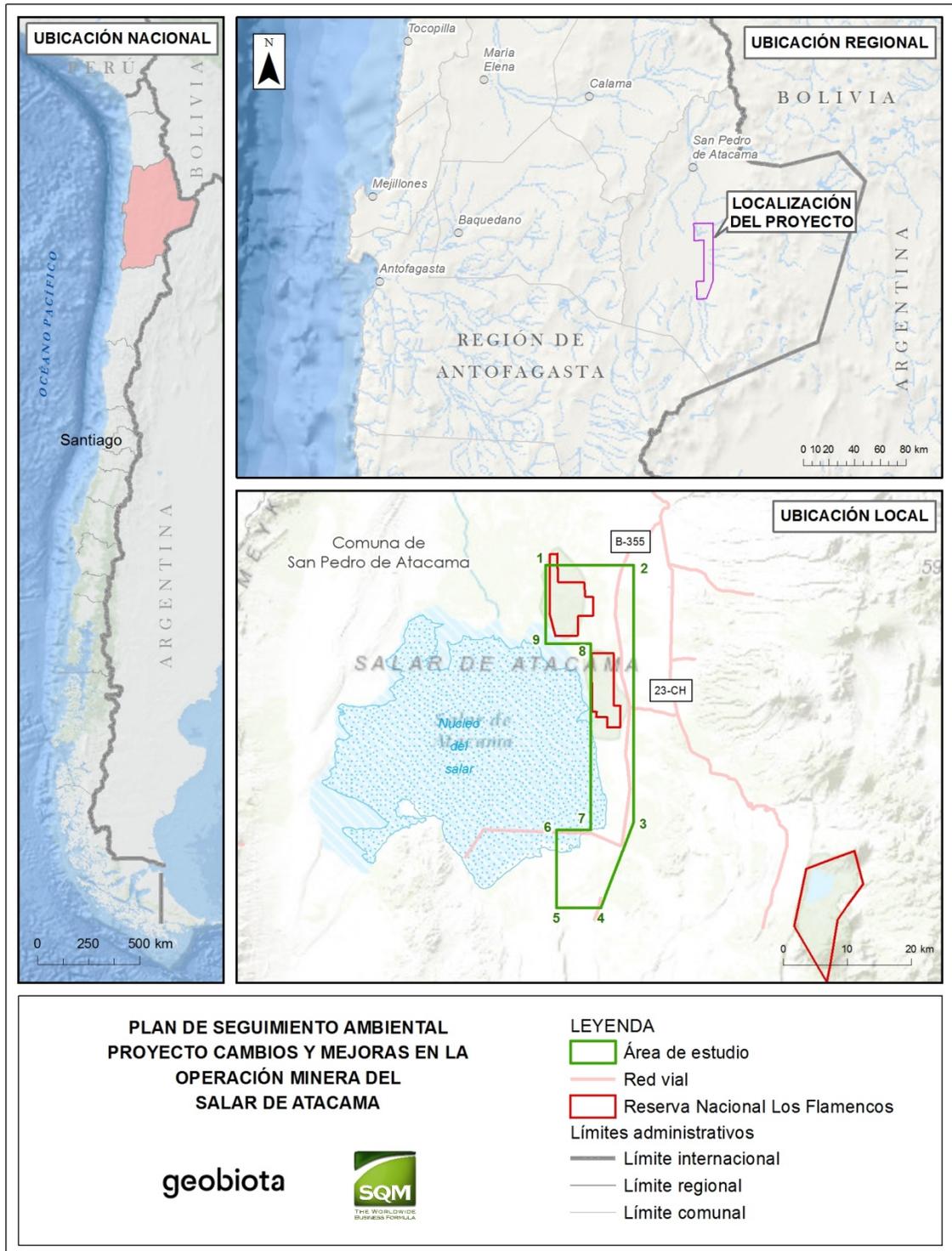
El sector está delimitado por los vértices que se muestran en la Tabla 4-1 y se representan espacialmente en la Figura 4-1.

Tabla 4-1: Vértices del Área de estudio.

Vértice	Coordenadas UTM Huso 19 (WGS84)	
	Este	Norte
1	582.808,0	7.425.804,6
2	596.515,9	7.425.821,3
3	596.515,9	7.385.560,9
4	591.414,2	7.372.165,7
5	584.453,0	7.372.165,7
6	584.459,8	7.384.418,7
7	589.807,0	7.384.416,3
8	589.811,9	7.413.519,1
9	582.811,9	7.413.519,7

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

4.2 Vegetación

4.2.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

4.2.1.1 Monitoreo en Borde Este del Salar

El monitoreo anual de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama se realiza en 99 puntos permanentes, 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.

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

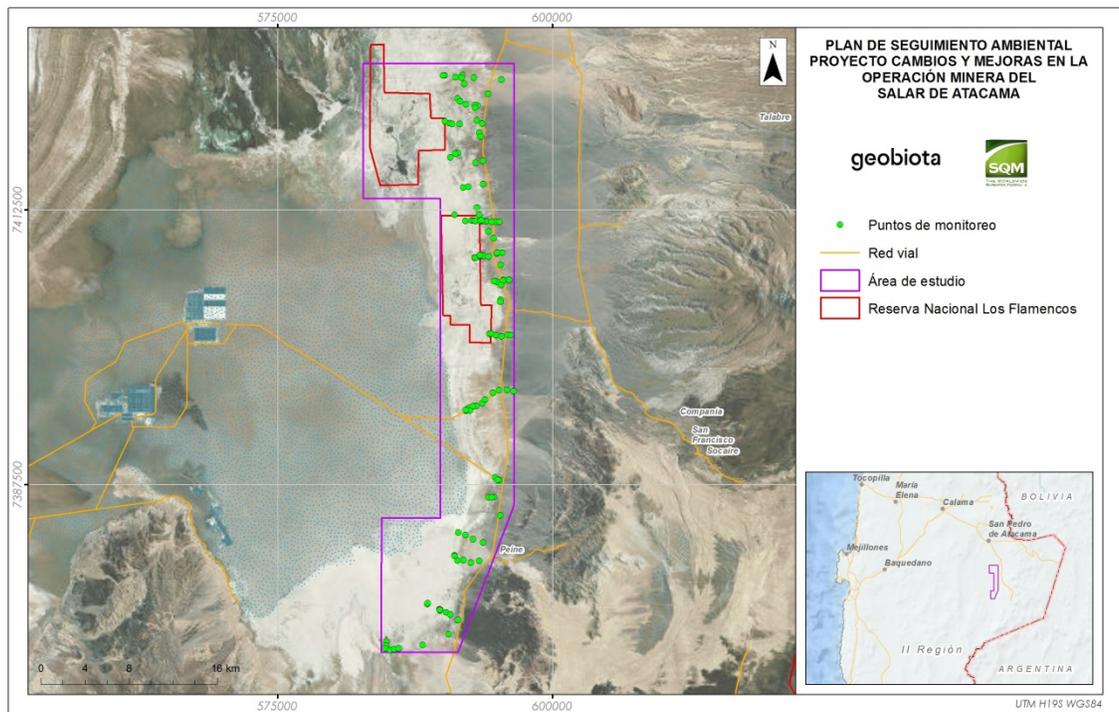
Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-01	590.161	7.424.778	N-34	595.130	7.396.082	N-67	590.570	7.373.893
N-02	591.798	7.424.803	N-35	595.838	7.396.132	V-01	590.057	7.424.786
N-03	595.369	7.424.392	N-36	596.454	7.396.030	V-05	592.823	7.424.583
N-04	592.120	7.422.160	N-37	595.174	7.387.889	V-06	591.734	7.424.569
N-05	590.641	7.420.432	N-38	594.765	7.388.166	V-08	594.147	7.423.108
N-06	590.190	7.420.567	N-39	595.001	7.387.921	V-09	591.352	7.422.679
N-07	590.863	7.420.345	N-40	594.658	7.386.363	V-10	591.583	7.422.414
N-08	591.382	7.417.738	N-41	595.232	7.384.683	V-11	593.177	7.422.022
N-09	591.170	7.417.645	N-42	593.690	7.382.222	V-14	593.587	7.420.397
N-10	590.714	7.417.297	N-43	592.745	7.382.539	V-15	591.548	7.420.360
N-11	593.686	7.414.861	N-44	592.063	7.382.925	V-16	593.662	7.416.988
N-12	591.890	7.414.580	N-45	591.439	7.383.150	V-26	592.665	7.411.549
N-13	592.350	7.414.648	N-46	593.325	7.380.555	V-27	592.828	7.411.539
N-14	591.066	7.412.097	N-47	592.567	7.380.399	V-28	593.642	7.411.533
N-15	593.933	7.411.479	N-48	591.362	7.380.602	V-29	592.981	7.411.522
N-16	595.440	7.408.631	N-49	591.087	7.381.045	V-30	593.407	7.411.508
N-17	592.912	7.408.171	N-50	591.103	7.380.989	V-31	592.057	7.411.506
N-18	592.976	7.408.176	N-51	589.717	7.376.135	V-32	594.808	7.411.461
N-19	593.378	7.408.333	N-52	589.757	7.376.124	V-33	594.480	7.411.460
N-20	593.728	7.408.342	N-53	589.745	7.376.071	V-34	595.174	7.411.457
N-21	594.172	7.408.268	N-54	589.743	7.376.089	V-36	594.899	7.408.547
N-22	596.049	7.406.139	N-55	588.620	7.376.634	V-40	593.397	7.408.407
N-23	594.968	7.405.971	N-65	588.634	7.376.709	V-44	595.560	7.406.139
N-24	594.707	7.406.016	N-57	590.313	7.375.868	V-48	594.400	7.401.258
N-25	594.244	7.401.231	N-58	590.691	7.375.667	V-53	595.926	7.401.167
N-26	594.825	7.401.123	N-59	591.382	7.375.196	V-56	596.207	7.401.116
N-27	595.339	7.401.013	N-60	584.875	7.373.209	V-63	593.872	7.395.243
N-28	592.133	7.394.229	N-61	584.826	7.372.866	V-65	593.059	7.394.688
N-29	592.275	7.394.370	N-62	584.812	7.372.573	V-66	592.772	7.394.651
N-30	592.431	7.394.509	N-63	585.228	7.372.439	V-69	592.127	7.394.296

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-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

4.2.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación - acuífero

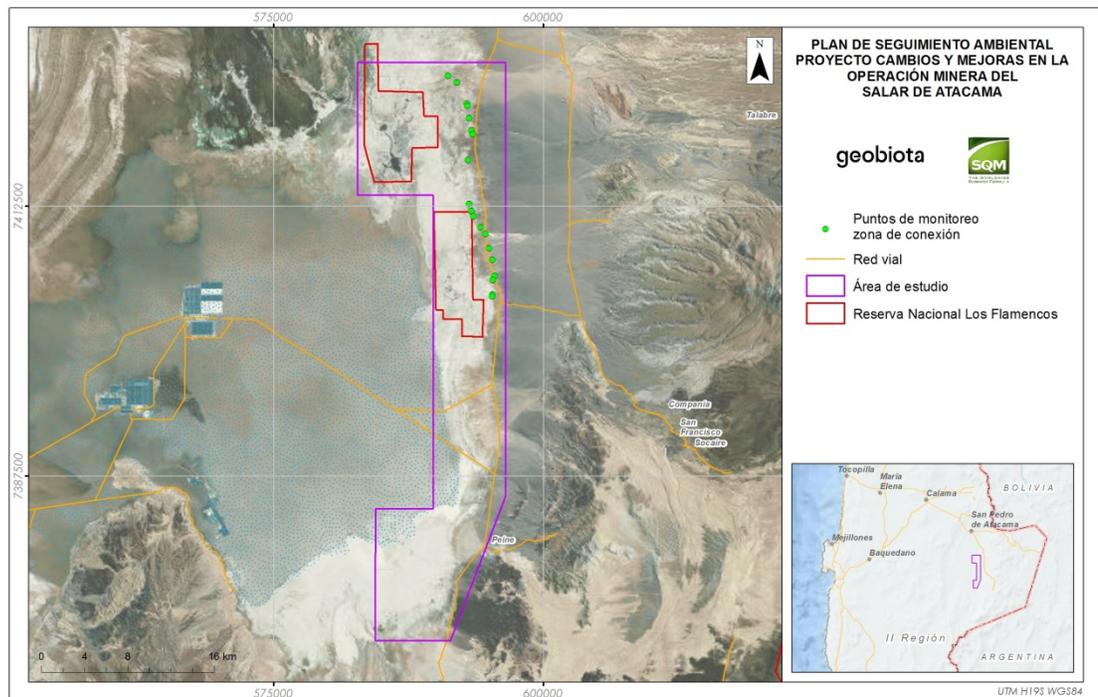
En la Tabla 4-3 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo donde se efectuó la evaluación de la vegetación ubicada en la zona en donde se presume que ocurre la conexión entre las raíces de la vegetación y la napa de agua subterránea. La distribución de los puntos presentados a continuación se muestra en la Figura 4-3.

Tabla 4-3: Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, H19S).

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 4-3. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión.



Fuente: Elaboración propia



4.2.1.3 Monitoreo de algarrobos (*Prosopis flexuosa*)

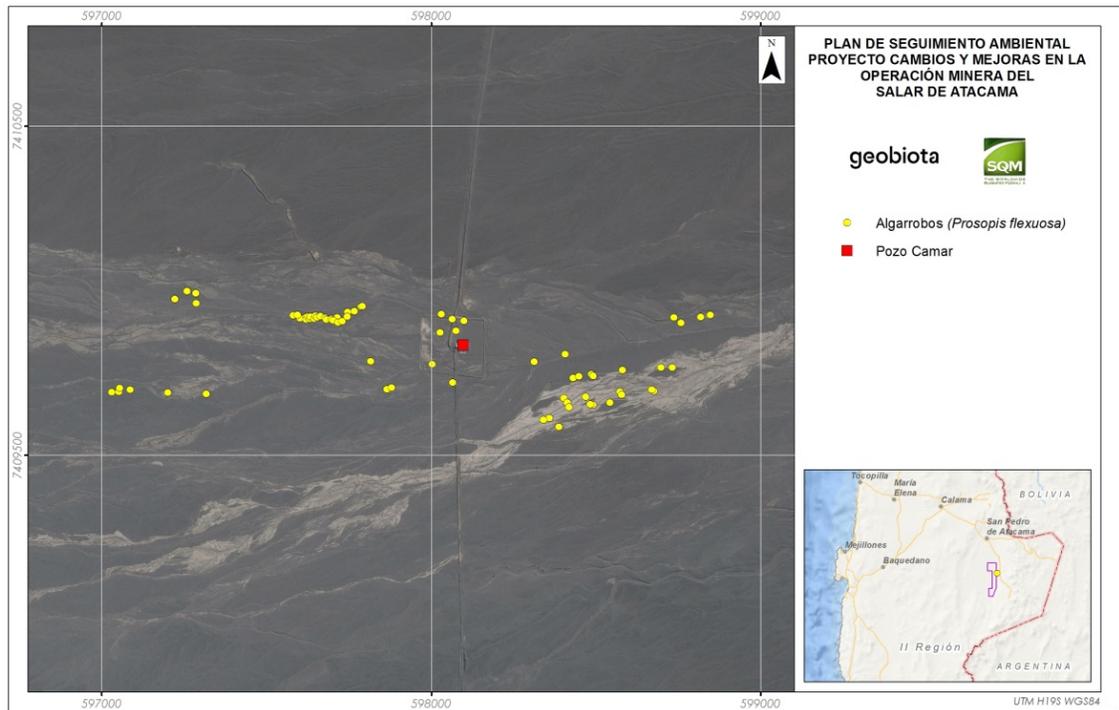
El monitoreo de algarrobos (*P. flexuosa*) se realiza en 71 ejemplares correspondientes a los presentados en la Figura I.5.3 y el Anexo V.IV, ambos correspondientes a la Adenda III del EIA. En virtud del monitoreo, cada ejemplar ha sido rotulado con un código identificador, los que se Tabla 4-4 y su distribución espacial en el área se muestra en la Figura 4-4.

Tabla 4-4: Ubicación de los individuos de *P. flexuosa* 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

Figura 4-4. Distribución de los individuos de *P. flexuosa* monitoreados.



Fuente: Elaboración propia

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

Las siguientes mediciones para caracterizar el estado y evolución de las variables han sido establecidas de acuerdo con lo expuesto en la RCA 226/2006.

El monitoreo de la vegetación en Borde Este y en Zona de Conexión considera la estimación de la cobertura de la vegetación 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, compuesta por bandas y capturada en el mes de abril de cada año, con la finalidad de identificar si existen variaciones en la cobertura de las unidades vegetacionales.

En la descripción vegetacional se incluyen las especies dominantes presentes, cobertura por especie, el porcentaje de copa verde, fenología y el estado vital.

El monitoreo de los individuos de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) ubicados en el sector del Pozo Camar 2, considera la evaluación anual de la vitalidad de los ejemplares y la estimación del porcentaje de copa viva.

4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

4.2.3.1 Monitoreo en Borde Este y Zona de Conexión

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

a. *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.

La descripción en terreno registra los tipos biológicos presentes en cada unidad cartográfica, estimándose en forma visual su cobertura, estratificación en término de altura y especies dominantes. En forma complementaria, y de acuerdo a lo establecido en la RCA 226/2006, en cada punto de descripción se registraron antecedentes de vitalidad y porcentaje de copa (follaje) verde de acuerdo a las categorías establecidas en la Tabla 4-5 y Tabla 4-6.

Tabla 4-5: 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.

La copa o 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 follaje verde utilizadas se indican a continuación:

Tabla 4-6: Escalas utilizadas para clasificar el follaje verde de las plantas.

Código	Follaje verde (%)
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 considera el registro del estado fenológico de las especies que constituyen la formación, de acuerdo con las categorías que se presentan en la Tabla 4-7. 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 4-7: Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.

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

Fuente: Elaboración propia

Para efectos del monitoreo, el diseño muestral considera la ejecución de 99 descripciones para la vegetación del Borde Este (Tabla 4-2) y 19 descripciones para la vegetación de la Zona de Conexión (Tabla 4-3).

b. Imagen satelital

La imagen satelital utilizada fue captada por el sensor Geoeye-1 en el mes de abril de 2017, en paralelo a la ejecución de la campaña de terreno de monitoreo de la vegetación. La 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.

Actualmente el proceso de ortorectificación no es ejecutado, debido a que la imagen utilizada se recibe georreferenciada, y corregida por sensor, geométrica y radiaméricamente por parte del proveedor de imágenes satelitales. La corrección topográfica utiliza un DEM global que permite corregir el error de desplazamiento por relieve consiguiendo una precisión horizontal de 5 m. Este nivel de procesamiento permite que las imágenes puedan ser utilizadas directamente sin ser sometidas a procesos posteriores.

Para efectos de facilitar la identificación de formaciones vegetacionales se ejecutó el proceso de fusión de imágenes satelitales. Esto se realizó por el método modificado de fusión de imágenes satelitales denominado IHS (intensidad, tono y saturación en sus siglas en inglés). El procedimiento convierte la imagen multiespectral de RGB a una capa de intensidad, tono y saturación (IHS), y considera el reemplazo de intensidad de baja resolución de la imagen multiespectral por la imagen pancromática de alta resolución. Posteriormente, se transforma la imagen IHS modificada a RGB, resultando en una imagen multiespectral con resolución espacial de imagen pancromática.

A partir de la imagen satelital procesada se calculó el Índice de Vegetación (NDVI). Esta nueva imagen se utilizó como herramienta complementaria para la discriminación de presencia/ausencia de vegetación.

c. Revisión de la segmentación y clasificación de la vegetación.

Esta etapa consistió en la revisión de la segmentación de la vegetación existente, contrastándolo con la nueva imagen satelital. La finalidad es la identificación de cambios en los tipos vegetacionales antes descritos, lo cual a su vez es complementado con la caracterización realizada en terreno en la red de puntos de muestreo. Los polígonos sin descripción de terreno se revisaron bajo criterios de similitud de colores, tonos y texturas.

El resultado de esta etapa es una base de datos y cobertura digital de la vegetación para la totalidad del área de estudio, la que permitió representar gráficamente las abundancias y distribución de la vegetación por Tipos Vegetacionales, de acuerdo con las especies dominantes y grados de cobertura que ellos poseen.



d. Escala de trabajo

En mapa de vegetación para el área de estudio ha sido elaborado a escala 1:50.000, con una unidad mínima cartografiable de superficie 5 ha. Se entenderá por unidad mínima cartografiable, a la unidad espacial de menor superficie que podrá ser representada e identificada adecuadamente en un mapa.

e. Mosaicos de vegetación

Al interior del área de estudio existen formaciones vegetacionales que se presentan en forma de parches discontinuos y que individualmente pueden cubrir una pequeña superficie. Estos parches de vegetación, conforme a la escala de trabajo y unidad mínima cartografiable definida para este estudio, no podrían ser representados en el Mapa de Vegetación. A fin de lograr una adecuada representación cartográfica de estas formaciones y dar cuenta de la particular condición ecológica en que se desarrollan, dichos parches de vegetación fueron integrados en unidades vegetacionales homogéneas de mayor tamaño, las que fueron designadas como mosaicos vegetacionales, en donde la vegetación presente se inserta en una matriz de suelo desnudo (Figura 4-5).

Figura 4-5. 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 en tablet, cámaras fotográficas, GPS marca Garmin modelo MAP62.

Respecto a la imagen satelital utilizada para el monitoreo de vegetación, la fecha de captura corresponde al 11 de abril de 2017.

4.2.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

El monitoreo de Zona de Conexión se realiza en dos oportunidades, la primera campaña se ejecutó entre el 25 y 27 de enero de 2017 y la segunda se realizó en conjunto con los otros monitoreos en el mes de abril.

Los monitoreos de Borde Este y Algarrobos fueron ejecutados entre el 05 y el 14 de abril de 2017.

4.3 Flora

4.3.1 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 (parcelas), ubicados sistemáticamente cada 300 m. La

ubicación de los puntos de muestreo fue definida en la RCA 266/2006, la cual se especifica en la Tabla 4-8.

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

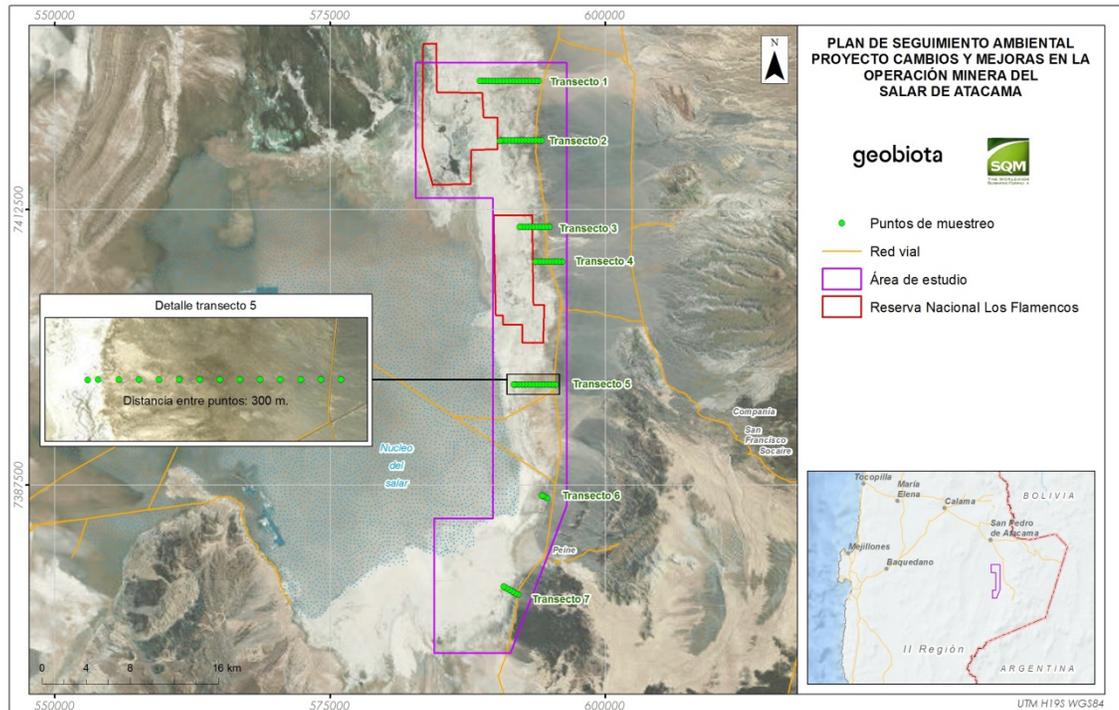
Tabla 4-8: Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).

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

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

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

El monitoreo de flora considera en cada parcela, el registro de las especies de flora vascular y su cobertura en la parcela 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, también se extrae en cada parcela una muestra de suelo para efectuar análisis de pH y conductividad eléctrica, permitiendo evaluar el sustrato en el cual se desarrollan las plantas.

4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

Los puntos de muestreo corresponden a un conglomerado compuesto por cinco sub-parcelas de 25 m², determinando un total de 375 sub-parcelas. Las sub-parcelas se encuentran separadas entre sí por una distancia de 10 m, y dispuestas en forma de “X”. La disposición de las parcelas permite capturar la variación de la riqueza de especies y su cobertura.

De forma complementaria se registran también las especies vegetales observadas entre los puntos de muestreo, para así poder completar el catálogo florístico para el área de estudio en su conjunto.

Aquellas especies cuya identificación no fue posible en terreno, se colectaron muestras para su posterior prensado y herborizado. El material colectado fue determinado taxonómicamente utilizando bibliografía especializada, proceso que estuvo a cargo de 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/>).

En cada punto de muestreo, en la sub-parcela central, se realizó la extracción de las muestras de suelo mediante el uso de un barreno agrológico. Las muestras son representativas de la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial). Las muestras colectadas en terreno fueron almacenadas



en bolsas plásticas herméticas y debidamente rotuladas, para luego ser enviadas para su análisis al Laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Este laboratorio aplica 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. El tamaño de cada muestra enviada es de 500 g aproximadamente.

4.3.4 Materiales y equipos utilizados

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

Para la extracción de las muestras de suelo se utilizó un barreno agrológico marca Eijkelkamp, pala de acero inoxidable marca U-Dig-It y bolsas con cierre hermético para almacenar la muestra.

4.3.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Los trabajos de prospección en terreno se ejecutan de forma anual, realizándose para el presente monitoreo entre el 05 y el 10 de abril de 2017.

4.4 Fauna

4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

4.4.1.1 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 vegetaciones del Borde Este.

La ubicación de los transectos de monitoreo para la fauna terrestre, y que comprenden reptiles, aves terrestres y mamíferos, fueron establecidos en función de los hábitats definidos por la RCA 266/2006. 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 (Transectos 1, 2, 3, 9, 10 y 11). Las coordenadas de ubicación de todos los transectos de prospección se presentan en la Tabla 4-9.

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°8), fue desplazado al mismo sitio donde se realizan las capturas de micromamíferos mediante trampas Sherman. De esta forma, se homologó este ambiente de fauna con la definición de ambientes para la vegetación, realizando la prospección mediante las distintas metodologías en el ambiente definido como hábitat de Rica rica – Pingo pingo. El desplazamiento de este punto no conlleva mayores diferencias en cuanto a la composición de especies, en especial si se considera que la caracterización busca comparar la fauna existente en los ambientes definidos. De esta forma, el mantener el hábitat de Rica rica – Pingo pingo, hace comparables los resultados obtenidos en campañas previas.

Tabla 4-9. Ubicación de puntos de muestreo para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 H19S).

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM		Fin Coordenada UTM	
			Norte	Este	Norte	Este
Vega de Carvajal	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	0	7.419.114	594.403	7.419.402	594.289
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	1	7.417.442	593.604	7.417.142	593.604
	Hábitat de Pajonal	2	7.417.741	591.552	7.417.441	591.552
	Hábitat marginal de salar	3	7.417.761	590.390	7.417.461	590.390
Cruce Camar	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	4	7.411.582	594.795	7.411.282	594.795
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	5	7.411.444	593.336	7.411.144	593.336
	Hábitat de Pajonal	6	7.411.838	592.801	7.411.538	592.801
	Hábitat marginal de salar	7	7.411.612	592.572	7.411.312	592.572
Aguas de Quelana	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	8	7.407.056*	595.919*	7.406.756*	595.921*
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	9	7.403.528	595.236	7.403.228	595.236
	Hábitat de Pajonal	10	7.403.523	594.436	7.403.223	594.436
	Hábitat marginal de salar	11	7.403.528	593.865	7.403.228	593.865
Cruce SQM	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	12	7.396.234	595.743	7.396.390	596.059
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	13	7.395.270	593.999	7.394.970	593.999
	Hábitat de Pajonal	14	7.394.176	592.019	7.393.876	592.019
	Hábitat marginal de salar	15	7.394.039	591.566	7.393.739	591.566
Laguna Interna	Hábitat de salar	16	7.383.148	586.152	7.383.264	585.962

*: 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.
 Fuente: Elaboración propia

Figura 4-7. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.

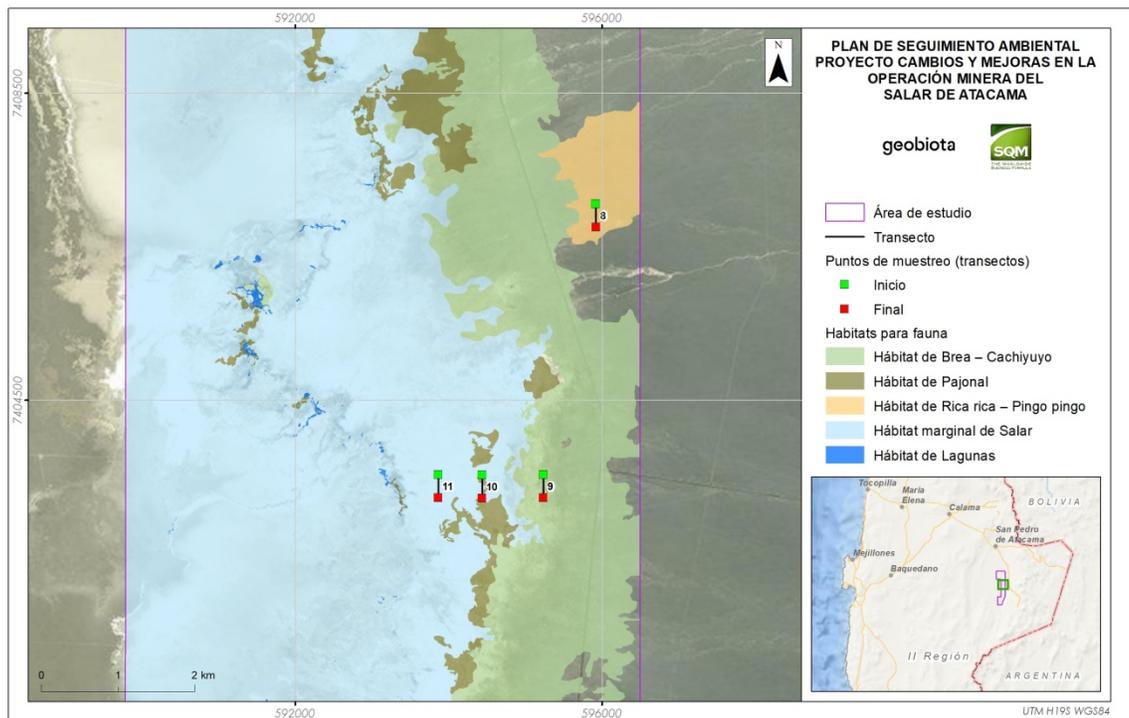
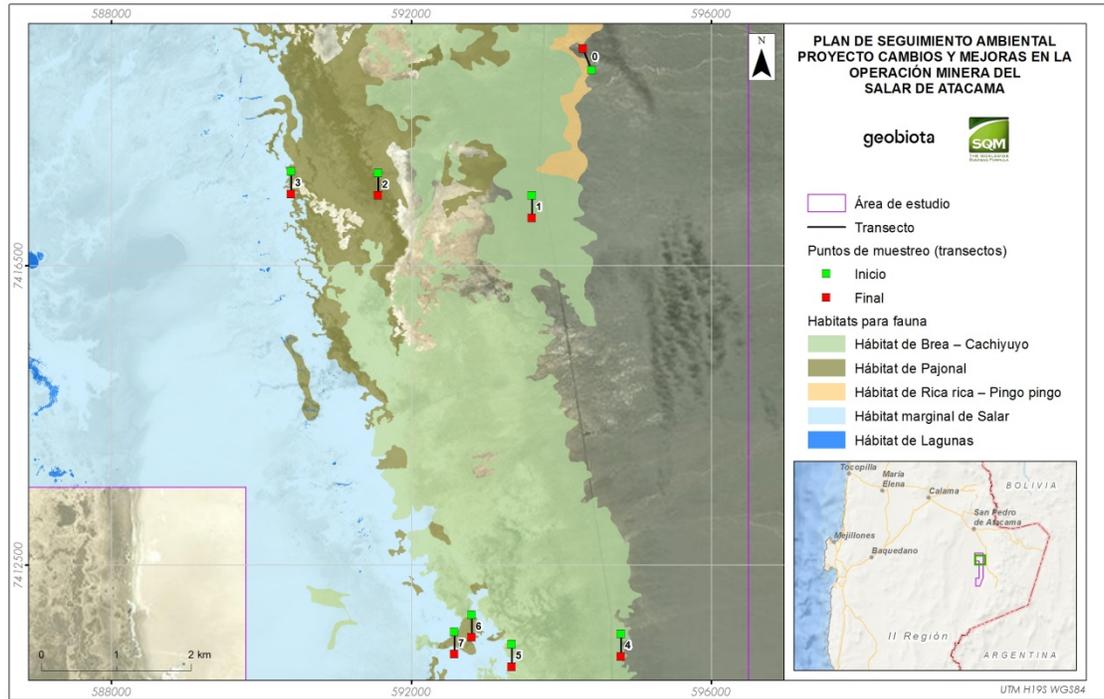
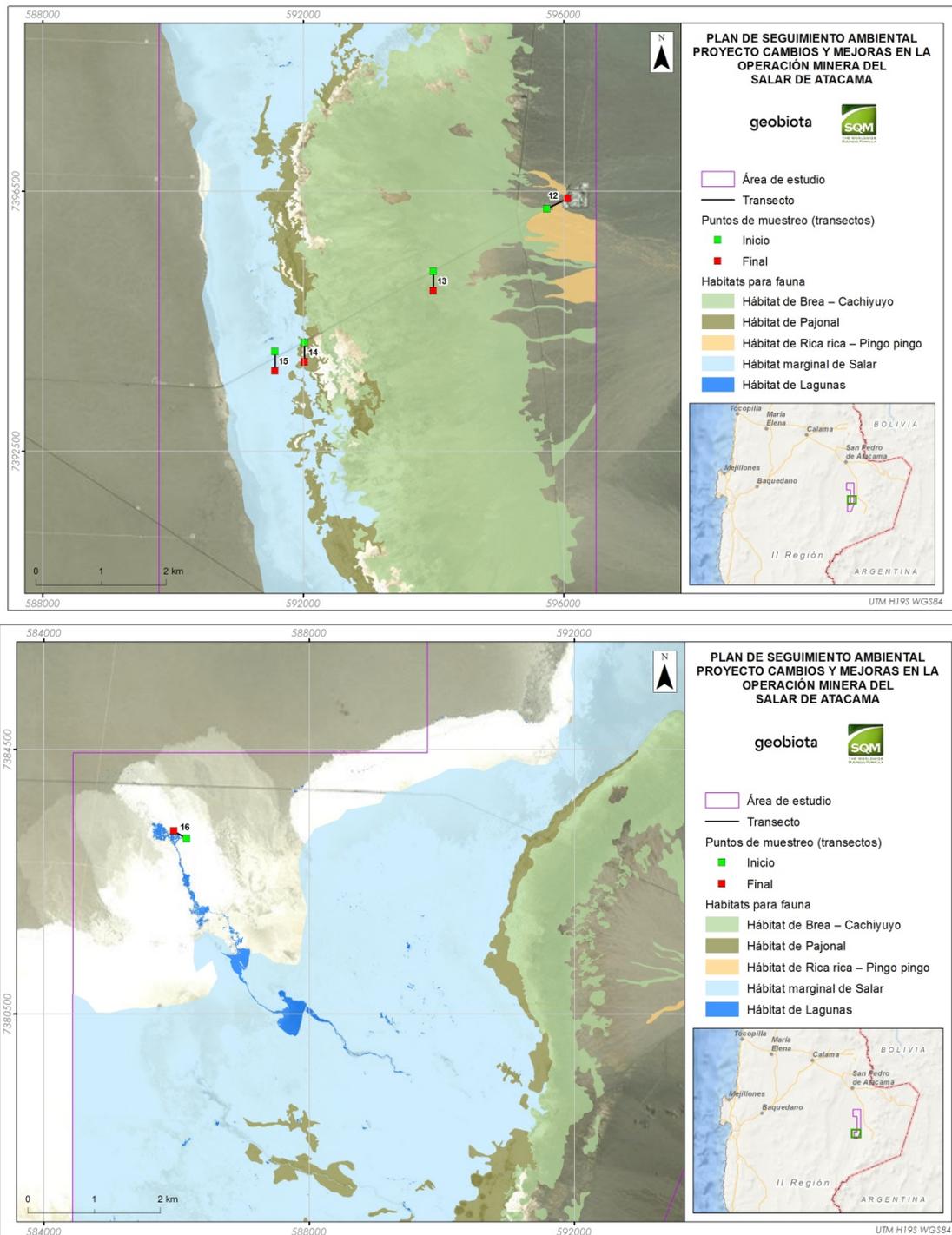


Figura 4-7. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2 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 4-10 y su distribución respecto de las lagunas se presenta en la Figura 4-8 (Sistema Soncor), Figura 4-9 (Sistema Aguas de Quelana) y Figura 4-10 (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.

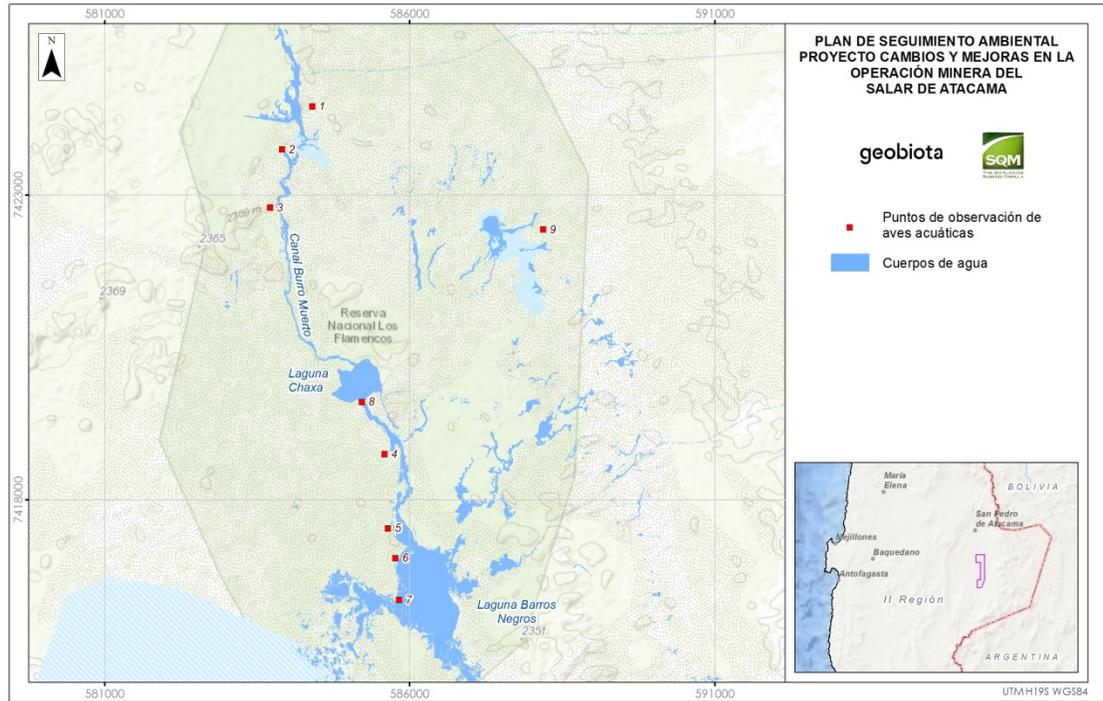
Tabla 4-10: Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).

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
		5	7.417.536	585.649
	Laguna Barros Negros	6	7.417.048	585.771
		7	7.416.359	585.828
		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 en la Laguna Chaxa ante: Elaboración propia

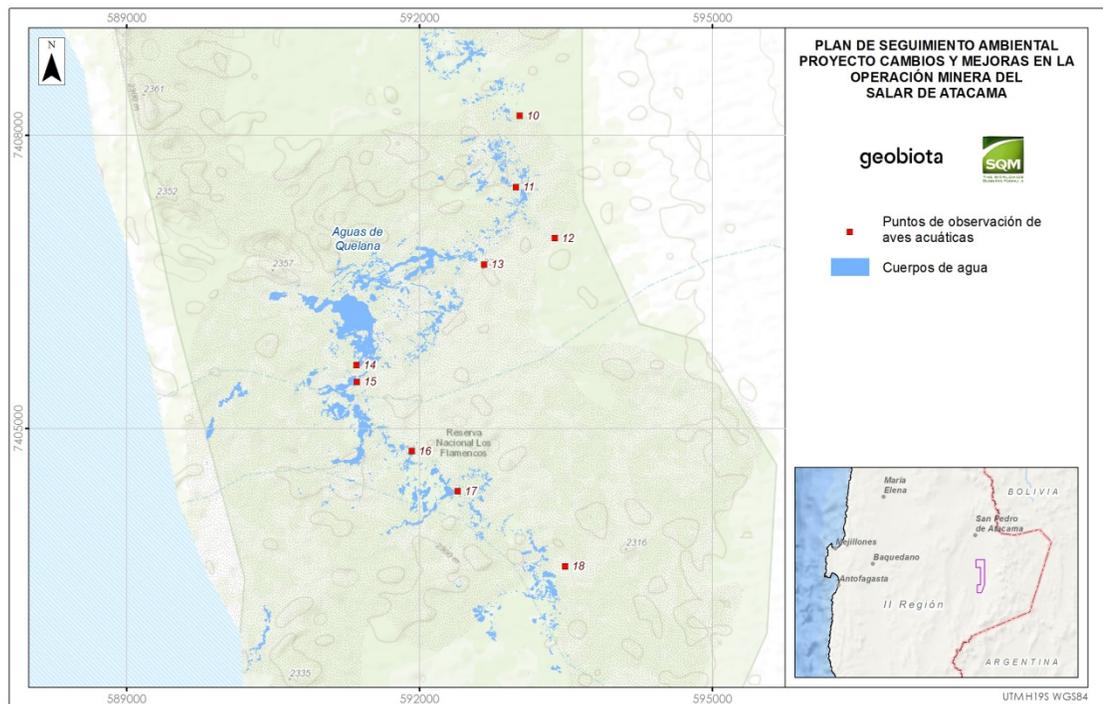


Figura 4-8. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor.



Fuente: Elaboración propia

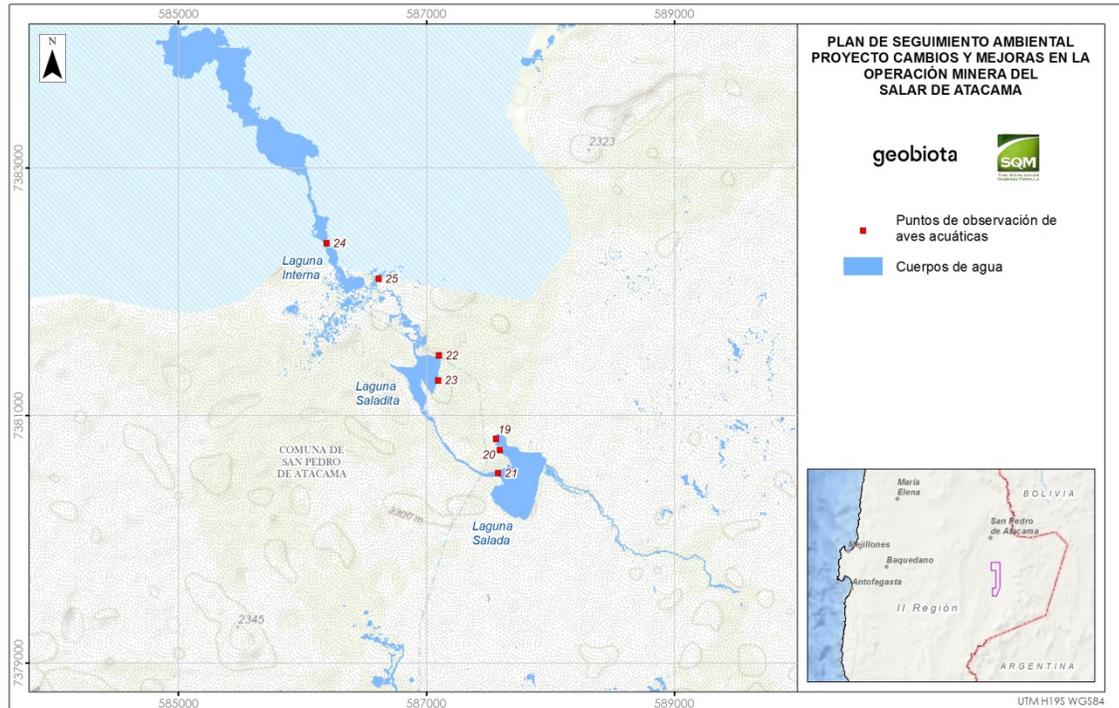
Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia



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



Fuente: Elaboración propia

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

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

Por su parte, para el monitoreo de aves en ambientes acuáticos, se considera el registro del número de ejemplares de las distintas especies presentes en los sistemas lacustres mediante censos, permitiendo identificar la evolución de la variable a partir de la abundancia total.

4.4.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

4.4.3.1 Solicitud del Permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre

En forma previa a las actividades de terreno, se obtuvo el Permiso Sectorial de Captura de Animales de Especies Protegidas de Fauna Silvestre (reptiles y micromamíferos), el cual fue autorizado por la División de Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPROREN) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) Región de Antofagasta, mediante la Resolución Exenta N° 178/2015, su rectificación Resolución Exenta N° 181/2015, y la Resolución Exenta N° 132/2016, que extiende su validez hasta el 21 de abril de 2017 (Anexo VII).

4.4.3.2 Técnicas de muestreo aplicadas

Se realizó un muestreo estratificado, considerando los tipos de hábitat definidos anteriormente para fauna, 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.

4.4.3.3 Reptiles

Para evaluar la abundancia se realizaron 17 transectos lineales con una longitud 300 metros. En cada transecto se realizó el recorrido a pie, una vez por día, y durante tres días. En cada recorrido se registraron los individuos observados a una distancia de hasta 30 metros a cada lado del transecto, y se estandarizó el tiempo de muestreo a 20 minutos. Este método permite registrar el número de especies presentes en cada hábitat 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).

4.4.3.4 Aves en ambientes terrestres

La abundancia fue evaluada en los 17 transectos lineales de 300 metros descritos anteriormente. En cada transecto se realizó un recorrido a pie, una vez por día, y 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. Finalmente se calcularon las abundancias de aves por transectos a partir del promedio de animales observados en los tres días de prospección.

Sin perjuicio de lo anterior, y considerando que este método produce un sesgo en la estimación de abundancias de especies con alta movilidad y detectabilidad (i.e. aves rapaces), impidiendo su comparación con otros taxa, tales especies fueron tratadas solo como presentes o ausentes. Se registraron además los ejemplares observados fuera de los transectos, así como registros circunstanciales realizados fuera del tiempo de recorrido en cada transecto. Con esto se busca completar el catálogo de avifauna terrestre en el área de estudio.

El registro de ejemplares, 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).

4.4.3.5 Aves en ambientes acuáticos

Para las aves en ambientes acuáticos se efectuaron censos en los Sistemas Lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine, específicamente en lugares donde se presentan hábitats relevantes para este grupo.

La metodología 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 estándar consistió 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.

Los censos se realizaron en 25 puntos de observación (Tabla 4-10). Su distribución en el perímetro de los Sistemas Lacustres mencionados se muestran en las Figura 4-8, Figura 4-9 y Figura 4-10. 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 sin interferir en las actividades normales de los ejemplares. Se realizaron conteos dobles repetitivos, en forma independiente, aceptándose el censo cuando la diferencia entre ambos 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.

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

4.4.3.6 Micromamíferos

Para el estudio de roedores y marsupiales, se realizó la captura de ejemplares mediante la instalación de 30 trampas de captura viva de 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 Vega de Carvajal y Aguas de Quelana (Figura 4-7), con lo que se obtiene un total de seis puntos de muestreo, los que se instalaron en los transectos 0, 1, 2, 8, 9, y 10.

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, evidencia indirecta y ambientes para micromamíferos fueron fotografiados, estableciendo sus coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19) para cada trampa Sherman.

4.4.3.7 Macromamíferos

El muestreo de macromamíferos se realiza en los transectos 1, 2, 9 y 10.

Para establecer la abundancia relativa de carnívoros se implementaron estaciones de atracción olfativa, con el objeto de estimar el índice de visitas a estos lugares. 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 (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, presentes en cada uno de los sectores definidos para el estudio de mamíferos (i.e. Aguas de Quelana y Vegas de Carvajal). El muestreo no se llevó a cabo en el hábitat de pajonal, debido a las dificultades de este, considerando la alta densidad y altura de la vegetación, presentando dificultades metodológicas para su implementación y registro.

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.

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.

4.4.3.8 Identificación, origen geográfico y singularidad de las especies.

La determinación taxonómica de los animales se efectuó, de acuerdo a 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 (2003), 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), Nuñez y Jaksic (1992), Vidal y Labra (2008), Demangel (2016).
- Aves: Araya y Millie (1995), Bibby *et al.* (1992), Espinosa (1998), Blanco y Carbonell (2001), López-Lanús y Blanco (2005) y Delany (2005)
- Mamíferos: Osgood (1943), Mann (1958), Reise (1973), Muñoz-Pedrerros y Yáñez (2000) y Iriarte (2008)

a. *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, criterios de protección según la Ley de Caza (criterios BSE) y el Índice de Riesgo para las especies (SAG, 2004).

b. *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 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que reemplaza al DS N°75/2004 MINSEGPRES y corresponde al actual Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE). A la fecha existen 13 procesos de clasificación publicados en el diario oficial, incluidos en diferentes cuerpos legales, 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 por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, en adelante RCE (D.S. N° 75/05). Cuando alguna especie no se encuentra clasificada en dichos decretos, se utiliza 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, 2008).

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).

II. Índice de Riesgo (IR)

Con el objeto de determinar el nivel de amenaza para una especie en particular, en función de su sensibilidad ante perturbaciones, se estableció el Índice de Riesgo (IR). Este estimador permite definir prioridades de conservación y manejo en función de las características propias de cada especie, así como de particularidades ambientales en cada zona de estudio (SAG, 2004).

Para la obtención del IR se considera la sumatoria de cuatro criterios ponderados, obteniendo el grado de riesgo de cada especie según cuatro niveles cualitativos: riesgo máximo, alto, medio y bajo. Cabe mencionar que para el presente informe, el índice fue actualizado según las categorías definidas en el RCE (D.S. N° 75/04), y homologadas siguiendo a Squeo et al (2010).

4.4.4 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 Nikon de 10x50, un Catalejo Sightmark 6-100 x 100, un GPS cartográfico marca Trimble modelo Nomad, y tres GPS marca Garmin modelo *eTrex*.

En cuanto a los materiales utilizados en terreno, estos fueron: un trípode, guías de campo 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 usaron materiales como harnero, pala y brochas, además de un atractor olfativo.

4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Para la componente fauna, los trabajos de prospección fueron realizados entre el 5 y el 14 de abril de 2017. Cabe indicar que para el sector de Peine se realizó sólo un transecto, debido a que se presentaron problemas de ingreso con la comunidad de este sector. En el Anexo VII se presenta el certificado con el registro de esta situación, en conjunto con CONAF.

4.5 Biota acuática

4.5.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

Las estaciones de monitoreo definidas están orientadas a observar la evolución del componente biota acuática en los sistemas lacustres del área de influencia del Proyecto. De acuerdo a lo establecido en la RCA 226/2006, se cuenta con 25 estaciones de monitoreo, ubicadas en tres sistemas lacustres: Soncor, Aguas de Quelana y Peine. La ubicación de estas estaciones se presenta en la Tabla 4-11 y Figura 4-11.

Para realizar el análisis presentado en este reporte, al igual que en los informes de seguimiento de años anteriores, el sistema lacustre Soncor fue subdividido en dos sistemas denominados Sistema Puilar (puntos de monitoreo PU-1, PU-2, PU-3, PU-4 Y PU-5) y Sistema Soncor (puntos de monitoreo BN-1, BN-2, BN-3, CH-1, CH-2) (ver Tabla 4-11 y Figura 4-11).

Tabla 4-11: Sectores evaluados en el monitoreo de biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama – Campaña abril 2016 (Datum WGS84 19S).

Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
Aguas de Quelana	Q-0	Quelana 0	593.163	7403828
	Q-1	Quelana 1	592.250	7406112
	Q-2	Quelana 2	592.211	7406762
	Q-3	Quelana 3	593.153	7.407.551
	Q-4	Quelana 4	592.470	7.406.755
	Q-5	Quelana 5	592.826	7.408.168
	Q-6	Quelana 6	592.826	7.408.208
	Q-7	Quelana 7	593.940	7.411.514
	Q-8	Quelana 8	592.576	7.411.571
	Q-9	Quelana 9	592.308	7.411.462
Puilar	PU-1	Puilar vertiente	588.175	7.422.760
	PU-2	Puilar canal 2	587.948	7.422.497
	PU-3	Puilar laguna 2	587.521	7.422.369
	PU-4	Puilar canal 1	588.364	7.422.076
	PU-5	Puilar laguna 1	588.124	7.422.009
Soncor	BN-1	Barros Negros laguna	585.955	7.418.574
	BN-2	Barros negro entrada laguna	585.850	7.417.340
	BN-3	Barros negro canal	585.810	7.416.089
	CH-1	Laguna Chaxa	585.225	7.419.612
	BM-1	Canal Burro Muerto	584.153	7.424.272

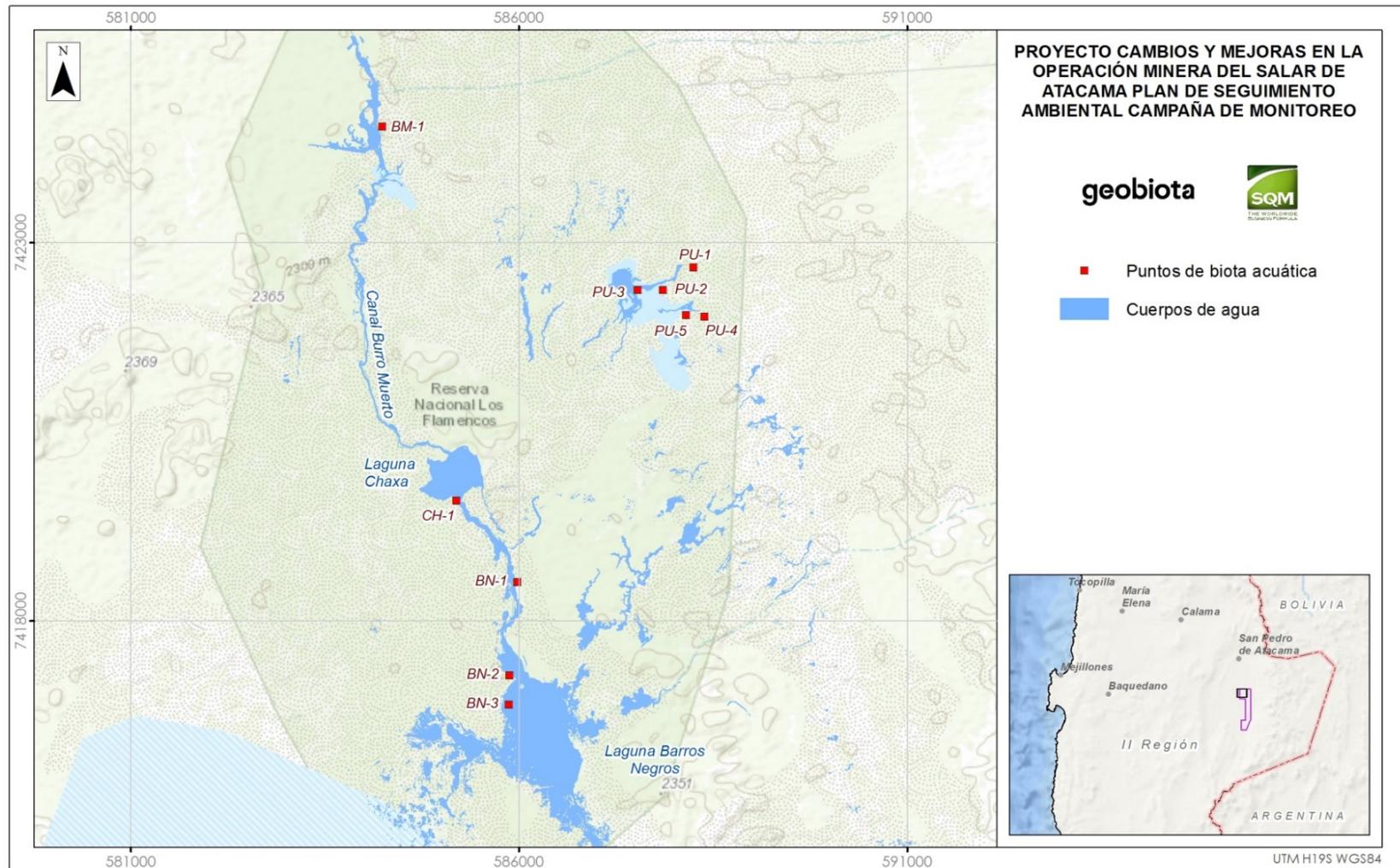


Tabla 4-11: Sectores evaluados en el monitoreo de biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama – Campaña abril 2016 (Datum WGS84 19S).

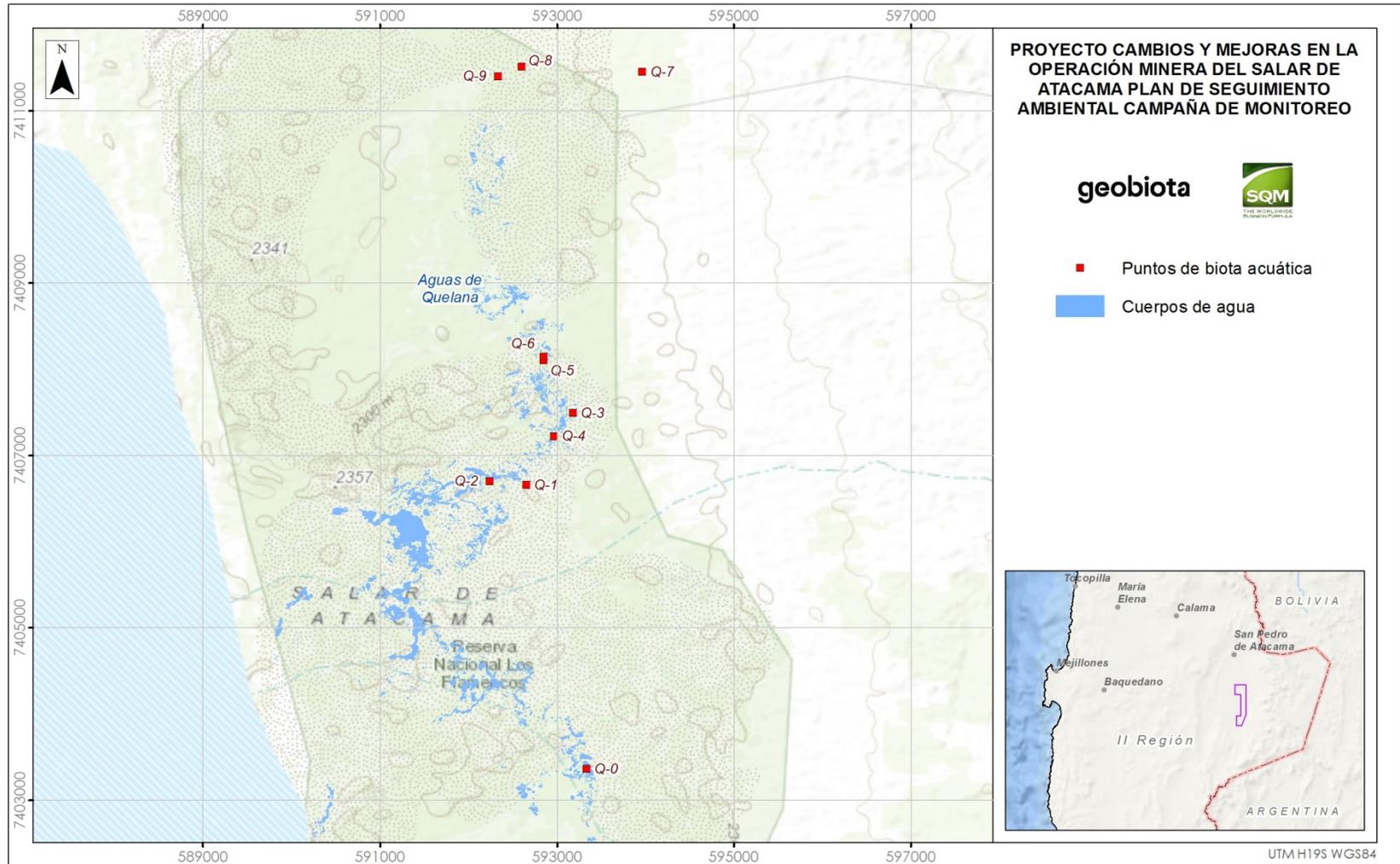
Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
Peine	PE-1	Interna	586.546	7.382.028
	PE-2		586.346	7.382.133
	PE-3		585.883	7.381.847
	SA-1	Saladita	587.033	7.381.482
	SA-2	Salada	587.597	7.380.706

Fuente: UCN

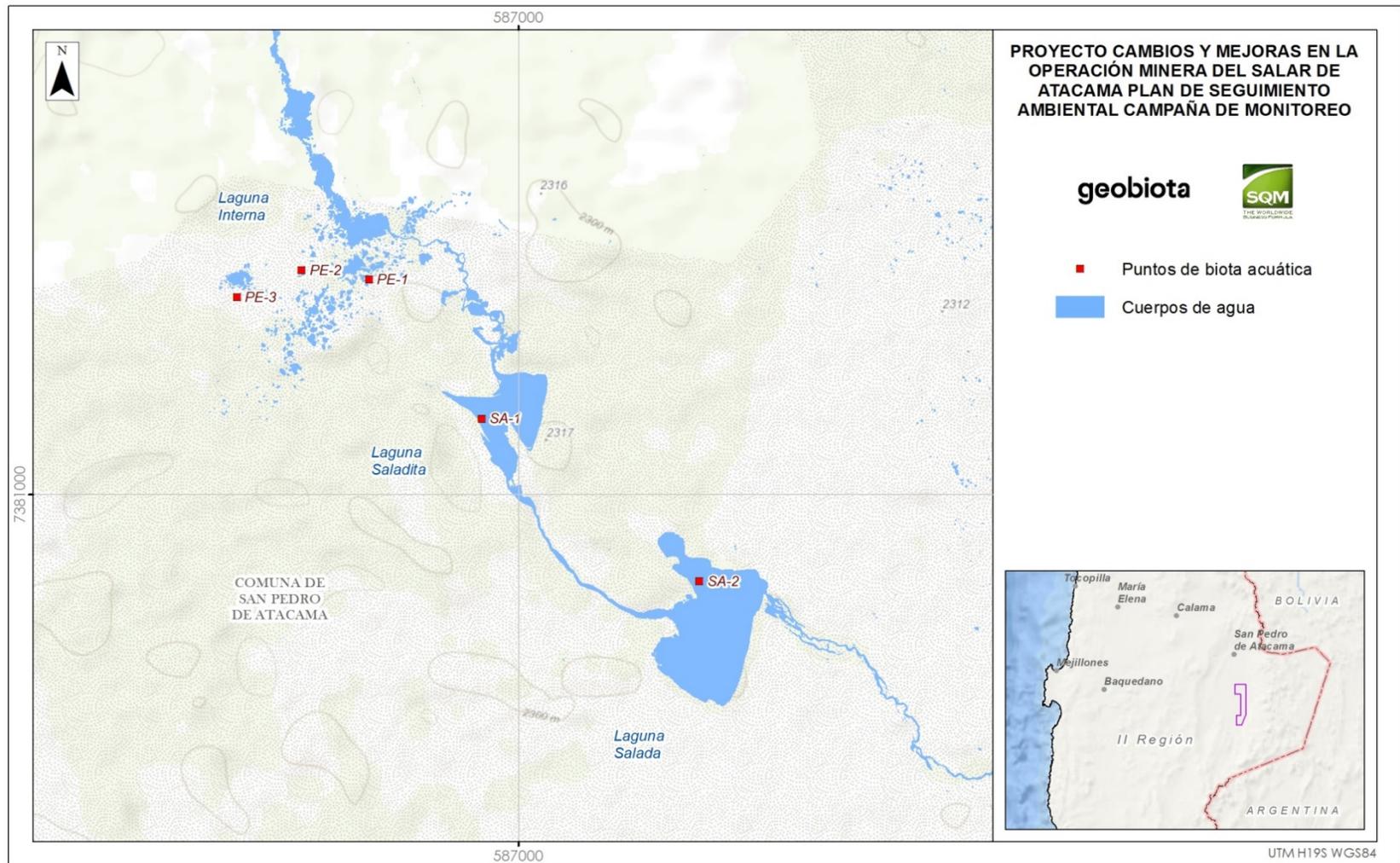
Figura 4-11. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Para la caracterización de la biota acuática se consideró el análisis por separado de los parámetros del medio abiótico y del medio biótico. En relación al medio abiótico, se analizaron parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto; y sedimentos: temperatura y CE tanto de los sedimentos como de su agua intersticial. Por otro lado, el análisis del medio biótico contempló el estudio de fitobentos y fitoplancton (composición, abundancia y clorofila), zoobentos y zooplancton (composición y abundancia) y plantas acuáticas (cobertura absoluta).

4.5.3 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 y sedimentos.

4.5.3.1 Medio abiótico

I. Toma de muestras

El procedimiento de toma de muestras de agua y preservación se realizó de acuerdo a lo establecido en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 1995).

II. Parámetros *in situ*

Se midieron *in situ* parámetros fisicoquímicos de importancia limnológica (temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto), mediante el uso de un Conductímetro: WTW Konduktometer LF 191, un equipo de Oxígeno Disuelto: WTW Oximeter OXI 191 y un pH-metro: Accumet AP63. Las mediciones de estas variables fueron realizadas con electrodo selectivo, de acuerdo con los procedimientos estandarizados: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 2012). La medición de las variables en la columna de agua incluyó la toma de una muestra de agua discreta, sin re-suspensión de sedimentos y la medición con el equipamiento en el mismo punto del muestreo.

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos *in situ* en sedimentos consistió en la medición de la temperatura con termómetro de sedimentos. Esta medición se determinó a los 10 cm de profundidad del mismo. El monitoreo *ex situ* de parámetros fisicoquímicos de sedimentos incluyó las siguientes variables:

- Conductividad de los sedimentos (mS/cm)
- Conductividad del agua intersticial de los sedimentos (mS/cm)

La medición de conductividad en muestras de sedimentos se realizó mediante el método conductivimétrico con KCl normalizado (APHA-AWWA-WEF, 2012). En el caso del agua intersticial de los sedimentos, éstos fueron prensados para obtener la fracción acuosa y sobre ella realizar la misma medición.

Las fechas de realización de los análisis *in situ* se encuentran descritos en el Informe de Ensayo Nr.0653-3/0167, expuesto en Anexo XIV.

4.5.3.2 Medio biótico

a. *Fitobentos*

La estimación de la composición y abundancia de la flora fitobentónica (epipélica y epilítica) se realizó mediante el estudio de diatomeas. Las muestras se obtuvieron extrayendo dos cores de cada estación mediante un saca testigos de Plexiglass (diámetro 0,9 cm), las cuales fueron fijadas con formaldehído. El método de análisis consistió en obtener alícuotas de los testigos provenientes de la comunidad bentónica, las que fueron preparadas, para ser observadas bajo el microscopio óptico. Ahí se clasificaron taxonómicamente y cuantificaron, para determinar la densidad celular. Cuando la densidad observada al microscopio fue abundante, obstaculizando la clasificación y recuento, se realizaron diluciones (Wetzel & Likens, 1991). En este análisis sólo se consideraron los individuos vivos (con cloroplastos o remanentes).

b. Fitoplancton

Se obtuvieron muestras integrales para la flora fitoplanctónica con una red Nannsen, dotada con una malla de 60 Pm. Se tomaron muestras representativas de cada estación de muestreo. El volumen filtrado en litros se estimó en cada ocasión. El agua colectada fue traspasada a botellas de vidrio y fijadas con solución lugol y formaldehído prefiltrado a través de 0,45 µm con una concentración final de 4%. El análisis consistió en extracción de alícuotas de las muestras para obtener preparaciones microscópicas, las que fueron evaluadas respecto de su riqueza y abundancia de las microalgas presentes (Wetzel & Likens 1991).

c. Zoobentos

La estimación de la composición y abundancia de la fauna bentónica se realizó mediante el recuento directo por grupo de organismos. Esto se midió en muestras aleatorias por estación obtenidas con un core de 39,6 cm² las que fueron preservadas con formaldehído prefiltrado a través de 0,45 µm con una concentración final al 4%. Cada muestra fue cernida a través de un juego de tamices con abertura de malla de 0,5 mm y 0,25 mm, respectivamente. La fauna retenida fue identificada hasta el nivel taxonómico más específico posible. El método de análisis consistió en examinar las muestras bajo la lupa, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos y contándolos. La clasificación de los organismos se realizó en base a los trabajos de Bertrand (1995), Lopretto & Tell (1995), Merrit & Cummins (1996), Pennak (1991), Fernández & Domínguez (2001). A partir de esta información, se aplicó el índice de diversidad biológica de Shannon-Wiener.

d. Zooplancton

La estimación de la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica se realizó obteniendo muestras representativas del zooplancton. La colecta de organismos se realizó con una red Nannsen dotada con una malla N 10 (110 Pm, Figura 4-12). El volumen de agua filtrado en la obtención de las muestras se anotó en cada ocasión. Las muestras fueron preservadas con formaldehído prefiltrado a través de 0,45 µm con una concentración final de 4%. Posteriormente, en el laboratorio, se analizó el volumen total de las muestras por recuento y se identificaron los taxa bajo una lupa o contador de colonias: SUNTEX Colony Counter 570.

e. Clorofila-a en Fracción Planctónica y Bentónica

Para la determinación de clorofila-a en la fracción planctónica, se filtraron *in situ* muestras de agua por duplicado a través de un filtro de fibra de vidrio GFC (0,7 µm), registrando el volumen en cada una de las muestras. Para el análisis de las muestras, se realizó una extracción acetónica (90%) de la clorofila-a, para así, mediante espectrofotometría, medir el contenido total de esta, siguiendo la metodología propuesta en el The Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 2012). Los resultados fueron expresados como µg/L de Clorofila-a total.

Para la determinación de clorofila-a en la fracción bentónica, se recolectaron muestras por duplicado desde los primeros 2 cm del sedimento, utilizando un sistema core. Ellas fueron resuspendidas en una solución de acetona al 90%, realizando así una extracción acetónica de la clorofila-a total. Luego, su determinación se realizó espectrofotométricamente, siguiendo la metodología propuesta en The Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 2012). Los resultados fueron expresados como µg/g de Clorofila-a total.

f. Plantas acuáticas

La cobertura de plantas acuáticas se estimó visualmente de acuerdo a una modificación del protocolo de Braun-Blanquet.

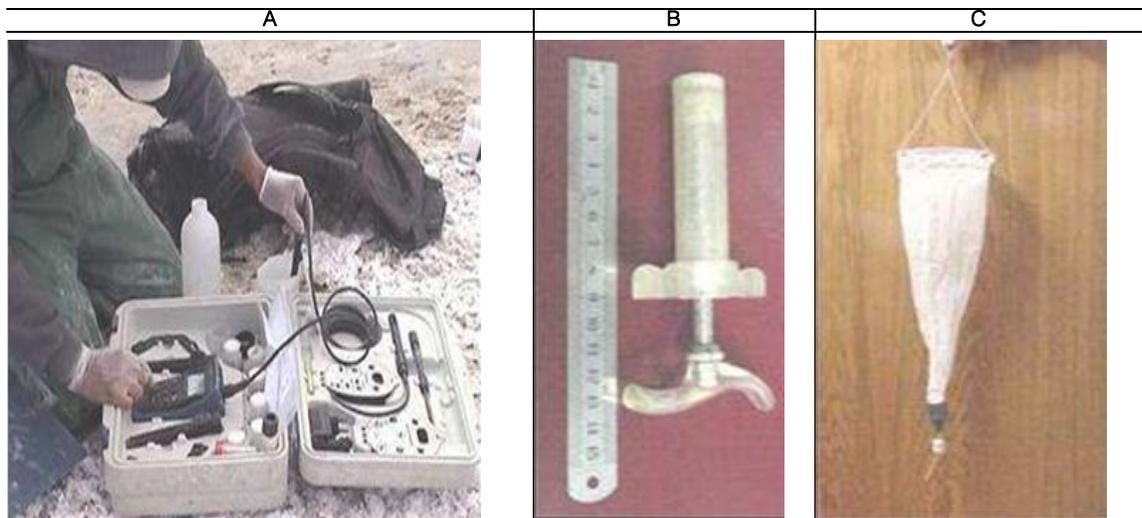
4.5.4 Materiales y equipos utilizados

Los principales instrumentos utilizados en el monitoreo de biota acuática y bentónica fueron los siguientes:

- Saca bocados de Plexiglass diámetro 0,9 cm para colecta de clorofila-a bentónica
- Saca bocados de Plexiglass diámetro 0,9 cm para colecta de microalgas bentónica

- Red Nannsen con malla de 60 µm para colecta de fitoplancton
- Jeringa de 50 ml para extracción plantónica para clorofila-a
- Filtro de fibra de vidrio GFC (0,7 µm) para clorofila-a
- Core para toma de muestra de zoobentos de 39,6 cm²
- Tamices con abertura de malla de 0,5 mm y 0,25 mm para separación de zoobentos
- Red Nannsen con malla N 10 (110 µm) para captura de zooplancton
- Cámara Neubauer para recuento de microorganismos
- Micropipetas de 1000µL y de 10mL: Sartorius
- GPS Garmin modelo OREGON 450
- Conductímetro: WTW Conduktometer LF 191
- Oxígeno Disuelto: WTW Oximeter OXI 191
- pH-metro: Accumet AP63.
- Microscopio óptico: MOTIC BA210
- Lupa o Contador de colonias: SUNTEX Colony Counter 570
- Espectrofotómetro Hach DR3900

Figura 4-12. Instrumentos de muestreo monitoreo biota acuática





A: Medición de parámetros físicos y químicos *in situ*

B: Muestreador de Fitobentos

C: Muestreador de Fitoplancton

D: Muestreador de Zoobentos

E: Muestreador de Zooplancton

F: Cobertura plantas acuáticas

Fuente: Elaboración propia

4.5.5 Fechas de muestreo

Los trabajos de prospección en terreno para la biota acuática, considerando el medio abiótico y biótico, fueron realizados los días 5, 6 y 7 de abril de 2017.

5. RESULTADOS

De acuerdo con lo programado, la medición de las distintas coberturas se realizó exitosamente durante el mes de abril del año 2017. Los resultados asociados a las distintas componentes se presentan a continuación.

5.1 Vegetación

La vegetación del Borde Este se constituye de seis formaciones vegetacionales, con diferentes variaciones de cobertura, 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*)
- Matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*)
- Pradera de Grama Salada (*Distichlis spicata*)
- Pajonal de Junquillo - Totorá - Suncho (*Juncus balticus*, *Schoenoplectus americanus* y *Baccharis juncea*)

A diferencia de los monitoreos realizados años anteriores, se incorpora una formación vegetal correspondiente al Matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*). La especie dominante de la formación, *Tiquilia atacamensis*, corresponde a una especie arbustiva, cuya aparición y densidad de individuos se asocia a las precipitaciones abundantes que ocurrieron entre los meses de enero y febrero en la zona. El tipo vegetal se asocia a zonas de escurrimiento de agua. La distribución de los tipos vegetacionales en el Borde Este del Salar se presentan en el Anexo I.

Las observaciones en terreno desde la elaboración de la Línea Base (2006) y las campañas posteriores de monitoreo, permiten corroborar que la mayor parte de las formaciones vegetales del Borde Este presentan un receso vegetativo invernal. Dos de las especies más representativas del área de estudio, Brea (*Tessaria absinthioides*) y Grama Salada (*Distichlis spicata*), pierden su biomasa aérea durante el periodo invernal, presentándose su follaje completamente seco (Figura 5-1). Las especies que se desarrollan en el margen oriental de la franja de vegetación, bajo condiciones de mayor aridez, como Rica rica (*Aloysia deserticola*), Pingo pingo (*Ephedra multiflora*) y Cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*) pese a que no pierden completamente el follaje durante el receso invernal, presentan una mayor proporción de copa verde a fines del verano. Las especies hidrófilas, que se desarrollan en el margen occidental de la franja de vegetación (*Juncus balticus*, *Schoenoplectus americanus* y *Baccharis juncea*), presentan mayor desarrollo de estructuras vegetativas a fines del verano, pero las diferencias con el periodo invernal son menos evidentes.

Figura 5-1. Estado del follaje de la vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama en los meses de noviembre de 2005 y abril de 2006



Fuente: Elaboración propia

En consideración a lo anteriormente expuesto, el PSA Biótico del Salar de Atacama contempla evaluaciones anuales de la vegetación en el mes de abril, a fin de detectar cambios en la distribución, abundancia y vitalidad de la vegetación al final del periodo de crecimiento vegetativo de cada temporada.

En esta sección se exponen los resultados del monitoreo de la vegetación, realizado durante enero y abril de 2017, el que incluye:

- Monitoreo en Borde Este del Salar de Atacama (Sección 5.1.1)
- Monitoreo en Zona de Conexión (Sección 5.1.2)
- Monitoreo de Algarrobos (*Prosopis flexuosa*) (Sección 5.1.3)

5.1.1 Monitoreo en Borde Este

5.1.1.1 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales

En esta sección se presentan los resultados de la clasificación de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Esta clasificación se realizó en base a la interpretación y análisis de imágenes satelitales obtenidas del área de estudio en abril de 2017, en concomitancia con la campaña de levantamiento de información en terreno realizada en esa fecha. Se hace hincapié en que los resultados de la superficie de las diferentes formaciones vegetacionales presentados en Tabla 5-1, incorporan las correcciones realizadas el año 2013 (Informe de Monitoreo N°7, correspondiente a mediciones realizadas en enero y abril de 2013), año en que durante campañas de monitoreo complementarias, se realizaron descripciones vegetacionales adicionales a los puntos de monitoreo establecidos en la RCA N° 226/2006, lo que permitió realizar rectificaciones respecto de la vegetación presente en el Borde Este del Salar de Atacama, objeto de monitoreo.

La Tabla 5-1 y la Figura 5-5 muestran las superficies totales cubiertas con vegetación para el presente periodo de monitoreo

Los resultados obtenidos en 2017 (Tabla 5-1, Figura 5-5) indican que la superficie total cubierta con vegetación sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama, alcanza 14.030,7 ha. Del total de esta superficie, la formación vegetacional con mayor representación corresponde al matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.735,3 ha, equivalente al 55,1% de toda la vegetación presente en el área. Las praderas de grama salada, corresponden a la segunda formación vegetacional más abundante, ocupando una superficie de 2.343 ha, equivalente al 16,7% del total.

Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden a matorral de Cachiyuyo-Ojalar, matorral de Rica rica – Pingo pingo matorral de Káuchal y Pajonal.

Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017.

N°	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)	Participación (%)
1	Matorral de brea (<i>Tessaria absinthioides</i>)	ralo	5-10	2.347,2	16,7
		muy abierto	10-25	2.733,2	19,4
		abierto	25-50	2.049,1	14,6
		semidenso	50-75	500,3	3,6
		denso	75-100	105,5	0,8
	Subtotal			7.735,3	55,1
2	Matorral de Cachiyuyo-Ojalar (<i>Atriplex atacamensis</i> - <i>Atriplex imbricata</i>)	ralo	5-10	822,4	5,9
		muy abierto	10-25	648,2	4,6
		abierto	25-50	344,5	2,5
	Subtotal			1.815,1	13,0
3	Matorral de Rica rica - Pingo pingo (<i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i>)	ralo	5-10	398,5	2,8
		muy abierto	10-25	222,2	1,6
		abierto	25-50	83,80	0,6
		semidenso	50-75	65,00	0,5
	Subtotal			769,5	5,5
4	Matorral de Káuchal (<i>Tiquilia atacamensis</i>)	ralo	5-10	34,3	0,2

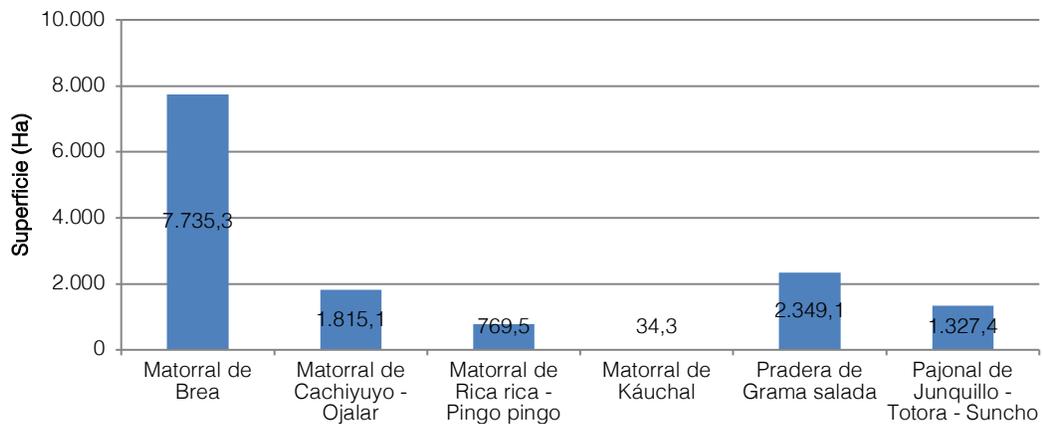


Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017.

N°	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)	Participación (%)
	Subtotal			34,3	0,2
5	Pajonal de Junquillo - Totora - Suncho (<i>Juncus balticus</i> - <i>Schoenoplectus americanus</i> - <i>Baccharis juncea</i>)	rala	5-10	212,5	1,5
		muy abierta	10-25	292,1	2,1
		abierta	25-50	340,4	2,4
		semidensa	50-75	228,2	1,6
		densa	75-100	254,2	1,8
	Subtotal			1.327,4	9,4
6	Pradera de Grama Salada (<i>Distichlis spicata</i>)	rala	5-10	784,1	5,6
		muy abierta	10-25	816,9	5,8
		abierta	25-50	393,7	2,8
		semidensa	50-75	218,8	1,6
		densa	75-100	135,6	1,0
	Subtotal			2.349,1	16,8
Total				14.030,7	100,0

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-2. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017.



Fuente: Elaboración propia

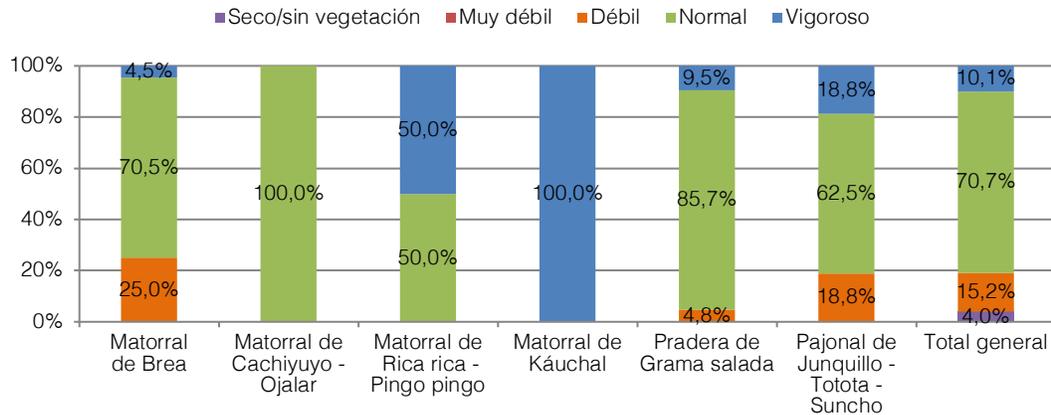


5.1.1.2 Estado vital

El monitoreo de la vitalidad de la vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama, se basó en el seguimiento realizado sobre 99 puntos distribuidos sobre las formaciones vegetacionales de esta área. Del

total de observaciones realizadas en abril de 2017, 70,7% (70 puntos de muestreo) presentaron una vitalidad normal, un 15,2% (15 puntos de muestreo) mostraron una vitalidad débil y un 10,1% (10 puntos de muestreo) mostró una vitalidad vigorosa. El 4,0% restante de las observaciones (4 puntos de muestreo) correspondieron a zonas sin vegetación, las que se registran desde 2013 cuando tuvo lugar la actualización del mapa (Figura 5-3).

Figura 5-3. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama. Campaña 2017.



Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en la Figura 5-3, dentro de las formaciones dominadas por arbustos, los matorrales de *Tessaria absinthioides* (Brea), presentaron mayoritariamente una vitalidad normal, lo que se verificó en 31 de los 44 puntos de monitoreo (70,5%), en 11 puntos se presenta una vitalidad débil (25,0%) y en dos se presenta una vitalidad vigorosa (4,5%). Los matorrales de *Atriplex atacamensis* - *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar), presentaron en la totalidad de los registros una vitalidad normal. La vitalidad registrada en los matorrales de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (Rica rica - Pingo pingo) mostraron dos puntos con vitalidad normal (50,0%) y dos puntos donde los individuos se presentan mayoritariamente vigorosos (50,0%). Para el punto correspondiente a la Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal), se registró una vitalidad vigorosa.

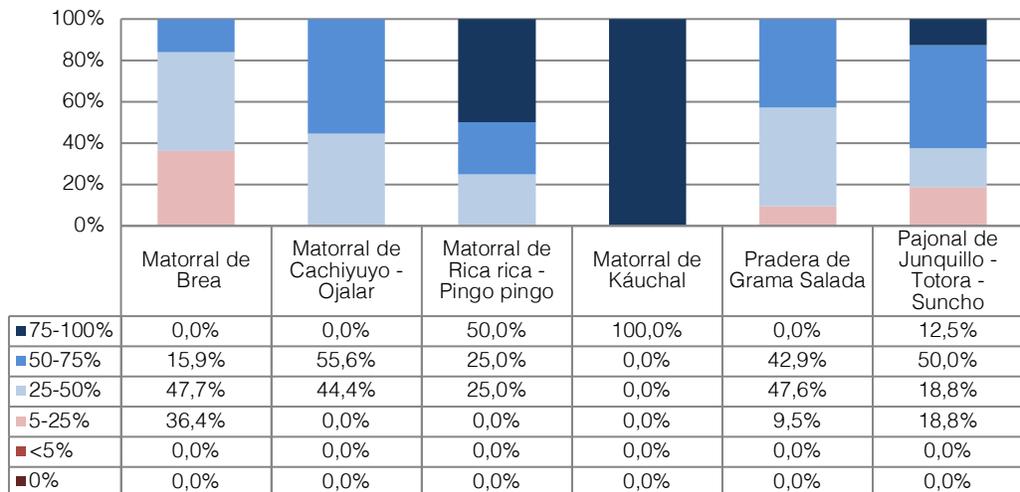
La pradera de *Distichlis spicata* (Gramasalada) presentó en 18 de 21 registros (85,7%) una vitalidad normal, dos registros (9,5%) en la categoría de vitalidad vigoroso y un registro débil (4,8%). Para el pajonal de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo - Totora - Suncho) la proporción de observaciones en la categoría de vitalidad normal alcanzó el 62,5% (10 de 16 puntos de muestreo), tres registros presentaron vitalidad débil (18,8%) y tres se registraron como vigorosos (18,8%). El detalle de las descripciones vegetacionales de terreno se entregan en el Anexo II.

5.1.1.3 Follaje verde

Los resultados obtenidos de las mediciones de follaje verde realizadas en abril de 2017 se presentan en la Figura 5-4 y los resultados específicos para cada punto se observan en el Anexo II. Las mediciones realizadas en 2017 mostraron que la vegetación existente presenta en su mayoría una proporción de follaje verde superior a 25%. Los matorrales de Cachiyuyo - Ojalar y de Rica rica - Pingo Pingo presentan porcentaje de follaje verde concentrado sobre los 50%. El matorral de brea, la pradera de grama salada y pajonal si bien presentan un porcentaje de follaje verdes entre el 5-25%, concentran una mayor proporción de registros sobre los 25%. En el punto correspondiente al matorral de Káuchal se presenta un porcentaje de follaje verde sobre el 75%.



Figura 5-4. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2017.

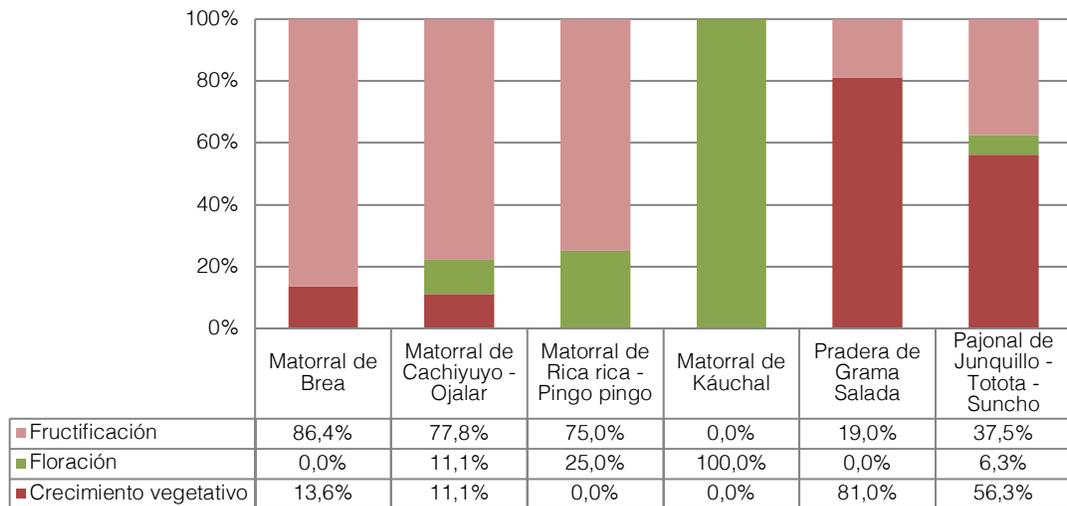


Fuente: Elaboración propia

5.1.1.4 Fenología

Los resultados obtenidos de los estados fenológicos observados en la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama se presentan en la Figura 5-5 y en el Anexo II. Se identifica que los matorrales de Brea, Cachiyuyo – Ojalar y Rica rica – Pingo pingo se encontraban en la mayoría de los puntos evaluados en estado fenológico de fructificación. El Pajonal de Junquillo – Totota – Suncho junto a la Pradera de Grama salada, presentaba menor proporción sitios en estado de fructificación, aunque la mayor parte de los registros indica que se encontraban en estado de crecimiento vegetativo. Por último, el matorral de Káuchal, se encontraba en estado fenológico de floración (Figura 5-5).

Figura 5-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2017.



Fuente: Elaboración propia

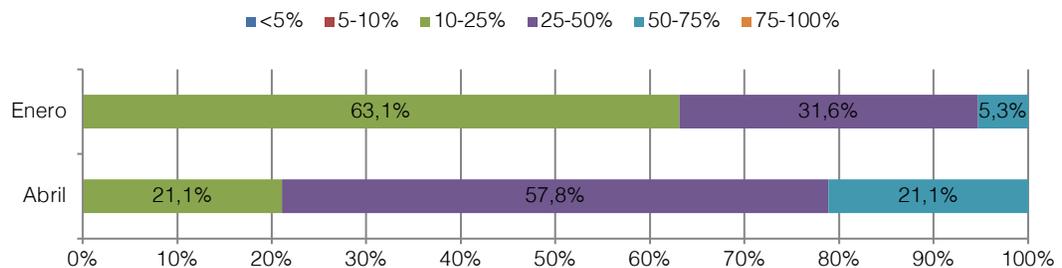
5.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación- acuífero

5.1.2.1 Cobertura y composición

La Figura 5-6 y Tabla 5-2 muestran los resultados obtenidos de las mediciones de cobertura de la vegetación realizadas en enero y abril de 2017 sobre los puntos de muestreo ubicados en la zona de conexión vegetación-acuífero. El detalle de las descripciones vegetacionales se entregan en el Anexo III.

Los resultados muestran diferencias en la cobertura de la vegetación entre las mediciones realizadas en enero y abril de 2017. En enero la vegetación presenta mayoritariamente una cobertura que va de 10-25% (63,1% con 12 de los 19 puntos de monitoreo), luego una cobertura entre 25-50% (31,6% del total de puntos de monitoreo). En el monitoreo ejecutado en el mes de abril, las mediciones realizadas indican que la mayor parte de los puntos de monitoreo se concentran en la cobertura de 25-50% (58% de los datos con 11 puntos de monitoreo); mientras que, los puntos restantes se distribuyen entre las categorías de cobertura de 10-25% y 50-75% (Figura 5-6).

Figura 5-6. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la vegetación. Campañas de Enero y Abril de 2017



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-2: Total de puntos de monitoreo por categoría de cobertura de la vegetación. Zona de conexión vegetación-acuífero. Mediciones de enero y abril de 2017.

Cobertura	Enero		Abril	
	Puntos de monitoreo	(%)	Puntos de monitoreo	(%)
<5%	-	-	-	-
5-10%	-	-	-	-
10-25%	12	63,1	4	21,1
25-50%	6	31,6	11	57,8
50-75%	1	5,3	4	21,1
75-100%	-	-	-	-
Total	19	100,0	19	100,0

Fuente: Elaboración propia

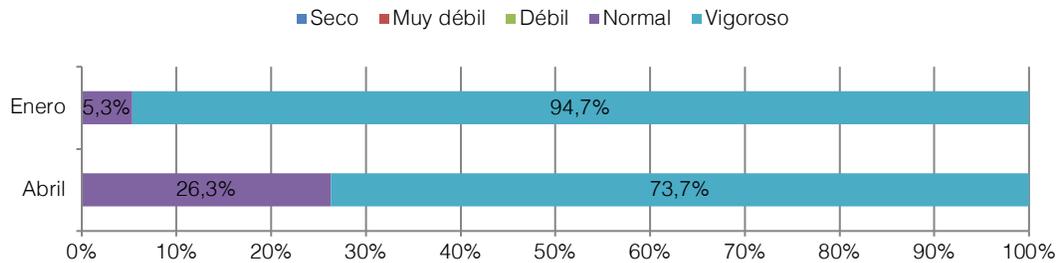


5.1.2.2 Estado vital

La Figura 5-7 y Tabla 5-3 muestra los resultados obtenidos en cuanto a la vitalidad de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año.

En relación con la vitalidad de la vegetación, los registros obtenidos en enero y abril de 2017 se distribuyen sólo entre la categoría normal o vigoroso. En enero de 2017, un 94,7% (18 de los 19 puntos de muestreo) presentaron una vitalidad considerada vigorosa y el 5,3% restante presentó vitalidad normal. Por su parte, las mediciones realizadas en abril de 2017 mostraron que el 73,7% (14 de 19 puntos de muestreo) presentó una vitalidad vigorosa, en tanto que el 26,3% restante (5 registros) presentaron una vitalidad catalogada como normal.

Figura 5-7. 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 2017.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-3: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad					Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	
2017	Enero	-	-	-	1	18	19
	Abril	-	-	-	5	14	19

Fuente: Elaboración propia

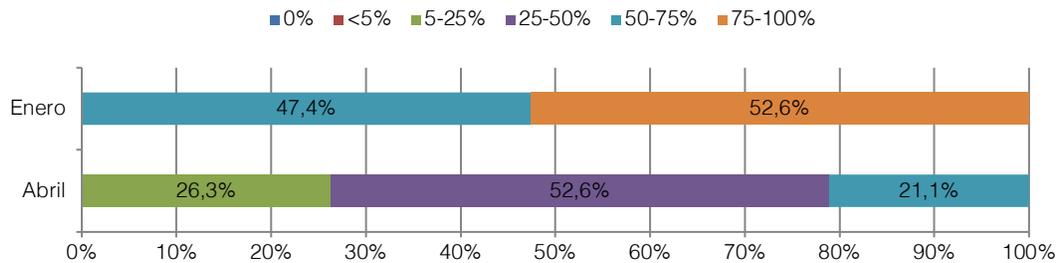


5.1.2.3 Follaje verde

La Figura 5-8 y Tabla 5-4 muestra los resultados obtenidos en cuanto al follaje verde de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año.

En cuanto al porcentaje de follaje verde, los resultados obtenidos en enero, muestran que los registros se concentran en las categorías de 50-75% y 75-100%, con 9 y 10 registros respectivamente. En tanto que, los resultados de abril el follaje verde se reduce, registrándose 5 puntos con follaje en la categoría 5-25%, 10 en el rango 25-50% y 4 con porcentaje de follaje verde entre 50- 75%.

Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de follaje verde de la vegetación. Campañas de Enero y Abril de 2017.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas enero-abril de 2017.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Proporción de follaje verde						Total
		0	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
2017	Enero	-	-	-	-	9	10	19
	Abril	-	-	5	10	4	-	19

Fuente: Elaboración propia

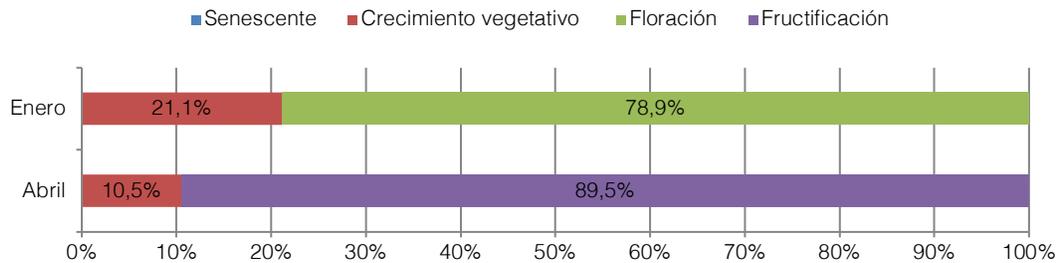


5.1.2.4 Estado fenológico

La Figura 5-9 y Tabla 5-5 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.

En el monitoreo ejecutado, se identifica que para el mes de enero se han iniciado los procesos reproductivos de las plantas, donde un 78,9% de los puntos muestreados, fueron identificados en la fase fenológica de floración. Para el mes de abril, se identifica el final del proceso reproductivo, donde 17 de los 19 puntos (89,5%) se identificaron en la fase fenológica de fructificación.

Figura 5-9. 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 2017.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2017.

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica				Total
		Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	
2017	Enero	-	4	15	-	19
	Abril	-	2	-	17	19

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Monitoreo de algarrobos (*Prosopis flexuosa*)

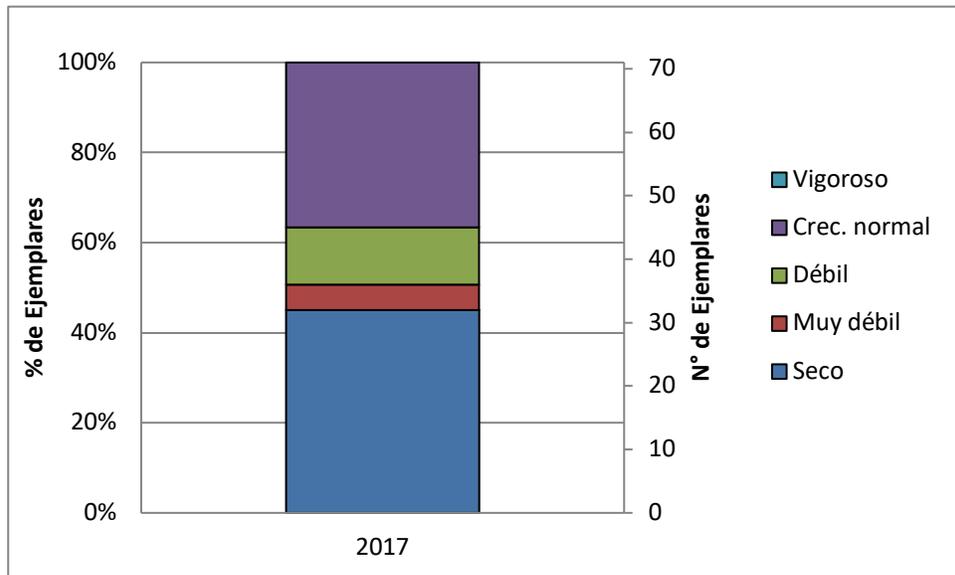
En esta sección se exponen los resultados de las mediciones de vitalidad y proporción de follaje verde (%) efectuadas durante abril de 2017 sobre la población de Algarrobos (*Prosopis flexuosa*) ubicada en las inmediaciones del pozo Camar 2. El Anexo V muestra el resultado de los distintos parámetros medidos para cada algarrobo, mientras que el Anexo VI contiene un registro fotográfico de cada ejemplar evaluado durante la presente campaña de terreno. Los resultados que aquí se presentan corresponden a las mediciones de los árboles que fueron identificados y rotulados durante la campaña de terreno efectuada en 2006, que forman parte del monitoreo de la vegetación contemplado en la RCA N°226/2006.



5.1.3.1 Estado vital

Los resultados obtenidos de las mediciones de vitalidad de los ejemplares realizadas durante abril de 2017, se presentan en la Figura 5-10 y Tabla 5-6. Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en 2017 mostraron que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 39 de ellos (54,9%) presentaron una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso, 32 ejemplares (45,1%) se encontraron con categoría de vitalidad seco, sin evidencia de follaje verde ni estructuras reproductivas.

Figura 5-10. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en la quebrada Camar. Campaña 2017



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-6. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en la quebrada Camar. Campaña 2017

Estado Vital	Nº de árboles	%
Ejemplar seco	32	45,1
Ejemplar muy débil	4	5,6
Ejemplar débil	9	12,7
Ejemplar de crecimiento normal	26	36,6
Ejemplar excepcionalmente vigoroso	-	0
Total	71	100,0

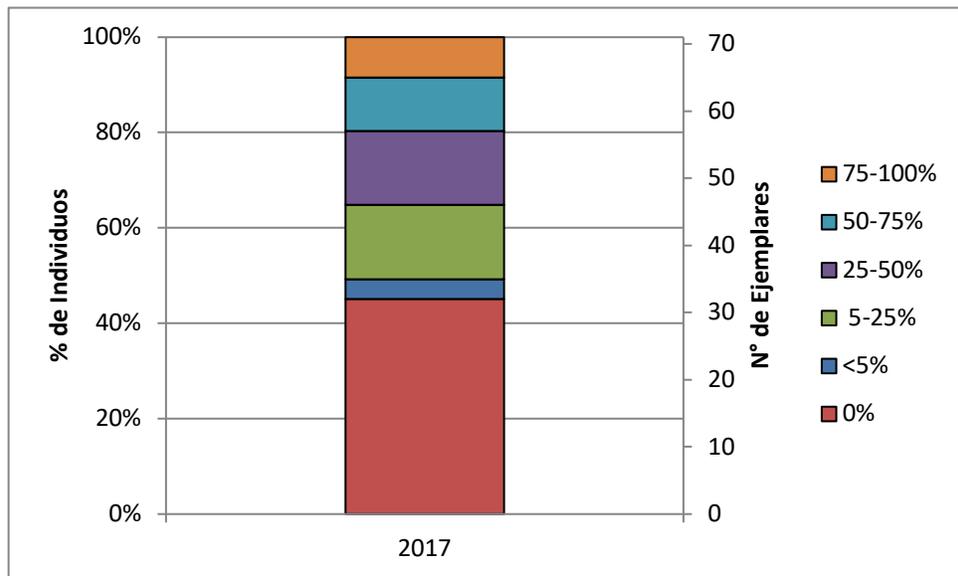
Fuente: Elaboración propia.



5.1.3.2 Proporción de copa verde

Los resultados de las mediciones de follaje verde realizadas sobre los Algarrobos en 2017 se muestran en la Figura 5-11 en la Tabla 5-7.

Figura 5-11. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campaña 2017.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-7. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campaña 2017.

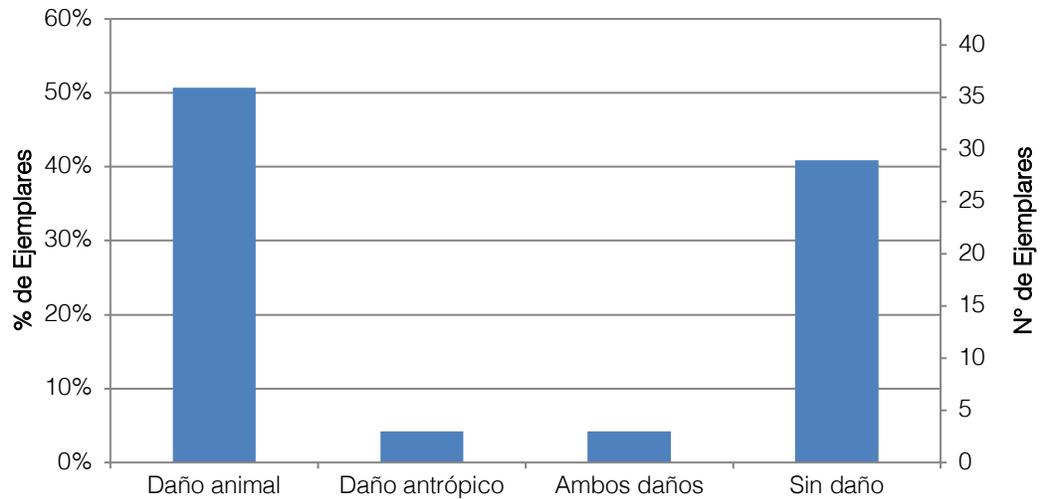
% Follaje verde	N° de árboles	% de Individuos
0	32	45,1
<5	3	4,2
5-25	11	15,5
25-50	11	15,5
50-75	8	11,3
75-100	6	8,4
Total	71	100,0

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.3 Daño

En la campaña de monitoreo abril 2017 se tomaron datos sobre el tipo de daño que presentan los individuos. Se aclara que el daño registrado es acumulativo, dado que no es posible diferenciar el momento en el cual ocurrió. Los resultados se muestran a continuación en la Figura 5-12 y Tabla 5-8.

Figura 5-12. Presencia de daño en los ejemplares de Prosopis flexuosa en la quebrada Camar. Campaña 2017



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-8. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campaña 2017.

Daño	Nº de árboles	% de individuos
Ambos daños	3	4,2%
Daño animal	36	50,8%
Daño antrópico	3	4,2%
Sin daño	29	40,8%

Fuente: Elaboración propia

5.2 Flora

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo del componente flora efectuado en abril de 2017, el que comprende el seguimiento de la riqueza y abundancia de especies presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Además, se evalúan variaciones en el pH y salinidad del suelo en la zona de mayor desarrollo radicular de las plantas (suelo mineral superficial).

5.2.1 Riqueza florística

La riqueza florística registrada al interior de los puntos de muestreo en el monitoreo del año 2017 fue de 16 taxa. Estos se agruparon en 11 familias, donde *Chenopodiaceae* fue la más representadas con 3 taxa (Tabla 5-9). Además, se registraron 3 taxa fuera de los puntos de muestreo (FP).

Tabla 5-9. Catálogo florístico registrado en campaña de abril 2017

Tipo de registro	División	Familia	Especie
Punto de muestreo	Magnoliophyta	Verbenaceae	<i>Aloysia deserticola</i>
		Chenopodiaceae	<i>Atriplex atacamensis</i>
			<i>Nitrophila atacamensis</i>
		Asteraceae	<i>Sarcocornia andina</i>
			<i>Baccharis juncea</i>
		Montiaceae	<i>Tessaria absinthioides</i>
		Poaceae	<i>Cistanthe salsoloides</i>
			<i>Festuca hypsophilla</i>
		Solanaceae	<i>Distichlis spicata</i>
			<i>Exodeconus integrifolius</i>
		Juncaceae	<i>Lycium humile</i>
		Juncaginaceae	<i>Juncus balticus</i>
		Cyperaceae	<i>Triglochin concinna</i>
Boraginaceae	<i>Schoenoplectus americanus</i>		
Fuera de punto de muestreo	Magnoliophyta	Ephedraceae	<i>Ephedra multiflora</i>
		Chenopodiaceae	<i>Atriplex imbricata</i>
		Fabaceae	<i>Hoffmannseggia doellii ssp. doellii</i>
		Malvaceae	<i>Tarasa operculata</i>

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-10 expone la clasificación de las taxa según hábito de crecimiento. Se observa que para los taxa registrados en los puntos de muestreo, el hábito arbustivo tuvo la mayor incidencia con 7 especies (43,7% del total de taxa). Las especies con hábito hierba perenne fueron 6 (37,5% del total de taxa), mientras que, se registraron 3 taxa con hábito de hierba anual (18,8% del total de taxa).

Para los registros fuera de punto de muestreo (FP), las hierbas perennes registraron 2 taxa (66,7% del total de taxa) y el hábito arbustivo registró 1 taxa (33,3% del total de taxa). Ver Tabla 5-10.

Tabla 5-10: Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Hábito de crecimiento	Puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo		Total
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación	
Arbusto	7	43,7	1	33,3	7
Hierba perenne	6	37,5	2	66,7	9
Hierba anual	3	18,8			3
Total	16	100,0	3	100,0	19

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al origen biogeográfico de la flora registrada en los puntos de muestreo, se identifican 13 taxa nativas (81,3% del total de taxa) y 3 especies endémicas (18,8% del total de taxa). Por otro lado, de las taxa registradas fuera de los puntos de muestreo, 2 correspondieron a Endémicas y 1 a Nativa (66,7% y 33,3% respectivamente del total de taxa). Ver Tabla 5-11.

Tabla 5-11. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Origen biogeográfico	Puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo		Total
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación	
Nativo	13	81,3	2	66,7	15
Endémico	3	18,8	1	33,3	4
Introducido	0	0	0	0,0	0
Indeterminado	0	0	0	0,0	0
Total	16	100,0	3	100,0	17

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Frecuencia y abundancia de la flora

En la Tabla 5-12 se presenta un resumen de la frecuencia de las 15 especies registradas en los 75 puntos de muestreo correspondientes a la campaña de monitoreo abril de 2017. Es posible observar que la especie más frecuente corresponde a *Tessaria absinthioides* que fue registrada en 33 puntos de muestreo (44% del total de puntos de muestreo). En segundo lugar se encuentra *Distichlis spicata*, presente en 22 de los puntos (29% de los puntos de muestreo), seguido por *Atriplex atacamensis* con registro en 8 puntos (11%) y *Juncus balticus* y *Nitrophilla atacamensis* presentes en 6 puntos (8% cada una) cada taxa. El resto de taxa (10 especies) registraron una frecuencia igual o menor al 4% de los puntos de muestreo.

Tabla 5-12. Frecuencia de las especies durante la campaña 2017

Especie	N° de parcelas	% del total de parcelas
<i>Aloysia deserticola</i>	1	1
<i>Atriplex atacamensis</i>	8	11

<i>Baccharis juncea</i>	1	1
<i>Cistanthe salsoloides</i>	4	5
<i>Distichlis spicata</i>	22	29
<i>Exodeconus integrifolius</i>	3	4
<i>Festuca hypsophila</i>	3	4
<i>Juncus balticus</i>	6	8
<i>Lycium humile</i>	2	3
<i>Nitrophilla atacamensis</i>	6	8
<i>Sarcocornia andina</i>	1	1
<i>Scirpus americanus</i>	1	1
<i>Tessaria absinthioides</i>	33	44
<i>Tiquilla atacamensis</i>	4	5
<i>Triglochin concinna</i>	1	1

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo IV se entrega el detalle de cobertura por especie registrado en la campaña 2017.

5.2.3 Caracterización química del sustrato

5.2.3.1 Medición de pH

El pH obtenido en el año 2017 para los puntos de muestreo varió entre las categorías ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino (Tabla 5-13). El sustrato registró en 38 puntos (50,7%) un pH moderadamente alcalino, en 31 puntos (41,3%) fue fuertemente alcalino, en tres puntos (4,0%) fue ligeramente alcalino y en otros tres puntos (4,0%) se detectó como muy fuertemente alcalino.

Tabla 5-13. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.

Categorías de pH	pH	Color	N° de puntos 2017	%
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		3	4,0
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		38	50,7
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		31	41,3
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		3	4,0
Total			75	100,0



Tabla 5-13. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.

Categorías de pH	pH	Color	N° de puntos 2017	%
------------------	----	-------	-------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-13 presenta el valor de pH obtenido para los transectos de flora, desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha). En la Figura 6-11 se representan gráficamente los resultados (2017), indicando además los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2007-2016) del monitoreo. Los puntos de los gráficos también están organizados desde el borde del salar hacia el núcleo.

Tabla 5-14. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.

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

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2 Medición de Salinidad

En la Tabla 5-15 se resumen los resultados obtenidos para la salinidad, medidos por medio de la conductividad eléctrica (C.E.), para el muestreo de flora de abril de 2017. Los resultados indican que la flora del Borde Este del Salar de Atacama se desarrolla en un sustrato fuertemente salino, en 69 puntos (92,0%) se aprecia que tuvieron una salinidad superior a 6,07 dS/m. La categoría no salino registró tres puntos, la categoría muy ligeramente salino presentó un punto y la categoría ligeramente salino registró dos puntos.

Tabla 5-15. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	N° de puntos 2017	%
No salino	0 – 0,98		3	4,0
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		-	-
Fuertemente salino	> 6,07		69	92,0
Total			75	100,0

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-16 presenta los valores obtenidos para la medición de C.E. en cada uno de los puntos de muestreo. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal hacia el núcleo del Salar (izquierda a derecha).

Tabla 5-16. Conductividad eléctrica (dS/m) obtenida en cada punto de muestreo de flora. Campaña abril de 2017.

Transecto	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	0,82	0,52	26,4	29,2	69,2	31,5	28,7	33,5	48,3	28,8	58,1	55,2	63,3	80,7	31,8	27,1	79,4	43,2	17,6
TF2	0,99	10,6	7,06	2,26	74,0	31,2	22,5	22,9	21,0	17,7	46,5	15,6	99,9	87,7					
TF3	14,6	43,9	31,5	20,7	47,2	20,8	11,7	12,4	19,6	18,3									
TF4	0,58	2,01	19,1	20,2	26,8	28,4	33,2	31,1	29,2										
TF5	22,9	12,6	6,07	17,0	37,8	68,0	49,0	40,9	37,5	19,0	31,5	18,4	14,6	26,8					
TF6	39,8	30,8	29,2																
TF7	57,1	18,7	21,4	48,3	35,4	12,7													

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Fauna

5.3.1 Riqueza y caracterización de especies

En la campaña de abril 2017 se registraron 27 especies: tres reptiles, 19 aves y cinco mamíferos (Anexo IX). Todas las especies del área son nativas, donde tres de ellas son endémicas y pertenecientes a la clase Reptilia. Por su parte, once especies se encuentran clasificadas en categoría de conservación: seis por el Reglamento de Clasificación de Especies y cinco de acuerdo al Reglamento de Ley de Caza (D.S. N° 05/98). De las especies consideradas con Índice de Riesgo, los tres flamencos y el mamífero fosorial *C. fulvus* presentan estado de riesgo “alto” (IR 50 a 75%).

En el área de estudio no existen registros o estudios de taxa introducidos, aún cuando se observan burros (*Equus asinus*) mediante evidencia directa e indirecta. Estos animales son considerados como domésticos en el presente informe, no siendo incluidos en el catálogo de fauna.

5.3.2 Abundancia de Reptiles

La abundancia de reptiles se observa en la Tabla 5-17. La especie más abundante fue *Liolaemus constanzae* (lagartija de Constanza), registrándose en ocho de los 17 transectos prospectados, los que se localizan en cuatro sectores de estudio: Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM. Los hábitats en los cuales se constató su presencia durante la presente temporada son los ambientes de Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal.

Para la especie *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), el registro se obtuvo en ocho de los 17 transectos prospectados, encontrándose en todos los sectores de estudio. En esta temporada se verificó su presencia



en hábitat de Pajonal, Marginal de Salar y Salar, lo que indica que su actividad se encuentra asociada principalmente a los bordes de cuerpos de agua (lagunas) y/o a costras salinas, similar a lo observado en monitoreos anteriores. La abundancia promedio para *L. fabiani* varió entre 0,33 y 1,67 individuos/transecto.

Por su parte, *Liolaemus puna* (lagartija de la Puna), se encontró sólo en uno de los 17 transectos prospectados, observándose en el hábitat de Brea-Cachiyuyo. La abundancia promedio para *Liolaemus puna* fue de 0,67 individuos/transecto (dos ejemplares registrados).

Las especies *L. constanzae* y *L. fabiani* se encontraron compartiendo el hábitat de Pajonal en dos transectos en el sector de Vega de Carvajal y Cruce SQM.

En el presente monitoreo, la especie con la mayor dominancia correspondió a *L. constanzae*, con una abundancia promedio de 1,29 ind/transecto, seguida por *Liolaemus fabiani*, con una abundancia promedio de 0,92 ind/transecto. Por último, *Liolaemus puna* mostró el menor valor de abundancia promedio, con 0,67 ind/transecto.

Tabla 5-17. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
Vega de Carvajal	0	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	1,67
	1	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	0,33
	2	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	1,00
			<i>L. fabiani</i>	1,67(**)
3	Marginal Salar	<i>L. fabiani</i>	1,33	
Cruce Camar	4	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	1,67
	5	Brea-Cachiyuyo	<i>L. puna</i>	0,67
	6	Pajonal	<i>L. fabiani</i>	0,33
	7	Marginal de Salar	<i>L. fabiani</i>	1,00(**)
Aguas de Quelana	8	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	2,67
	9	Brea-Cachiyuyo	No se registró especies	0,00
	10	Pajonal	<i>L. fabiani</i>	0,67
	11	Marginal de Salar	No se registró especies	0,00
Cruce SQM	12	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	2,00
	13	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	0,33(**)
	14	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	0,67
			<i>L. fabiani</i>	1,00
15	Marginal de Salar	<i>L. fabiani</i>	1,00	
Laguna Interna	16	Salar	<i>L. fabiani</i>	0,33(***)

(*) 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.

(***) La abundancia promedio se obtuvo considerando los registros de un solo transecto, debido a problemas de ingreso en el sector (Anexo VII). Fuente: Elaboración propia



5.3.3 Abundancia de avifauna

5.3.3.1 Abundancia de aves en ambientes terrestres

Durante la temporada de abril de 2017, a partir de evidencia directa (avistamiento) e indirecta (huellas), se obtuvieron registros para aves en ocho de los 17 transectos. Los avistamientos corresponden a siete especies (Tabla 5-18) y un flamenco en vuelo en el sector Vega de Carvajal en el ambiente Marginal de Salar, en tanto que los registros indirectos corresponden a huellas de aves indeterminadas en el sector Cruce de Camar, ambiente Marginal de Salar y huellas identificadas sólo a nivel de género (*Thinocorus sp* y *Calidris sp.*), en ambiente de Rica rica-Pingo pingo en Aguas de Quelana y Cruce SQM y ambiente de Brea-Cachiyuyo y Marginal de Salar en Cruce de Camar.

De las ocho especies avistadas en los transectos tres corresponden a aves acuáticas (*Phoenicoparrus andinus*, *Charadrius alticola* y *Calidris bairdii*) y cinco especies son terrestres (*Metriopelia aymara*, *Circus cinereus* y *Phalcoboenus megalopterus*, *Agriornis microptera*, *Agriornis montana*). Las especies acuáticas fueron registradas en ambientes de Salar (Laguna Interna), Marginal de Salar (Cruce SQM y Vega de Carvajal) y Pajonal (Cruce SQM), en tanto que las especies terrestres fueron avistadas en los ambientes de Brea-Cachiyuyo y Pajonal de Vega de Carvajal, y en ambiente de Brea-Cachiyuyo del Cruce Camar y Cruce SQM (Tabla 5-18). Las abundancias de aves en ambientes terrestres varió entre los 0,33 y 1,33 individuos/transecto, contabilizando un total de 12 ejemplares avistados en los transectos.

Adicionalmente, durante los traslados entre los diferentes sectores de monitoreo, se avistaron tres ejemplares del Strigiforme *Athene cunicularia* (pequén).

Considerando todos los registros de aves en los ambientes terrestres prospectados, el número total de especies fue de nueve especies, a lo que se agregan dos especies de aves identificadas solo a nivel de género (Anexo IX).

Tabla 5-18. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama. Campaña 2017.

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
Vega de Carvajal	0	Rica rica-Pingo pingo	<i>Agriornis microptera</i>	(**)
	1	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-
	2	Pajonal	<i>Circus cinereus</i>	(**)
			<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	(**)
3	Marginal de Salar	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	1.33	
Cruce Camar	4	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	-
	5	Brea-Cachiyuyo	<i>Metriopelia aymara</i>	(**)
			<i>Agriornis microptera</i>	(**)
	6	Pajonal	Sin registros	-
7	Marginal de Salar	Sin registros	-	
Aguas de Quelana	8	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	-
	9	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-
	10	Pajonal	Sin registros	-
	11	Marginal de Salar	Sin registros	-
Cruce SQM	12	Rica rica-Pingo pingo	<i>Agriornis montana</i>	(**)
	13	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-



	14	Pajonal	<i>Charadrius alticola</i>	0.33
	15	Marginal de Salar	<i>Charadrius alticola</i>	1.00
Laguna Interna	16	Salar	<i>Charadrius alticola</i>	0.67
			<i>Calidris bairdii</i>	0.67

(*) 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.

Fuente: Elaboración propia

5.3.3.2 Abundancia de aves en ambientes acuáticos

A continuación, se presentan los resultados generales de abundancia de aves en ambientes acuáticos obtenidos durante las campañas de monitoreo realizadas en abril de 2017. En la sección *i)*, se analiza la abundancia para toda el área de estudio, y posteriormente en las secciones *ii)*, *iii)* y *iv)*, se analiza la abundancia para los Sistemas Lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente.

a. Abundancias de aves en ambientes acuáticos en el Borde Este del Salar de Atacama

Para la presente temporada (2017), se avistó un total de 1.815 individuos pertenecientes a 13 especies, incluyendo dos Passeriformes: *Lessonia oreas* (colegial del norte), el que usualmente se encuentra asociado a cuerpos de agua, y *Anthus correndera* (bailarín chico), en la franja de vegetación palustre (i.e. juncal) (Tabla 5-19). Adicionalmente se registraron 14 individuos de flamencos que no pudieron ser identificados a nivel de especie.

En términos de riqueza de especies en los distintos sistemas lacustres prospectados, tanto el Sistema de Soncor como el de Aguas de Quelana presentan diez especies, mientras que el Sistema Peine registró nueve especies. Por su parte, considerando la riqueza en los distintos cuerpos de agua dentro de los sistemas, la Laguna Chaxa en el sistema Soncor y dos cuerpos de agua del Sistema Aguas de Quelana presentaron nueve especies, mientras que en la Laguna Salada perteneciente al Sistema Peine, se observaron ocho especies (Tabla 5-20).

Las especies más abundantes corresponden a *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) con 552 registros, *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 516 individuos, *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) con 340 individuos, *Recurvirostra andina* (caíñi) con 113, *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) con 96 individuos y *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 83 individuos. Por su parte, las especies menos abundantes corresponden a *Anthus correndera* (bailarín chico) y *Anas puna* (pato de la puna), cada una con cuatro individuos (Tabla 5-20). Cabe destacar que es el primer registro de *Anas puna*, aumentando el número de aves del catálogo a 54 especies.

De las especies identificadas, las siguientes corresponden a aves migrantes boreales: *Tringa melanoleuca*, *C. bairdii* y *P. tricolor* (Tala, 2006).

Tabla 5-19. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campaña 2017.

Especie	Ejemplares
<i>Anas puna</i>	4
<i>Anthus correndera</i>	4
<i>Calidris bairdii</i> *	83
<i>Charadrius alticola</i>	61
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	5
<i>Lessonia oreas</i>	13

Tabla 5-19. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campaña 2017.

Especie	Ejemplares
<i>Lophonetta specularioides</i>	5
<i>Phalaropus tricolor*</i>	552
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	340
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	96
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	516
Pollos de flamencos	13
<i>Recurvirostra andina</i>	113
<i>Tringa melanoleuca*</i>	10
N° especies	13
N° individuos	1815

* Especies migratorias boreales; se reproduce en hemisferio norte y migran al sur en época no reproductiva. Parte de su población cruza el Ecuador durante sus desplazamientos (Tala, 2006).
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-20. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama Campaña 2017

Especies	Soncor				Aguas de Quelana	Peine		
	Puillar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto		Salada	Saladita	Interna
<i>Anas puna</i>	2	-	-	-	-	2	-	-
<i>Anthus correndera</i>	-	-	-	-	4	-	-	-
<i>Calidris bairdii</i>	-	30	4	14	15	14	-	6
<i>Charadrius alticola</i>	1	2	1	1	46	8	-	2
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	-	3	-	2	-	-	-	-
<i>Lessonia oreas</i>	-	-	-	-	13	-	-	-
<i>Lophonetta specularioides</i>	-	-	-	-	5	-	-	-
<i>Phalaropus tricolor</i>	13	457	-	-	-	82	-	-
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	160	20	1	27	67	34	23	8
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	78	5	-	-	3	-	5	5
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	72	81	274	40	13	33	3	-
Pollos de flamencos	1	-	7	-	4	1	-	-
Flamencos no determinados	1	2	-	-	10	1	-	-
<i>Recurvirostra andina</i>	15	22	-	41	18	17	-	-
<i>Tringa melanoleuca</i>	-	2	1	-	2	5	-	-
N° de especies por laguna	7	9	5	6	10	8	3	4
N° de especies por sistema	10				10	9		
N° de individuos	343	624	288	125	200	197	31	21

Fuente: Elaboración propia

b. Abundancia de aves en el Sistema Lacustre Soncor

Considerando los cuatro sectores que conforman el Sistema Lacustre Soncor, se registraron diez especies de aves, con un total de 1.380 individuos. Este sistema presenta cierta heterogeneidad en cuanto a la riqueza y abundancia en las lagunas que lo conforman, pese a la cercanía entre los diferentes cuerpos de agua. De esta forma, en Laguna Chaxa se contabilizaron nueve especies, seguido por Laguna Puillar con siete especies, Canal Burro Muerto con seis especies y finalmente Laguna Barros Negros donde se observaron cinco especies.

Al considerar el conjunto de cuerpos de aguas que conforman el Sistema Lacustre Soncor, la especie más abundante fue *Phalaropus tricolor* (pollito de mar) con 470 individuos, seguido por las tres especies de flamencos: *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 467 ejemplares, *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) con 208 ejemplares y *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) con 83 ejemplares.

La Tabla 5-21 y Tabla 5-22 muestra los ejemplares registrados en el sector

Tabla 5-21. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2017

Especie	Ejemplares
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	467
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	208
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	83
Pollos de flamencos	8
Flamencos no determinados	3
Total	769

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-22. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2017

Especie	Ejemplares
<i>Anas puna</i>	2
<i>Calidris bairdii</i>	48
<i>Charadrius alticola</i>	5
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	5
<i>Phalaropus tricolor</i>	470
<i>Recurvirostra andina</i>	78
<i>Tringa melanoleuca</i>	3
Total	611

Fuente: Elaboración propia

c. Abundancia de aves en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana

El Sistema Aguas de Quelana presentó una riqueza de diez especies y un total de 200 aves. A nivel de especies, *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) fue la más abundante, con 67 individuos, seguida por *Charadrius alticola* (chorlo puna) con 46 individuos, *Recurvirostra andina* (caítí) con 18 individuos, *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 15 individuos, *Lessonia oreas* (colegial del norte) con 13 ejemplares y *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 13 especies. En el caso de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica), sólo se registraron tres ejemplares durante la presente temporada.

La Tabla 5-23 y Tabla 5-24 muestra los ejemplares registrados en el sector

Tabla 5-23. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2017

Especie	Ejemplares
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	13
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	67
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	3
Pollos de flamencos	4
Flamencos no determinados	10
Total	97

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-24. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2017

Especie	Ejemplares
<i>Anthus correndera</i>	4
<i>Calidris bairdii</i>	15
<i>Charadrius alticola</i>	46
<i>Lessonia oreas</i>	13
<i>Lophonetta specularioides</i>	5
<i>Recurvirostra andina</i>	18
<i>Tringa melanoleuca</i>	2
Total	103

Fuente: Elaboración propia

d. Abundancias de aves en el Sistema Lacustre Peine

El Sistema Lacustre de Peine presentó una riqueza total de nueve especies de aves durante la temporada 2017. Entre las distintas lagunas que conforman este sistema, Laguna Salada presentó la mayor riqueza y abundancia, con ocho especies y 197 ejemplares avistados, seguidas por Laguna Interna, con cuatro especies y 21 aves. Por su parte, en Laguna Saladita se observaron tres especies, con un registro total de 31 individuos (Tabla 5-20).

A nivel de especies se observó una mayor abundancia en *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) con 82 ejemplares, seguida por *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), con 65 individuos, *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 36 ejemplares, *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 22 ejemplares, *Recurvirostra andina* (caiti) con 17 ejemplares y *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) y *Charadrius alticola* (chorlo de la puna) con 10 ejemplares cada una. Cabe mencionar que en la Laguna Saladita sólo hubo avistamientos de flamencos, no registrándose otras especies de aves.

Los resultados para el sector se muestran en la Tabla 5-25 y Tabla 5-26

Tabla 5-25. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2017.

N° de ejemplares por especie						
Laguna	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	Total
Salada	33	34	-	1	1	69
Saladita	3	23	5	-	-	31
Interna	-	8	5	-	-	13
Total Sist. Peine	36	65	10	1	1	113

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-26. Abundancia de otras especies de aves en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2017

N° de ejemplares por especie											
Laguna	<i>Lophonetta specularioides</i>	<i>Anas puna</i>	<i>Charadrius alticola</i>	<i>Recurvirostra andina</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Calidris bairdii</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)	<i>Lessonia oreas</i>	<i>Anthus correndera</i>	Total
Laguna Salada	-	2	8	17	5	14	82	-	-	-	126
Laguna Saladita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laguna Interna	-	-	2	-	-	8	-	-	-	-	10
Total Sistema Peine	-	2	10	17	5	22	82	-	-	-	136

Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Abundancia de mamíferos

5.3.4.1 Abundancia de micromamíferos

Los resultados para las capturas de micromamíferos se presentan en la Tabla 5-27. En la temporada 2017 se capturaron micromamíferos no fosoriales sólo en el sector de Vega de Carvajal, sin obtener capturas en el sector de Aguas de Quelena. En el sector de Vega de Carvajal se registraron roedores en los tres hábitat muestreados: Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal, donde las especies detectadas

corresponden a *Abrothrix andinus* (laucha andina), *Eligmodontia puerulus* (lauchita de pie sedoso) y *Phyllotis xanthopygus* (lauchón orejudo) (Tabla 5-27).

Tanto para el hábitat de Rica rica-Pingo pingo como para el de Brea-Cachiyuyo, se capturó un solo ejemplar de *E. puerulus*, lo que corresponde a 0,33 ind/hábitat, en cada uno de ellos. En tanto, en el hábitat de Pajonal se registraron 11 ejemplares de *A. andinus*, lo que representa una abundancia promedio de 3,67 ind/hábitat, dos ejemplares de *P. xanthopygus*, que corresponde a una abundancia de 0,67 ind/hábitat, y un individuo de *E. puerulus*, con una abundancia de 0,33 ind/hábitat.

La presencia y actividad del roedor fosorial *Ctenomys fulvus* (tucu-tuco) se detectó a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones en cuatro de los cinco sectores estudiados: Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM. En relación con la ocupación y preferencia de hábitat por parte de la especie, fue detectado en el 75% de hábitat de Brea-Cachiyuyo, Pajonal y Marginal de Salar, seguido por el 50% de hábitat de Rica rica-Pingo pingo. Cabe señalar que se registraron madrigueras inactivas de tucu-tuco en el ambiente de Brea – Cachiyuyo del sector de Vega de Carvajal y en el ambiente de Pajonal del sector de Aguas de Quelana. 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.

Tabla 5-27. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2017

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	0,33
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	0,33
	3	Pajonal	<i>Abrothrix andinus</i>	3,67
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	0,67
Aguas de Quelana	1	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	-
	2	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	-
	3	Pajonal	Sin registros	-

(*) Valor promedio de ejemplares registrados durante tres días de muestreo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.2 Abundancia de macromamíferos

El registro de macromamíferos obtenido mediante la identificación de improntas (huellas) en las estaciones de atracción olfativa se presentan en la Tabla 5-28. Durante la presente temporada, se obtuvieron registros en las cuatro estaciones olfativas instaladas, las que fueron visitadas por especies pertenecientes a distintos taxa (incluyendo micromamíferos y reptiles), detectándose solo en dos de ellas la visita de *Pseudalopex sp.* (zorro).

Los rastros de *Pseudalopex sp* fueron observados en los dos hábitat prospectados en el Sector de Aguas de Quelana (Rica rica-Pingo pingo y Brea-Cachiyuyo), mientras que en el sector de Vega de Carvajal no se obtuvo evidencia de su presencia. Por su parte, los registros de las estaciones olfativas permitieron detectar huellas de ungulados en el ambiente de Rica rica-Pingo ping del sector de Vega de Carvajal y de roedores y reptiles en el ambiente de Brea-Cachiyuyo del mismo sector.

En cuanto a los datos obtenidos fuera de la metodología de estaciones olfativas, durante las prospecciones y traslados en el área de estudio, se constató la presencia de ejemplares del género *Pseudalopex* a través de fecas y/o huellas en tres de los cinco sectores estudiados (Vega de Carvajal, Cruce Camar y Cruce

SQM). De esta forma, se obtuvieron registros indirectos en el 75% del hábitat de Rica rica-Pingo pingo y de Marginal de Salar, en el 50% en hábitat de Pajonal y en el 25% del hábitat de Brea-Cachiyuyo, mientras que, en el hábitat de Salar en el sector de Peine, no hubo registro con evidencias de la presencia de zorro.

Tabla 5-28. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* (zorro) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2017

Sector	Transecto	Hábitat	% Visitas (<i>Pseudalopex sp</i>)	Observaciones de improntas (varias)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	0	Visitada por ungulado
	2	Brea-Cachiyuyo	0	Visitada por reptil y roedor
Aguas de Quelana	1	Rica rica-Pingo pingo	33	Visitada por <i>Pseudalopex sp</i>
	2	Brea-Cachiyuyo	33	Visitada por <i>Pseudalopex sp</i>

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Biota Acuática

En este acápite se presentan los resultados de las mediciones *in situ* y análisis de laboratorio realizados en el mes de abril de 2017 para el componente biota acuática. Cabe mencionar que, según lo establecido en la RCA N°226/2006, no se consideran límites normativos para los parámetros reportados. El objetivo establecido por este instrumento corresponde a observar la evolución temporal de los parámetros, lo que será analizado en la sección de discusión.

Durante la campaña efectuada el año 2017 se realizó el monitoreo en todos los puntos comprometidos a excepción de las siguientes diez estaciones:

- Sistema Aguas de Quelana: Q-2, Q-3, Q-4, Q-5, Q-6, Q-7, Q-8, Q-9
- Sistema Soncor: BN-1
- Sistema Peine: PE-3

Además, en la estación Q-0 sólo fue posible realizar el muestreo de sedimentos, por lo que los análisis de agua, fitoplancton y zooplancton no se realizaron. El certificado del laboratorio que acredita y justifica esta situación se presenta en los Anexos XIV y XV.

5.4.1 Medio Abiótico

La campaña realizada en abril 2017 permitió revisar las variables abióticas de los sistemas hidrológicos del área de estudio y analizar sus parámetros. Los resultados de las mediciones realizadas se presentan en la Tabla 5-29. Además, en las secciones que siguen, se muestran los resultados de manera gráfica agrupados por sistema lagunar para su mejor visualización. Asimismo, se presentan los estadígrafos para cada uno de estos sistemas.

Tabla 5-29. Parámetros fisicoquímicos en el agua y sedimentos de los sistemas lacustres (abril 2017).

Sistema lacustre	Estación	OD (mg/L)	OD (%)	T (°C)	pH	CE del agua (mS/cm)	Salinidad (g/L)	Temperatura sedimento (°C)	Conductividad sedimento (mS/cm)	Conductividad agua intersticial (mS/cm)
Aguas de Quelana	Q-0	-	-	-	-	-	-	28,5	58,92	248
	Q-1	3,79	64,6	29	8,01	133	105	30,1	30,4	141
Puillar	PU-1	2,78	47,7	28,2	8,16	32,4	19,4	29,3	10,5	62,6
	PU-2	2,92	48,2	27,6	7,86	36,7	22	28,7	7,79	41,2
	PU-3	3,27	55,8	28,4	8,16	36	22	29,5	12,98	56,1
	PU-4	2,96	47,5	26	8,16	69,7	46	27,1	18,6	82,6
	PU-5	2,39	37,7	26,1	8,06	65,9	58	27,2	25,9	96,6
Soncor	BN-2	2,07	33,4	26,2	9,31	150,2	125	27,3	48,8	180
	BN-3	1,42	21,1	24,1	7,57	184,5	182	25,2	76,5	212
	CH-1	3,82	68,2	33	8,41	140,3	113	34,1	55,6	160
	BM-1	5,63	99,4	29,5	8,52	119,8	92	30,6	37,3	156
Peine	PE-1	1,44	24,7	29,1	7,95	71,3	48	30,2	24,4	89,7
	PE-2	2,49	42	30,5	7,81	78,6	53	31,6	26,95	88,3
	SA-1	3,28	54,1	24,3	8,23	70,1	48	25,4	22,6	83,5
	SA-2	3,06	56,7	33	8,5	54,4	37	34,1	18,8	72,9

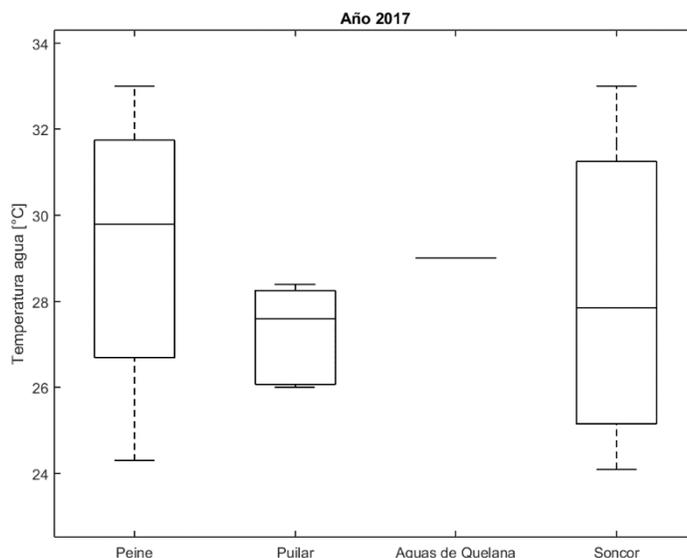
Fuente: UCN.

5.4.1.1 Temperatura del agua

La temperatura del agua registrada en los distintos sistemas se presenta gráficamente en la Figura 5-13 y sus estadígrafos se presentan en la Tabla 5-30.

En el monitoreo realizado el año 2017 la temperatura del agua en los sistemas lacustres se presentó dentro del rango 24 – 33°C, con una baja dispersión de datos (CV < 14% en todos los sistemas). Los sistemas Puilar, Soncor y Peine presentaron temperaturas promedio de 27,8 °C, 28,3 °C y 29,2 °C, y medianas de 27,6°C, 27,9°C y 29,8°C, respectivamente. La única medición realizada en el sistema Aguas de Quelana fue de 29°C.

Figura 5-13. Representación gráfica de la temperatura del agua registrada en cada sistema lagunar (abril 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente: UCN

Tabla 5-30. Estadígrafos de la temperatura del agua (°C) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var. (%)	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	27,2	1,14	4,2	26	28,4	26,1	27,6	28,3
Soncor	4	28,2	3,9	13,8	24,1	33	24,6	27,9	32,1
Quelana	1	29	0	0	29	29	*	29	*
Peine	4	29,2	3,66	12,5	24,3	33	25,5	29,8	32,4

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). * no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

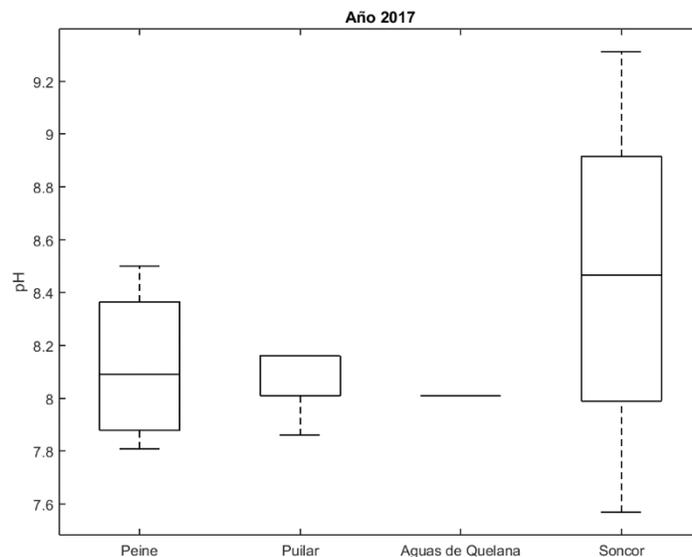


5.4.1.2 pH del agua

Los resultados de las mediciones de pH registrados en cada sistema lagunar se presentan gráficamente en la Figura 5-14, en tanto que los estadígrafos se presentan en la Tabla 5-27.

Como puede verse en la Figura 5-14, los valores de pH de los sistemas hidrológicos se encontraron dentro del rango neutro-alkalino (7,6 – 9,3) y presentaron un bajo nivel de dispersión, con coeficientes de variación: Puilar 1,61 %; Soncor 8,45 %; y Peine 3,77 % (Tabla 5-31). Los promedios de pH de cada sector (Tabla 5-31) fueron: 8,08, 8,45 y 8,12, para los sistemas Puilar, Soncor, y Peine, respectivamente, mientras que sus medianas, en el mismo orden fueron: 8,16, 8,47 y 8,09. La única medición realizada en el sistema Aguas de Quelana fue 8,01.

Figura 5-14. Representación gráfica del pH del agua registrado en cada sistema lagunar (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente: UCN

Tabla 5-31. Estadígrafos del pH registrado en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	8,08	0,13	1,61	7,86	8,16	7,96	8,16	8,16
Soncor	4	8,45	0,71	8,42	7,57	9,31	7,78	8,47	9,11
Quelana	1	8,01	0	0	8,01	8,01	*	8,01	*



Tabla 5-31. Estadígrafos del pH registrado en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Peine	4	8,12	0,31	3,77	7,81	8,5	7,85	8,09	8,43

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

5.4.1.3 Conductividad eléctrica del agua

La CE registrada en los sistemas lagunares se presentan gráficamente en la Figura 5-15 y sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-32.

En la Figura 5-15 se observa que el sistema Puilar presentó una alta dispersión de datos (CV=37,5%), mientras que la dispersión en los sistemas Soncor y Peine alcanzaron 18,2% y 14,9%, respectivamente. Los promedios y medianas en los sistemas Puilar, Soncor y Peine fueron de 48,1 mS/cm, 149 mS/cm y 68,6 mS/cm; y de 36,7 mS/cm, 145 mS/cm y 70,7 mS/cm. La única medición realizada en el sistema Aguas de Quelana fue de 133 mS/cm (Tabla 5-32).

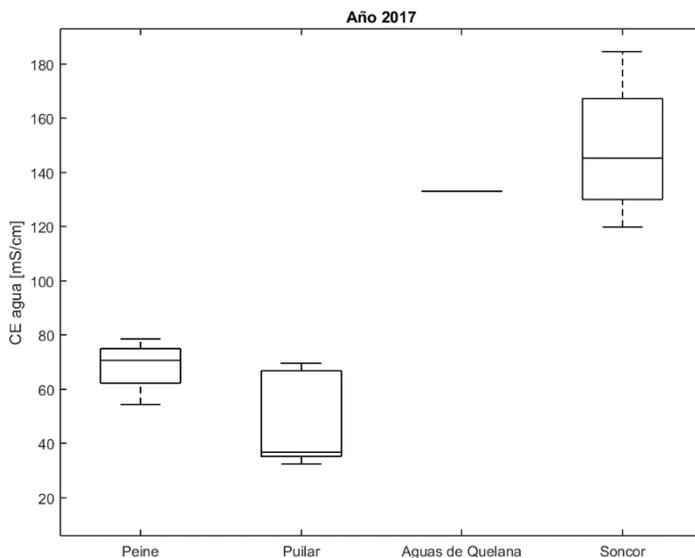
Tabla 5-32. Estadígrafos de la conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	48,1	18,1	37,5	32,4	69,7	34,2	36,7	67,8
Soncor	4	149	27	18,2	120	185	125	145	176
Quelana	1	133	0	0	133	133	*	133	*
Peine	4	68,6	10,2	14,9	54,4	78,6	58,3	70,7	76,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente: UCN

Figura 5-15. Representación gráfica de la CE del agua (mS/cm), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



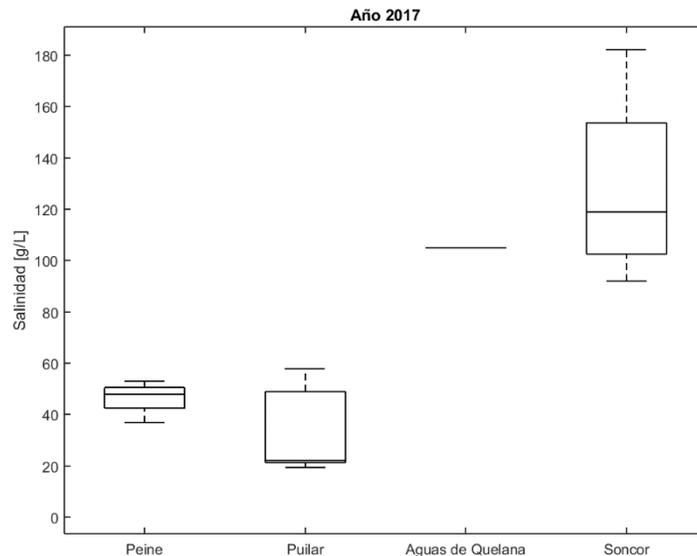
Fuente: UCN

5.4.1.4 Salinidad del agua

La salinidad registrada en el agua de los sistemas lagunares se presenta en la Figura 5-16 y sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-33.

El sistema en el que se registró la máxima salinidad fue Soncor (180 g/L), que presentó un promedio de 128 g/L y un CV de 30%. El mayor CV se observó en el sistema Puilar (52%), con una mediana de 22 g/L y promedio de 33,5 g/L. El sistema Peine presentó un CV de 15%, con un promedio de 47,5 g/L; y la salinidad determinada en la estación Q-1 en Aguas de Quelana fue 105 g/L (Tabla 5-33).

Figura 5-16. Representación gráfica de la salinidad del agua (g/L), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

Tabla 5-33. Estadígrafos de la salinidad del agua (g/L) en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	5	33,5	17,5	52,2	19,4	58	20,7	22	52
Soncor	4	128	38,5	30,1	92	182	97	119	168
Quelana	1	105	0	0	105	105	*	105	*
Peine	4	46,5	6,76	14,5	37	53	39,8	48	51,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

5.4.1.5 Oxígeno disuelto en el agua

La concentración de OD registrada en los sistemas lagunares en abril de 2017 se presenta de forma gráfica en la Figura 5-17 y sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-34.

En la Tabla 5-34 se observa que la concentración de OD fluctuó entre 1,42 mg/L y 5,63 mg/L (ambos en Soncor) y los coeficientes de variación se encontraron entre 11% y 59%. En promedio, los valores de OD fueron 2,86 mg/L; 3,24 mg/L y 2,57 mS/cm, para los sistemas Puillar, Soncor, y Peine, respectivamente. En el mismo orden, las medianas fueron 2,92 mg/L; 2,95 mg/L y 2,78 mg/L. La medición realizada en Aguas de Quelana fue de 3,8 mg/L (Tabla 5-34; Figura 5-17).



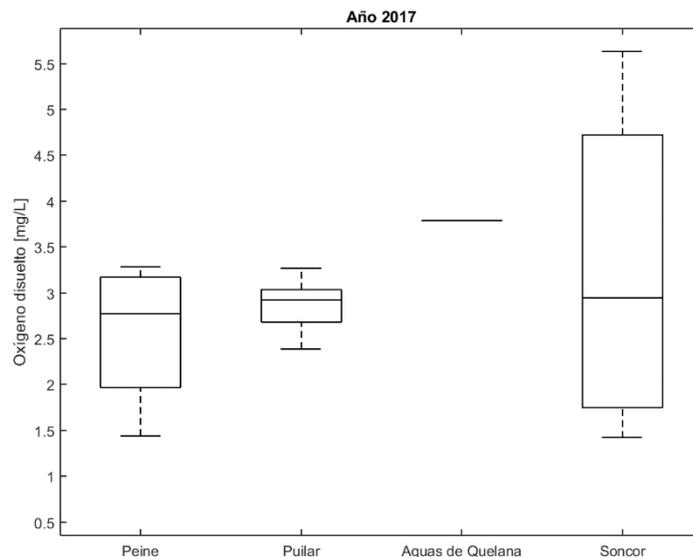
Tabla 5-34. Estadígrafos de la concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	2,86	0,32	11,1	2,39	3,27	2,59	2,92	3,12
Soncor	4	3,24	1,89	58,5	1,42	5,63	1,58	2,95	5,18
Quelana	1	3,79	0	0	3,79	3,79	*	3,79	*
Peine	4	2,57	0,822	32	1,44	3,28	1,7	2,78	3,2

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

Figura 5-17. Representación gráfica de la concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en los sistemas lagunares (abril 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.1.6 Conductividad eléctrica de los sedimentos y del agua intersticial

La CE registrada en los sedimentos y su agua intersticial en los cuatros sistemas lagunares se presenta gráficamente en la Figura 5-18 y Figura 5-19 respectivamente. Además, sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-35 y Tabla 5-36.

La CE medida en los sedimentos de los sistemas lacustres varió entre 7,8 y 77 mS/cm. La mayor CE se registró en el sistema Soncor, que presentó un promedio de 55 mS/cm y un CV de 30%. El mayor CV se observó en el sistema Puilar (47%), con una mediana de 13 mS/Cm y promedio de 15 mS/cm. El sistema Peine, presentó un CV de 15%, con un promedio de 23 mS/cm, y las dos estaciones monitoreadas en el sistema Aguas de Quelana presentaron valores de 30 mS/cm y 59 mS/cm (Tabla 5-35).



Como es de esperar, la CE medida en el agua intersticial de los sedimentos presentó tendencias similares a la CE de los sedimentos, aunque con algunas diferencias (Figura 5-18 y Figura 5-19). Ésta varió entre 41 y 248 mS/cm. El mayor valor se registró en el sistema Aguas de Quelana, en el que sólo se cuenta con dos mediciones. El mayor CV se observó en el sistema Puillar (32%), con una mediana de 63 mS/cm. El sistema Peine presentó el menor CV (9%), con un promedio de 84 mS/cm; y el sistema Soncor presentó un promedio de 177 mS/cm y un CV de 15% (Tabla 5-36).

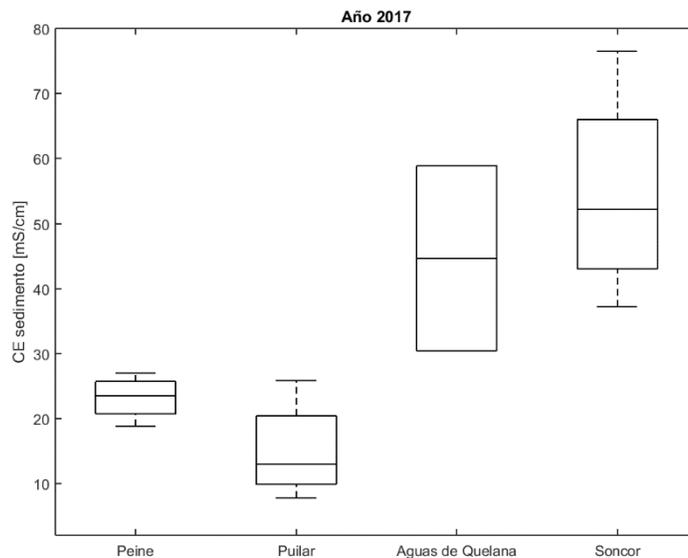
Tabla 5-35. Estadígrafos de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	5	15,2	7,17	47,4	7,79	25,9	9,17	13,0	22,2
Soncor	4	54,5	16,5	30,2	37,3	76,5	40,1	52,2	71,3
Quelana	2	44,7	20,2	45,2	30,4	58,9	*	44,7	*
Peine	4	23,2	3,42	14,7	18,8	27	19,8	23,5	26,3

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

Figura 5-18. Representación gráfica de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

Tabla 5-36. Estadígrafos de la CE del agua intersticial de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas hidrológicos .

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	5	67,8	21,9	32,3	41,2	96,6	48,7	62,6	89,6



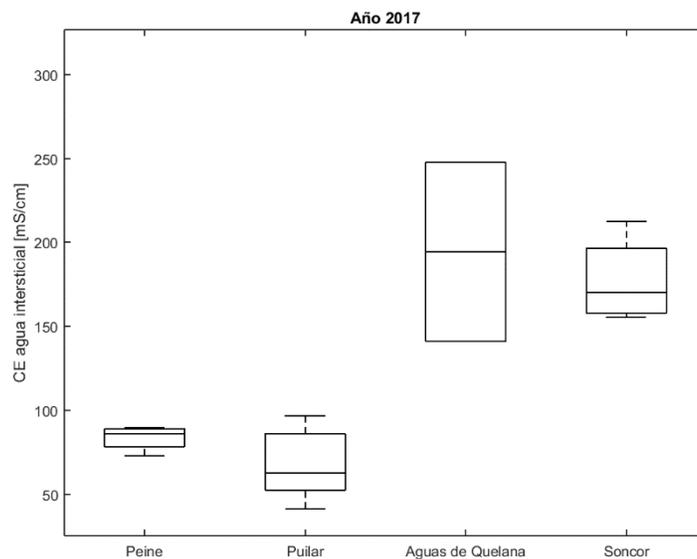
Tabla 5-36. Estadígrafos de la CE del agua intersticial de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas hidrológicos .

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Soncor	4	177	25,9	14,6	156	212	157	170	204
Quelana	2	195	75,5	38,8	141	248	*	195	*
Peine	4	83,6	7,6	9,09	72,9	89,7	75,6	85,9	89,4

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos) *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

Figura 5-19. Representación gráfica de la CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos, registrada en los sistemas lagunares (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.1.7 Temperatura de los sedimentos

La temperatura registrada en los sedimentos en los sistemas lagunares se presenta gráficamente en la Figura 5-20 y la Tabla 5-37 presenta sus estadígrafos.

En la Figura 5-20 se observa que los sistemas Puilar, Soncor y Peine presentaron una baja dispersión (CV = 4,0%, 13,3% y 12,1%, respectivamente). Los promedios de temperatura fueron 28,4°C, 29,3°C, 29,3°C y 30,3°C para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente. Los valores de las medianas en el mismo orden fueron 28,7°C, 29°C, 29,3°C y 30,9°C (Tabla 5-37).

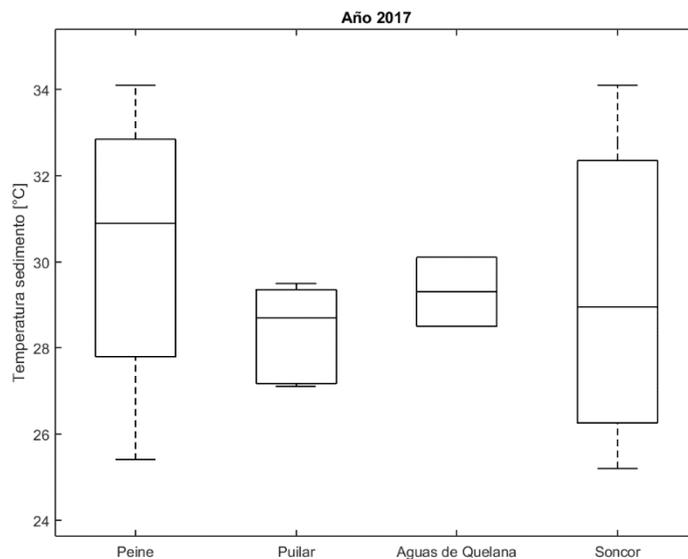
Tabla 5-37. Estadígrafos de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	5	28,4	1,1	4,0	27,1	29,5	27,2	28,7	29,4
Soncor	4	29,3	3,9	13,3	25,2	34,1	25,7	29,0	33,2
Quelana	2	29,3	1,1	3,9	28,5	30,1	*	29,3	*
Peine	4	30,3	3,7	12,1	25,4	34,1	26,6	30,9	33,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Fuente:UCN

Figura 5-20. Representación gráfica de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas lagunares (abril 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.2 Medio Biótico

En esta sección se presentan los resultados de los monitoreos realizados a los parámetros bióticos. Se presentan seis sub-secciones, correspondientes a los resultados de clorofila (en fitoplancton y fitobentos), fitoplancton, fitobentos, zooplancton, zoobentos y plantas acuáticas.

5.4.2.1 Clorofila-a

La concentración de clorofila-a del fitoplancton y perifiton en todas las estaciones monitoreadas el año 2017 de los cuatro sistemas lacustres se presentan en la Tabla 5-38. En las secciones que siguen se



presentan estos resultados de manera gráfica agrupados por sistema lagunar para su mejor visualización. Asimismo, también se presentan los estadígrafos para cada uno de estos sistemas.

Tabla 5-38. Concentración de clorofila del fitoplancton y perifiton en las estaciones de monitoreo (abril de 2016).

Sistema lacustre	Estación	Clorofila fitoplancton (µg/L)	Clorofila perifiton (µg/L)
Puilar	PU-1	0,50	16,2
	PU-2	3,00	3,4
	PU-3	1,00	19,2
	PU-4	0	4,97
	PU-5	0	0,34
Soncor	BN-2	0	2,37
	BN-3	2,00	4,59
	BM-1	0	13,9
	CH-1	0	7,82
Peine	PE-1	0	7,25
	PE-2	0	9,02
	SA-1	0	2,26
	SA-2	0	4,42
Aguas de Quelana	Q-0	S/I	1,02
	Q-1	3,00	3,55

Fuente:UCN. S/I: sin información.

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

Los resultados de clorofila-a del fitoplancton se representan gráficamente en la Figura 5-21 para cada sistema lacustre y en la Tabla 5-39 se muestran sus estadígrafos.

En promedio, la concentración de clorofila del fitoplancton fluctuó entre 0 µg/L y 3 µg/L, y las medianas se encontraron dentro del rango 0 –3 µg/L. Los sistemas Puilar y Soncor presentaron una alta dispersión de sus datos (CV 140% y 200%, respectivamente). Cabe mencionar que el valor “0” reportado en todas las estaciones del sistema Peine y en las estaciones BN-3, BM-1 y CH-1 (Tabla 5-38), se puede explicar por un posible error de procedimiento analítico. Lo anterior se debe a que en el análisis de fitoplancton (ver acápite de resultados de fitoplancton) se detectaron microalgas en estas estaciones, por lo que debió haberse detectado también clorofila-a en ellas.

Tabla 5-39. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a (µg/L) del fitoplancton registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	0,90	1,24	138	0	3,00	0	0,50	2,0
Soncor	4	0,50	1,00	200	0	2,00	0	0	1,5
Quelana	1	3,00	-	-	3,00	3,00	*	3,00	*
Peine	4	0	0	-	0	0	0	0	0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

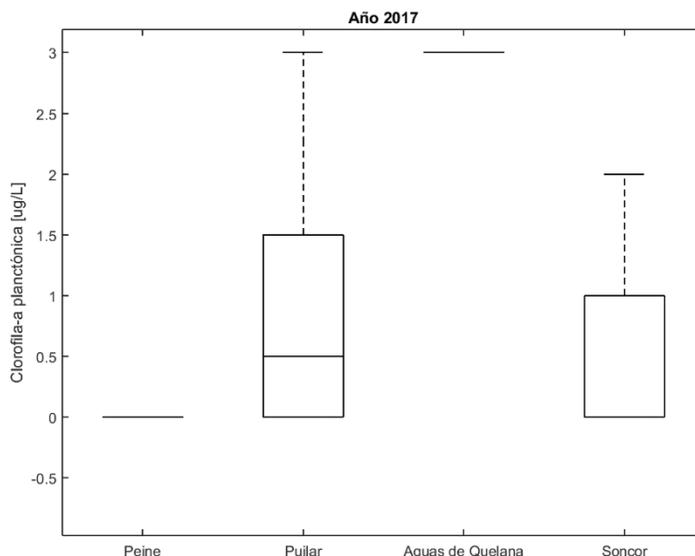


Tabla 5-39. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) del fitoplancton registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
---------	---	-------	-----------	-----------	------	------	----	---------	----

Fuente:UCN

Figura 5-21. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) del fitoplancton, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo \blacklozenge la media (promedio).



Fuente:UCN

b. Clorofila-a en perifiton (fitobentos)

Los resultados de clorofila-a del perifiton se representan gráficamente en la Figura 5-22 para cada sistema lacustre y en la Tabla 5-40 se muestran los estadígrafos.

En promedio, la concentración de clorofila del perifiton fluctuó entre 2,29 $\mu\text{g/g}$ y 8,82 $\mu\text{g/g}$, y las medianas se encontraron dentro del rango 2,29 – 6,21 $\mu\text{g/g}$. Todos los sistemas presentaron una alta dispersión de sus datos (CV 52% – 95%), especialmente el sistema Puillar. En contraste a lo observado en las mediciones de clorofila en el fitoplancton, para este parámetro no hubo mediciones iguales a 0 $\mu\text{g/g}$.

Tabla 5-40. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/g}$) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	5	8,82	8,34	94,5	0,34	19,2	1,87	4,97	17,7
Soncor	4	7,17	5,01	69,9	2,37	13,9	2,93	6,21	12,4
Quelana	2	2,29	1,79	78,3	1,02	3,55	*	2,29	*



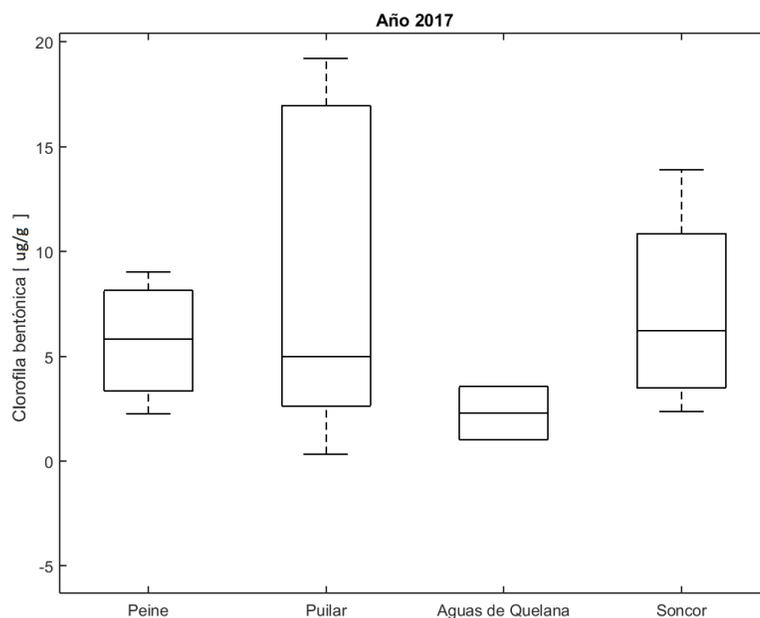
Tabla 5-40. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/g}$) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Peine	4	5,74	2,99	52	2,26	9,02	2,80	5,84	8,58

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

Figura 5-22. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/g}$) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo \blacklozenge la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.2.2 Fitoplancton

La composición, riqueza, abundancia total y relativa del fitoplancton en todas las estaciones monitoreadas el año 2017 para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, se presentan en la Tabla 5-41, Tabla 5-42, Tabla 5-43 y Tabla 5-44, respectivamente. La composición (abundancia relativa promedio) se presenta gráficamente para cada sistema lacustre en la Figura 5-23. Por su parte, la abundancia total en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Figura 5-24 y Tabla 5-45, respectivamente.

Tabla 5-41. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Puilar.

Taxa	PU-1		PU-2		PU-3	
	N° Cél/L	% A.R.	N° Cél/L	% A.R.	N° Cél/L	% A.R.
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Ciclotella ocellata</i>	10.000	4,35				
<i>Amphora carvajaliana</i>	20.000	8,70				
<i>Stauroneis aff atacamae</i>	10.000	4,35				
<i>Mastogloia braunii</i>	10.000	4,35				
<i>Planothidium delicatulum</i>	20.000	8,70			20.000	50
CHLOROPHYCEAE						
<i>Chlorella fusca</i>	80.000	34,8	20.000	50		
<i>Aphanizomenon</i>	30.000	13,0	10.000	25	10.000	25
<i>Chlorella vulgaris</i>	50.000	21,7	10.000	25	10.000	25
Total Abundancia Cél/L	230.000		40.000		40.000	
Riqueza de Taxa	8		3		3	
Riqueza del sistema	8					

Fuente:UCN. En las estaciones PU-4 y PU-5 no se detectó riqueza o abundancia.

Tabla 5-42. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Soncor.

Taxa	BN-2		BN-3		BM-1		CH-1	
	N° Cél/L	% A.R.						
BACILLARIOPHYCEAE								
<i>Amphora acutiuscula</i>	10.000	5,88	10.000	20,0			10.000	2,7
<i>Amphora atacamana</i>					30.000	21,4		
<i>Amphora carvajaliana</i>	10.000	5,88	10.000	20,0	20.000	14,3	60.000	16,2
<i>Achnanathes speciosa</i>							20.000	5,41
<i>Achnanathes submarina</i>	10.000	5,88					10.000	2,7
<i>Diploneis minuta</i>			10.000	20,0	10.000	7,14		
<i>Cyclotella ocellata</i>	20.000	11,8						
<i>Navicula cryptotenella</i>					10.000	7,14		
<i>Navicula carvajaliana</i>							10.000	2,7
<i>Proschkinia bulnheimii</i>							10.000	2,7
<i>Planothidium delicatulum</i>							30.000	8,11
CHLOROPHYCEAE								
<i>Chlorella fusca</i>	40.000	23,5			60.000	42,9	70.000	18,9
<i>Aphanizomenon</i>	60.000	35,3			10.000	7,14	100.000	27
<i>Chlorella vulgaris</i>	20.000	11,8	20.000	40,0			50.000	13,5
Total Abundancia Cél/L	170.000		50.000		140.000		370.000	
Riqueza de Taxa	7		4		6		10	
Riqueza del sistema	14							

Fuente:UCN

Tabla 5-43. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Aguas de Quelana.

Taxa	Q-1	
	N° Cél/L	% A.R.
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Amphora carvajaliana</i>	10.000	25
CHLOROPHYCEAE		
<i>Chlorella fusca</i>	30.000	75
Total Abundancia Cél/L	40.000	
Riqueza de Taxa	2	
Riqueza del sistema	2	

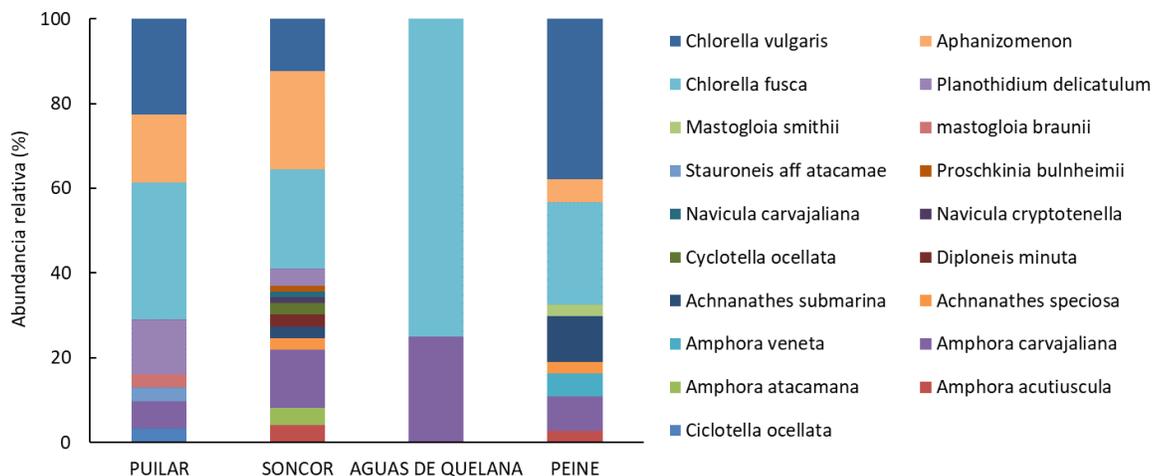
Fuente:UCN

Tabla 5-44. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Peine.

Taxa	PE-1		PE-2		SA-1		SA-2	
	N° Cél/L	% A.R.						
BACILLARIOPHYCEAE								
<i>Achnanthes speciosa</i>	10.000	7,69						
<i>Achnanthes submarina</i>	10.000	7,69			30.000	33,3		
<i>Amphora veneta</i>					10.000	11,1	10.000	14,3
<i>Amphora acutiuscula</i>					10.000	11,1		
<i>Amphora carvajaliana</i>					20.000	22,2	10.000	14,3
<i>Mastogloia smithii</i>	10.000	7,69						
CHLOROPHYCEAE								
<i>Chlorella fusca</i>	20.000	15,4	20.000	25	20.000	22,2	30.000	42,9
<i>Aphanizomenon</i>			20.000	25				
<i>Chlorella vulgaris</i>	80.000	61,5	40.000	50			20.000	28,6
Total Abundancia Cél/L	130.000		80.000		90.000		70.000	
Riqueza de Taxa	5		3		5		4	
Riqueza del sistema	9							

Fuente:UCN

Figura 5-23. Riqueza y abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitoplancton registradas en los sistemas lagunares (abril de 2017).



Fuente:UCN

Como puede verse en la Figura 5-23 las taxa más abundantes en todos los sistemas pertenecen a la clase Chlorophyceae. *Chlorella fusca* fue el taxón dominante en los sistemas Puilar, Aguas de Quelana y Soncor. En el sistema Peine, por su parte, dominó el taxón *Chlorella vulgaris*. La riqueza total de especies fue de 8, 14, 2 y 9 taxa para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente (Tabla 5-45).

La abundancia de fitoplancton registrada durante el monitoreo del año 2017 osciló entre 0 y 370.000 cél/L en el conjunto de sistemas hidrológicos revisados (Tabla 5-45). Los promedios se presentaron dentro del rango 40.000 – 183.000 cél/L, en tanto las medianas oscilaron entre 40.000 cél/L y 155.000 cél/L.

Tabla 5-45. Estadígrafos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

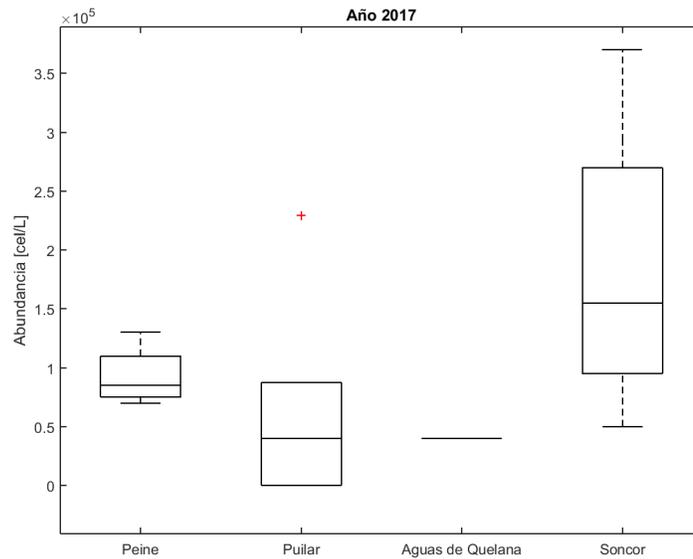
Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	62.000	96.000	155	0	230.000	0	40.000	135.000
Soncor	4	183.000	135.000	74	50.000	370.000	72.500	155.000	320.000
Quelana	1	40.000	0	0	40.000	40.000	*	40.000	*
Peine	5	74.000	47.200	63,8	0	130.000	35.000	80.000	110.000

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N<3).

Fuente:UCN



Figura 5-24. Representación gráfica de la abundancia (cél/L) del fitoplancton, registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos. Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.2.3 Fitobentos

La composición, riqueza, abundancia total y relativa de fitobentos en todas las estaciones monitoreadas el año 2016 para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, se presentan en la Tabla 5-46, Tabla 5-47, Tabla 5-48 y Tabla 5-49, respectivamente. La composición (abundancia relativa promedio) se presenta gráficamente para cada sistema lacustre en la Figura 5-25. Por su parte, la abundancia de fitobentos en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Figura 5-26 y Tabla 5-50.

Como puede verse en la Tabla 5-46, Tabla 5-47, Tabla 5-48 y Tabla 5-49, la riqueza taxonómica de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fue de 46, 64, 26 y 51 taxa, respectivamente. El taxón dominante en la mayoría de los sistemas (Soncor, Aguas de Quelana y Peine) fue *Amphora carvajaliana*, la excepción corresponde al sistema Puilar en el cual dominó el taxón *Craticula grunowii* (Figura 5-25).

Tabla 5-46. Composición, riqueza abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Puilar.

Taxa	PU-1		PU-3	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Achnanthes atacamae</i>	100	0,25		
<i>Achnanthes speciosa</i>	200	0,51		
<i>Achnanthes submarina</i>	100	0,25		
<i>Achnanthes thermalis</i>	200	0,51		
<i>Amphora acutiuscula</i>	3000	7,59		
<i>Amphora atacamae</i>	200	0,51		



Taxa	PU-1		PU-3	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Amphora boliviana</i>	200	0,51		
<i>Amphora carvajaliana</i>	3.700	9,37	1.200	1,35
<i>Amphora coffeaeformis</i>	700	1,77	600	0,67
<i>Amphora veneta</i>	400	1,01	1.300	1,46
<i>Anomeoneis sphaerophora f. costata</i>	100	0,25	200	0,22
<i>Craticula grunowii sp1</i>			50.000	56,12
<i>Craticula halophila</i>			100	0,11
<i>Cyclotella ocellata</i>	400	1,01		
<i>Cymtella pusilla</i>			500	0,56
<i>Denticula elegans</i>	2.000	5,06		
<i>Denticula kuetzinguii</i>			800	0,90
<i>Denticula thermalis</i>	100	0,25		
<i>Denticula valida</i>	400	1,01	800	0,90
<i>Diploneis smithii var rhombica</i>	6.000	15,2		
<i>Diploneis smithii var dilatata</i>	12.000	30,4		
<i>Entomoneis paludosa</i>	100	0,25	400	0,45
<i>Fragilaria brevistriata</i>	300	0,76		
<i>Fragilaria construens f. subsalina</i>	100	0,25		
<i>Fragilaria pinnata</i>	100	0,25		
<i>Frankophila similioides</i>	600	1,52		
<i>Mastogloia braunii</i>	100	0,25	600	0,67
<i>Mastogloia smithii</i>	100	0,25	100	0,11
<i>Navicula carvajaliana v carvajaliana</i>	100	0,25	100	0,11
<i>Navicula cryptotenella</i>			800	0,90
<i>Navicula tripunctata</i>	300	0,76		
<i>Nitzschia hungarica</i>	900	2,28	800	0,90
<i>Nitzschia lacunarum</i>	100	0,25		
<i>Nitzschia ovalis</i>			2.000	2,24
<i>Nitzschia valdestriata</i>	200	0,51		
<i>Planothidium chilensis</i>	100	0,25	100	0,11
<i>Planothidium delicatulum</i>	4.000	10,1	20.500	23,0
<i>Planothidium lanceolatum</i>	100	0,25		
<i>Planothidium sp</i>	100	0,25		
<i>Pinnularia viridis</i>			100	0,11
<i>Rhopalodia acuminata</i>			100	0,11
<i>Rhopalodia constricta</i>	100	0,25	2.000	2,24
<i>Rhopalodia wetzeli</i>	300	0,76	3.000	3,37
<i>Scolioleptura peisonis</i>	700	1,77		
<i>Stauroneis aff atacamae</i>	1.000	2,53	1500	1,68

Taxa	PU-1		PU-3	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Surirella wetzelli</i>	300	0,76	1500	1,68
Abundancia Total (cél/ml)	39.500		89.100	
Riqueza (N°) de Taxa	38		24	
Riqueza del sistema	46			

Fuente:UCN. En las estaciones PU-2, PU-4 y PU-5 no se detectó riqueza o abundancia.

Tabla 5-47. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Soncor.

Taxa	CH-1		BM-1		BN-2		BN-3	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Achnanthes atacamae</i>							4.000	0,91
<i>Achanthidium minutissimum</i>			24.000	7,60				
<i>Achnanthes thermalis</i>	20.000	1,75	44.000	13,94			14.400	3,29
<i>Achnanthes speciosa</i>	2.000	0,17	4.400	1,39	8000	2,53	6.000	1,37
<i>Achnanthes submarina</i>	12.000	1,05	10.000	3,17	14000	4,44	16.000	3,66
<i>Amphora acutiuscula</i>	260.000	22,71	32.000	10,14	39000	12,36	58.000	13,25
<i>Amphora atacamae</i>	30.000	2,62	1.200	0,38	5000	1,58	8.000	1,83
<i>Amphora atacamana</i>			800	0,25				
<i>Amphora carvajaliana</i>	280.000	24,45	32.000	10,14	76000	24,08	82.000	18,74
<i>Amphora coffeaeformis</i>	100.000	8,73	6.400	2,03	72000	22,81	40.000	9,14
<i>Amphora lineolata var calamae</i>			1.200	0,38				
<i>Amphora veneta</i>	12.000	1,05			8000	2,53	5.800	1,33
<i>Anomoeoneis sphaerophora cf costata</i>			1.000	0,32	8000	2,53	4.400	1,01
<i>Anomoeoneis sphaerophora var angusta</i>	6.000	0,52						
<i>Brachysira aponina</i>							5.000	1,14
<i>Coconeis placentula var euglypta</i>			400	0,13				
<i>Craticula buderi</i>	20.000	1,75	600	0,19				
<i>Craticula grunow sp1</i>			400	0,13			1.200	0,27
<i>Craticula halophila</i>	30.000	2,62					2.000	0,46
<i>Cymbella microcephala</i>					2000	0,63	6.000	1,37
<i>Cyclotryella stelligera</i>	10.000	0,87						
<i>Cyclotryella ocellata</i>			4.000	1,27				
<i>Cymbellonitzschia sp1</i>	4.000	0,35						
<i>Denticula elegans</i>			1.200	0,38	3200	1,01	4.000	0,91
<i>Denticula subtilis</i>	8.000	0,70						
<i>Denticula thermalis</i>	6.000	0,52						

Taxa	CH-1		BM-1		BN-2		BN-3	
	Cél/mL	A.R. (%)						
<i>Denticula valida</i>	2.000	0,17	2.800	0,89	3000	0,95	3.200	0,73
<i>Diploneis smithii var dilatata</i>			2.000	0,63				
<i>Diploneis smithii var rhombica</i>	2.000	0,17		0,00				
<i>Diplonei minuta</i>				0,00			8.000	1,83
<i>Fallacia diploneoides</i>							800	0,18
<i>halamphora atacamana</i>							4.000	0,91
<i>halamphora carvajaliana</i>							2.000	0,46
<i>Microcostatus andinus</i>	6.000	0,52	1.200	0,38				
<i>Mastogloia braunii</i>			800	0,25				
<i>Mastogloia smithii</i>	8.000	0,70						
<i>Navicula carvajaliana</i>	1.000	0,09	2.800	0,89	8000	2,53	12.000	2,74
<i>Navicula radiosa</i>			1.200	0,38				
<i>Navicula veneta</i>	2.000	0,17			3000	0,95	4.400	1,01
<i>Nitzschia accedens var chilensis</i>	12.000	1,05	3.200	1,01	4400	1,39	10.000	2,29
<i>Nitzschia hassall</i>	6.000	0,52						
<i>Nitzschia compressa</i>			3.200	1,01			800	0,18
<i>Nitzschia chilensis</i>	60.000	5,24						
<i>Nitzschia halloyii</i>	2.000	0,17						
<i>Nitzschia hungarica</i>	10.000	0,87	1.200	0,38				
<i>Nitzschia inconspicua</i>	10.000	0,87	600	0,19				
<i>Nitzschia lacunarum</i>	6.000	0,52						
<i>Nitzschia latens</i>	15.000	1,31						
<i>Nitzschia ovalis</i>	8.000	0,70						
<i>Nitzschia pusilla</i>	6.000	0,52	1.200	0,38	10000	3,17	16.000	3,66
<i>Nitzschia valdecostata</i>	4.000	0,35	400	0,13				
<i>Nitzschia valdestriata</i>	15.000	1,31						
<i>Planothidium chilense</i>	30.000	2,62	16.400	5,20				
<i>Planothidium delicatulum</i>	10.000	0,87	39.200	12,42	20000	6,34	22.000	5,03
<i>Proschkinia bulnheimii</i>	20.000	1,75	3.600	1,14		0,00	14.000	3,20
<i>Planothidium lanceolatum</i>			50.000	15,84	8000	2,53	6.200	1,42
<i>Rhopalodia acuminata</i>			1.600	0,51				
<i>Rhopalodia constricta</i>	16.000	1,40	800	0,25			3.200	0,73
<i>Rhopalodia wetzeli</i>	14.000	1,22	3.200	1,01			3.000	0,69
<i>Sellaphora laevisissima</i>			2.800	0,89			3.200	0,73
<i>Stauroneis cf atacamae</i>	80.000	6,99	4.800	1,52	24000	7,60	60.000	13,71
<i>Surirella sella</i>			2.800	0,89				
<i>Surirella wetzeli</i>			6.000	1,90			2.000	0,46

Taxa	CH-1		BM-1		BN-2		BN-3	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Scolioleura peisonis</i>			200	0,06			6.000	1,37
Abundancia Total (cél/ml)	1.145.000		315.600		315.600		437.600	
Riqueza (N°) de Taxa	39		40		18		34	
Riqueza sistema (taxa)	64							

Fuente:UCN

Tabla 5-48. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana.

Taxa	QU-0		QU-1	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Achnanthes atacamae</i>			6.000	1,76
<i>Amphora acutiuscula</i>			80.000	23,5
<i>Amphora atacamae</i>			20.000	5,87
<i>Amphora atacamana</i>			4.000	1,17
<i>Amphora boliviana</i>			3.000	0,88
<i>Amphora carvajaliana</i>	300	17,6	96.000	28,2
<i>Amphora coffeaeformis</i>			6.000	1,76
<i>Amphora veneta</i>			2.000	0,59
<i>Craticula grunow sp1</i>	100	5,88		
<i>Craticula halophila</i>			2.000	0,59
<i>Cyclotella ocellata</i>	600	35,3	8.000	2,35
<i>Denticula kuetzinguii</i>	100	5,88	8.000	2,35
<i>Denticula valida</i>	600	35,3	2.000	0,59
<i>Fragilaria construens f. subsalina</i>			2.000	0,59
<i>Mastogloia braunii</i>			2.000	0,59
<i>Mastogloia elliptica</i>			2.000	0,59
<i>Navicula carvajaliana v carvajaliana</i>			6.000	1,76
<i>Nitzschia accedens var chilensis</i>			2.000	0,59
<i>Nitzschia chilensis</i>			4.000	1,17
<i>Nitzschia compressa</i>			2.000	0,59
<i>Nitzschia lacunarum</i>			18.000	5,28
<i>Nitzschia pusilla</i>			14.000	4,11
<i>Planothidium delicatulum</i>			10.000	2,93
<i>Proschkinia bulnheimii</i>			8.000	2,35
<i>Stauroneis f. atacamae</i>			30.000	8,80
<i>Surirella wetzelli</i>			4.000	1,17
Abundancia Total (cél/ml)	1.700		341.000	
Riqueza (N°) de Taxa	5		25	

Taxa	QU-0		QU-1	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
Riqueza del sistema	26			

Fuente:UCN

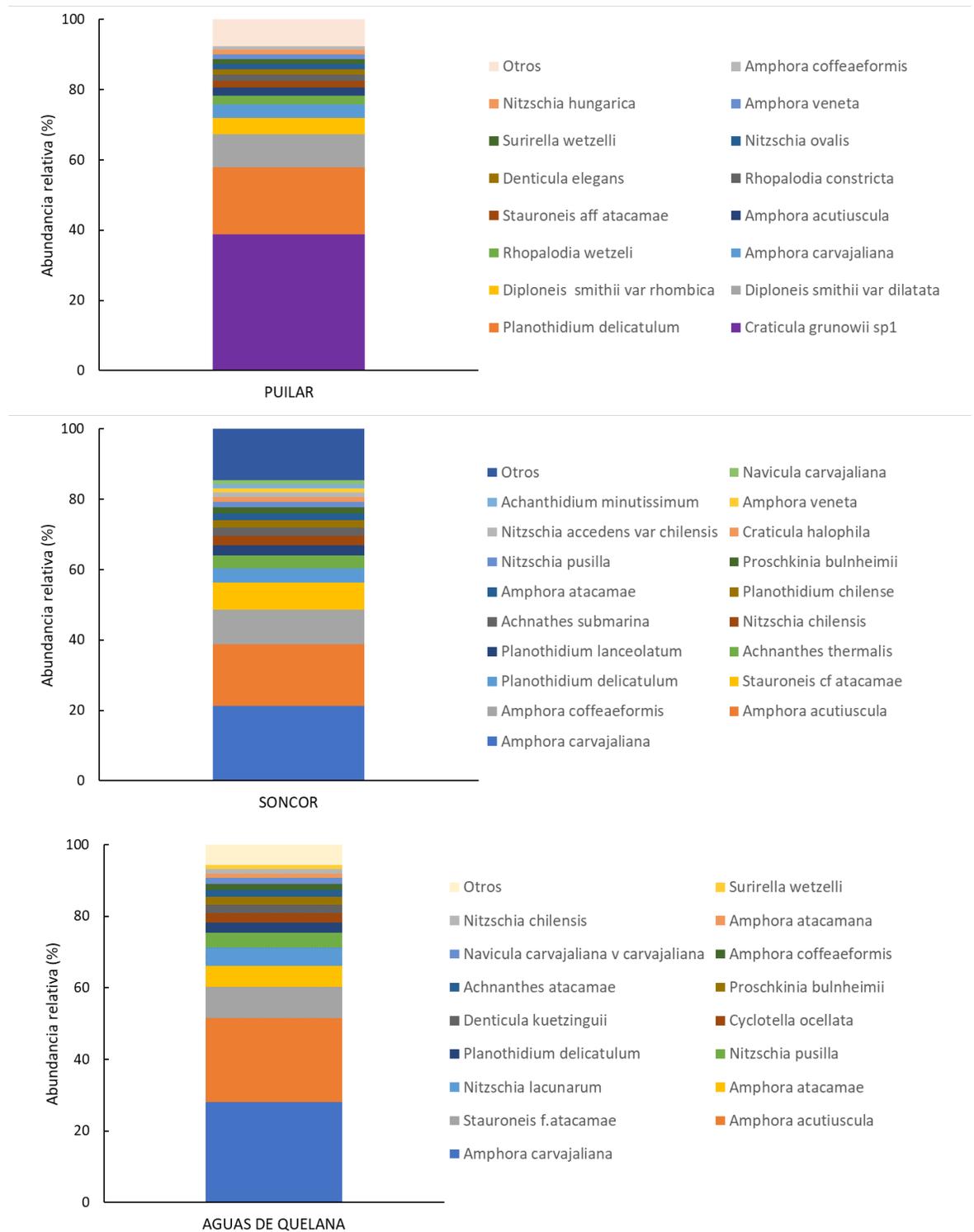
Tabla 5-49. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Peine.

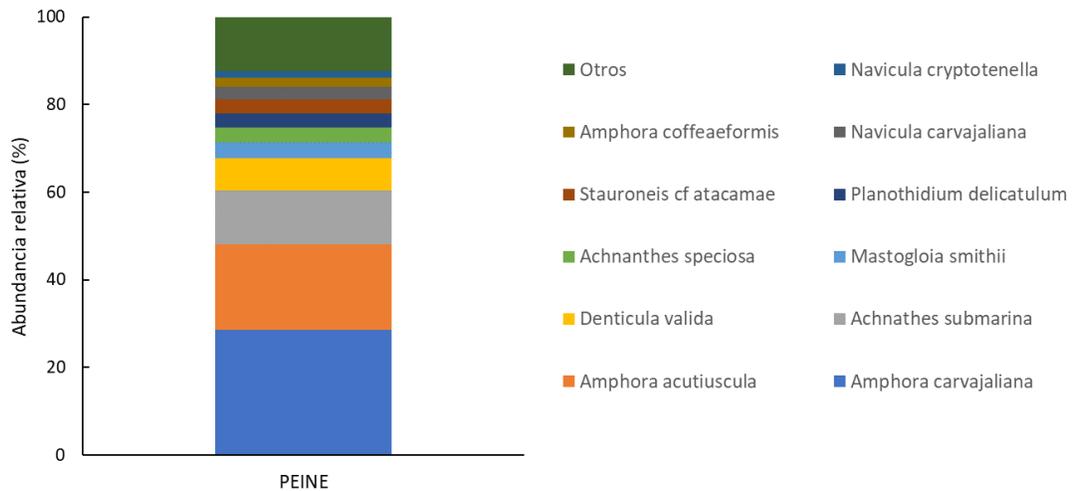
Taxa	PE-1		PE-2		SA-1		SA-2	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Achanthidium minutissimum</i>							10.000	4,15
<i>Achnanthes brevipes</i>					37			
<i>Achnanthes speciosa</i>	40.000	2,86	68.000	19,2			10.000	4,15
<i>Achnanthes submarina</i>	80.000	5,71	44.000	12,4	300.000	20,5	5.000	2,07
<i>Achnanthes thermalis</i>			4.000	1,13	4.000	0,27	1.000	0,41
<i>Amphora acutiuscula</i>	200.000	14,3	20.000	5,65	400.000	27,3	50.000	20,7
<i>Amphora atacamae</i>			4.000	1,13	10.000	0,68	6.000	2,49
<i>Amphora atacamana</i>			4.000	1,13	4.000	0,27	3.000	1,24
<i>Amphora boliviana</i>			6.000	1,69	24.000	1,64	2.000	0,83
<i>Amphora carvajaliana</i>	480.000	34,3	50.000	14,1	400.000	27,3	60.000	24,9
<i>Amphora coffeaeformis</i>	20.000	1,43			50.000	3,42	3.000	1,24
<i>Amphora ehrenberg sp1</i>					2.000	0,14		
<i>Amphora subrobusta</i>			2.000	0,56				
<i>Amphora veneta</i>					4.000	0,27	2.000	0,83
<i>Brachysira aponina</i>			10.000	2,82			1.000	0,41
<i>Coconeis placentula var lineata</i>			4.000	1,13			10.000	4,15
<i>cyclotella ocellata</i>			2.000	0,56	3.000	0,21		
<i>Cymbella pusilla</i>					30.000	2,05		
<i>Denticula elegans</i>			8.000	2,26	4.000	0,27		
<i>Denticula kuetzingii</i>			2.000	0,56	4.000	0,27	1.000	0,41
<i>Denticula subtilis</i>	20.000	1,43	2.000	0,56	2.000	0,14	4.000	1,66
<i>Denticula thermalis</i>			4.000	1,13	2.000	0,14		
<i>Denticula valida</i>	200.000	14,3	40.000	11,3	8.000	0,55	4.000	1,66
<i>Diploneis smithii var rhombica</i>					1.000	0,07		
<i>Diploneis smithii var dilatata</i>					2.000	0,14		
<i>Entomoneis paludosa</i>							3.000	1,24
<i>Fragilaria construens f. subsalina</i>			8.000	2,26				
<i>Mastogloia atacamae</i>								
<i>Mastogloia braunii</i>			22.000	6,21	8.000	0,55	4.000	1,66

Taxa	PE-1		PE-2		SA-1		SA-2	
	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)	Cél/mL	A.R. (%)
<i>Mastogloia smithii</i>	100.00 0	7,14	12.000	3,39	6.000	0,41	6.000	2,49
<i>Navicula parinacota</i>			10.000	2,82	8.000	0,55	2.000	0,83
<i>Navicula bory</i>					2.000	0,14		
<i>Navicula carvajaliana v carvajaliana</i>	100.00 0	7,14						
<i>Navicula cryptotenella</i>					50.000	3,42		
<i>Navicula salinicola</i>			8.000	2,26				
<i>Nitzschia accedens var chilensis</i>					1.000	0,07	5.000	2,07
<i>Nitzschia bacillum</i>					3.000	0,21		
<i>Nitzschia grunowii</i>					16.000	1,09		
<i>Nitzschia hassall aff. fonticola Grunow</i>							1.000	0,41
<i>Nitzschia hungarica</i>					1.000	0,07		
<i>Nitzschia latens</i>					2.000	0,14	2.000	0,83
<i>Nitzschia ovalis</i>							22.000	9,13
<i>Nitzschia pusilla</i>			2.000	0,56			5.000	2,07
<i>Nitzschia valdestriata</i>							3.000	1,24
<i>Planothidium delicatulum</i>	100.00 0	7,14	10.000	2,82	6.000	0,41		
<i>Proschkinia bulnheimii</i>					30.000	2,05	1.000	0,41
<i>Rhopalodia constricta</i>			2.000	0,56	30.000	2,05	2.000	0,83
<i>Rhopalodia wetzeli</i>			2.000	0,56	5.000	0,34	2.000	0,83
<i>Sellaphora laevissima</i>			2.000	0,56	500	0,03		
<i>Stauroneis cf atacamae</i>	60.000	4,29	2.000	0,56	40.000	2,73	6.000	2,49
<i>Surillera sella</i>							5.000	2,07
Abundancia Total (cél/ml)	1.400.000		354.000		1.462.537		241.000	
Riqueza (N°) de Taxa	11		28		36		31	
Riqueza sistema (taxa)	51							

Fuente:UCN.

Figura 5-25. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2017). Para una mejor visualización, sólo se presentan las especies con abundancia relativa $\geq 1\%$. El resto de ellas se presenta agrupado en la categoría "otros".





Fuete: UCN.

La abundancia de fitobentos en las estaciones de muestreo se encontró dentro de un rango amplio (0 – 1.145.000 cél/mL) y las medianas de los sistemas oscilaron entre 0 cél/mL (sistema Puilar) y 877.000 cél/mL (sistema Peine) (Tabla 5-50). Los datos presentaron una alta dispersión como puede observarse en la Figura 5-26, con coeficientes de variación de 153%, 72%, 149% y 76% para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente.

Tabla 5-50. Estadígrafos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

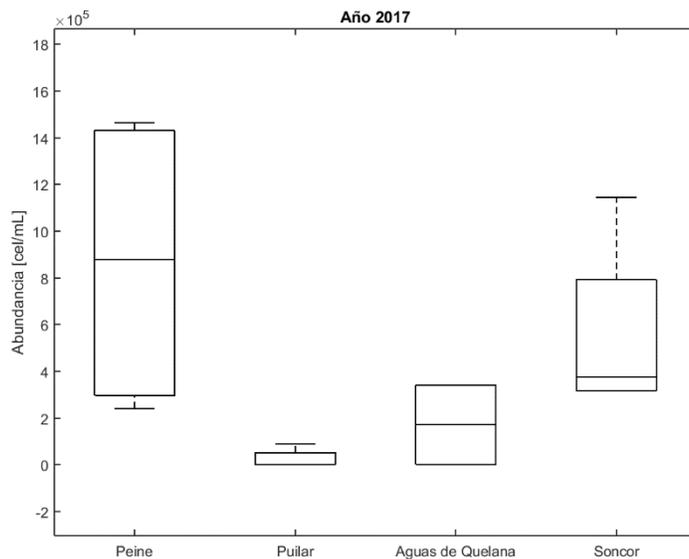
Sistema	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	25.700	39.300	153	0	89.100	0	0	64.300
Soncor	4	553.500	398.500	72	315.600	1.145.000	315600	376.600	968.200
Aguas	2	171.400	239.900	140	1.700	341.000	*	171.400	*
Peine	4	864.400	656.700	76	241.000	1.462.500	269300	877.000	1.446.900

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

*No es posible determinar (N < 3)

Fuente:UCN

Figura 5-26. Representación gráfica de la abundancia de fitobentos, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.2.4 Zooplancton

La composición, riqueza, abundancia total y relativa de zooplancton en las estaciones monitoreadas el año 2017 se presentan en la Tabla 5-51. La abundancia relativa promedio se presenta gráficamente para cada sistema lacustre en la Figura 5-27. Por su parte, la abundancia de zooplancton en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Figura 5-28 y Tabla 5-52, respectivamente.

Las riquezas taxonómicas de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron de 2, 2, 1 y 3 taxa, respectivamente, mientras que los taxones dominantes en los sistemas en el mismo orden anterior fueron *Harpacticoidae sp.*, *Chironomidae sp.*, *Chironomidae sp.* y *Ostracoda sp.* (Figura 5-27).

La abundancia de zooplancton se encontró dentro del rango 0 ind/L – 260 ind/L en las estaciones de monitoreo y las medianas de los sistemas oscilaron entre 55 ind/L y 115 ind/L. Los coeficientes de variación fueron de 139%, 92,1%, y 54,3% para los sistemas Puilar, Soncor, y Peine, respectivamente (Tabla 5-52).

Tabla 5-51. Composición, riqueza, abundancia total (ind/L) y relativa (A.R.) de zooplancton en las estaciones monitoreadas (abril de 2017).

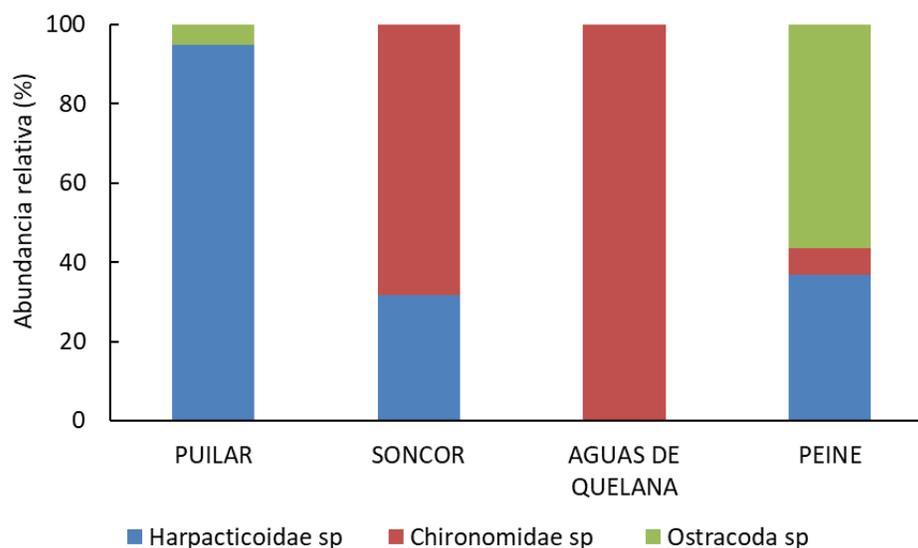
Sistema	Estación	<i>Harpacticoidae sp</i>		<i>Chironomidae sp</i>		<i>Ostracoda sp</i>		Abundancia total (ind /L)	Riqueza de taxa	Riqueza del sistema
		ind/L	A.R. (%)	ind/L	A.R. (%)	ind/L	A.R. (%)			
Puilar	PU-1	40	100	-	-	-	-	40	1	2
	PU-2	-	-	-	-	-	-	0	0	
	PU-3	20	100	-	-	-	-	20	1	
	PU-4	240	92,3	-	-	20	7,69	260	2	



Sistema	Estación	<i>Harpacticoidae sp</i>		<i>Chironomidae sp</i>		<i>Ostracoda sp</i>		Abundancia total (ind /L)	Riqueza de taxa	Riqueza del sistema
		ind/L	A.R. (%)	ind/L	A.R. (%)	ind/L	A.R. (%)			
	PU-5	60	100	-	-	-	-	60	1	
Soncor	BN-2	40	30,8	90	69,2	-	-	130	2	2
	BN-3	10	50	10	50	-	-	20	2	
	BM-1	20	66,7	10	33,3	-	-	30	2	
	CH-1	-	-	40	100	-	-	40	1	
Aguas de Quelana	Q-1	-	-	30	100	-	-	30	1	1
Peine	SA-1	20	66,7	10	33,3	-	-	30	2	3
	SA-2	40	33,3	20	16,7	60	50	120	3	
	PE-1	-	-	-	-	180	100	180	1	
	PE-2	110	84,6	-	-	20	15,4	130	2	

Fuente: UCN.

Figura 5-27. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de zooplancton registradas en los sistemas lacustres (abril de 2017).



Fuente: UCN

Tabla 5-52. Estadígrafos de la abundancia de zooplancton (ind/L) registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	76	105	139	0	260	10	40	160
Soncor	4	55	50,6	92,1	20	130	22,5	35	109
Quelana	1	30	0	0	30	30	*	30	*
Peine	4	115	62,5	54,3	30	180	52,5	125	168

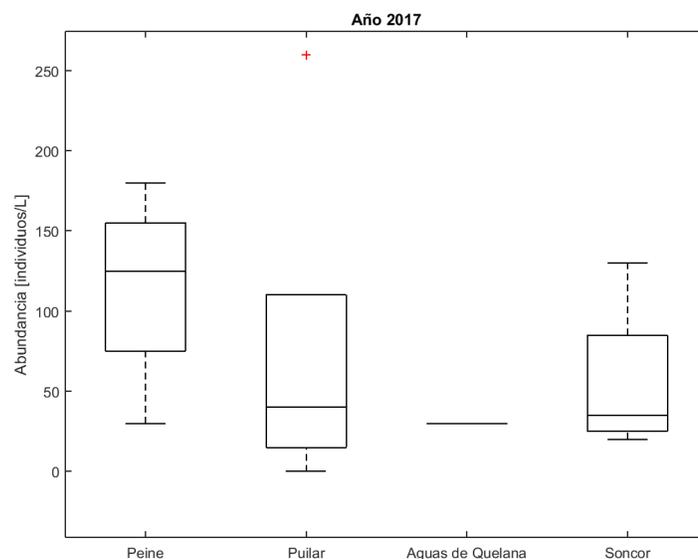
Tabla 5-52. Estadígrafos de la abundancia de zooplancton (ind/L) registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
---------	---	-------	-----------	-----------	--------	--------	----	---------	----

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).*no es posible de determinar (N<3).

Fuente:UCN

Figura 5-28. Representación gráfica de la abundancia (ind/L) de zooplancton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.2.5 Zoobentos

La composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total y relativa de zoobentos en la totalidad de las estaciones monitoreadas el año 2017 se presentan en la Tabla 5-53, Tabla 5-54 y Tabla 5-55.

Por su parte, la composición de cada sistema se presenta gráficamente en la Figura 5-29. De la misma forma, la abundancia de zoobentos en los sistemas y sus estadígrafos se presentan en la Tabla 5-56 y Figura 5-30.

Como puede verse en la Figura 5-29 la riqueza taxonómica de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fue de 4, 3, 3 y 3 taxones, respectivamente. Los taxones dominantes en estos sistemas fueron *Ostracoda sp.* en el sistema Puilar y *Harpacticoide sp.*, en los sistemas Aguas de Quelana, Soncor y Peine (Figura 5-29). El índice de Shannon – Wiener fluctuó entre 1 (sistema Peine) y 1,82 (Sistema Puilar) (Tabla 5-53, Tabla 5-54 y Tabla 5-55).



La abundancia de zoobentos se encontró dentro del rango 1.260 ind/m² – 33.840 ind/m² en las estaciones de muestreo y las medianas de los sistemas oscilaron entre 4.040 ind/m² (sistema Puilar) y 21.970 ind/m² (sistema Peine; Tabla 5-56). Los datos presentaron una alta dispersión como puede observarse en la Figura 5-30, con coeficientes de variación iguales a 28,1%, 99,5%, 68% y 62,7% para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente.

Tabla 5-53. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m²) y relativa (A.R.) de zoobentos en el sistema lagunar Puilar (abril de 2017).

		PU-1	PU-2	PU-3	PU-4	PU-5
<i>Harpacticoide sp</i>	ind/m ²		13.636	1.263	5.555	3.030
	A.R. (%)		40,3	5,75	26,8	13,0
<i>Chironomidae sp</i>	ind/m ²	2020	5.303	-	2.273	1.010
	A.R. (%)	12,5	15,7		11,0	4,3
<i>Physa sp</i>	ind/m ²	13636	1.768	7.323	3.283	6.313
	A.R. (%)	84,4	5,2	33,3	15,9	27,2
<i>Ostracoda sp</i>	ind/m ²	505	13.131	13.384	9.596	12.879
	A.R. (%)	3,1	38,8	60,9	46,3	55,4
Abundancia total (ind/m ²)		16161	33.838	21.969	20.707	23.232
Riqueza de taxa		3	4	3	4	4
Índice de Shannon - Wiener		0,74	1,70	1,20	1,79	1,56
Riqueza del sistema (taxa)		4				
Índice de Shannon – Wiener del sistema		1,82				

Fuente: UCN. Las abundancias relativas, riquezas e índices de Shannon – Wiener fueron calculados en base a resultados de la UCN.

Tabla 5-54. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m²) y relativa (A.R.) de zoobentos en el sistema lagunar Soncor (abril de 2017).

		BN-2	BN-3	BM-1	CH-1
<i>Harpacticoide sp</i>	ind/m ²	253		17.424	7.323
	A.R. (%)	20,0		93,2	39,2
<i>Chironomidae sp</i>	ind/m ²	1.010	1.263	1.263	9.091
	A.R. (%)	80,0	83,3	6,76	48,6
<i>Physa sp</i>	ind/m ²		253		2.273
	A.R. (%)		16,7		12,2
<i>Ostracoda sp</i>	ind/m ²				
	A.R. (%)				
Abundancia total (ind/m ²)		1.263	1.515	18.686	18.686
Riqueza de taxa		2	2	2	3
Índice de Shannon - Wiener		0,72	0,65	0,36	1,41
Riqueza del sistema (taxa)		3			
Índice de Shannon – Wiener del sistema		1,20			

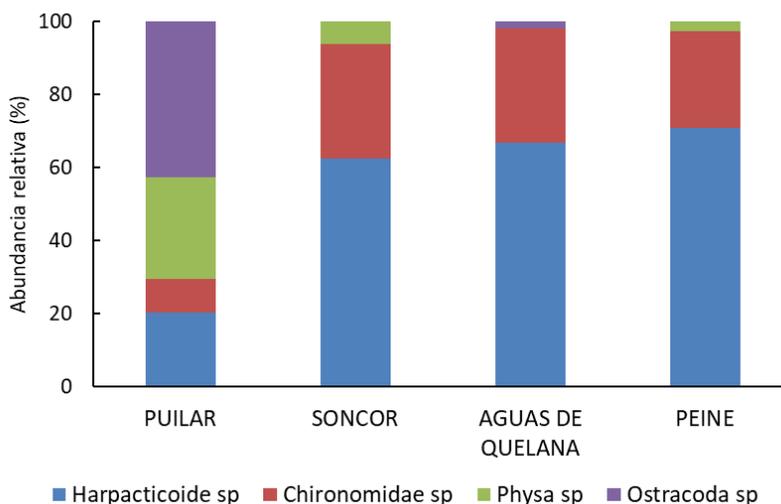
Fuente: UCN. Las abundancias relativas, riquezas e índices de Shannon – Wiener fueron calculados en base a resultados de la UCN.

Tabla 5-55. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m²) y relativa (A.R.) de zoobentos en los sistemas Aguas de Quelana y Peine (abril de 2017).

		Aguas de Quelana		Peine			
		Q-O	Q-1	PE-1	PE-2	SA-1	SA-2
<i>Harpacticoide sp</i>	ind/m ²		9.091	1.010	3.283	7.071	2.020
	A.R. (%)		90	44,4	59,1	82,4	80
<i>Chironomidae sp</i>	ind/m ²	3.283	1.010	1.263	2.273	1.010	505
	A.R. (%)	92,9	10	55,6	40,9	11,8	20
<i>Physa sp</i>	ind/m ²					505	
	A.R. (%)					5,9	
<i>Ostracoda sp</i>	ind/m ²	253					
	A.R. (%)	7,14					
Abundancia total (ind/m ²)		3.535	10.101	2.273	5.555	8.586	2.525
Riqueza de taxa		2	2	2	2	3	2
Índice de Shannon - Wiener		0,37	0,47	0,99	0,98	0,83	0,72
Riqueza del sistema (taxa)		3		3			
Índice de Shannon – Wiener del sistema		1,02		1,00			

Fuente: UCN. Las abundancias relativas, riquezas e índices de Shannon – Wiener fueron calculados en base a resultados de la UCN.

Figura 5-29. Abundancia relativa promedio (%) de los taxones de zoobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2017).



Fuente: Las abundancias relativas fueron calculados en base a resultados de la UCN.

Tabla 5-56. Estadígrafos de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	23.180	6.527	28,159	16.160	33.835	18.433	21.968	28.533



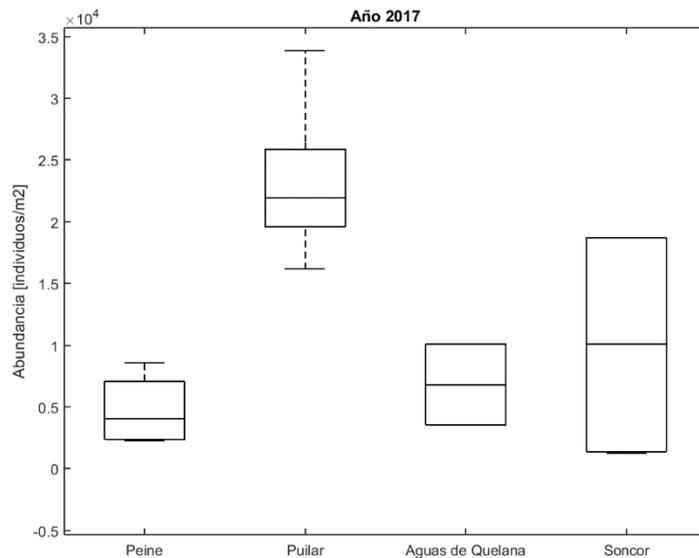
Tabla 5-56. Estadígrafos de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Soncor	4	10.037	9987	99,498	1.263	18.685	1325,6	10.100	18685
Aguas de Quelana	2	6.818	4.642	68,092	3.535	10.100	*	6.818	*
Peine	4	4.734	2.969	62,709	2.273	8.585	2.336	4.040	7.828

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar (N < 3).

Fuente:UCN

Figura 5-30. Representación gráfica de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2017). Los extremos de las líneas verticales corresponden al mínimo y máximo; los bordes superior e inferior de las cajas corresponden a los cuartiles 1 y 3; la línea horizontal representa la mediana y el símbolo ♦ la media (promedio).



Fuente:UCN

5.4.2.6 Plantas acuáticas

En la Tabla 5-57 se presentan los porcentajes de cobertura de plantas acuáticas registrados el año 2017 en cada estación de monitoreo. Estos resultados se muestran gráficamente en la

Figura 5-31 por sistema lacustre y sus estadígrafos se encuentran en la Tabla 5-58.

Como puede observarse en la Tabla 5-57, la cobertura de plantas acuáticas fue 0 en la mayoría de las estaciones, alcanzando un de < 5% en una estación del sistema Puilar y una estación del sistema Peine.

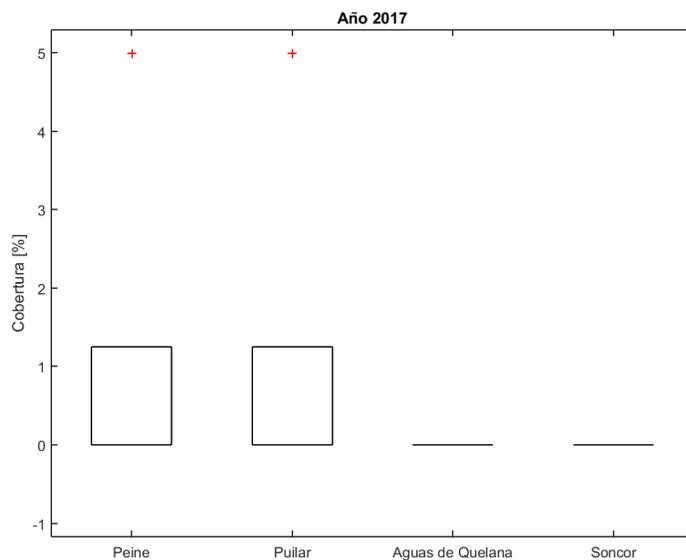
Tabla 5-57. Cobertura de vegetación acuática en los sistemas lacustres por estación de monitoreo.

Puilar		Soncor		Aguas de Quelana		Peine	
Estación	Cobertura (%)	Estación	Cobertura (%)	Estación	Cobertura (%)	Estación	Cobertura (%)
PU-1	0	BN-2	0	Q-0	0	PE-1	0
PU-2	< 5	BN-3	0	Q-1	0	PE-2	0
PU-3	0	CH-1	0			PE-3	0
PU-4	0	BM-1	0			SA-1	0
PU-5	0					SA-2	< 5

Fuente: UCN.

Figura 5-31. Cobertura promedio de plantas acuáticas en los sistemas lacustres (abril de 2017).





Fuente: UCN. *Para realizar el cálculo, las coberturas en categoría "< 5" se consideraron como = 5.

Tabla 5-58. Estadígrafos de la cobertura de vegetación acuática (%) en los sistemas lacustres (abril de 2017).

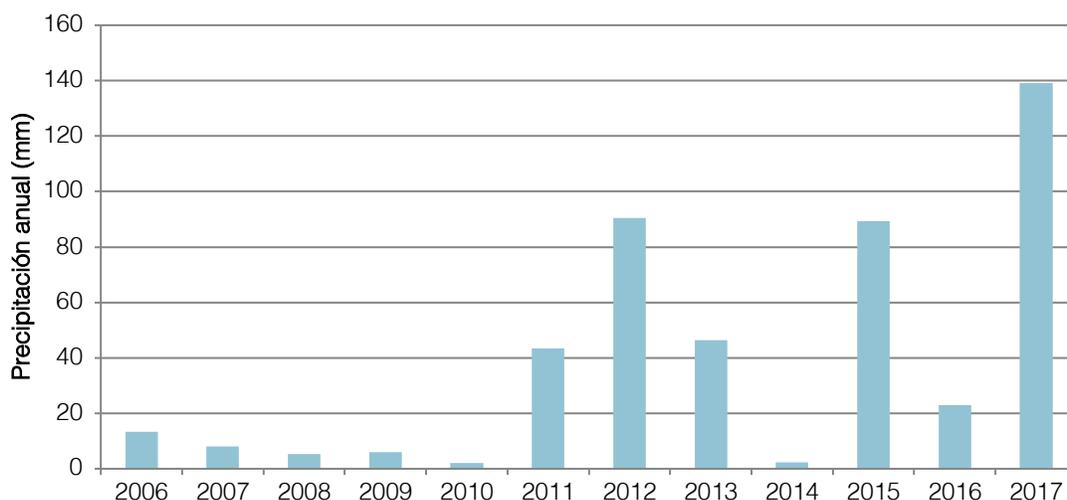
Sistema	N	Media	Desv.Est	Coef. Var	Mín	Máx	Q1	Mediana	Q3
Puilar	5	1	2	224	0	5	0	0	3
Soncor	4	0	0	-	0	0	0	0	0
Aguas de Quelana	2	0	0	-	0	0	*	0	*
Peine	5	1	2	224	0	5	0	0	3
Total general	16	0,63	1,71	273	0	5	0	0	0

Fuente: UCN. Se consideraron las coberturas en categoría "< 5" se consideraron como = 5. * número de datos insuficientes (N < 3),

6. DISCUSIONES

Para efectos de complementar las discusiones, a continuación, se presentan los registros de precipitaciones ocurridas en el área de monitoreo. Para ellos se utilizó la estación meteorológica DGA de Camar (coordenadas UTM 7.411.049N, 605.950E, Datum WGS84, Huso 19), la cual se ubica aproximadamente 10 km al este de la población de Algarrobos que forma parte del presente monitoreo. La Tabla 6-1 muestra que en el área de Camar, los eventos de precipitación, se concentran en el periodo estival, con ocasionales precipitaciones invernales. El color verde dicha tabla destaca los eventos de precipitación más importantes (sobre 15 mm)

Figura 6-1. Precipitaciones acumuladas anuales en estación Camar (DGA)



Fuente: Elaboración propia

Se destaca que la precipitación acumulada hasta la fecha del monitoreo representa un máximo histórico entre los años 1995 a 2017 (Tabla 6-1), y supera por 48,8 mm el máximo anual registrado en 2012, correspondiente a la máxima precipitación ocurrida desde que comenzó el monitoreo (Figura 6-1).

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

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	
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	0	3	0	15	0	0	5	0	0	0	0	0	23
2017	44	95,2	0	S/I	139,2								

Fuente: DGA, 2017. Fecha de consulta 06-07-2017.

6.1 Vegetación

6.1.1 Monitoreo en Borde Este

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 (2006-2017).

6.1.1.1 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales

En cuanto a la superficie total de vegetación, la superficie total registrada en 2017 fue 14.030,7 ha. Respecto a la rectificación realizada en el año 2013 se aprecia que la superficie se ha mantenido dentro de lo registrado, con una variación de incremento de 400,0 ha (Tabla 6-2).

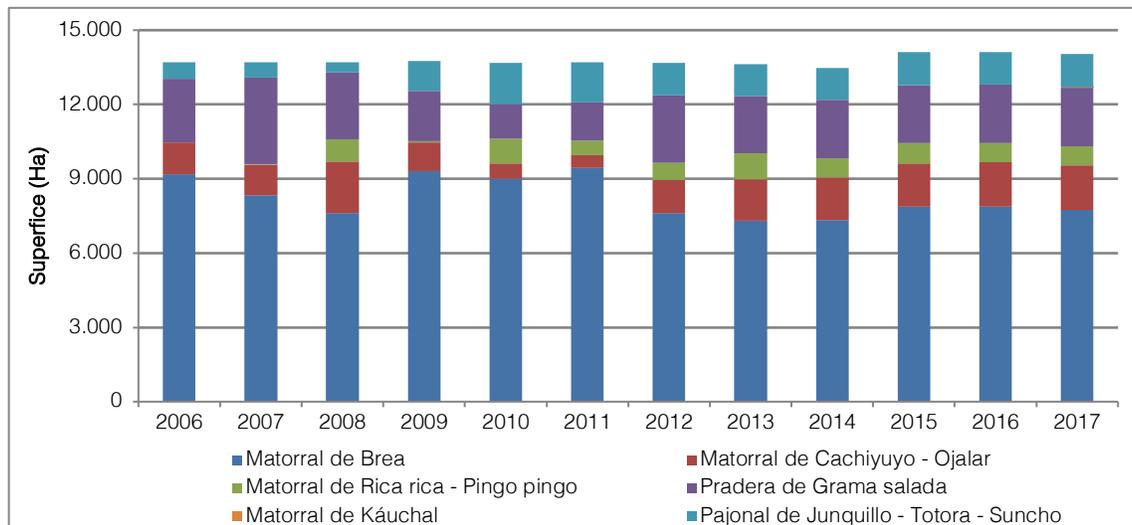
Tabla 6-2: Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017.

Año de monitoreo	Superficie por tipo vegetacional (ha)						TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo – Ojalar	Matorral de Rica rica – Pingo pingo	Matorral de Kauchal	Pradera de Grama salada	Pajonal de Junquillo – Totorá - Suncho	
2006	9.195	1.263	20	0	2.569	664	13.712
2007	8.327	1.235	28	0	3.495	628	13.712
2008	7.626	2.069	900	0	2.696	422	13.712
2009	9.319	1.156	36	0	2.048	1.186	13.745
2010	9.006	603	1.003	0	1.389	1.689	13.690
2011	9.452	493	604	0	1.544	1.604	13.696
2012	7.616	1.325	692	0	2.725	1.311	13.670
2013	7.301	1.683	1.042	0	2.319	1.290	13.635
2014	7.331	1.714	776	0	2.361	1.300	13.492
2015	7.865	1.752	821	0	2.342	1.341	14.121
2016	7.865	1.807	767	0	2.364	1.315	14.118
2017	7.735	1.815	770	34	2.349	1.327	14.030

Fuente: Elaboración propia

Las diferencias observadas en la superficie cubierta por vegetación guardan relación con la dificultad de identificación sobre imágenes satelitales de unidades vegetacionales de baja cobertura, entendido como la vegetación con cobertura rala (menor al 10%). Esta condición es habitual en la vegetación que se presenta en los límites del borde este, tanto hacia la parte alta de la cuenca como hacia el núcleo. Se presenta el caso del tipo vegetacional dominado por Rica rica – Pingo pingo (*A. deserticola* – *E. multiflora*), las que se presentan de manera muy localizada y en el margen oriente de la franja cubierta con vegetación. En este sector, colindante con zonas de vegetación escasa (<5% de cobertura) o sin vegetación, se dificulta la delimitación entre los sectores con 5% de los que poseen 10% de cobertura, toda vez que la distribución de ejemplares es dispersa y corresponden a elementos de tamaño reducido, tendiendo a la confusión con otros elementos del paisaje. Situación similar ocurre con los tipos vegetacionales que limitan hacia el poniente (ubicación del núcleo del Salar de Atacama), los que tienden a presentar límites difusos por la confusión que se produce con la costra salina irregular. Por esta razón, y en un esfuerzo de mejorar la precisión de 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.

Figura 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-2 se presentan de forma gráfica los resultados de superficie por tipo vegetacional del año 2017. Se identifica una disminución en las superficies cubiertas por matorral de *T. absinthioides* (Brea) (129,7 ha) y pradera de *D. spicata* (Gramasalada) (14,9 ha); mientras que, hubo un aumento en la superficie de los tipos vegetacionales matorral de *A. atacamensis* - *A. imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar) (8,1 ha), matorral de *A. deserticola* - *E. multiflora* (Rica rica-Pingo pingo) y pajonal de *J. balticus* - *S. americanus* - *B. juncea* (Junquillo - Totora - Suncho) (12,4 ha). Para el presente año 2017, se incorpora una superficie de 34,3 ha correspondiente al matorral de *T. atacamensis* (Káuchal), punto que en años anteriores había sido registrado como una zona de vegetación escasa. La incorporación del tipo vegetacional matorral de *T. atacamensis* responde a las condiciones favorables de precipitación y escurrimientos de agua desde la parte alta de la cuenca hacia el núcleo, acontecidas durante enero a marzo del presente año, permitiéndoles a la especie un mayor desarrollo en número y cobertura.

Respecto a *T. atacamensis* es posible esperar que la presencia del tipo vegetacional se asocie sólo a episodios de precipitaciones similares a los ocurridos entre enero y febrero de 2017 donde se acumularon 139,2 mm (Tabla 6-1). En periodos secos es probable que la presencia de la especie sea inferior a un 5%, correspondiendo entonces a zona de vegetación escasa.

6.1.1.2 Estado vital

En relación con la vitalidad de la vegetación presente en el borde este, durante el período de monitoreo (Figura 6-3) se han reconocido diferencias interanuales para los diferentes tipos vegetacionales presentes. Los resultados obtenidos en abril de 2017 registraron un aumento en la categoría vitalidad normal y vigoroso, el cual revierte una tendencia hacia la pérdida de vitalidad que se observaba desde el año 2009 hasta el 2015. Los datos del presente año se asemejan a los datos obtenidos el año anterior 2016, en términos de mejora de la vitalidad de los ejemplares.

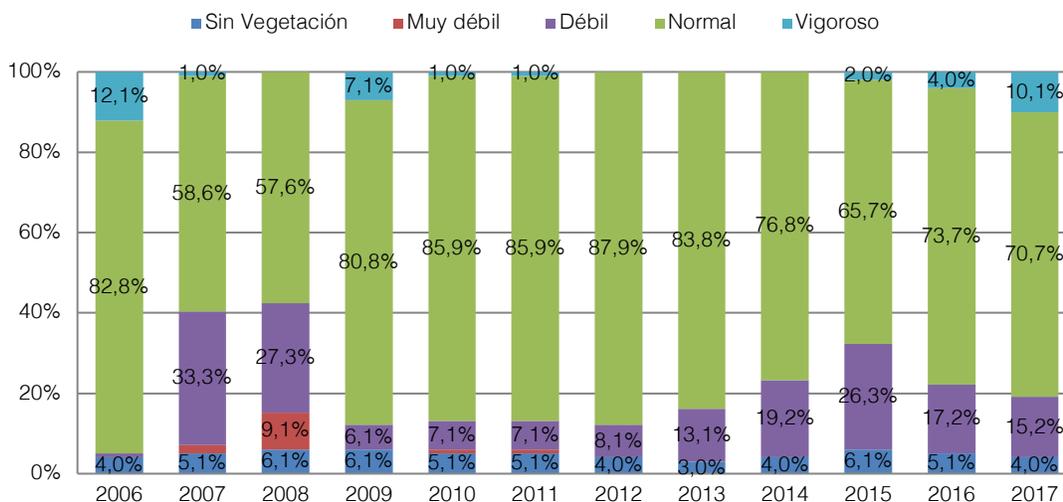
Los resultados generales considerando los distintos años de monitoreo, muestran que la vitalidad de la vegetación mayoritariamente se ha mantenido en la categoría definida como normal, con una menor proporción de situaciones donde la vegetación ha mostrado una vitalidad considerada débil. Históricamente, una baja proporción de puntos de monitoreo ha presentado una vitalidad vigorosa o muy débil, como es el caso del presente año, donde un 10,1% de la vegetación presenta un estado vigoroso,



similar a la registrada el primer año de monitoreo 2006 donde se registró un 12,1% de puntos en la misma categoría.

En el presente año, la cantidad de puntos en las categorías normal y vigoroso acumulan el 80,8% del total de puntos, presentando un incremento respecto de los años 2014 a 2016, donde se aprecia una oscilación y disminución en la vitalidad. Al observar las precipitaciones (Tabla 6-1), se puede apreciar que la reducción en vitalidad observada entre abril 2012 a abril 2015 podría asociarse a las escasas precipitaciones ocurridas, las que para todo el periodo mencionado acumularon 138,1 mm, lo cual es equivalente a lo precipitado entre enero y febrero del año 2017 (139,2 mm). Las altas precipitaciones registradas a principios del año 2017 podrían significar el aumento en las vitalidades de los puntos observados, logrando un porcentaje significativo de puntos en calidad Vigoroso, tal como fue observado en la línea base (2006) (Figura 6-1).

Figura 6-3. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006-2017.

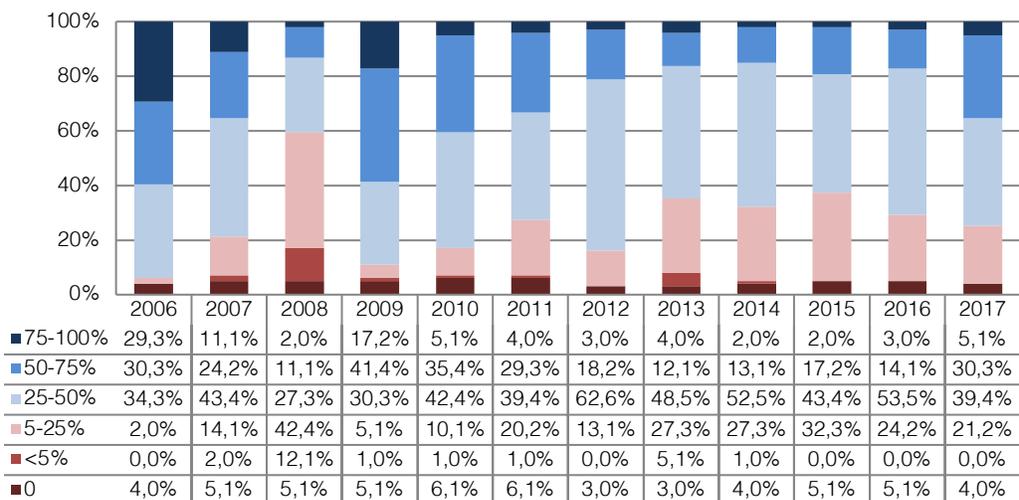


Fuente: Elaboración propia

6.1.1.3 Follaje verde

Durante el periodo de monitoreo (2006-2017) se ha analizado también el comportamiento del follaje verde de la vegetación presente (Figura 6-4). Los resultados han mostrado variaciones que van desde áreas donde el follaje verde va desde la categoría <5% a otros sectores donde el follaje verde alcanza entre el 75-100%. Durante el periodo de monitoreo 2017, cerca de un 70% de los puntos muestreados presentó un porcentaje de follaje verde mayor a 25% (Figura 6-4). Desde el año 2015 se nota una leve disminución de registros en la categoría de follaje verde de 5-25%, aumentando las categorías sobre el 25%, este año de monitoreo se registra un importante aumento en la categoría 50-75% donde el 30% de los datos presenta esta categoría, similar a lo registrado el año 2006.

Figura 6-4. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 - 2017.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que, si bien existen diferencias en la proporción relativa de las categorías de follaje verde entre los distintos años de monitoreo, no se reconocen tendencias que indiquen una variación en la proporción de follaje verde.

Respecto a la evaluación, se hace el alcance que los 14 puntos evaluados en el 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 verde a fines del verano por corresponder a especies perennes.

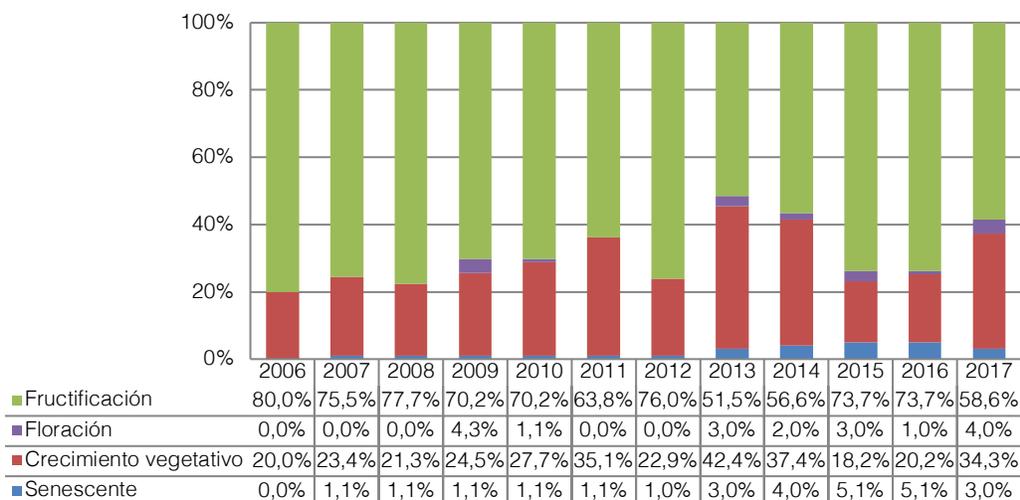
En el presente año, probablemente relacionado a las condiciones excepcionales de precipitación, se ha identificado que los matorrales de *T. absinthioides* (Brea) presentan establecimiento de nuevas plantas (regeneración natural) en lugares que se encontraban descubiertos de vegetación o donde ésta era baja. En contraposición, también se ha observado que en algunos sectores los individuos han reducido su copa verde, dinámica que podría estar relacionada con el reemplazo natural de ejemplares como consecuencia del término natural de su ciclo vital, el que para la especie *Tessaria absinthioides* se establece alrededor de los 10 a 15 años. En la visita a terreno se desestima que la presencia de individuos aparentemente secos responda a una variación en el contenido de humedad del suelo, toda vez que la presencia de vegetación seca tiene un patrón de distribución aleatorio y no se distribuye en forma de paños, los que se asociaría de mejor forma a cambios en los factores físicos que intervienen en la vitalidad de la especie.

6.1.1.4 Fenología

La fenología de la vegetación evaluada en el borde este del Salar de Atacama ha mostrado que durante las mediciones realizadas durante el mes de abril y durante todo el periodo de monitoreo (2006-2017) la vegetación presente se encuentra mayoritariamente en fructificación (Figura 6-5). La mayor parte de las observaciones muestran que durante las mediciones realizadas en abril la producción de frutos se presenta en más del 50% de los puntos monitoreados. El crecimiento vegetativo es el segundo estado fenológico más dominante alcanzando en promedio aproximadamente un 20% de los registros realizados desde el año 2006.

Los resultados obtenidos durante el periodo 2017, no muestran una variación respecto a los años anteriores, presentándose la mayor parte de los ejemplares en estado fenológico de fructificación (58,6%) o crecimiento vegetativo (34,3%) de participación. En este monitoreo siempre son poco frecuentes los ejemplares en estado fenológico de floración.

Figura 6-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos.



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.

6.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión

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

6.1.2.1 Estado vital

Los resultados expuestos en la Figura 6-6 muestra que la vitalidad medida en los puntos de monitoreo no tiende a presentar diferencias entre la medición realizada en enero y abril. Al comparar estos valores entre años se observa que desde el año 2008 la vitalidad se ha distribuido mayoritariamente en la categoría normal, exceptuando el año 2015 donde las plantas tuvieron la tendencia a concentrarse en la categoría



débil. Al compararlos con los resultados anteriormente discutidos, se aprecia que hubo un fenómeno climático general, asociado a sequía entre marzo de 2013 a enero de 2015 (Tabla 6-1) que provocó el descenso de las categorías de vitalidad y copa verde.

Dadas las condiciones de abundante precipitación acontecidas entre enero y febrero del presente año, la vitalidad de la vegetación monitoreada aumentó considerablemente, concentrándose la mayor parte de los puntos en la categoría vigoroso.

Figura 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.2 Follaje verde

El follaje verde observado en los puntos de monitoreo de la zona de conexión indica que no se observan diferencias entre los resultados del presente año comparado con años anteriores (Tabla 6-3). La tendencia general de los puntos es a presentar follaje verde distribuido entre 25 a 75%, con casos excepcionales donde el follaje verde puede ser superior.

En el monitoreo de abril de los años 2008, 2010, 2011, 2013, 2016 y 2017 se ha identificado que aumentó la cantidad los puntos de monitoreo que presentan follaje verde inferior al 25%, lo cual puede corresponderse con el inicio de periodos recesivos, debido a que en el monitoreo de enero los mismos puntos fueron encontrados con categorías de porcentaje de follaje verde superior al 25%.



Es pertinente determinar que en el monitoreo de enero se observan mayores valores de follaje verde a los presentados en abril, periodo próximo a que se inicien los procesos recesivos del invierno continental.

Tabla 6-3: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Proporción de follaje verde						Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
2007	Abril	0	0	1	13	5	0	19
2008	Enero	0	0	1	7	7	4	19
	Abril	0	0	7	12	0	0	19
2009	Enero	0	0	0	6	7	6	19
	Abril	0	0	0	6	13	0	19
2010	Enero	0	0	0	3	7	9	19
	Abril	0	0	3	6	8	2	19
2011	Enero	0	0	0	0	0	19	19
	Abril	0	0	3	11	5	0	19
2012	Enero	0	0	0	6	8	5	19
	Abril	0	0	0	11	8	0	19
2013	Enero	0	0	0	6	13	0	19
	Abril	0	0	5	11	3	0	19
2014	Enero	0	0	2	12	4	1	19
	Abril	0	0	0	16	3	0	19
2015	Enero	0	0	8	11	0	0	19
	Abril	0	0	1	13	5	0	19
2016	Enero	0	0	0	10	8	1	19
	Abril	0	0	5	14	0	0	19
2017	Enero	0	0	0	0	9	10	19
	Abril	0	0	5	10	4	0	19

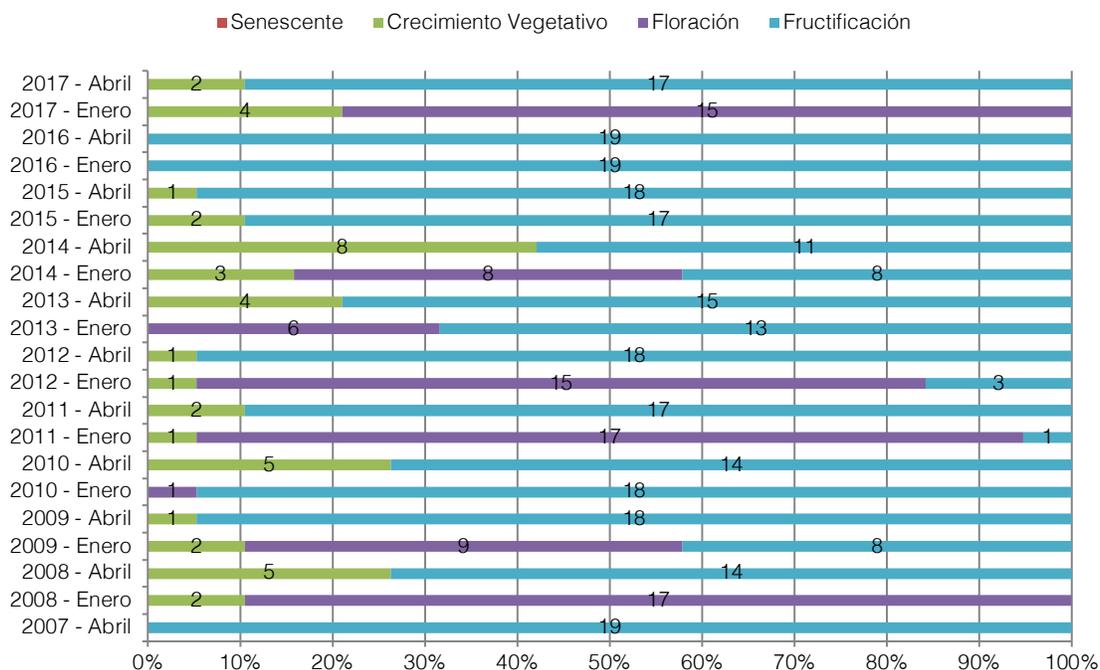
Fuente: Elaboración propia

6.1.2.3 Fenología

El estado fenológico representa que las especies monitoreadas (Figura 6-7) muestra el comportamiento esperado para las especies, donde en el mes de enero, asociado al periodo con mayor vitalidad, los individuos tienden a encontrarse en estado de floración o iniciando el periodo de fructificación. En el mes de abril se aprecia una concentración de ejemplares en estado de fructificación, lo cual debe corresponder a la máxima expresión de este estado, considerando que los resultados de follaje verde y vitalidad indican que comienza que periodo recesivo de invierno.



Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.



Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Monitoreo de Algarrobos

Las mediciones realizadas en 2017 en comparación con los registros anteriores (Figura 6-9 del presente informe y Tablas 1-8, 1-9, 1-10 y 1-11 del Anexo V) muestran que los ejemplares en la categoría de vitalidad considerada normal aumentaron de 15 a 26 individuos, en tanto que el número de ejemplares con vitalidad débil disminuyó de 17 (2016) individuos a 9 en el periodo actual. En la categoría muy débil hubo una disminución de 5 ejemplares respecto al año anterior. En tanto, la categoría de vitalidad vigorosa no registró ejemplares, al igual que el año anterior. Respecto del año base (2006) que tuvo 12 individuos en categoría seco, el monitoreo realizado en 2017 muestra un aumento en el número de ejemplares en esta categoría llegando al máximo histórico con 32 individuos y aumentando en 2 ejemplares respecto del año pasado. El número de ejemplares en las categorías débil y muy débil ha registrado leves fluctuaciones a lo largo del tiempo, sin embargo, se observan valores entre los 20 y 30 ejemplares como promedio, lo que significa que este año se ha observado una reducción de éstos. Si se observa un aumento en el número de ejemplares en categoría normal, alcanzando un valor que supera los últimos 3 registros. Pese a esto, se sigue observando una tendencia a una disminución de la vitalidad, a excepción de algunos años en donde esta se mantiene, tales como los años 2010 y 2013 (Figura 6-9).

En el monitoreo de este año, se ha incluido la identificación del daño que presentan los individuos de Algarrobo. Los resultados mostraron que el 59,2% de los individuos presenta algún tipo de daño, siendo el más importante el daño animal (ramoneo) que llega al 52,1% del total de los individuos. Estos antecedentes también pueden influir en la disminución de la vitalidad y copa verde de los individuos, ya que, el ramoneo es un agente de daño importante que afecta el crecimiento de la copa de los individuos, ya que los animales tienden a alimentarse de frutos y ramillas con poca lignificación, reduciendo la superficie fotosintética de los ejemplares. La ocurrencia de este tipo de daños influye en la degradación de la población de Algarrobos. En la Figura 6-8 se muestran ejemplos de daño por ramoneo.



Figura 6-8. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo para la campaña 2017

Ejemplar: A-19



Ejemplar: A-48

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los 2 ejemplares nuevos (A-09 y A-10) que se han reportado en la categoría de “secos”, ambos se encuentran cercanos uno de otro (35 m), Contiguo a estos dos ejemplares, se ubican los ejemplares A-07 y A-08, los que han mostrado una mantención y una mejoría en sus atributos respectivamente para el presente año. La presencia de heterogeneidad en la ubicación de los individuos secos, permite descartar que la causa de la reducción de vitalidad tenga origen en elementos físico (agua), atribuyéndolo a factores aleatorios del ambiente. Esto se demuestra por medio de los daños por ramoneo animal que presentan los ejemplares, lo cual sumado a su escaso desarrollo (altura entre 1 y 2 m), correspondería a una evidente fuente de alimento para los animales de la zona, los que tienden a rasgar las ramas causando estrés en las plantas.

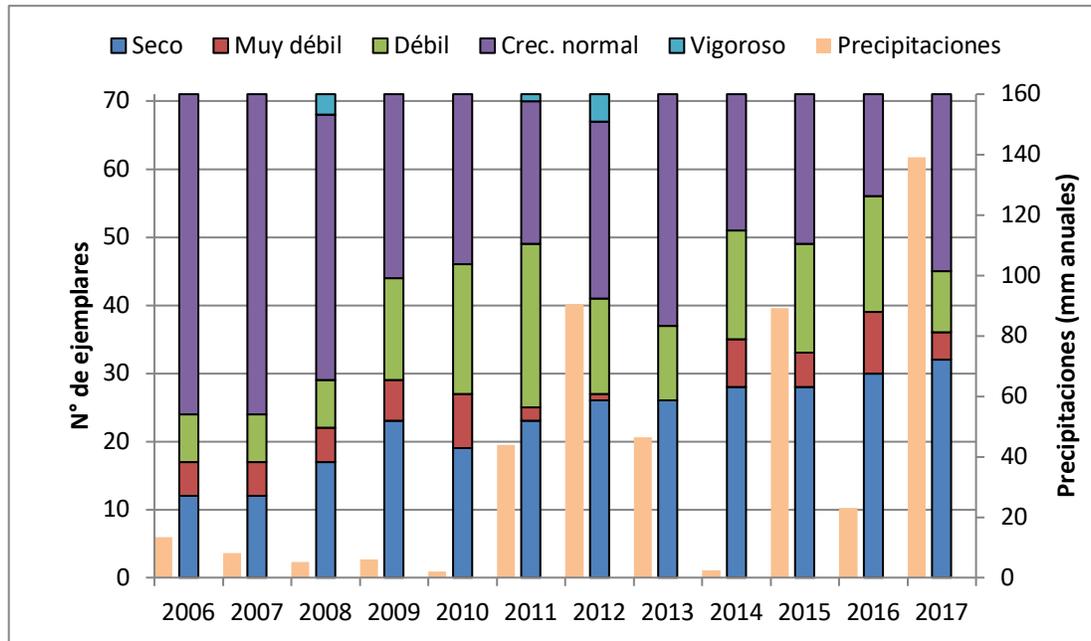
Respecto del análisis de vitalidad y la proporción de follaje verde de la población de Algarrobos, y su relación con las precipitaciones locales, la Tabla 6-1 muestra que, en 2014, durante el periodo comprendido entre enero y mayo, la precipitación fue de 2,4 mm (lo que representa el 100% del total anual de ese año). Por otra parte, para el mismo periodo, la precipitación registrada en 2015 alcanzó 87,2 mm. Estos valores muestran que el aporte de agua a los ejemplares de Algarrobo, derivado de las precipitaciones es variable dependiendo del año. Al observar las precipitaciones del sector con las vitalidades de los ejemplares, se observa que en los períodos de menor lluvia se observan efectos negativos en los ejemplares (Figura 6-9). Junto con esto, se observa que para períodos de lluvias intensas (2011-2013) las vitalidades mejoran levemente (periodo 2011-2013).

En cuanto al último año (2016), en comparación con otros años fue un año muy seco. Las mayores precipitaciones se observan en el mes de abril y no superan los 15 mm, lo que sugiere un bajo aporte hídrico a los algarrobos producto de las precipitaciones y una posible pérdida de vitalidad. En el presente año se observan grandes precipitaciones entre los meses de Enero y Febrero, lo que ha generado un efecto positivo en las vitalidades de los ejemplares, contrarrestando así el efecto de las bajas precipitaciones del año 2016 y mejorando el número de ejemplares en crecimiento normal y manteniendo relativamente constante el % de copa verde observado (Figura 6-10). Pese a esto, el número de ejemplares en categoría seco ha aumentado en 2 unidades.

Cabe destacar que, conforme a antecedentes bibliográficos disponibles, *P. flexuosa* se comporta como especie freatófita obligada en áreas donde las precipitaciones son menores a los 300 mm. Sin embargo, en este caso la población de Algarrobos en estudio, dada la profundidad de la napa en dicho sector (sobre los 48 m), no dependerían de la napa freática, sino que tendría un comportamiento vadosófito es decir, que aprovecha el agua subsuperficial que se almacena en horizontes arcillosos del suelo, independizándose así de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática. Los aportes hídricos que mantendrían húmedos estos horizontes arcillosos, provendrían de las precipitaciones directas,

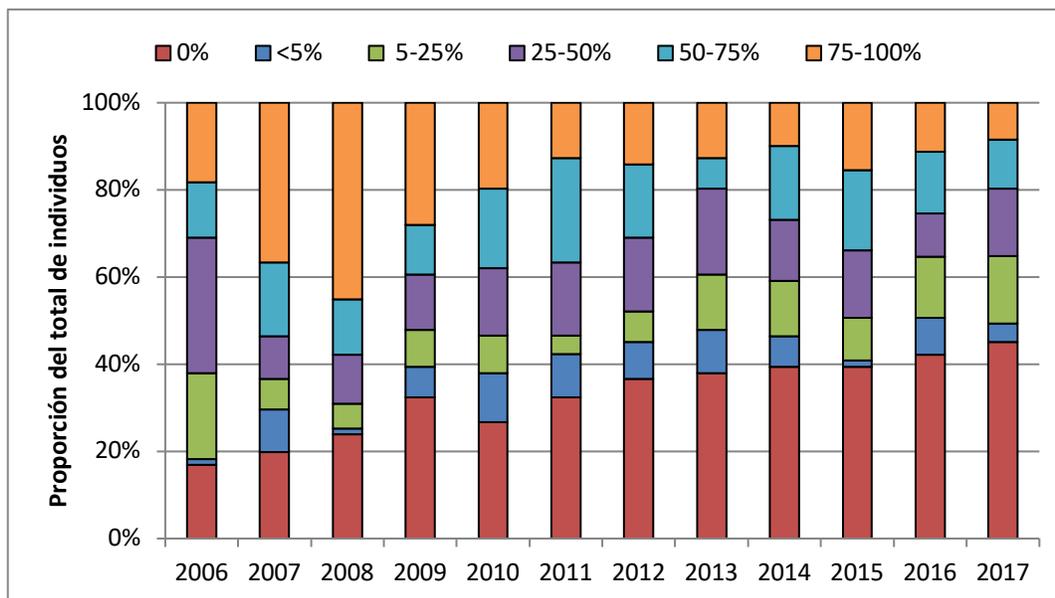
que se infiltrarían por los horizontes superficiales arenosos hasta el horizonte arcilloso, y de las lluvias del Invierno Altiplánico que escurren esporádicamente por la quebrada de Camar.

Figura 6-9. N° de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2017.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-10. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2016.



Fuente: Elaboración propia

6.2 Flora

6.2.1 Riqueza florística

De acuerdo con Gajardo (1994), la cuenca del Salar de Atacama presenta grandes extensiones carentes de vegetación, a excepción de las comunidades desarrolladas en su borde este y sur. La presencia de vegetación está determinada por la presencia de napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por las escasas de las precipitaciones (Luebert y Pliscoff, 2006). En algunas ocasiones, es posible registrar la presencia de plantas efímeras debido a que, durante la temporada de lluvias en el altiplano, el agua fluye por las quebradas y pequeñas hondonadas permitiendo la emergencia de éstas. No obstante, esta situación es puntual, localizada y dependiente del régimen pluviométrico que tenga lugar cada año (Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff, 2016; Trivelli y Huerta, 2014). Estas plantas efímeras son conocidas con el vernáculo colectivo de pasto de lluvia o de temporal (Villagrán y Castro, 2004).

De acuerdo con el presente estudio, se ha registrado la presencia inconstante a lo largo de los años de herbáceas anuales tales como: *Agrostis sp.*, *Cistanthe celosioides*, *Cistanthe salsoloides*, *Descurainia stricta*, *Exodeconus integrifolius*, *Linum usitatissimum*, *Nitrophila atacamensis* y *Tribulus terrestris*.

En la Tabla 6-4 se presenta el catálogo florístico del Borde Este del Salar de Atacama. En ella es posible observar que la riqueza en los años de observación (2006 al 2017) alcanza un registro total de 34 especies. Si bien la riqueza se mantiene estable durante el periodo de observación, se registra un aumento en la presencia de especies, principalmente herbáceas, asociado a episodios de lluvia en el altiplano, específicamente el año 2012 y 2017, tal como se mencionó anteriormente.

La riqueza de taxa en los puntos de muestreo, durante la campaña 2017, fue de 16 taxa en los 75 puntos, aumentando en 3 taxa comparado con el año 2017 donde la riqueza fue de 13. Respecto del caso base, la riqueza de taxa ha aumentado en 1, donde la riqueza reportada fue de 15 taxa (Ver Tabla 6-4). La única especie ausente en el presente monitoreo respecto de 2006 es *Puccinellia frigida*. El mínimo histórico de registros ocurrió en el año 2015 con 10 taxa y el máximo ocurrió en 2012 y el presente año con 16 taxa.

Por otro lado, la riqueza de taxa observada fuera de los puntos de monitoreo en el presente monitoreo (2018) fue de 3 taxa. En el año 2006 el listado florístico incluyó 8 taxa en sus registros fuera de puntos de



muestreo. La variabilidad de los registros a lo largo de los años es amplia, variando entre 2 (2014) a 14 (2012). Se estima que la variabilidad observada se debe a las siguientes causas:

- i. Aumento del número de taxa por la aparición de especies efímeras. Este tipo de especies es dependiente las precipitaciones, por lo que cuando ocurren eventos pluviales, tienden a desarrollarse especímenes cuyas estructuras reproductivas estaban en latencia, como son las taxa 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 entre los transectos.
- iii. Diferencias en el área de desplazamiento del especialista para alcanzar los puntos de muestreo.

En informes anteriores se reportó a *Cortaderia jubata* como sinónimo de *Cortaderia atacamensis*, lo cual es modificado en el presente informe por *Cortaderia speciosa*. La especie mencionada corresponde a un registro que entre los años 2006 a 2012 fue registrada fuera de parcela.

Tabla 6-4. Riqueza de especies presentes en el área de estudio

N°	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Año de campaña											
					2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-
2	<i>Agrostis sp.</i>	Poaceae	Hierba anual	Indeterminado	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-
3	<i>Aloysia deserticola</i> ¹	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	X	X
4	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	<i>Atriplex glaucescens</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-
6	<i>Atriplex imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	X (*)	X (*)
7	<i>Atriplex madariagae</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-
8	<i>Baccharis juncea</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	X	X
9	<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae ²	Hierba anual	Endémico	X (*)	X (*)	-	-	-	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-
10	<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	X
11	<i>Cortaderia speciosa</i> ³	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-
12	<i>Cristaria dissecta. var. dissecta</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-
13	<i>Descurainia stricta</i>	Brassicaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-
14	<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	X (*)	X
16	<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	X
17	<i>Festuca hypsophilla</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
18	<i>Hoffmannseggia doellii ssp. doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	X (*)	X (*)	-	-	X (*)	X (*)
19	<i>Juncus balticus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-
21	<i>Lupinus subinflatus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-
22	<i>Lycium humile</i>	Solanaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 6-4. Riqueza de especies presentes en el área de estudio

N°	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Año de campaña											
					2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
23	<i>Maihueiopsis aff. atacamensis</i>	Cactaceae	Suculento	Endémico	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-
24	<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-
25	<i>Nitrophila atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Hierba anual	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	<i>Puccinellia frigida</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	-	-	-
27	<i>Sarcocornia andina</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	<i>Schoenoplectus americanus</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	X (*)
30	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X	X (*)	X (*)	X (*)	X	X
32	<i>Tribulus terrestris</i>	Zigophyllaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-
33	<i>Triglochin concinna</i>	Juncaginaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-
Riqueza de taxa dentro de los puntos de muestreo (X)					15	15	14	14	14	14	16	15	14	10	13	16
Riqueza de taxa fuera de puntos de muestreo (X*)					8	8	7	8	8	9	14	4	2	5	3	3
Riqueza de taxa total					23	23	21	22	22	23	30	19	16	15	16	19

1 Sinónimo actual de *Acantholippia deserticola*

2 Sinónimo actual de *Portulacaceae*

3 Sinónimo actual de *Cortaderia atacamensis*

4 *Agrostis eremophila* y *Agrostis distichophylla* son sinónimos de *Muhlenbergia asperifolia*.

5 Sinónimo actual de *Opuntia atacamensis*

Fuente: Elaboración propia.

6 Considerada en campañas anteriores como *Sarcocornia fruticosa*

7 Sinónimo actual de *Scirpus americanus*

8 Sinónimo actual de *Scirpus atacamensis*

(*) Especies registradas fuera de los 75 puntos de muestreo

6.2.2 Frecuencia y abundancia de la flora

En las Tabla 6-5, Tabla 6-6 y Tabla 6-7 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. Además, se presenta la riqueza del transecto obtenida en cada monitoreo ejecutado desde el año 2006 al 2018. Al respecto se puede señalar:

a. Transecto 1:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 8 taxa. En el presente monitoreo se registraron 8 taxa. *Atriplex imbricata*, *Lycium humile* y *Puccinellia frigida* son las especies ausentes respecto del monitoreo inicial.
- *Atriplex imbricata* (Arbusto) se registró entre 2006 a 2015, estando ausente en los puntos de monitoreo a partir de 2016. *Lycium humile* (arbusto perenne) sólo ha sido registrada en dos instancias, en los años 2006 y 2013; mientras que, *Puccinellia frigida* (hierba perenne) fue registrada en 5 oportunidades (2006, 2007, 2009, 2010 y 2012).
- Se registra la presencia de *Cistanthe salsoloides*, *Exodeconus integrifolius* y *Tiquilia atacamensis*, especies que se establecen posterior a 2006, que se asocian la ocurrencia de eventos pluviales.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto es *Distichlis spicata*, observada en 10 de los 19 puntos de muestreo.

b. Transecto 2:

- La riqueza florística registrada en 2006 era de 9 taxa y actualmente en el presente monitoreo fue de 11 taxa, pero se detectan diferencias en las especies que constituyen la riqueza.
- Respecto del monitoreo inicial, *Ephedra multiflora*, se ha registrado como ausente desde 2014.
- En el presente año se registra la presencia de *Cistanthe salsoloides*, *Exodeconus integrifolius* y *Tiquilia atacamensis*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 6 de 14 puntos de muestro.

c. Transecto 3:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 9 taxa y para el presente monitoreo fue de 7 taxa.
- Respecto de lo observado en el año 2006, los taxa *Aloysa deserticola* y *Lycium humile* no presentan registro en el presente monitoreo.
- *Aloysa deserticola* no ha sido identificada en las parcelas desde 2015, mientras que *Lycium humile* fue identificada en las parcelas sólo en el año 2006.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 6 de 10 puntos de muestro.

d. Transecto 4:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 4 taxa y en el presente monitoreo fue de 5 taxa.
- Respecto de lo observado en el año 2006, se ha identificado la presencia de todas las taxa reportadas en aquella oportunidad.
- En el presente año se incluye el registro de *Tiquilia atacamensis*, especie que se establece posterior a la ocurrencia de eventos pluviales, la que había sido registrada previamente en el año 2012.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 6 de 9 puntos de muestro.

e. Transecto 5:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 7 taxa y en el presente monitoreo fue de 6 taxa.
 - Respecto de lo observado en el año 2006, sólo los taxa *Aloysa deserticola*, *Juncus balticus* y *Nitrophila atacamensis* no presentan registro en el presente monitoreo.
 - En el presente año se registra la presencia de *Cistanthe salsoloides* y *Exodeconus integrifolius*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales. *Exodeconus integrifolius* había sido observada antes en el año 2012.
 - La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 6 de 14 puntos de muestreo.
- f. Transecto 6:
- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 2 taxa y en el presente monitoreo fue de 2 taxa.
 - Se mantiene el registro de las mismas especies en el transecto.
 - Ambas especies se reportaron con la misma frecuencia, con presencia en 1 de 3 puntos de muestreo.
- g. Transecto 7:
- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 3 taxa, para el presente monitoreo fue de 3 taxa.
 - Se mantiene el registro de las mismas especies en el transecto.
 - Las especies con mayor frecuencia en el transecto fueron *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, con presencia en 2 de 6 puntos de muestreo.

Tabla 6-5. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para los transectos 1,2 y 3.

Especies	T1 (19 parcelas)												T2 (14 parcelas)												T3 (10 parcelas)												
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<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	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>Atriplex atacamensis</i>	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	4	4	4	4	2	2	3	5	5	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
<i>Atriplex imbricata</i>	2	2	2	1	2	2	1	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	
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Distichlis spicata</i>	11	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	3	2	2	0	1	1	2	3	3	0	0	2	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	3	2	3
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	
<i>Juncus balticus</i>	3	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	1	0	1	2	2	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	
<i>Lycium humile</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitrophila atacamensis</i>	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	0	4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	0	3	3	1	1	
<i>Puccinellia frigida</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tessaria absinthioides</i>	6	6	6	5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	7	7	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	
<i>Tiquilia atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	3	3	1	1	
Especies por transecto	8	7	6	7	7	7	8	8	6	6	5	8	9	9	9	8	9	9	11	9	9	5	7	11	9	9	7	8	8	8	8	7	9	8	7	7	

Tabla 6-6. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para los transectos 4,5 y 6.



Tabla 6-7. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para el transecto 7.

Especie	T7											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Aloysia deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atriplex imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cistanthe salsoloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichlis spicata</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2
<i>Exodeconus integrifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephedra multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca hypsophilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juncus balticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycium humile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitrophila atacamensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Puccinellia frigida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcocornia andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus americanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tessaria absinthioides</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2
<i>Tiquilla atacamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triglochin concinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Especies por transecto	3											

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 pH del sustrato

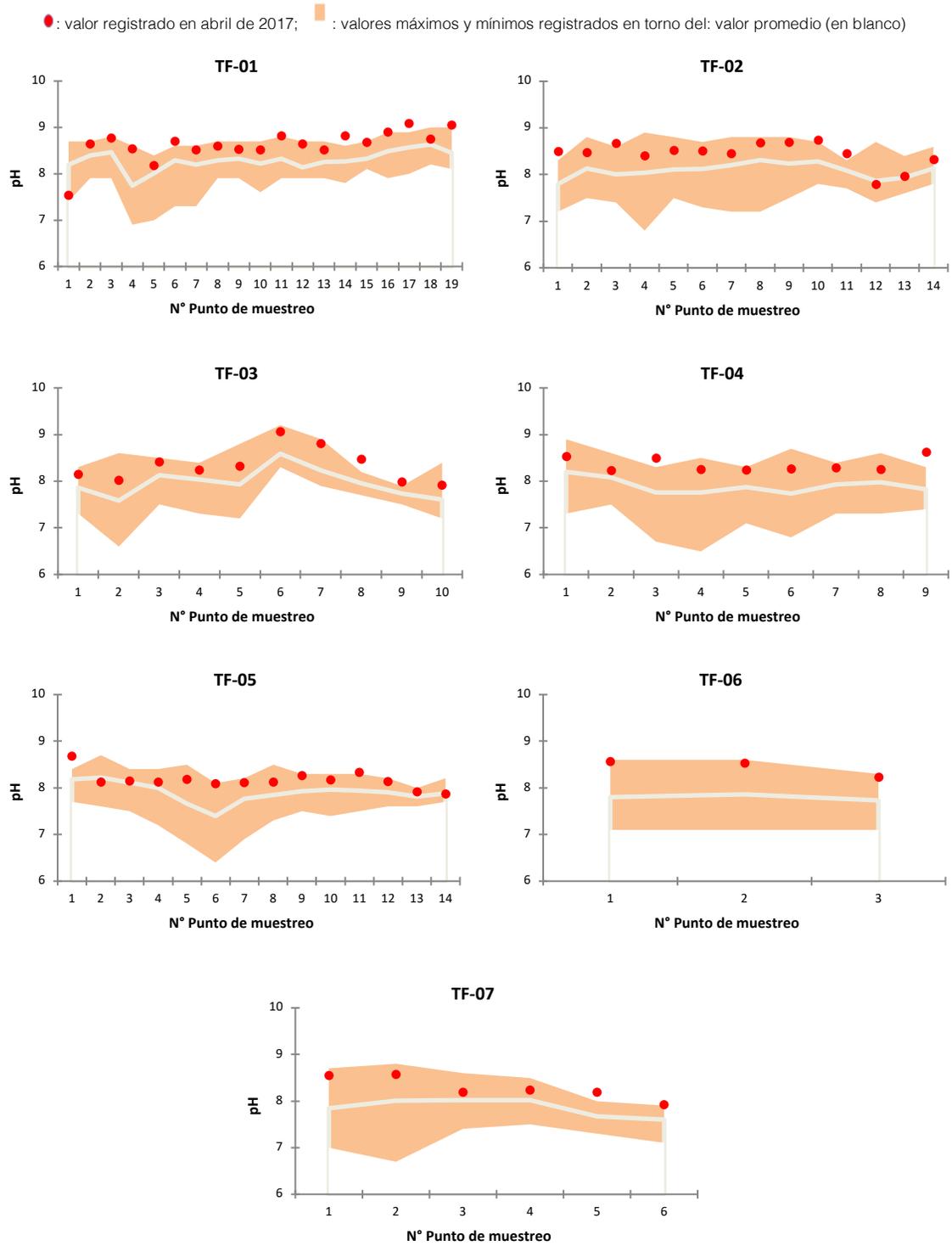
Respecto del monitoreo de pH en los transectos, en la Figura 6-11 se representan gráficamente los resultados (2017), indicando además los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2007-2016) del monitoreo. Los puntos de los gráficos también están organizados desde el borde este del salar hacia el núcleo.

En la Figura 6-11 se observa que un 82,7% de los puntos se distribuyen al interior de los rangos observados en años anteriores, mientras que el restante 17,3% (13 puntos) presentaron valores por fuera de los rangos monitoreados en el período 2007-2016. De los puntos con diferencias, todos registraron valores sobre el pH máximo observado en todos los años previos (TF1-6, TF1-14, TF1-17, TF1-19, TF2-1, TF2-3, TF2-11, TF3-8, TF3-9, TF4-3, TF4-9, TF5-1 y TF7-5). La mayor diferencia de pH fue de 0,3 y se observó en los puntos TF3-8, TF4-9 y TF5-1.

Los valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica de las muestras analizadas se encuentran dentro de un rango normal para este tipo de suelos. Los suelos formados a partir de depósitos evaporíticos, como el Salar de Atacama, representan condiciones extremas en términos de características y propiedades del suelo (Casanova *et al.*, 2013). En análisis realizados a muestras de otros salares se 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, 2010).

Al observar la baja variación en la riqueza y frecuencia de la flora vascular, se permite inferir que las diferencias observadas en 17,3% de los puntos pH no representan un cambio significativo de la variable suelo y que tenga efectos sobre la flora, considerándose como parte de la variabilidad natural, asociado a factores tales 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). Cabe aclarar que la diferencia observada en aquellos puntos no implica el cambio de la alcalinidad del sustrato o la disponibilidad de nutrientes, es una variación marginal dentro de los parámetros observados normalmente.

Figura 6-11. Comparación del pH actual con el obtenido en años anteriores.



Fuente: Elaboración propia.



6.2.4 Conductividad eléctrica del sustrato

En la Figura 6-12 se realiza la comparación de la conductividad eléctrica del año 2017 con la obtenida en años anteriores, contrastando con el promedio de todos los años anteriores y los valores máximos y mínimos obtenidos.

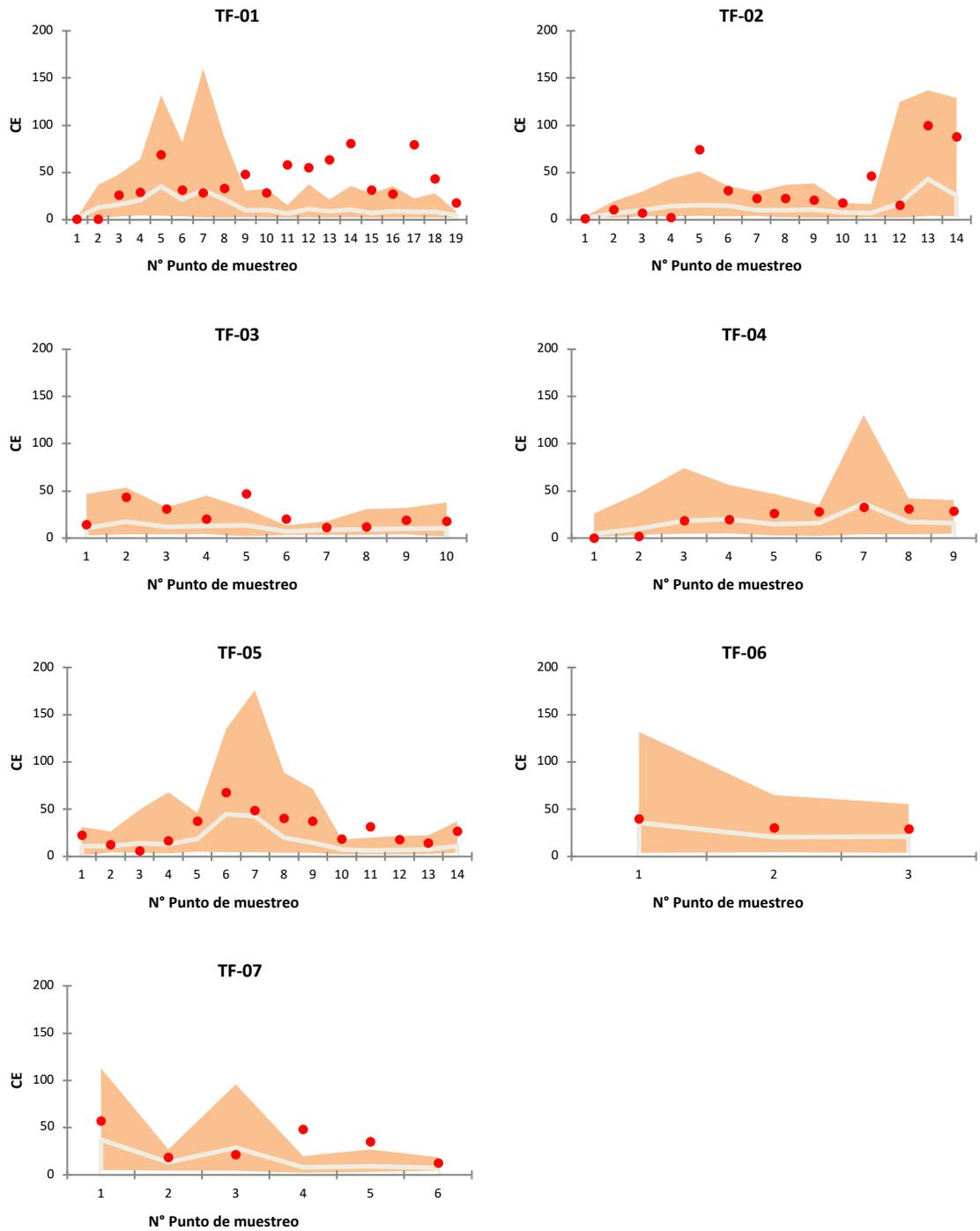
Al comparar los datos respecto de las campañas anteriores (abril de 2007 a abril de 2016), se extrae que el 72,0% de los puntos tuvo resultados dentro de los valores máximo y mínimo observados anteriormente. En 17 puntos los valores presentados el año 2017 están por sobre los registros de los años anteriores (TF1-09, TF1-11, TF1-12, TF1-13, TF1-14, TF1-15, TF1-17, TF1-18, TF1-19, TF2-05, TF2-11, TF3-05, TF3-06, TF5-10, TF5-011, TF7-04 y TF7-05). En 4 puntos (5,7%) se presentaron valores bajo los datos registrados para los años anteriores en los puntos TF1-02, TF2-01, TF2-04 y TF4-02.

La presencia de flora en puntos donde se registran valores fuera del rango de distribución registrado, permite inferir que no existen cambios en esta propiedad del sustrato que pueda estar afectando a las plantas. Cabe agregar además que el desarrollo normal de la flora vascular en condiciones de extrema salinidad responde a mecanismos de adaptación de los individuos.

Por otra parte, la conductividad eléctrica del presente año demostró las condiciones de alta salinidad esperables para un salar; donde el 92,0% 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).

Figura 6-12. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.

● : valor registrado en abril de 2017; ■ : valores máximos y mínimos registrados en torno del: valor promedio (en blanco)



Fuente: Elaboración propia.



6.3 Fauna

En la Tabla 6-8, se presenta la composición de fauna en el área de estudio registrada a lo largo de doce años, dentro de los cuales se incluye la campaña de Línea Base, realizada el año 2006, una campaña en etapa pre-operacional efectuada el año 2007, y diez campañas de monitoreo en etapa operacional, realizadas desde el año 2008 hasta el 2017. De acuerdo con las prospecciones de terreno efectuadas desde abril de 2006 hasta abril 2017, el listado de fauna silvestre del Borde Este del Salar de Atacama está compuesto por un total de 69 especies. Estas corresponden a un anfibio, cuatro reptiles, 55 aves (19 Passeriformes y 36 no Passeriformes), y nueve mamíferos

De las 69 especies descritas en el catálogo del PSA, todas corresponden a especies nativas, donde tres de estas son endémicas, perteneciendo exclusivamente a la clase Reptilia. En términos de sus categorías de conservación, diez especies están clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) y seis especies en el Reglamento de Ley de Caza (D.S. N° 05/98). Entre los taxa que presentan Índice de Riesgo, la especie *Rhinella spinulosa* (sapo espinoso), registrada el año 2012, es la única que presenta estado de riesgo “máximo” (IR 76 a 100%), seguido de las tres especies de flamenco y los mamíferos *Lama guanicoe* (guanaco) y *Ctenomys fulvus* (tuco-tuco) con estado de riesgo “alto” (IR 50 a 75%).

Tabla 6-8 Listado de especies de vertebrados presentes en el Borde Este del Salar de Atacama

N°	Nombre científico	Nombre común	Distribución		Origen	Estado de conservación	IR (%)	BSE	Observada en:															
			Desde	Hasta					2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017				
37	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	dormilona fraile	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X													
38	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	dormilona frente negra	Arica y Parinacota	Los Lagos	Nativa	No citada	3,4	BE		X	X													
39	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	dormilona chica	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40	<i>Nycticorax nycticorax</i>	huairavo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	E	X	X					X									
41	<i>Oreopholus ruficollis</i>	chorlo de campo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BS		X	X													
42	<i>Phalaropus tricolor</i>	pollito de mar tricolor	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	18,4	BS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	carancho cordillerano	Arica y Parinacota	Lib. Bdo. O'Higgins	Nativa	No citada	3,4	BE		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
44	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	parina grande	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	Vulnerable*	50,4	SE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	parina chica	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	Vulnerable**	50,4	SE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
46	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	flamenco chileno	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Vulnerable**	50,4	SE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47	<i>Pluvialis dominica</i>	chorlo dorado	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BS				X		X										
48	<i>Podiceps occipitalis</i>	blanquillo	Atacama	Magallanes	Nativa	No citado		E															X	
49	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	golondrina lomo negro (de dorso negro)	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X			X								X		
50	<i>Recurvirostra andina</i>	caití	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	18,4	BS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
51	<i>Rhea pennata tarapacensis (Pterocnemia pennata tarapacensis)</i>	Suri (ñandú)	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	Vulnerable*	41,7	S						X										
52	<i>Sicalis auriventris</i>	chirihue dorado	Arica y Parinacota	Araucanía	Nativa	No citada	0	-	X	X														
53	<i>Sturnella supercilialis</i>	loica argentina	Antofagasta	Coquimbo	Nativa	No citada	-	S									X							
54	<i>Thinocorus rumicivorus</i>	perdicita	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	1,7	S														X	X	
55	<i>Tringa flavipes</i>	pitotoy chico	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	18,4	BS	X	X						X	X					X		

Tabla 6-8 Listado de especies de vertebrados presentes en el Borde Este del Salar de Atacama

N°	Nombre científico	Nombre común	Distribución		Origen	Estado de conservación	IR (%)	BSE	Observada en:													
			Desde	Hasta					2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
56	<i>Tringa melanoleuca</i>	pitotoy grande	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	18,4	BS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
57	<i>Troglodytes aedon</i>	chercán	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X											
58	<i>Upucerthia dumetaria</i>	bandurrilla	Antofagasta	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BS										X				
59	<i>Zenaida auriculata</i>	tórtola	Arica y Parinacota	Aisén	Nativa	Caza permitida	1,7	-	X	X											X	
60	<i>Zonotrichia capensis</i>	chincol	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	B	X	X	X	X						X				
Mammalia																						
61	<i>Abrothrix andinus</i>	laucha andina	Arica y Parinacota	Maule	Nativa	Caza permitida	7,5	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
62	<i>Ctenomys fulvus</i>	Tuco-tuco de Atacama	Tarapacá	Antofagasta	Nativa	Vulnerable**	63,7	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
63	<i>Eligmodontia puerulus</i>	lauchita de pie sedoso	Antofagasta	Atacama	Nativa	Preocupación menor*	9,2	S		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
64	<i>Lama guanicoe</i>	guanaco	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Vulnerable*	56,7	S			X											
65	<i>Leopardus colocolo</i>	gato colocolo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Casi amenazada*	45	BSE														
66	<i>Phyllotis xanthopygus</i>	lauchón orejudo	Arica y Parinacota	Aisén	Nativa	No citada	9,2	S	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
67	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	zorro culpeo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Preocupación menor*	9,7	E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
68	<i>Pseudalopex griseus</i>	zorro chilla	Antofagasta	Magallanes	Nativa	Preocupación menor*	9,7	E	X													
69	<i>Thylamys pallidior</i>	yaca andina	Arica y Parinacota	Antofagasta	Nativa	No citada	27,5	BSE	X	X	X	X		X								

* Estado de conservación según Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE, D.S. N° 75/05).

** Estado de conservación según el Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98).

† Registrado a partir de carcasa

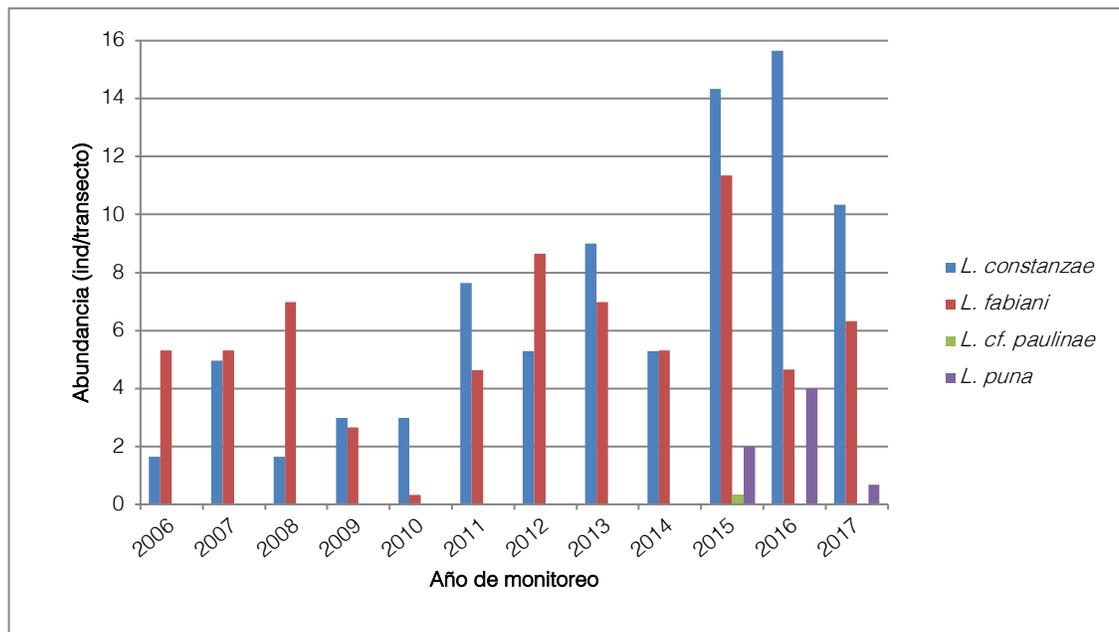
Fuente: Elaboración propia

6.3.1 Reptiles

La Figura 6-13 muestra la abundancia total de reptiles por especie, registrados en cada uno de los años de monitoreo. Si bien, se puede observar que en la actual campaña hubo una disminución en los valores de abundancia para las especies *Liolaemus constanzae* y *Liolaemus fabiani* respecto al año anterior, estos se encuentran sobre el promedio calculado para el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental 2006-2017 (Tabla 6-9). Por otra parte, durante la presente temporada se registraron dos ejemplares de *L. puna*, especie que ha sido avistada durante las tres últimas campañas, mostrando una baja abundancia.

En cuanto al ejemplar asignado como *Liolaemus cf. paulinae*, registrado en el año 2015, es muy probable que corresponda a un morfotipo perteneciente a la especie *Liolaemus puna*. Según diversos autores, ambas especies son confundidas al compartir características morfológicas y de coloración, diferenciándose solo por su rango de distribución geográfica, en la cual *L. paulinae* se encuentra principalmente en los alrededores del Río Loa (Donoso-Barros, 1961; Pincheira-Donoso & Nuñez, 2005, Demangel, 2016).

Figura 6-13. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-9: Abundancia total de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017

Especies observadas	Abundancia (*)												Abundancia promedio*
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<i>L. constanzae</i>	1,65	4,97	1,65	2,98	2,99	7,64	5,3	8,99	5,3	14,3	15,6	10,	6,82
<i>L. fabiani</i>	5,32	5,31	6,99	2,66	0,33	4,64	8,64	6,98	5,32	11,3	4,66	6,6	5,71
<i>L. cf. Paulinae**</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,33
<i>L. puna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,99	0,6	2,00

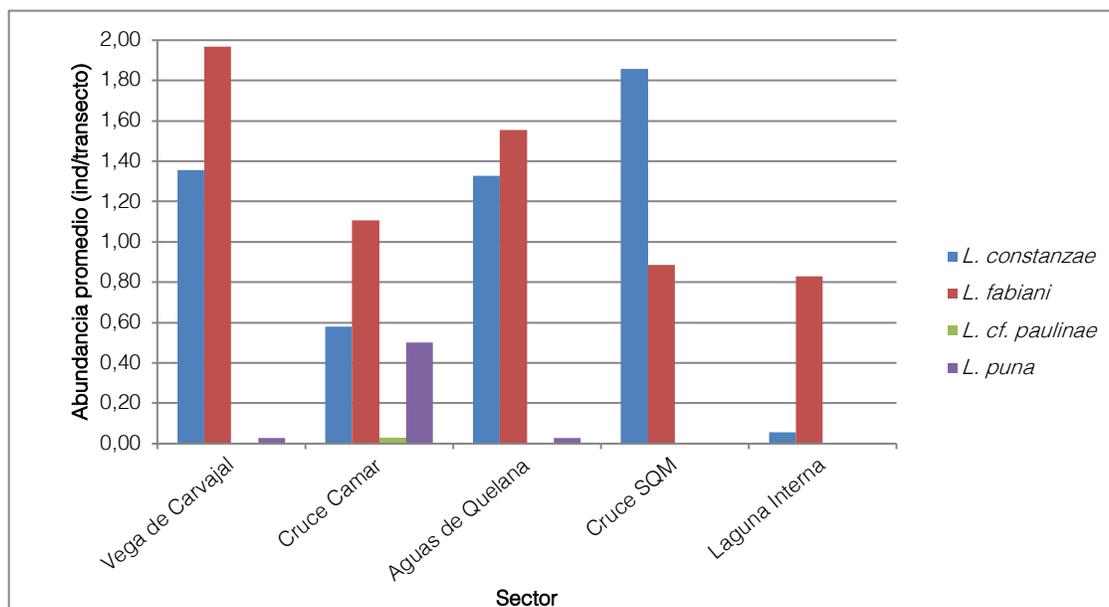
* Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares

** Posiblemente correspondiente a *Liolaemus puna*.

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, las especies más abundantes durante las doce campañas de monitoreo fueron *L. constanzae* y *L. fabiani*, con una abundancia promedio de 6,82 y 5,71 (ind/transecto), respectivamente. Ambas especies han sido registradas en todos los años de monitoreo y en los cinco sectores de estudio (Figura 6-14). Sin embargo, se observa una clara diferenciación en la preferencia de hábitat de estas dos especies, donde *L. constanzae* es la especie dominante en los ambientes de Rica rica-Pingo pingo y de Brea-Cahiyuyo, mientras que *L. fabiani* predomina en el ambiente de Marginal de Salar y Salar, en tanto que en el ambiente de Pajonal ambas especies se encuentran presente, siendo más abundante *L. fabiani* (Figura 6-15). Esta variación en el ensamble de especies de reptiles da cuenta alto grado de especialización que puede llegar a mostrar las especies de baja movilidad. Ya sea por restricciones fisiológicas y/o ecológicas, ambas especies poseen ámbitos de hogar reducidos, lo que promueve 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 las 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.

Figura 6-14. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 al 2017

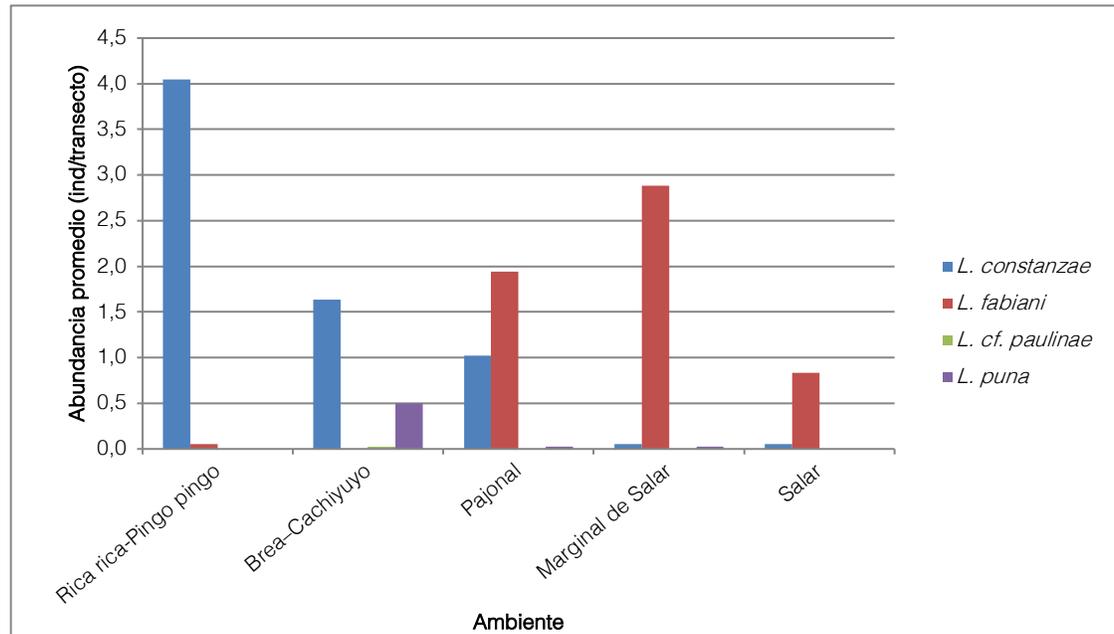


Fuente: Elaboración propia



Por su parte, *L. puna* ha sido registrada en los últimos tres años de monitoreo solo en los ambientes de Pajonal, Brea-Cachiyuyo y Marginal de Salar, en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce de Camar y

Aguas de Quelana, respectivamente. En términos generales esta especie es la menos abundante, con un promedio general de 2 ind/transecto.

Figura 6-15. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 al 2017

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Aves en ambientes terrestres

Durante el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) 2006-2017, en el Borde Este del Salar de Atacama, las aves terrestres han presentado bajas abundancias en general, independiente de la cobertura y composición de la vegetación (Anexo IX, sección 1.2). En la presente campaña se registraron ocho especies de aves asociadas a transectos, cinco de las cuales fueron detectadas fuera del tiempo de recorrido. El número de ejemplares avistados en cada ocasión fue bajo, lo cual es consistente con los registros obtenidos a lo largo de los once años de seguimiento (Tabla 6-10).

Considerando todas las campañas del PSA, el registro de cada especie de ave no fue continuo en el tiempo, mostrando observaciones en forma intermitentes, y donde existen años sin avistamientos (Tabla 6-10.). De las 32 especies de aves catastradas hasta la fecha, 17 tienen registros en uno solo de los once años de seguimiento. En contraparte, tres especies mostraron el mayor grado de presencia, siendo detectadas en ocho de los once años de monitoreo (*Anthus correndera*, *Geranoaetus polyosoma* y *Muscisaxicola maculirostris*).

Tabla 6-10: Abundancia total de aves en ambientes terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017

Especies observadas	Abundancia (*)												Promedio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<i>Agriornis microptera</i>	-	-	-	1,00	0,67	0,33	(**)	0,66	0,66(**)	-	-	(**)	0,66
<i>Agriornis montana</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	2,33	(**)	1,00
<i>Anthus correndera</i>	1,33	0,33	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	-	0,33	1,67	-	0,62
<i>Asthenes modesta</i>	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)
<i>Athene cunicularia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	0,33	-	0,33
<i>Bubulcus ibis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,33
<i>Calidris bairdi</i>	-	-	-	-	-	-	3,00	2,34	6,67	-	-	0,67	3,17
<i>Charadrius alticola</i>	-	-	-	-	-	-	4,00	3,67(**)	5,66	2,00	4,01	2,00	3,56
<i>Circus cinereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	(**)	0,33
<i>Geositta punensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,67	(**)	-	-	-	0,67
<i>Geranoaetus (=Buteo) polyosoma</i>	-	-	(**)	(**)	0,33(**)	(**)	(**)	0,33	0,33	0,33	-	-	0,33
<i>Hirundo rustica</i>	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	-	-	-	(**)
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	-	0,33	-	-	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-	0,33
<i>Lessonia oreas</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
<i>Metriopelia aymara</i>	-	-	-	0,33	-	-	-	3,67	10,67	-	8,67	(**)	5,84
<i>Muscisaxicola cinerea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,33
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
<i>Muscisaxicola frontalis</i>	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	-	0,33	(**)	0,67(**)	0,67	1,67	-	0,33(**)	0,67	1,00	-	-	0,76
<i>Phalaropus tricolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,33	-	13,33
<i>Phalacrocorax megalopterus</i>	-	0,33	(**)	(**)	-	-	-	-	-	0,33	-	(**)	0,33
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,33	5,00	0,66	5,66	1,33	2,80

Tabla 6-10: Abundancia total de aves en ambientes terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2017

Especies observadas	Abundancia (*)												Promedio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33	-	3,33
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	0,33
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	1,00
<i>Recurvirostra andina</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33
<i>Sicalis auriventris</i>	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)
<i>Sturnella superciliaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33
<i>Thinocorus rumicivorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,33
<i>Upucerthia dumetaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	0,33
<i>Zonotrichia capensis</i>	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33	-	-	-	0,33
Número de especies	5	5	4	7	5	5	5	12	12	9	11	8	7,33

(*) 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

En cuanto al número de especies identificadas a lo largo del PSA, este parámetro ha fluctuado entre cuatro y doce especies, con un promedio de 7,17 especies por año. Los mayores registros fueron realizados en los monitoreos de los años 2013 y 2014 con doce especies (Tabla 6-10). Los sectores que registran la mayor riqueza de especies son Vega de Carvajal, Cruce Camar y Cruce SQM con 14 especies, mientras que Aguas de Quelana presenta un registro levemente menor, de 13 especies. En ambos casos las observaciones corresponden a aves terrestres y acuáticas. Finalmente, el sector de Laguna interna, se registraron cuatro especies que se caracterizan por ser especies acuáticas y/o estar asociadas a ambientes acuáticos y salobres (*Calidris bairdii*, *Charadrius alticola*, *Lessonia oreas* y *Phalaropus tricolor*) (Tabla 6-11). La baja riqueza de especies en este sector se puede explicar porque en este ambiente (Salar) se realiza un único transecto, y por tanto se encuentra asociado a la presencia de especies de ambientes acuáticos.

Tabla 6-11: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2017

Indicador	Sector				
	Vega de Carvajal	Cruce Camar	Aguas de Quelana	Cruce SQM	Laguna Interna
Riqueza de especies	14	14	13	14	4
Abundancia promedio*	1.60	1.50	2.16	1.79	4.59
Especies más abundantes (N° de individuos**)	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (14) <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (10)	<i>Metriopelia aymara</i> (29) <i>Agriornis microptera</i> (9)	<i>Charadrius alticola</i> (33) <i>Calidris bairdii</i> (25)	<i>Metriopelia aymara</i> (25) <i>Charadrius alticola</i> (15)	<i>Phalaropus tricolor</i> (65) <i>Charadrius alticola</i> (12)
Especies registradas en un sector (N° de individuos**)	<i>Asthenes modesta</i> (+) <i>Circus cinereus</i> (1) <i>Larus serranus</i> (+) <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (10)	<i>Athene cunicularia</i> (+) <i>Muscisaxicola cinérea</i> (1) <i>Sturnella superciliaris</i> (1)	<i>Hirundo rustica</i> (+) <i>Muscisaxicola flavinucha</i> (1) <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>Lessonia oreas</i> (1) <i>Phalaropus tricolor</i> (40)
Especies compartidas	<i>Metriopelia aymara</i> <i>Muscisaxicola maculirostris</i>				
	<i>Calidris bairdii</i> <i>Charadrius alticola</i>				

*Este valor se obtuvo a partir del promedio del número de ejemplares observados en los transectos de las campañas del 2006 al 2017.
**Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2017.
+ 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 once años de seguimiento. La primera es *Metriopelia aymara* (tortolita de puna) con un total de 70 avistamientos en transecto y *Charadrius alticola* (chorlo de la puna) con 64 individuos registrados. La tortolita de la puna (*M. aymara*) es un ave terrestre que se encuentra ampliamente distribuida en el borde este del Salar, encontrándose en casi todos los sectores y utilizando todos los ambientes, a excepción del ambiente Salar de Laguna Interna. (Tabla 6-11 y Tabla 6-12). Por su parte, el chorlo de la puna (*C. alticola*), es un ave que se asocia con ambientes acuáticos, lo que se refleja en la alta abundancia que alcanza en los ambientes de Marginal de Salar y Salar, con 50 y 12 ejemplares respectivamente, mientras que solo tiene un registro de dos aves en ambiente de Pajonal durante el transcurso del PSA.

Otra especie con amplia distribución en el área de estudio es *Calidris bairdii* (playero de Baird), especie acuática detectada en los ambientes de Salar de Laguna Interna y Marginal de Salar de los cuatro sectores restantes. El mayor número de registros acumulados a lo largo del PSA es en el ambiente Marginal de Salar con 38 individuos y en el sector de Aguas de Quelana con 25 ejemplares observados en los transectos.

Otras especies que también destacan por su amplia presencia 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, su presencia ha sido detectada a partir de un bajo número de individuos, no encontrándose entre las especies más abundantes.

Respecto a las especies observadas en un único sector y/o ambiente, es importante señalar que la mayor parte de estos registros se obtuvieron fuera de transecto o a partir de un solo ejemplar, y por tanto no hay registros que se extiendan en el tiempo. Las especies con valores de abundancia altos como *Phalaropus tricolor* (pollito de mar), registrados en el ambiente de Salar de la Laguna Interna, corresponde a un día de prospección en donde se avistaron los 40 individuos. De manera similar, el registro de 10 ejemplares de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) en el ambiente Marginal de Salar en Vega de Carvajal se obtuvo en un único día de observación. En conclusión, estas especies no pueden ser consideradas como indicadores del sector o ambiente en que fueron observadas ya que corresponden a 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 6-12: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2017

Indicador	Ambientes				
	Rica rica-Pingo pingo	Brea-Cachiyuyo	Pajonal	Marginal de Salar	Salar
Riqueza de especies	17	13	11	8	4
Abundancia promedio*	2.70	1.42	0.81	5.92	4.59
Especies más abundantes (N° de individuos**)	<i>Metriopelia aymara</i> (39) <i>Agriornis montana</i> (7)	<i>Metriopelia aymara</i> (23) <i>Agriornis microptera</i> (9)	<i>Anthus correndera</i> (5) <i>Metriopelia aymara</i> (5)	<i>Charadrius alticola</i> (50) <i>Calidris bairdii</i> (38)	<i>Phalaropus tricolor</i> (65) <i>Charadrius alticola</i> (12)
Especies registradas en un ambiente (N° de individuos**)	<i>Athene cunicularia</i> (+) <i>Bubulcus ibis</i> (1) <i>Larus serranus</i> (+) <i>Muscisaxicola frontalis</i> (1) <i>Sicalis auriventris</i> (+) <i>Sturnella supercilialis</i> (1) <i>Thinocorus rumicivorus</i> (1) <i>Upucerthia dumetaria</i> (1)	<i>Hirundo rustica</i> (+) <i>Muscisaxicola cinerea</i> (1) <i>Muscisaxicola flavinucha</i> (1) <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (3)	<i>Circus cinereus</i> (1)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (10) <i>Phoenicopterus chilensis</i> (1) <i>Recurvirostra andina</i> (1)	<i>Lessonia oreas</i> (1) <i>Phalaropus tricolor</i> (40)
Especies compartidas	<i>Anthus correndera</i> <i>Geranoaetus polyosoma</i> <i>Metriopelia aymara</i>				
	<i>Agriornis montana</i> <i>Muscisaxicola maculirostris</i> <i>Zonotrichia capensis</i>			<i>Calidris bairdii</i>	

*Se calcula a partir del promedio del número de ejemplares observados en los transectos de las campañas del 2006 al 2017.

**Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2017.

+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto o por registros circunstanciales).

Tabla 6-12: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2017

Indicador	Ambientes				
	Rica rica-Pingo pingo	Brea-Cachiyuyo	Pajonal	Marginal de Salar	Salar

Fuente: Elaboración propia

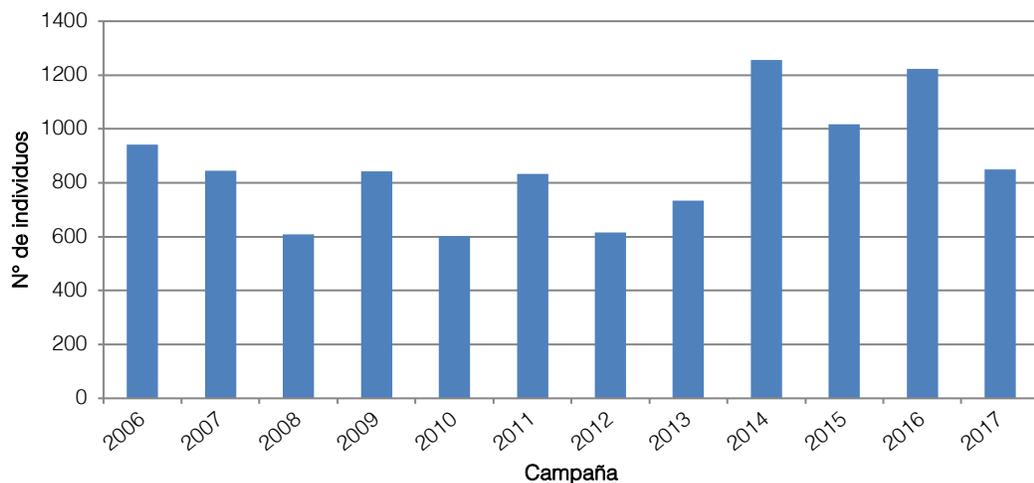
6.3.3 Aves en ambientes acuáticos

6.3.3.1 Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Borde Este del Salar de Atacama

El registro total de aves en ambientes acuáticos obtenidos en los censos, realizados desde la temporada abril 2006 hasta abril 2017 en el Borde Este del Salar de Atacama, se presenta en el Anexo IX, sección 1.3, Tabla 1-3), en donde se contabiliza un total de 26 especies.

En comparación con monitoreos de años anteriores (exceptuando el correspondiente al periodo 2015, donde la riqueza superó al resto de las campañas con 18 taxa), el número de especies registradas para este período se mantuvo dentro de los rangos observados a lo largo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA). En cuanto a la abundancia de ejemplares, durante el censo 2017 se registraron 1.829 individuos, apreciándose una disminución en relación a las campañas 2015 y 2016, en las cuales se obtuvieron valores de 4.621 y 3.849 ejemplares, respectivamente (Ver Anexo IX). La abundancia de aves total registrada durante la campaña actual es la menor de las observadas durante el transcurso del PSA. Respecto a este resultado es importante considerar que el número de ejemplares de flamencos en conjunto, registrados cada año, representan una parte importante de la abundancia total de aves. Durante el monitoreo actual, más de la mitad de las aves censadas pertenecen a alguna de las tres especies de flamencos (979 individuos), las que muestran fluctuaciones poblacionales importantes, y que se discute más adelante. Por lo tanto, el análisis de la variación de las abundancias de las aves debe realizarse en forma separada. La Figura 6-16 muestra la abundancia de las aves sin considerar los flamencos, en donde se observa que la disminución en el registro de aves en la temporada actual (850 individuos) se encuentra dentro de las variaciones históricas que muestra este grupo.

Figura 6-16. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia



Por otra parte, al igual que en años anteriores se observaron a las tres especies de flamencos, siendo el grupo de aves dominante en los ambientes acuáticos monitoreados. Para la especie *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) se registraron 516 ejemplares. En tanto que el número de ejemplares de *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) y *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) registrados es de 340 y 96 individuos respectivamente, apreciándose una disminución respecto del censo 2016, y convirtiéndose en los mínimos históricos para ambas especies (Tabla 1.3 Anexo X). De igual forma, los pollos de flamenco también presentaron una notoria disminución con un total de 13 individuos, en comparación con los 709 ejemplares contabilizados durante la temporada anterior.

En la presente temporada, las especies de aves más abundantes en los sistemas lacustres prospectados, sin considerar a las tres especies de flamencos, son: *Phalaropus tricolor* (pollito de mar), *Recurvirostra andina* (caití), *Calidris bairdii* (playero de Baird) y *Charadrius alticola* (chorlo de la puna) (Tabla 5-19). Todas corresponden a especies acuáticas o asociadas a ambientes acuáticos, las que se encuentran entre las especies que registran mayor número de individuos en promedio durante el PSA y han sido observadas en los tres sistemas lacustres estudiados. Estas cuatro especies, junto con *Anthus correndera* (bailarín chico), *Lessonia oreas* (colegial del norte), *Lophonetta specularioides* (pato juarjual), y las tres especies de flamencos han sido registradas en todos los años de seguimiento (Tabla 1.3 Anexo IX).

El análisis de los datos históricos, señala que las especies de aves más abundantes en el Salar de Atacama son las tres especies de flamencos, en donde la especie que registra mayor número de individuos en promedio es la parina grande (*P. andinus*) con 944,58 individuos, seguida por el flamenco chileno (*P. chilensis*), con 419,75 individuos y la parina chica (*P. jamesi*) con 416,08 individuos. La parina grande es la especie más abundante en los tres sistemas lacustres, resultado que concuerda con los antecedentes bibliográficos que indican al Salar de Atacama como un sitio reproductivo clave para esta especie (Rodríguez, 2005). Respecto a las otras dos especies, sus abundancias varían según el sistema lacustre. En el Sistema de Soncor, el flamenco chileno y la parina chica tienen valores de abundancia promedio similares, con 90,21 y 90,58 individuos respectivamente, mientras que en el Sistema de Aguas de Quelana la parina chica presenta su menor valor de abundancia (9,45 individuos), por debajo de los obtenidos para el flamenco chileno (37,25 individuos). En el Sistema Peine la situación se invierte ya que la abundancia de la parina chica (50,84 individuos) es mayor a la del flamenco chileno (25,03 individuos).

La presencia de estas tres especies de flamencos se debe a que, además de ser un sitio de importancia reproductiva, el Salar de Atacama también es un lugar de invernación para estas especies. Esto se debe a su ubicación, en la zona baja de la Puna (a menos de 4.000 msnm), en las cuales sus lagunas no se congelan y mantienen una oferta trófica de microalgas durante el invierno (Rodríguez, 2005).

En términos de diversidad, el Sistema de Aguas de Quelana es el que muestra la mayor riqueza, con 22 especies de aves, siete de las cuales solo han sido observadas en este sector. Si bien la presencia de cinco de estas especies corresponde a registros esporádicos, en el caso del bailarín chico (*A. correndera*) y el colegial del norte (*L. oreas*) se observaron individuos en los doce años de seguimiento, registrando una abundancia promedio de 19,75 y 10,08 individuos, respectivamente (Tabla 6-13). Ambas especies son insectívoras y forrajean entre los pastizales y la vegetación que rodea los cuerpos lacustres. En este contexto, el Sistema de Aguas de Quelana tiene características favorables para la presencia de estas especies, ya que de los tres sistemas lacustres es el que ofrece la mayor diversidad de ambientes y recursos, debido a la vegetación que circunda los cuerpos de agua.

El Sistema de Peine presenta a la fecha una riqueza de 16 especies y la menor abundancia promedio de aves. La mayor parte de las especies presentes en este sector también fueron registradas en los otros dos sistemas lacustres y sólo tres especies tienen registros únicos, aunque en los tres casos corresponden a avistamientos ocasionales, con la presencia de un individuo en un año en particular.

Tabla 6-13: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campañas 2006-2017

Indicador	Sistema Lacustre		
	Soncor	Aguas de Quelana	Peine
Riqueza de especies	13	22	16
Abundancia promedio*	2.595,21	429,29	298,42
Especies más abundantes (Abundancia promedio)	Pollos de flamenco (1.914) Phoenicoparrus andinus (1.63,55) Phalaropus tricolor (144,17)	Phoenicoparrus andinus (116,33) Charadrius alticola (69,08) Calidris bairdii (49,25)	Phoenicoparrus andinus (88,48) Phoenicoparrus jamesi (50,84) Calidris melanotos (27)
Especies registradas en un sistema lacustre (Abundancia promedio*)		Anthus correndera (19,75) Lessonia oreas (10,08) Muscisaxicola maculirostris (6) Anas cyanoptera (3,00) Anas georgica (3,00) Gallinula chloropus (1,5) Pluvialis dominica (2,0)	Bubulcus ibis (1) Fulica cornuta (1) Podiceps occipitalis (1)
Especies compartidas	Calidris bairdii Calidris melanotos Charadrius alticola Larus serranus (Chroicocephalus serranus) Lophonetta specularioides Phalaropus tricolor Phoenicoparrus andinus Phoenicoparrus jamesi Phoenicopterus chilensis Pollos de flamencos Recurvirostra andina Tringa melanoleuca		
	Tringa flavipes		
		Anas flavirostris oxyptera Hirundo rustica	

*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
 Fuente: Elaboración propia

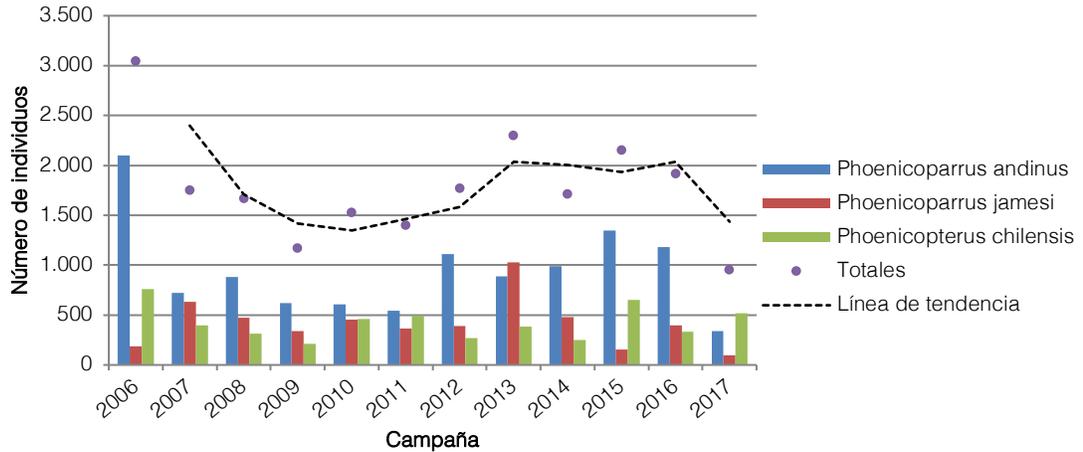
El Sistema de Soncor, que es el de mayor superficie, presenta la menor riqueza de especies (13) y el mayor número de individuos observados. Todas las especies registradas en este sector también han sido observadas en Aguas de Quelana y/o Peine. Este sistema destaca por la gran cantidad de pollos de flamencos registrados a lo largo del PSA, con un promedio de 1.914 individuos, cifra muy superior a la obtenida en Aguas de Quelana, con 10 individuos promedio y en Peine, con 23,88 individuos promedio.

En tanto, para los flamencos, el análisis de los datos históricos muestra oscilaciones en el número de ejemplares adultos que van desde valores de máxima abundancia hasta un valor mínimo, como en el censo del año 2006 donde se contabilizaron 3.047 individuos, con un descenso paulatino de flamencos en los tres años siguientes, alcanzando una abundancia de 1.170 ejemplares en el año 2009. A partir del año 2010 se observa un aumento en el número de flamencos para llegar a un valor de 2.299 individuos en el año 2013. A partir del año 2014 a la fecha se registra un nuevo ciclo de disminución en el número de



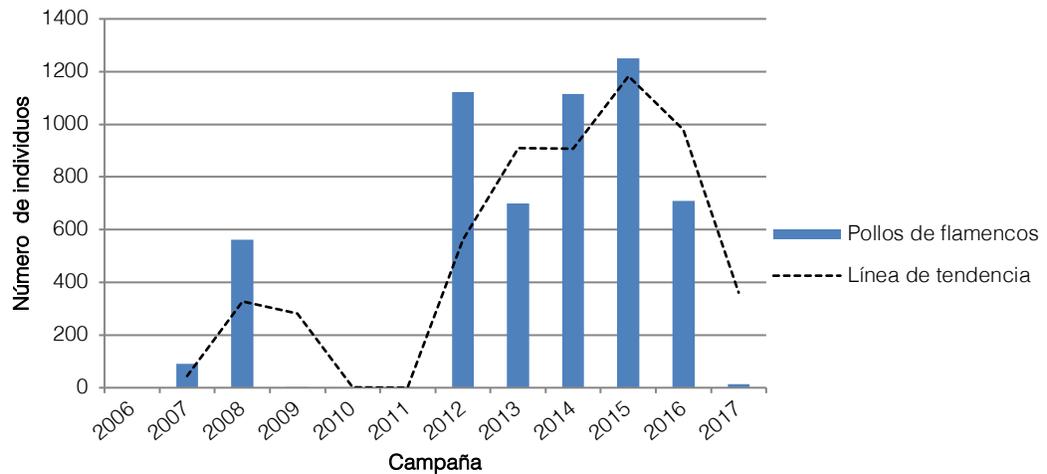
individuos, alcanzando su menor valor histórico en la campaña actual, con un conteo de 952 individuos (Figura 6-17). Este patrón oscilante también se observa en el número de pollos de flamencos, en donde se registran valores con alta abundancia (año 2008 con 563 pollos y el período entre los años 2012 y 2016, en donde el año 2015 se registra el máximo histórico, con 1251 ejemplares (Figura 6-18).

Figura 6-17. Abundancia de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-18. Abundancia de pollos de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

En términos generales, fluctuaciones estacionales e interanuales de las tres especies de flamenco han sido documentadas en diferentes salares del altiplano a partir del análisis de los datos de censos realizados por CONAF y GCFA (Grupo para la Conservación de Flamencos Altoandinos). Estas variaciones estarían relacionadas con los continuos desplazamientos a lo largo del año en busca de lugares aptos para la reproducción, alimentación e invernación. Durante la época estival, factores climáticos como la temperatura y las precipitaciones, junto con la disminución de las superficies lacustres debido a la



evaporación, determinan la cantidad de nutrientes y la sequía, inundaciones o congelamiento de los cuerpos de agua, lo que a su vez se relaciona con la disponibilidad de sitios para la alimentación y condiciones adecuadas para la nidificación (CONAF, 2005; Rodríguez y Contreras, 1998; Caziani *et al.* 1996; Gallardo *et al.*, 1992; Parada, 1990a). Por otra parte, durante la época invernal, se producen desplazamientos desde los sitios reproductivos hacia las áreas de refugio invernal, generalmente en los sectores más bajos de la Puna, donde las condiciones climáticas no son tan rigurosas. En consecuencia, las variaciones en la abundancia de los flamencos de los distintos sistemas lacustres presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, estarían relacionadas con la disponibilidad de recursos y con variaciones en las condiciones ambientales (variaciones intra e interanuales), así como cambios en la dinámica de las poblaciones de las distintas especies involucradas.

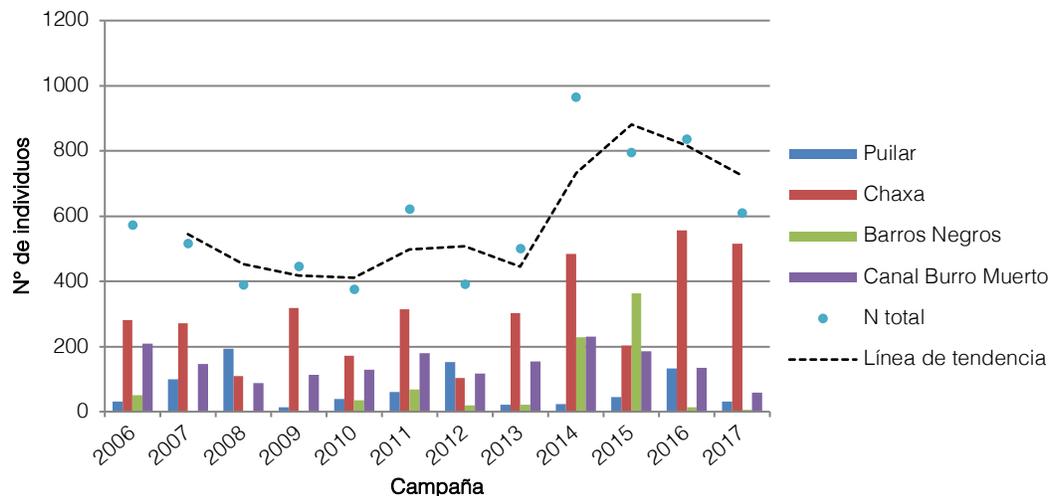
6.3.3.2 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Soncor

En la presente campaña de monitoreo se observaron 1.380 ejemplares pertenecientes a diez especies de aves, en donde más de la mitad de los registros (769 individuos) corresponden a ejemplares de alguna de las tres especies de flamencos. Debido a que la abundancia de los flamencos muestra una alta variabilidad interanual, este grupo será analizado en forma separada de las restantes especies de aves registradas.

Descartando a los flamencos, en la presente campaña se registraron 611 ejemplares de aves, verificándose un descenso en la abundancia respecto a la campaña anterior, donde se observaron 836 ejemplares. Sin embargo, al considerar los registros a lo largo de PSA (2006 al 2017), estos valores se encuentran dentro del rango de variación normal en el Sistema Soncor (Figura 6-19). Al igual que en las campañas anteriores, la Laguna Chaxa es donde se verificó la mayor cantidad de registros, con 516 ejemplares, donde predominan el pollito de mar (*Phalaropus tricolor*) con 457 individuos observados. En tanto que Canal Burro Muerto, Laguna Puilar y Laguna Barros Negros registraron abundancias más bajas, con 58, 31 y 6 individuos respectivamente.

En el Anexo IX, sección 1.3.2, Tabla 1-4 y Tabla 1-5 se muestra la abundancia por especie, registrada en los cuatro cuerpos de agua del Sistema Soncor, durante los doce años de seguimiento (2006-2017)

Figura 6-19. Abundancia de aves registradas en el Sistema Soncor (sin flamencos). Campañas 2006 al 2017



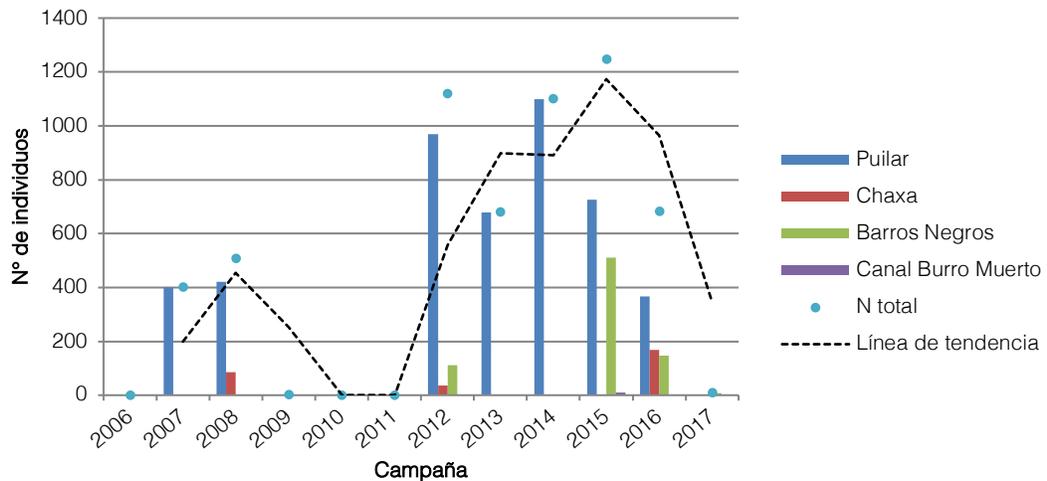
Fuente: Elaboración propia



Respecto a los flamencos, en la presente campaña se registraron 769 individuos, entre los que se contabilizaron ocho polluelos que fueron avistados en Laguna Barros Negros (7 pollos) y Laguna Puilar (1

pollo), lo que indica un año con escasa reproducción en este sector, similar a lo sucedido en el año 2006, y entre los años 2009-2011, en donde prácticamente no se obtuvo registro de pollos de flamencos (Figura 6-20). Cabe destacar que en los años siguientes a estos registros se verificó un aumento en el registro de polluelos, alcanzando su máximo valor en la campaña 2015 con 1.246 ejemplares. Los registros históricos muestran que en la Laguna Puilar ocurre la mayor producción de polluelos, con un total acumulado de 4.660 individuos, seguido muy por debajo por Laguna Barros Negros, con 777 individuos, Laguna Chaxa, con 293 individuos y Canal Burro Muerto, con 12 individuos contabilizados hasta la fecha.

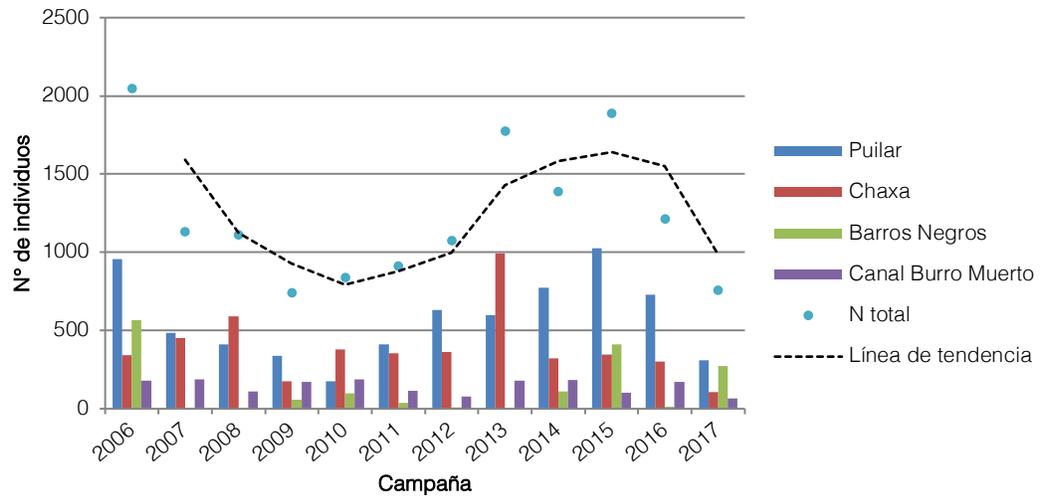
Figura 6-20. Abundancia de pollos de flamencos registrados en el Sistema Soncor. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los ejemplares adultos, la abundancia observada en la presente campaña es notablemente menor a la registrada en el monitoreo 2016, de 1.213 individuos, y similar a la registrada en el año 2009, de 745 ejemplares, que corresponde al mínimo histórico para el Sistema Soncor. Como se observa en la Figura 6-21, estos valores de abundancia corresponden a la parte más baja de la curva, y en ambos casos la disminución se debe a una notable reducción de los flamencos en las lagunas Puilar y Chaxa, donde se concentra el mayor número de individuos de flamencos, principalmente de parina grande (*P. andinus*) y parina chica (*P. jamesi*).

Figura 6-21. Abundancia de flamencos registrados en el Sistema Soncor (sin pollos). Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

El análisis de los datos globales para el sistema Soncor indica que los cuatro sectores presentan valores similares de riqueza de especies (Tabla 5-21). En tanto que la mayor abundancia promedio de aves se registró en Laguna Puilar, con 1.395,48 individuos, mientras que el menor valor se observa en el sector de Canal Burro Muerto, con un total de 335,10 individuos. La mayor parte de las especies registradas están presentes en los cuatro cuerpos de agua estudiados (10 especies) siendo las más abundantes los pollos de flamenco, la parina grande (*P. andinus*), el pollito de mar (*P. tricolor*), la parina chica (*P. jamesi*), el flamenco chileno (*P. chilensis*) y el playero de Baird (*C. bairdii*).

Tabla 6-14. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Soncor. Campañas 2006-2017

Indicador	Laguna o cuerpo de agua			
	Puilar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto
Riqueza de especies	11	12	12	11
Abundancia promedio*	1.395,48	869,41	640,75	335,10
Especies más abundantes (Abundancia promedio*)	-Pollos de flamenco (582,50) - <i>Phoenicoparrus andinus</i> (384,08) - <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (89,36)	- <i>Phalaropus tricolor</i> (226,08) - <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (188,40) - <i>Phoenicopterus chilensis</i> (132,91)	-Pollos de flamenco (194,25) - <i>Phalaropus tricolor</i> (146,33) - <i>Phoenicopterus chilensis</i> (121,57)	- <i>Calidris bairdii</i> (78,92) - <i>Phoenicoparrus andinus</i> (61,67) - <i>Phoenicopterus chilensis</i> (53,08)
Especies registradas en un solo cuerpo de agua (N° de individuos**)	<i>Anas puna</i> (2)			
Especies compartidas	<i>Calidris bairdii</i> <i>Calidris melanotos</i> <i>Charadrius alticola</i> <i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>) <i>Phalaropus tricolor</i>			



Tabla 6-14. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Soncor. Campañas 2006-2017

Indicador	Laguna o cuerpo de agua			
	Puilar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto
	<i>Phoenicoparrus andinus</i>			
	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>			
	<i>Phoenicopterus chilensis</i>			
	<i>Pollos de flamencos</i>			
	<i>Recurvirostra andina</i>			
	<i>Tringa melanoleuca</i>			
		<i>Tringa flavipes</i>		
		<i>Lophonetta specularioides</i>		

*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
 **Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2017
 Fuente: Elaboración propia

6.3.3.3 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana

Durante el monitoreo actual, el Sistema Aguas de Quelana presentó un registro de 200 individuos pertenecientes a 10 especies de aves. Estos valores son menores a los observados en la temporada 2016, en donde se registró un total de 411 ejemplares que correspondientes a doce especies de aves, y se convierte en el valor mínimo histórico, por debajo de los 268 individuos registrados el año 2008 (Anexo IX sección 1.3,2 Tabla 1-6).

De los 200 individuos observados en la presente campaña, 97 corresponden a flamencos, incluyendo a cuatro polluelos. El bajo registro histórico de polluelos, indica que el Sistema Lacustre de Aguas de Quelana no es un sitio reproductivo de importancia para estas especies. Similar a lo observado durante el PSA, la especie predominante en el sector fue la parina grande (*P. andinus*), con 67 registros, seguido por el flamenco chileno (*P. chilensis*), con 13 individuos y la parina chica (*P. jamesi*) con 3 ejemplares censados (Figura 6-22). En términos generales, la abundancia de flamencos en el Sistema de Aguas de Quelana se ha mantenido estable durante los doce años de monitoreo, con excepción de la campaña 2006, en donde se registró una alta abundancia de ejemplares.

Figura 6-22. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 al 2017

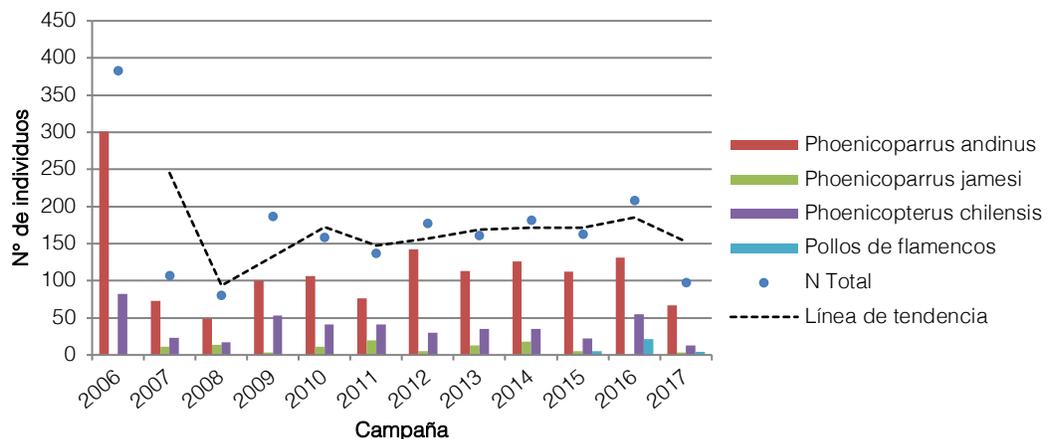
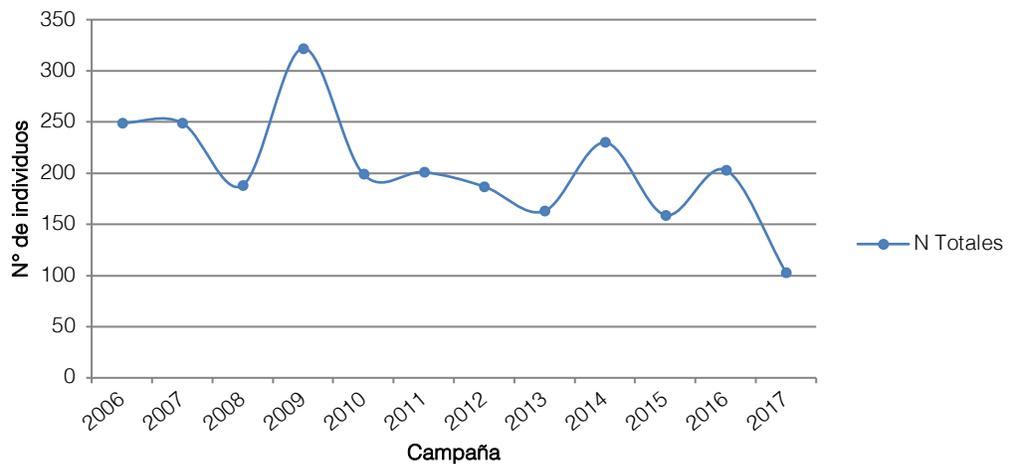


Figura 6-22. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 al 2017

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las restantes especies de aves se observa una tendencia hacia la disminución en el número de registros, con incrementos puntuales en los años 2009, 2014 y 2016 (Figura 6-23). El análisis de los datos indica que estas variaciones se deben principalmente a la disminución o incremento de las especies con registro continuo durante el PSA en el sector (Tabla 6-15). Estas especies más frecuentes, son también las más abundantes, contribuyendo en forma importante al número total de ejemplares registrados cada año, por lo que su variación se traduce en las fluctuaciones de las abundancias observadas. Por otra parte, es importante considerar que el Sistema de Aguas de Quelana es el cuerpo lacustre de menor superficie y está constituido por varias lagunas de dimensiones variables en el tiempo. El carácter fluctuante, con reducción o aumento de estas lagunas, puede generar efectos en cobertura de la vegetación, refugio, y alimentación, esenciales para estas aves. La disminución en el número de individuos es una tendencia que debe ser confirmada en los monitoreos futuros, especialmente considerando las variaciones observadas durante las distintas campañas del PSA.

Figura 6-23. Abundancia de especies de aves en Sistema Aguas de Quelana (sin flamencos). Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se destaca que el Sistema de Aguas de Quelana es el que presenta la mayor riqueza entre los sistemas lacustres, con una riqueza de 22 especies observadas en los doce años de seguimiento (Tabla 6-15). Esto se relaciona con las condiciones bióticas y abióticas que se aprecian en los cuerpos de agua y su entorno, permitiendo una mayor diversidad de ambientes: presencia de lagunas salobres, afloramientos de agua menos salobre, así como la vegetación presente entorno a las lagunas, lo que proporciona más y diversos recursos (e.g. alimento y refugio) a las distintas especies detectadas.

Tabla 6-15: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006-2017

Indicador	Aguas de Quelana
Riqueza de especies	22
Abundancia promedio*	428,29



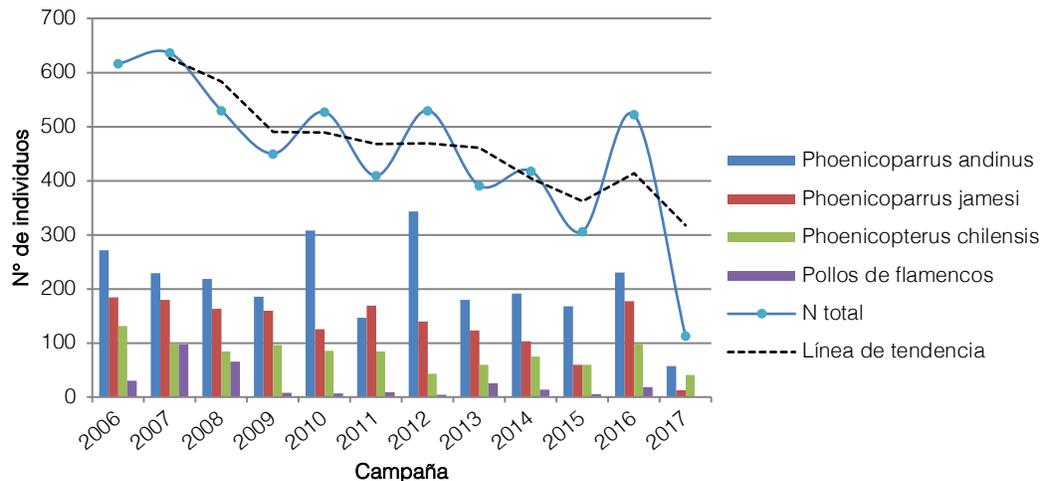
Especies más abundantes (Abundancia promedio*)	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (116,33) <i>Charadrius alticola</i> (69,08) <i>Calidris bairdii</i> (49,25)
Especies con registro continuo durante campañas 2006 al 2017 (Abundancia promedio*)	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (116,33) <i>Charadrius alticola</i> (69,08) <i>Calidris bairdii</i> (49,25) <i>Phoenicopterus chilensis</i> (37,25) <i>Recurvirostra andina</i> (35,17) <i>Anthus correndera</i> (19,75) <i>Lessonia oreas</i> (10,08) <i>Lophonetta specularioides</i> (7,42)

*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
 Fuente: Elaboración propia

6.3.3.4 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Peine

En la campaña actual, en el Sistema Lacustre de Peine se observaron 249 ejemplares de aves pertenecientes a nueve especies, en donde 113 individuos corresponden a alguna de las tres especies de flamencos. Respecto a los censos anteriores, se observa una disminución en la abundancia total de aves (ver el Anexo IX, sección 1.3,2 Tabla 1-6 y Tabla 1-7), que se debe fundamentalmente a la disminución en el número de ejemplares de flamencos registrados durante el presente monitoreo. En la Figura 6-24 se aprecia una notable disminución de la abundancia de flamencos respecto al censo del año 2016, donde se registraron 522 individuos, en tanto que en el censo actual (2017) se observaron 113 ejemplares, con una reducción en el número de individuos, principalmente de la parina grande (*P. andinus*) y de la parina chica (*P. jamesi*). Al hacer el análisis por cuerpo de agua se observa que la reducción de la abundancia es más pronunciada en la Laguna Salada (Figura 6-25). Es importante considerar que la tendencia de los datos históricos muestra una baja sostenida de la abundancia de flamencos en el Sistema Peine y si bien este sector no es un sitio de congregación de individuos reproductivos, lo cual se refleja en la baja abundancia de pollos registrada durante el PSA, debe ponerse atención al bajo número de registros durante la campaña actual y verificar si hay una recuperación en el número de ejemplares o si esta tendencia se confirma en los próximos monitoreos.

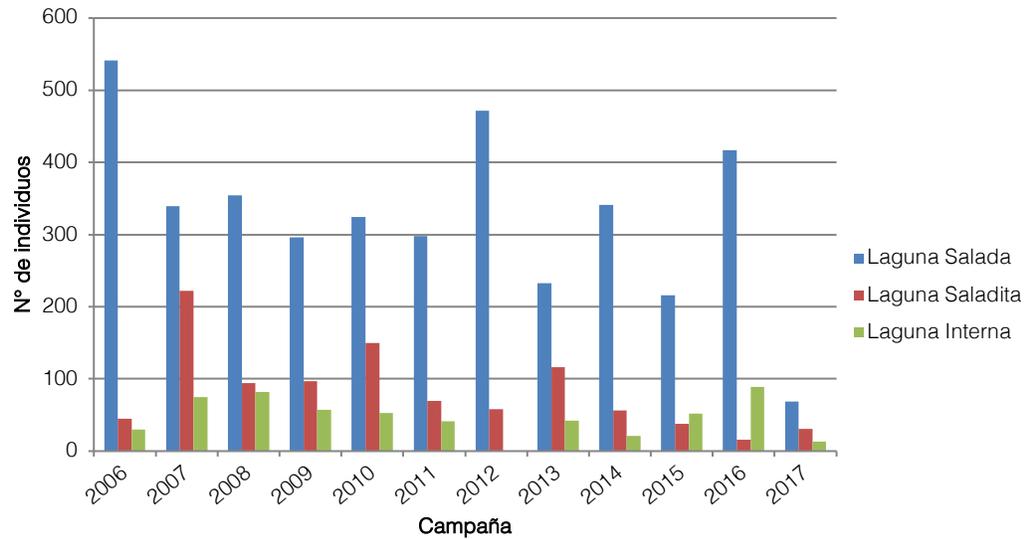
Figura 6-24. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia



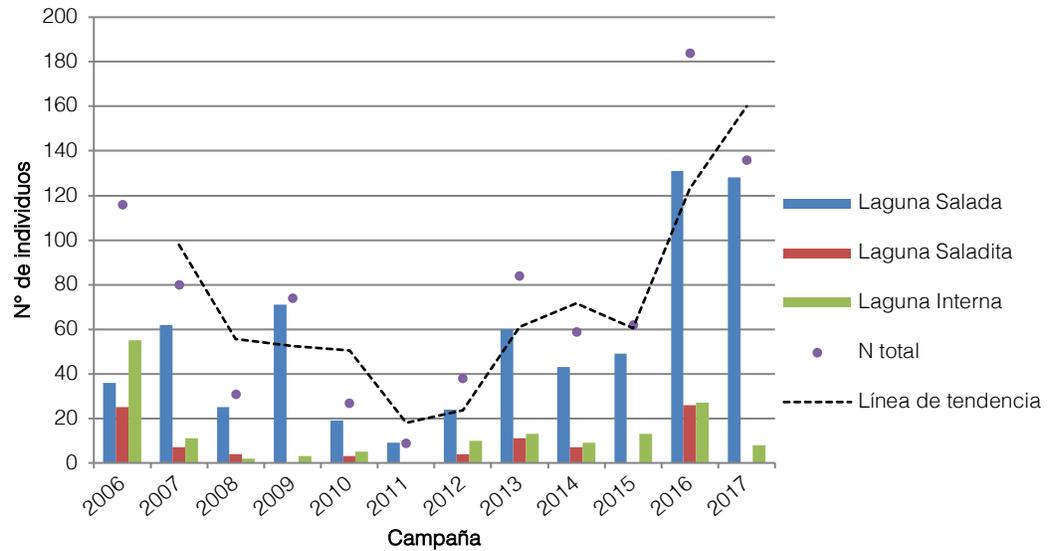
Figura 6-25. Abundancia de flamencos por laguna en el Sistema Peine. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las otras especies de aves registradas en el Sistema Peine, en la temporada 2017 se observa una leve disminución en la abundancia, respecto a la campaña anterior. Sin embargo, la Figura 6-26 muestra que los valores obtenidos se encuentra por sobre el promedio registrado durante los doce años de seguimiento. Los datos históricos muestran una curva 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.

Figura 6-26. Abundancia de especies de aves en Sistema Peine (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que la Laguna Salada es en donde se observa la mayor abundancia de aves, con un promedio de 476,30 individuos registrados durante el PSA, seguido por 169,03 individuos en la Laguna Saladita y 100,64 individuos en Laguna Interna (Tabla 6-16). La riqueza de especies también muestra un patrón similar, con un mayor valor en Laguna Salada, con 15 especies, en donde cuatro especies presentan registros esporádicos, seguido por once especies en Laguna Saladita y diez especies en Laguna Interna.

A modo general, en las tres lagunas las especies dominantes son los flamencos, aunque también hay presencia constante de pollito de mar (*P. tricolor*), caití (*R. andina*), playero de Baird (*C. bairdii*) y chorlo de la puna (*C. alticola*)

Tabla 6-16. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Peine. Campañas 2006-2017

Indicador	Laguna o cuerpo de agua		
	Salada	Saladita	Interna
Riqueza de especies	15	11	10
Abundancia promedio*	476,3	169,0	100,6
Especies más abundantes (Abundancia promedio*)	- <i>Phoenicoparrus andinus</i> (187,50) - <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (85,91) - <i>Phoenicopterus chilensis</i> (48,25)	-Pollos de flamenco (50,33) - <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (36,33) - <i>Phoenicoparrus andinus</i> (27,70)	- <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (27,33) - <i>Phoenicoparrus andinus</i> (24,00) - <i>Phoenicopterus chilensis</i> (10,33)
Especies registradas en un solo cuerpo de agua	<i>Calidris melanotos</i> (27) <i>Anas puna</i> (2) <i>Bubulcus ibis</i> (2) <i>Anas flavirostris oxyptera</i> (1)		<i>Fulica cornuta</i> (1)



Tabla 6-16. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Peine. Campañas 2006-2017

Indicador	Laguna o cuerpo de agua		
	Salada	Saladita	Interna
(Abundancia promedio*)			
Especies compartidas	<i>Calidris bairdii</i> <i>Charadrius alticola</i> <i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i> <i>Phalaropus tricolor</i> <i>Phoenicoparrus andinus</i> <i>Phoenicoparrus jamesi</i> <i>Phoenicopterus chilensis</i> <i>Recurvirostra andina</i>		
	<i>Hirundo rustica</i> <i>Lophonetta specularioides</i> Pollos de flamencos		

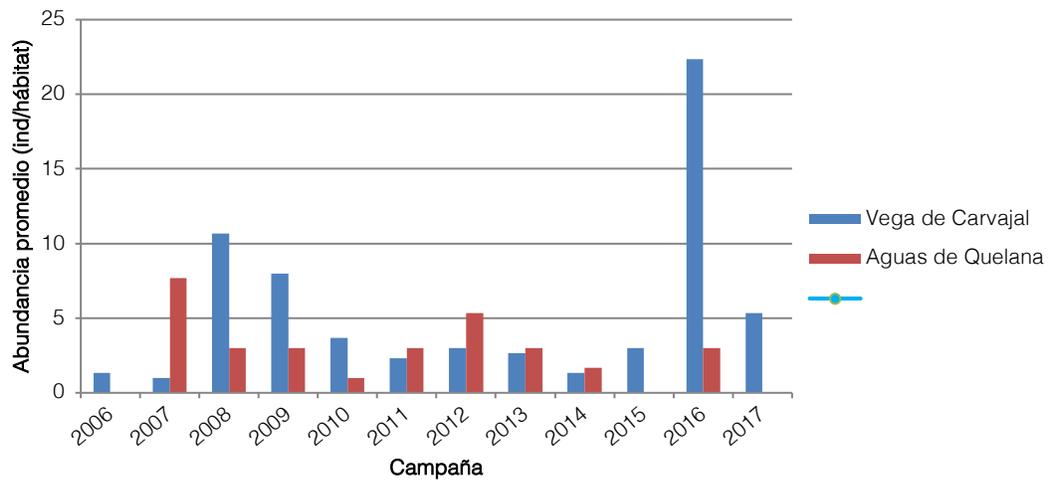
*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
 Fuente: Elaboración propia

6.3.4 Mamíferos

6.3.4.1 Micromamíferos

Durante la actual campaña de monitoreo solo se obtuvieron capturas de micromamíferos en el sector de Vega de Carvajal, en donde se capturó un total de 16 ejemplares pertenecientes a tres especies: *Eligmodontia puerulus*, *Abrothrix andinus* y *Phyllotis xanthopygus*. Esta abundancia representa una disminución respecto a la temporada 2016, en donde se registraron 76 ejemplares, capturados tanto en Vega de Carvajal como en Aguas de Quelana. Sin embargo, se debe considerar que la abundancia registrada en la campaña 2016 corresponde al máximo histórico registrado hasta la fecha, con un valor muy superior a los obtenidos en los restantes monitoreo (Figura 6-27), que se debe a un notable aumento en la abundancia de *A. andinus* en el ambiente de Pajonal, y en menor medida, de *E. puerulus* en el ambiente de Brea-Cachiyuyo en el sector de Vega de Carvajal. El explosivo aumento detectado en los niveles poblacionales de roedores probablemente se debe al aumento de la oferta trófica en el ambiente.

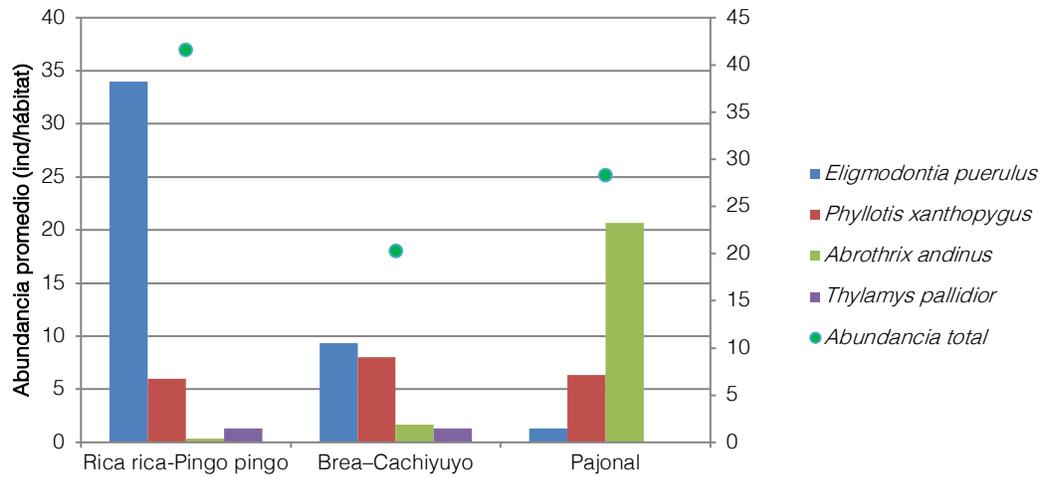
Figura 6-27. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Durante la campaña 2017 la especie más abundante fue *A. andinus*, con 3,67 ind/hábitat en el ambiente de Pajonal, Los registros históricos muestran que esta especie predomina en este ambiente, con una abundancia promedio de 20,66 ind/hábitat (Figura 6-28). En términos generales, la especie más abundante es *E. puerulus*, la que tiene sus mayores registros en el ambiente de Rica rica-Pingo pingo (34 ind/hábitat) y en Brea-Cachiyuyo (9,34 ind/hábitat). En tanto que *P. xanthopygus* ha sido registrada en los tres ambientes con abundancias similares, mientras que la especie con menor número de captura es *T. pallidior*, la que no ha sido registrada hasta fecha en el ambiente de Pajonal. Similar a lo que ocurre con los reptiles, se observa que el ensamble de roedores varía en los ambientes prospectados, en donde la laucha andina (*A. andinus*) en el Altiplano, es encuentra asociado a sectores con humedad y cercanos a cursos de agua, en tanto que la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) en los sectores prospectados tiene preferencia por sitios de arbustos bajos.

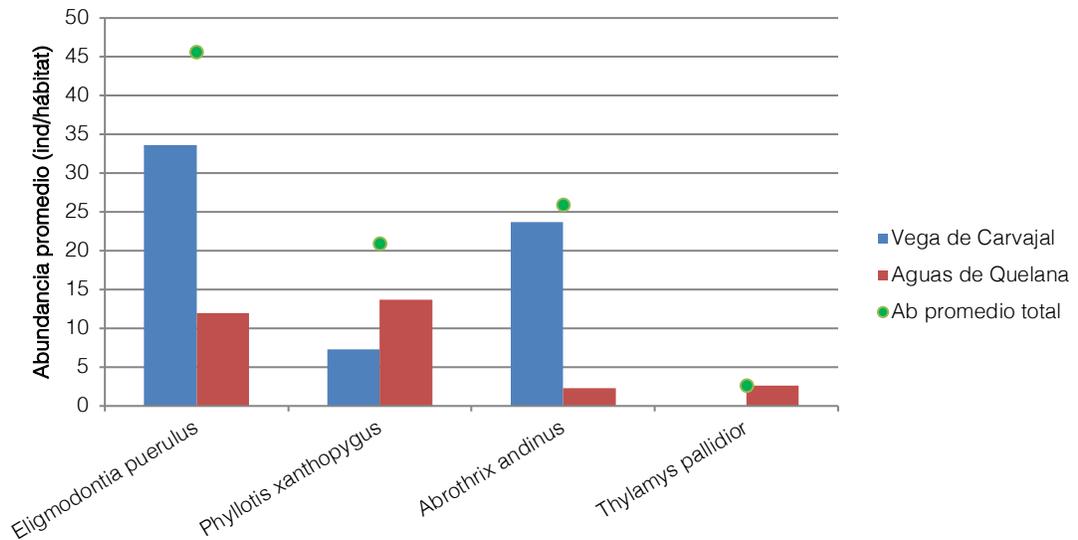
Figura 6-28. Abundancia de micromamíferos por ambiente en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2017



Fuente: Elaboración propia

Respecto a los sectores de estudio, la mayor riqueza de especies se observa en Aguas de Quelana, con cuatro especies capturadas durante el PSA, mientras que en Vega de Carvajal se han capturado tres especies y a la fecha, no se ha registrado la presencia de *T. pallidior* (Figura 6-29). En cuanto a la abundancia, el Sector de Vega de Carvajal destaca por presentar un mayor número de micromamíferos capturados, con una abundancia promedio de 64,65 ind/hábitat, en donde el mayor número de ejemplares corresponde a *E. puerulus*, seguido por *A. andinus* y *P. xanthopygus*. En tanto que en Aguas de Quelana la abundancia promedio es de 30,65 ind/hábitat, con dominancia de *P. xanthopygus* y *E. puerulus*, mientras que *T. pallidior* y *A. andinus* son las especies menos abundantes. Cabe señalar que en las campañas 2006, 2015 y 2017 no se registraron capturas de micromamíferos en Aguas de Quelana.

Figura 6-29. Abundancia de micromamíferos por especie en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2017



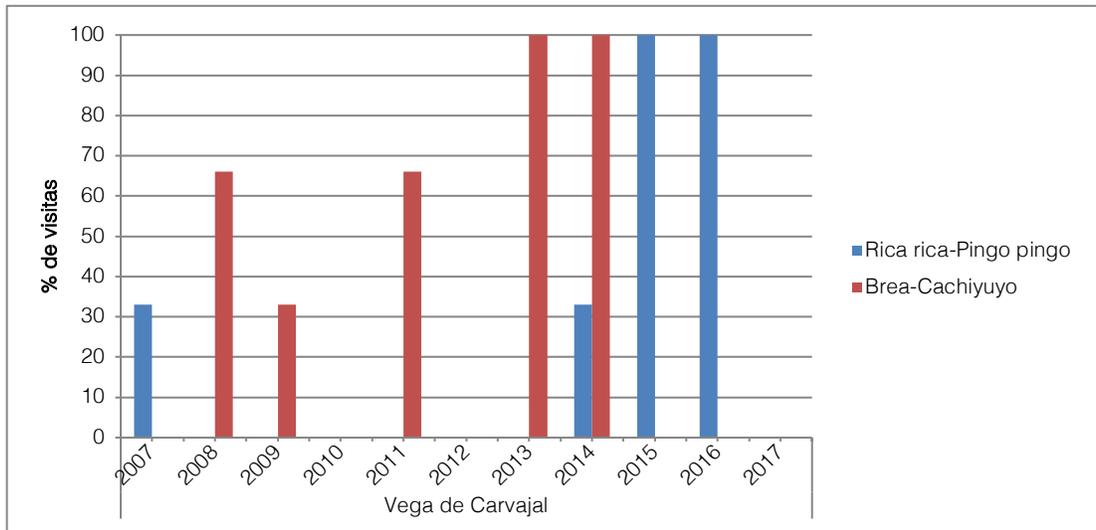
Fuente: Elaboración propia

6.3.4.2 Macromamíferos

En el monitoreo actual, las trampas olfativas registraron en dos estaciones la presencia de *Pseudalopex sp* (zorro), mientras que en las otras dos estaciones se registraron ungulados, reptiles y roedores. Adicionalmente, a partir de evidencia indirecta (huellas y fecas), se constató la presencia de zorro en otros ambientes y sectores dentro del área de estudio.

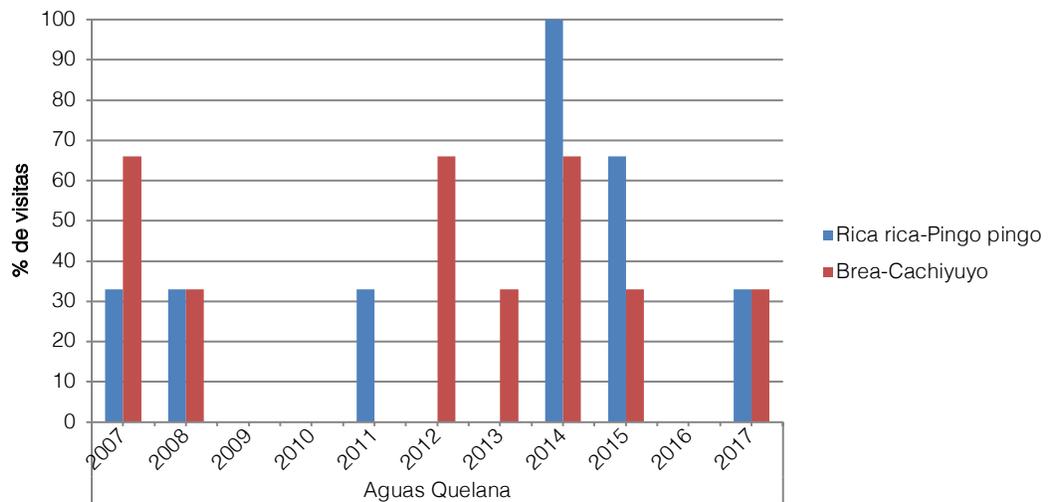
A lo largo del PSA se ha constatado la presencia de zorro, utilizando las estaciones olfativas, en prácticamente todos los años de monitoreo, a excepción de la campaña 2012, donde no hubo registros de esta especie. La comparación interanual del número de visitas muestra variaciones aleatorias en los dos sectores y ambientes (Figura 6-30 y Figura 6-31), pero en términos generales se observa un mayor número de visitas de zorro en el ambiente de Brea Cachiyuyo del sector de Vegas de Carvajal, mientras que el menor porcentaje se obtiene en el ambiente de Rica rica-Pingo pingo del sector de Aguas de Quelana (Figura 6-32). Sin embargo, estos resultados no muestran diferencias significativas en los valores obtenidos. Lo anterior sumado con el patrón azaroso del número de visitas, da cuenta del amplio ámbito de hogar de esta especie. Estos resultados son corroborados, durante el monitoreo actual, por la presencia de fecas y huellas de zorro en cuatro ambientes y en tres sectores. Esto permite sostener lo planteado en monitoreos anteriores que dan cuenta del amplio ámbito de hogar y uso del territorio que presenta esta especie, recorriendo los diferentes sectores del borde Este del Salar de Atacama.

Figura 6-30. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 al 2017



Fuente: Elaboración propia

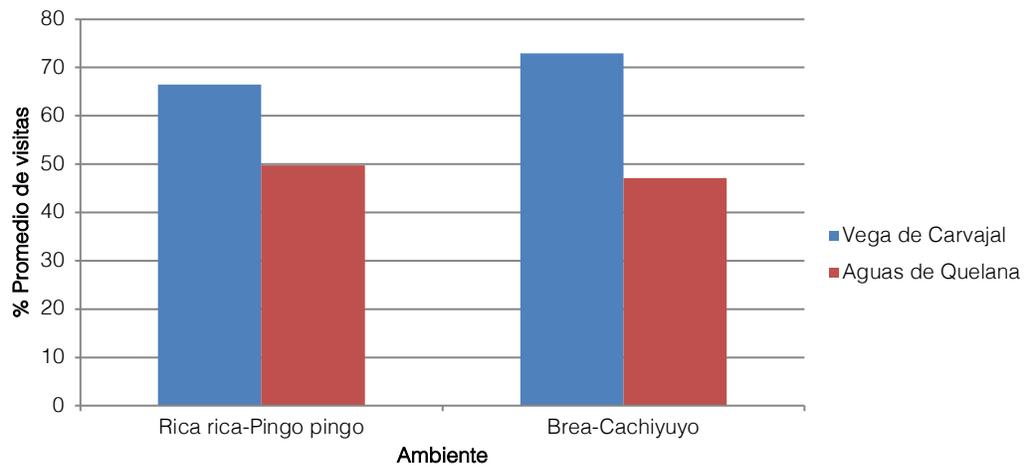
Figura 6-31. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 al 2017



Fuente: Elaboración propia



Figura 6-32. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* en estaciones olfativas. Campañas 2007 al 2017



Fuente: Elaboración propia

6.4 Biota Acuática

A continuación, se discuten los resultados obtenidos en el monitoreo de biota acuática realizado en abril de 2017. Se realiza un análisis de la evolución histórica de todos los parámetros comprometidos, de acuerdo a lo establecido en el considerando 10.6 de la RCA N°226/2006.

Para comparar los resultados de los distintos años entre sí se utilizó la prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* con un nivel de significancia (α) de 0,05. Cuando el test arrojó diferencias estadísticamente significativas, se realizó la prueba *post-hoc* de *Dunn-Sidak* ($\alpha=0,05$), para identificar los pares de campañas que presentaron las diferencias (comparación múltiple).

6.4.1 Medio Abiótico

6.4.1.1 Temperatura.

La Figura 6-33, Figura 6-34, Figura 6-35 y Figura 6-36, muestra gráficamente la evolución temporal de la temperatura en los distintos sistemas lagunares para el periodo 2006 - 2017. La estadística descriptiva de esta variable se presenta en la Tabla 6-17, Tabla 6-18, Tabla 6-19 y Tabla 6-20.

La temperatura en los sistemas lacustres estudiados presenta una alta variabilidad diaria, por ende no es posible efectuar interpretaciones concluyentes en base a la comparación de mediciones puntuales de frecuencia anual, dado que cada registro representa la temperatura de un momento particular. De todas formas, a continuación se discute la evolución temporal de este parámetro en cada uno de los sistemas lacustres.

I. Temperatura: Sistema Puilar.

En el sistema hidrológico Puilar se han registrado temperaturas promedio entre 7,5 °C (2014) y 27,3 °C (2017). Los valores de las medianas por año muestran un rango de variación que va desde 7,7 °C (2014) a 27,2 °C (2012). La estadística descriptiva se muestra en la Tabla 6-17.

La evolución temporal de la temperatura monitoreada desde el año 2006 hasta el año 2017 se presenta en la Figura 6-33. Al comparar los distintos años mediante la prueba de *Kruskal-Wallis*, se observa que existen diferencias significativas entre ellos. Estas diferencias probablemente se explican por las amplias variaciones diarias, lo que implica que mediciones realizadas en distintas horas del día presenten valores con importantes diferencias. En concordancia con lo anterior, no se observa un comportamiento de tendencia respecto a este parámetro.

Tabla 6-17. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	17,1	3,0	17,3	13,7	21,7	14,7	17,2	19,6
2007	5	24,6	1,7	7,0	23,0	27,4	23,4	23,9	26,3
2008	5	15,5	2,7	17,2	11,6	18,2	13,0	15,7	18,0
2009	5	13,8	3,4	25,0	10,0	17,5	10,1	15,4	16,6
2010	5	13,5	2,0	15,1	11,1	16,7	11,9	13,6	15,2
2011	5	21,1	3,4	15,9	15,7	24,0	18,2	21,4	23,9
2012	5	26,5	1,7	6,5	23,5	27,8	25,2	27,2	27,6
2013	2	27,0	2,8	10,5	25,0	29,0	*	27,0	*
2014	4	7,5	2,5	33,2	4,2	10,2	5,0	7,7	9,6

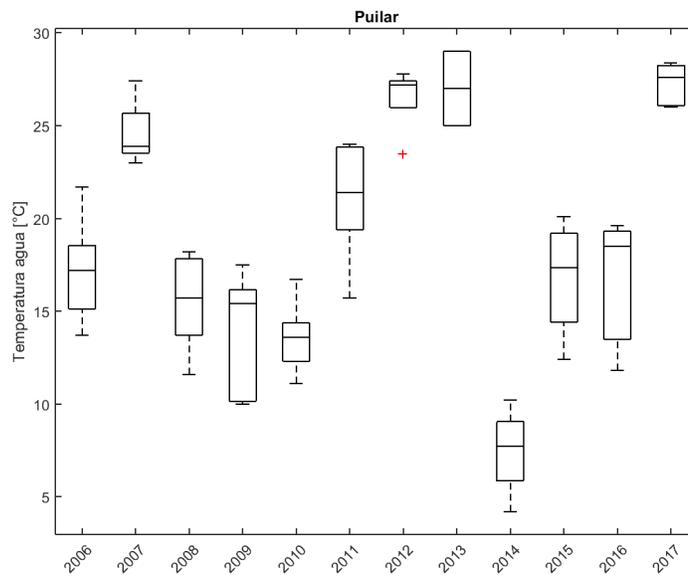
Tabla 6-17. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2015	4	16,8	3,3	19,6	12,4	20,1	13,4	17,4	19,7
2016	3	16,6	4,2	25,4	11,8	19,6	11,8	18,5	19,6
2017	5	27,3	1,1	4,2	26,0	28,4	26,1	27,6	28,3

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente:UCN

Figura 6-33. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa a la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Temperatura: Sistema Soncor.

En el sistema Soncor la temperatura promedio osciló desde un mínimo de 16,9 °C (2014), hasta un máximo de 29,8 °C (2016). Por su parte, las medianas presentaron valores mínimos y máximos de 16,7 °C y 29,8 °C (2010 y 2016, respectivamente). La estadística descriptiva para cada año de monitoreo se muestra en la Tabla 6-18.

La prueba de *Kruskal-Wallis* para el sistema Soncor, muestra que hay diferencias significativas entre las mediciones anuales lo que también puede apreciarse gráficamente en la Figura 6-34. Al igual que en el sistema Puilar, la existencia de estas diferencias puede deberse a las amplias fluctuaciones diarias que experimenta este parámetro en el sector, sin evidenciarse un comportamiento de tendencia.



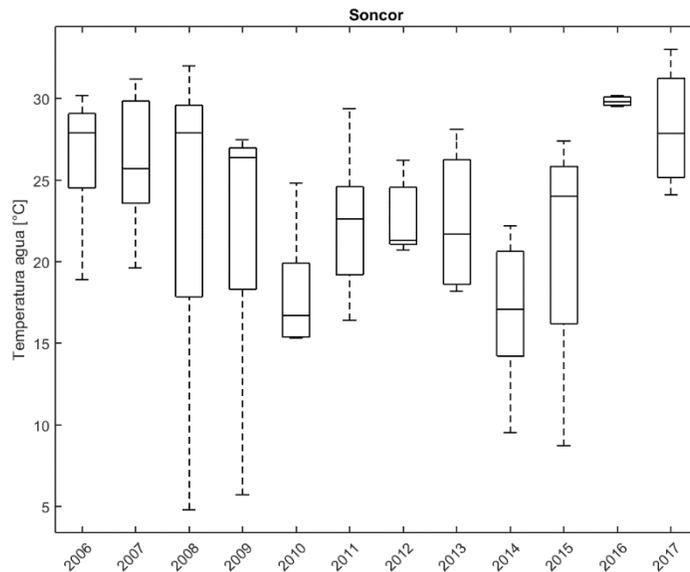
Tabla 6-18. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	26,4	4,4	16,7	18,9	30,2	22,7	27,9	29,5
2007	5	26,2	4,5	17,2	19,6	31,2	22,3	25,7	30,3
2008	5	23,1	10,8	46,9	4,8	32,0	13,5	27,9	30,4
2009	5	21,8	9,2	42,2	5,7	27,5	14,1	26,4	27,2
2010	5	18,1	3,9	21,8	15,3	24,8	15,4	16,7	21,6
2011	5	22,3	4,8	21,3	16,4	29,4	18,3	22,6	26,2
2012	5	22,7	2,4	10,4	20,7	26,2	21,0	21,3	25,1
2013	4	22,4	4,7	20,9	18,2	28,1	18,4	21,7	27,2
2014	5	16,9	4,9	28,7	9,5	22,2	12,7	17,1	21,2
2015	4	21,0	8,4	39,8	8,7	27,4	12,5	24,0	26,6
2016	3	29,8	0,4	1,2	29,5	30,2	29,5	29,8	30,2
2017	4	28,2	3,9	13,8	24,1	33,0	24,6	27,9	32,1

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-34. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa a la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



III. Temperatura: Sistema Aguas de Quelana

Las temperaturas en el sistema Aguas de Quelana muestran un promedio mínimo 18,9 °C (año 2016); mediana mínima de 18,8 °C (año 2007), y un promedio máximo de 29,0 °C y mediana máxima de 29,0 °C, ambos registrados el año 2017. Cabe señalar que de acuerdo a lo indicado en el informe de monitoreo incluido en el Anexo IX, durante la campaña de 2017 sólo se pudo obtener mediciones en una única estación del sector Aguas de Quelana, por lo que los resultados obtenidos podrían no ser representativos del comportamiento del sistema global. La estadística descriptiva completa se presenta en la Tabla 6-19 y su expresión gráfica se ilustra en la Figura 6-35.

La prueba de *Kruskal-Wallis* entre los datos anuales en este sistema indica que no existen diferencias significativas entre ellas, sin evidenciarse un comportamiento de tendencia.

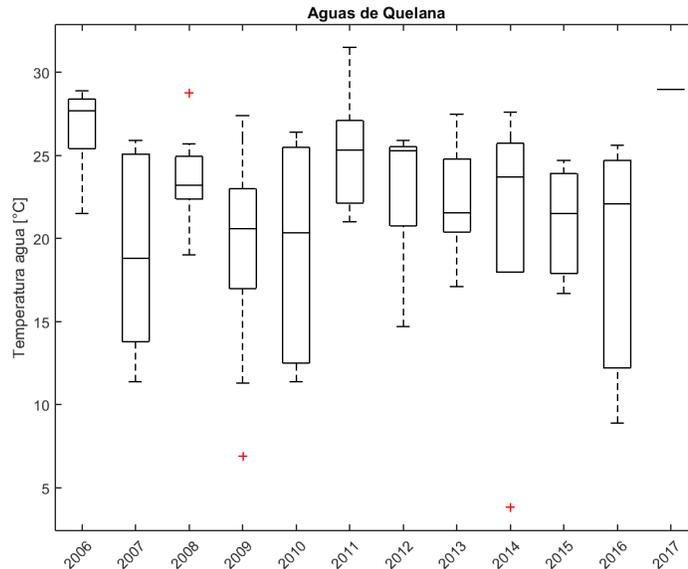
Tabla 6-19. Estadística descriptiva de la temperatura registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	26,5	2,6	9,8	21,5	28,9	25,4	27,7	28,6
2007	10	19,3	5,6	29,0	11,4	25,9	13,3	18,8	25,2
2008	9	23,7	2,7	11,5	19,0	28,8	22,3	23,2	25,2
2009	10	19,6	6,4	32,6	6,9	27,4	15,6	20,6	23,9
2010	10	19,2	6,7	35,0	11,4	26,4	12,3	20,4	25,6
2011	8	25,2	3,5	13,8	21,0	31,5	21,8	25,4	27,2
2012	5	22,8	4,7	20,6	14,7	25,9	18,8	25,3	25,7
2013	6	22,2	3,6	16,3	17,1	27,5	19,6	21,6	25,5
2014	5	20,6	9,6	46,4	3,8	27,6	13,3	23,7	26,4
2015	3	21,0	4,0	19,2	16,7	24,7	16,7	21,5	24,7
2016	3	18,9	8,8	46,7	8,9	25,6	8,9	22,1	25,6
2017	1	29,0	0,0	0,0	29,0	29,0	*	29,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-35. Evolución temporal de la temperatura en el Sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Temperatura: Sistema Peine.

Los estadígrafos de las temperaturas registradas en el sistema Peine durante los muestreos anuales, se muestran en la Tabla 6-20, evidenciando promedios entre 9,2 y 29,2 °C (años 2013 y 2017 respectivamente). La prueba de Kruskal-Wallis para la comparación entre los distintos años, muestra que hay diferencias significativas entre ellos, las que pueden apreciarse en la Figura 6-36.

Al igual que en los sistemas Puilar y Soncor, no se observa un comportamiento de tendencia y la existencia de diferencias estadísticamente significativas probablemente se deba a las amplias fluctuaciones diarias que experimenta este parámetro en el sector.

Tabla 6-20. Estadística descriptiva de temperaturas registradas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	15,6	2,1	13,5	13,3	18,7	13,7	15,7	17,4
2007	5	20,3	0,5	2,5	19,7	21,0	19,9	20,2	20,8
2008	4	12,7	4,3	33,9	7,9	18,0	8,7	12,4	17,0
2009	5	16,7	4,4	26,3	11,8	21,8	12,3	17,4	20,9
2010	5	18,5	2,0	10,9	15,8	21,3	16,8	18,7	20,3
2011	5	12,5	5,0	40,1	7,3	18,9	8,0	11,1	17,7
2012	5	12,6	1,2	9,9	11,0	14,0	11,3	12,9	13,7
2013	5	9,2	3,9	42,7	5,2	14,2	5,4	9,0	13,1



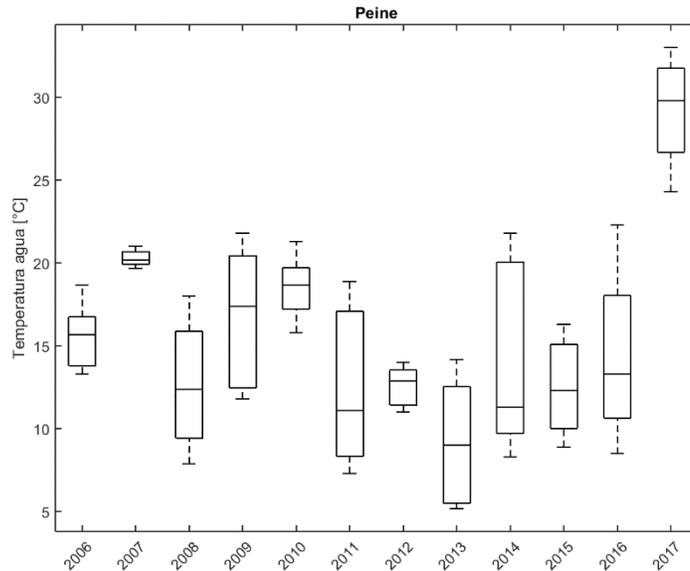
Tabla 6-20. Estadística descriptiva de temperaturas registradas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

2014	5	14,2	6,0	42,4	8,3	21,8	9,3	11,3	20,7
2015	5	12,5	3,0	24,2	8,9	16,3	9,7	12,3	15,5
2016	4	14,4	5,8	40,3	8,5	22,3	9,6	13,3	20,2
2017	4	29,2	3,7	12,5	24,3	33,0	25,5	29,8	32,4

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-36. Evolución temporal de la temperatura en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Como se mencionó anteriormente, el registro de mediciones puntuales de frecuencia anual dificulta la evaluación del comportamiento y evolución de la temperatura en el tiempo. No obstante lo anterior, la información disponible no evidencia tendencias de aumento o disminución de este parámetro en los cuatro sistemas considerados en el monitoreo.

6.4.1.2 pH

La Figura 6-37, Figura 6-38, Figura 6-39 y Figura 6-40 muestra gráficamente cómo se expresó la variable pH en cada sistema del Salar de Atacama, registrada como medición puntual en cada estación durante cada campaña de terreno, entre los años 2006 y 2017. La estadística descriptiva de esta variable se muestra en la Tabla 6-21, Tabla 6-22, Tabla 6-23 y Tabla 6-24.

Los datos registrados y la alta representatividad de las estaciones de cada sistema hidrológico, constituye una importante base comparativa entre sistemas, los que presentaron medianas que van desde los 7,0 y



8,6, denotando poca variación entre sistemas. El pH en los cuerpos de agua al interior del salar se encuentra en un rango levemente superior al neutral (pH=7.0), con tendencias hacia aguas alcalinas (pH=8 +). En términos generales, Jain et al. (1981) indican que el rango aceptable para la existencia saludable de peces en un cuerpo de agua, es entre pH=5 y pH=9. Bajo el primero y sobre el segundo, se esperarían efectos tóxicos, con manifestación evidente de mortalidad. Considerando estos estándares, todas las mediciones realizadas durante el periodo 2006 – 2017, en todas las estaciones y sistemas se han encontrado dentro del rango aceptable para la vida acuática, a excepción de un único valor puntual obtenido durante el año 2017 en el sistema Soncor. El mínimo registrado para todas las campañas corresponde a 6,21 y el máximo a 9,31. No obstante, como existen especificidades de los sistemas acuáticos, una mejor forma de apreciar cambios importantes se logra evaluando las desviaciones del parámetro respecto de una media histórica, la que podría estar entre 7,5 y 8,3.

I. pH: Sistema Puilar

En una visión comparativa en el tiempo del sistema hidrológico de Puilar, se observó que los valores extremos de este parámetro registrados entre los años 2006 y 2017 muestran un promedio mínimo de 7,71 (mediana= 7,3), registrado en el año 2015, y uno máximo de 8,55 (mediana=8,58), registrado en el monitoreo del año 2012 (Tabla 6-21).

La gráfica de la Figura 6-37 ilustra la evolución temporal del pH durante el periodo 2006-2017. Se aprecia un parámetro estable en el tiempo, excepto los años 2014 y 2015, que muestran los promedios y medianas más bajas, con valores extremos bajo la tendencia histórica. De todas formas, todos los registros de estos dos años se encuentran en el rango neutro-alcalino. Al comparar los valores de pH registrados en el sistema Puilar durante el periodo 2006-2017, la prueba de *Kruskal-Wallis* muestra que existen diferencias significativas entre los datos. Sin embargo, el test de Dunn no arroja diferencias significativas entre los pares de campañas.

Tabla 6-21. Estadística descriptiva de los valores de pH registrados en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

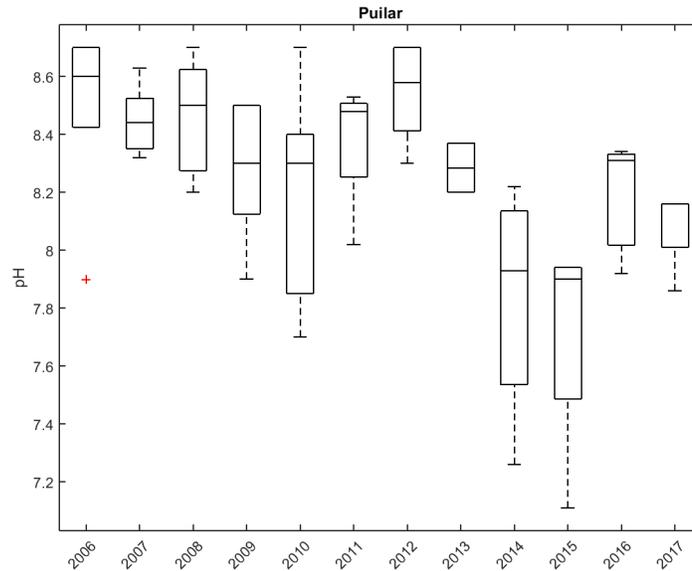
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	8,50	0,34	3,99	7,90	8,70	8,25	8,60	8,70
2007	5	8,45	0,12	1,44	8,32	8,63	8,34	8,44	8,56
2008	5	8,46	0,21	2,45	8,20	8,70	8,25	8,50	8,65
2009	5	8,28	0,25	3,01	7,90	8,50	8,05	8,30	8,50
2010	5	8,18	0,39	4,77	7,70	8,70	7,80	8,30	8,50
2011	5	8,37	0,21	2,52	8,02	8,53	8,18	8,48	8,52
2012	5	8,55	0,17	2,01	8,30	8,70	8,38	8,58	8,70
2013	2	8,29	0,12	1,45	8,20	8,37	*	8,29	*
2014	4	7,84	0,42	5,34	7,26	8,22	7,40	7,93	8,18
2015	4	7,71	0,40	5,23	7,11	7,94	7,30	7,90	7,94
2016	3	8,19	0,23	2,86	7,92	8,34	7,92	8,31	8,34
2017	5	8,08	0,13	1,61	7,86	8,16	7,96	8,16	8,16

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



Figura 6-37. Evolución temporal del pH en el Sistema Puilar, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. pH: Sistema Soncor

Los estadígrafos que describen el pH a través del tiempo en el sistema hidrológico de Soncor se muestran en la Tabla 6-22. Los promedios mínimos y máximos, con sus respectivas medianas fueron: Promedio= 6,65; mediana= 6,71 durante el año 2014, y promedio= 8,45; mediana= 8,47, en el año 2017.

La Figura 6-38 muestra la evolución temporal del pH en el sistema Soncor. Al comparar los resultados de las distintas campañas entre sí, utilizando la prueba de *Kruskal-Wallis*, se observa que hay diferencias significativas entre ellas. Las campañas que presentaron diferencias corresponden al año 2014 con los años 2012 y 2017. Esto puede apreciarse en la Figura 6-38, donde se observa que el año 2014 el pH escapó de los límites que presenta el resto de los estadígrafos de la serie de tiempo. Cabe señalar que los registros históricos no muestran un comportamiento de tendencia de incremento o disminución del pH.

Tabla 6-22. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Min.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	7,66	0,34	4,39	7,20	7,90	7,30	7,90	7,90
2007	5	7,90	0,08	1,00	7,82	8,03	7,85	7,88	7,96
2008	5	7,75	0,27	3,45	7,44	8,02	7,47	7,88	7,98
2009	5	7,75	0,16	2,02	7,53	7,94	7,61	7,74	7,89
2010	5	7,60	0,23	3,09	7,20	7,80	7,40	7,70	7,75
2011	5	7,79	0,05	0,67	7,74	7,86	7,75	7,77	7,85



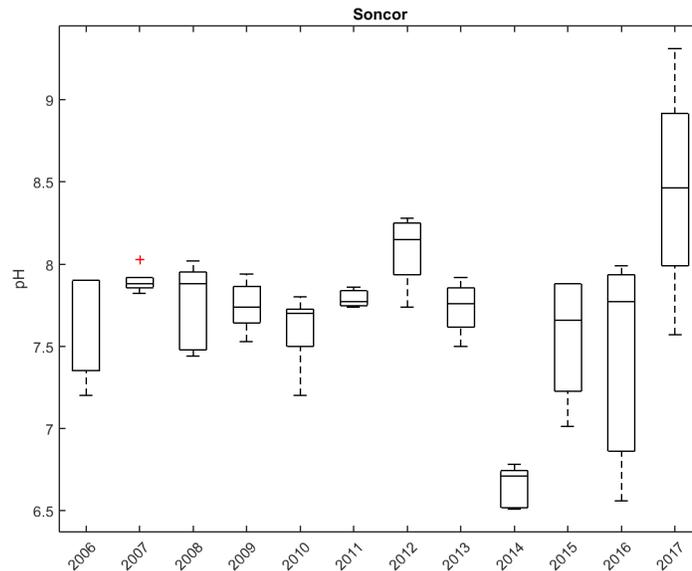
Tabla 6-22. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2012	5	8,08	0,22	2,71	7,74	8,28	7,87	8,15	8,26
2013	4	7,74	0,18	2,27	7,50	7,92	7,56	7,76	7,89
2014	5	6,65	0,13	1,89	6,51	6,78	6,52	6,71	6,76
2015	4	7,55	0,42	5,52	7,01	7,88	7,12	7,66	7,88
2016	3	7,44	0,77	10,35	6,56	7,99	6,56	7,77	7,99
2017	4	8,45	0,71	8,42	7,57	9,31	7,78	8,47	9,11

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25% de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos);

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-38. Evolución temporal del pH en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. pH: Sistema Aguas de Quelana

Los estadígrafos que describen el pH a través del tiempo en el sistema hidrológico Aguas de Quelana se muestran en la Tabla 6-23. Los promedios mínimos y máximos, con sus respectivas medianas fueron: promedio= 7,04 y mediana= 6,87 (año 2014), y promedio= 8,29 y mediana= 8,2 (año 2008).

La Figura 6-39 muestra la evolución temporal del pH en este sistema, donde se observa un comportamiento estable con un mínimo ocurrido el año 2014. Al comparar los valores de pH entre las distintas campañas, la prueba de *Kruskal-Wallis* indica que hay diferencias significativas entre ellas. Esta diferencia se encuentra entre el año 2014 y el año 2008. Esto puede observarse gráficamente en la Figura 6-39, donde



similar a lo observado en los sistemas Puillar y Soncor, el año 2014 fue el que presentó el menor valor de todo el periodo.

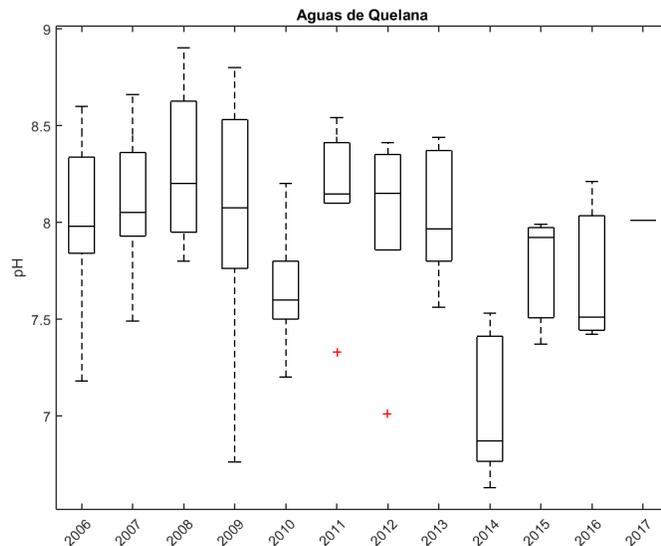
Tabla 6-23. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	7	8,01	0,46	5,73	7,18	8,60	7,82	7,98	8,37
2007	10	8,09	0,33	4,07	7,49	8,66	7,90	8,05	8,37
2008	9	8,29	0,39	4,73	7,80	8,90	7,90	8,20	8,65
2009	10	8,06	0,60	7,40	6,76	8,80	7,76	8,08	8,57
2010	10	7,66	0,28	3,60	7,20	8,20	7,50	7,60	7,83
2011	8	8,15	0,37	4,59	7,33	8,54	8,10	8,15	8,45
2012	5	8,01	0,57	7,12	7,01	8,41	7,58	8,15	8,37
2013	6	8,02	0,34	4,22	7,56	8,44	7,74	7,97	8,39
2014	5	7,04	0,39	5,49	6,63	7,53	6,72	6,87	7,45
2015	3	7,76	0,34	4,38	7,37	7,99	7,37	7,92	7,99
2016	3	7,71	0,43	5,61	7,42	8,21	7,42	7,51	8,21
2017	1	8,01	0,00	0,00	8,01	8,01	*	8,01	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-39. Evolución temporal del pH en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



IV. pH: Sistema Peine

Los estadígrafos que describen el pH a través del tiempo en el sistema hidrológico Peine se muestran en la Tabla 6-24. Los promedios mínimos y máximos, con sus respectivas medianas fueron: promedio= 7,09 y mediana= 6,99 (año 2014), y promedio= 8,67 y mediana= 8,6 (año 2012), respectivamente.

La Figura 6-40 muestra la evolución temporal del pH en el sistema Peine. Al comparar los valores de pH registrados en las distintas campañas, desde el año 2006 hasta el año 2017, la prueba de *Kruskal-Wallis* muestra que hay diferencias significativas entre ellas. El test *post-hoc* indica que estas diferencias se encuentran entre el año 2010 y el año 2012; y entre el año 2012 y los años 2014 y 2015; y entre el año 2013 y el año 2014. Si bien esta variable es relativamente estable en el tiempo, se observan la ocurrencia de eventos moderados y puntuales de alcalinización (2012) y acidificación (2014; Figura 6-40).

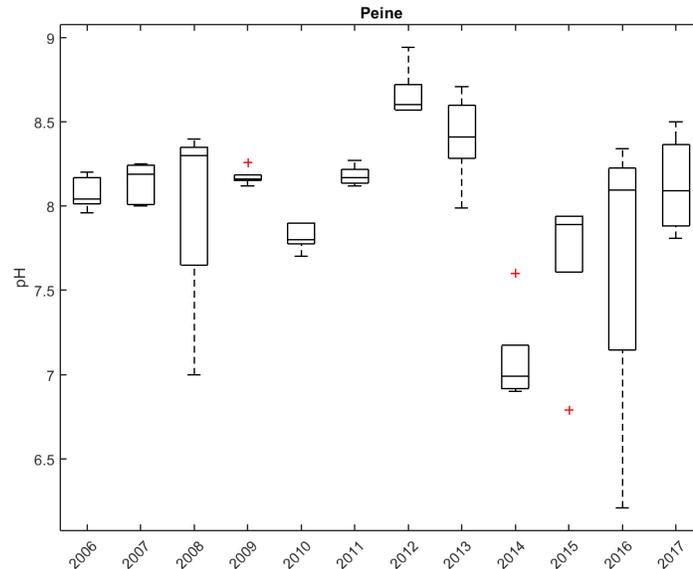
Tabla 6-24. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	8,08	0,10	1,23	7,96	8,20	8,00	8,04	8,18
2007	5	8,14	0,12	1,52	8,00	8,25	8,01	8,19	8,25
2008	4	8,00	0,67	8,35	7,00	8,40	7,33	8,30	8,38
2009	5	8,17	0,05	0,64	8,12	8,26	8,14	8,16	8,21
2010	5	7,82	0,08	1,07	7,70	7,90	7,75	7,80	7,90
2011	5	8,18	0,06	0,72	8,12	8,27	8,13	8,17	8,24
2012	5	8,67	0,16	1,81	8,57	8,94	8,57	8,60	8,80
2013	5	8,41	0,27	3,20	7,99	8,71	8,19	8,41	8,64
2014	5	7,09	0,29	4,11	6,90	7,60	6,91	6,99	7,32
2015	5	7,69	0,50	6,54	6,79	7,94	7,34	7,89	7,94
2016	4	7,69	0,99	12,88	6,21	8,34	6,68	8,10	8,28
2017	4	8,12	0,31	3,77	7,81	8,50	7,85	8,09	8,43

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente:UCN

Figura 6-40. Evolución temporal del pH en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Aunando los resultados presentados en esta sección, se observa que en general el pH muestra muy poca variación del patrón histórico en los sistemas. La única excepción corresponde a las mediciones realizadas el año 2014 donde se registraron valores de pH consistentemente menores. Esto último indica que la causa de la disminución correspondería a un fenómeno a nivel general y acotado en el tiempo (ej. variaciones naturales) o metodológico, y no a factores locales.

6.4.1.3 Conductividad Eléctrica (mS/cm) del Agua

La Figura 6-41, Figura 6-42, Figura 6-43 y Figura 6-44 muestran gráficamente cómo se expresó la variable CE en cada sistema hidrológico monitoreado del Salar, registradas como medición puntual durante cada campaña de terreno efectuada entre los años 2006 y 2017. La estadística descriptiva de esta variable se muestra en la Tabla 6-25, Tabla 6-26, Tabla 6-27 y Tabla 6-28.

La CE permite tener una aproximación de la concentración de sustancias disueltas (ionizadas) en el agua. La mayoría de los compuestos inorgánicos disueltos están en estas condiciones, los que en conjunto contribuyen en la CE de la muestra (Sawyer y McCarty, 1978). De esta forma, es posible obtener una estimación práctica de las variaciones del contenido de minerales disueltos en el agua, lo cual tiene un especial significado para evaluar una de las características claves para el desarrollo de los organismos que conforman los sistemas ecológicos de las lagunas y cuerpos de agua superficiales del sector (Tabla 5-32).

I. Conductividad eléctrica: Sistema Puilar.

Los estadígrafos para la CE registrada en el sistema Puilar durante el periodo 2006- 2017 se muestran en la Tabla 6-25 y su expresión gráfica se expone en la Figura 6-41.

Los valores de los promedios de la serie de tiempo, presentaron un mínimo de 25,5 mS/cm (año 2013) y un máximo de 55,0 mS/cm (año 2015). Todos sus estadígrafos se presentan dentro de un rango acotado, en que la menor mediana fue de 24,6 mS/cm (año 2009) y la mayor, de 42,7 mS/cm (año 2015). De acuerdo al análisis de *Kruskal-Wallis* no existen diferencias significativas entre los monitoreos realizados, lo que puede también notarse gráficamente en la Figura 6-41.

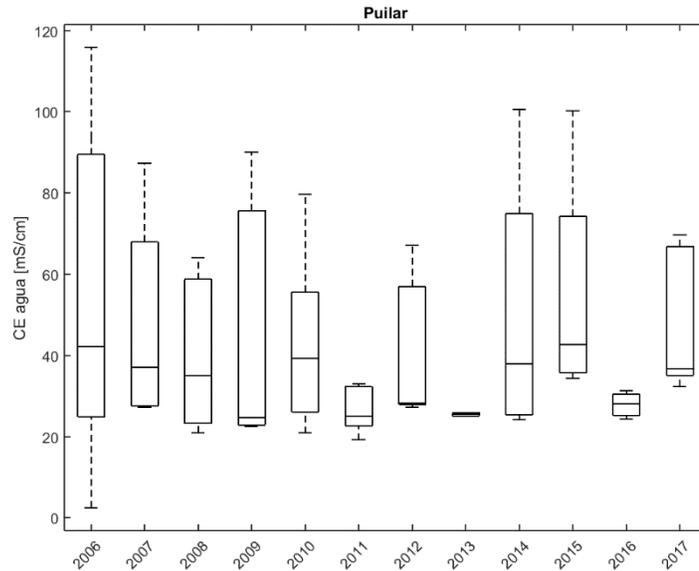
Tabla 6-25. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	54,7	44,1	80,7	2,5	115,8	17,5	42,1	98,3
2007	5	48,2	25,9	53,8	27,2	87,3	27,5	37,1	74,4
2008	5	40,2	19,4	48,3	21,0	64,0	22,5	35,0	60,5
2009	5	46,2	32,0	69,3	22,4	90,0	22,7	24,6	80,5
2010	5	43,0	22,9	53,3	20,9	79,7	24,4	39,2	63,7
2011	5	26,6	5,8	21,8	19,2	33,0	21,5	25,1	32,5
2012	5	40,9	18,4	45,0	27,3	67,1	27,8	28,3	60,4
2013	2	25,5	0,6	2,2	25,1	25,9	*	25,5	*
2014	4	50,2	35,5	70,8	24,1	100,6	24,7	38,0	87,8
2015	4	55,0	30,8	55,9	34,3	100,2	35,0	42,7	87,2
2016	3	27,9	3,5	12,6	24,3	31,3	24,3	28,1	31,3
2017	5	48,1	18,1	37,5	32,4	69,7	34,2	36,7	67,8

N= número de estaciones; Q1= Cuartil1 (25%de los datos); Q3= Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-41. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Conductividad eléctrica: Sistema Soncor

El sistema Soncor presenta un bajo nivel de dispersión de la CE entre los años de monitoreo (2006-2017). Los promedios mínimos y máximos fueron 97,0 mS/cm (año 2011) y 149 mS/cm (año 2017), en tanto que las medianas mínima y máxima fueron de 99,4 mS/cm (año 2011) y 145 mS/cm (año 2017) (Tabla 6-26).

La evolución temporal de la CE en este sistema muestra valores estables en el tiempo (Figura 6-42), lo que se ve reflejado en la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas según la prueba de *Kruskal – Wallis* ($p < 0,05$).

Tabla 6-26. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	151,0	60,1	39,8	95,2	221,0	101,2	120,4	216,0
2007	5	124,0	25,5	20,5	98,0	164,8	104,7	116,2	147,2
2008	5	141,7	60,1	42,4	94,8	210,0	96,1	101,3	207,5
2009	5	125,9	36,4	28,9	84,7	167,5	87,8	138,2	157,8
2010	5	137,6	55,4	40,2	90,2	199,0	94,5	102,9	198,0
2011	5	97,0	7,2	7,4	84,2	101,2	91,6	99,4	101,2
2012	5	129,7	33,9	26,1	99,4	174,0	99,8	118,6	165,3
2013	4	132,9	30,8	23,2	97,3	162,5	102,3	135,9	160,5



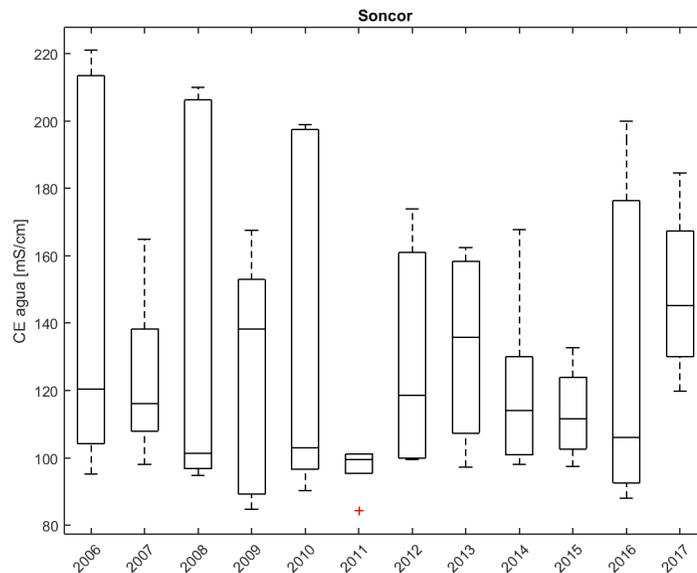
Tabla 6-26. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2014	5	119,8	28,0	23,4	98,0	167,7	99,9	114,1	142,6
2015	4	113,3	14,9	13,1	97,4	132,8	100,0	111,5	128,4
2016	3	131,4	60,0	45,7	88,1	199,9	88,1	106,1	199,9
2017	4	148,7	27,0	18,2	119,8	184,5	124,9	145,3	175,9

N= número de estaciones; Q1= Cuartil1 (25%de los datos); Q3= Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-42. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año)..



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. Conductividad Eléctrica: Sistema Aguas de Quelana

Los monitoreos efectuados en el sistema Aguas de Quelana durante el periodo 2006 – 2017 presentaron un promedio que va desde 40,8 mS/cm (mediana= 23 mS/cm), registrado el año 2008, a un promedio máximo de 161,7 mS/cm (mediana=197,0 mS/cm), registrado en el monitoreo del año 2016 (Tabla 6-27).

La evolución temporal de la CE en este sistema se presenta en la Figura 6-43. Se aprecia que la CE del agua presentó valores más bajos en los primeros años de monitoreo (2006 – 2012). El año 2013, la CE promedio aumenta cerca de 37 mS/cm como valor promedio . Esto se explica debido a que no fue posible monitorear las estaciones Q-6 a Q-9 durante el periodo 2013-2017. Estas últimas estaciones poseen valores bajos de CE en comparación con las estaciones Q-0 a Q-5. En promedio, las estaciones Q-6 a Q-9



presentaron en el periodo 2006-2012 un valor de 21,6 mS/cm, mientras que las estaciones Q-1 y Q-2 para el mismo periodo presentan un promedio de 206 mS/cm y 51,6 mS/cm (los valores para cada estación y año pueden encontrarse en el Anexo XIV). De esta manera, si las estaciones Q-6 a Q-9 no son consideradas, la CE promedio del sistema aumenta significativamente. Esto último también explica que los coeficientes de variación hasta el año 2012 hayan sido mucho mayores que aquellos evidenciados a partir del año 2013 (Tabla 6-27).

A pesar de las diferencias observadas y discutidas en el párrafo anterior, ellas no son estadísticamente significativas según la prueba de *Kruskal – Wallis*.

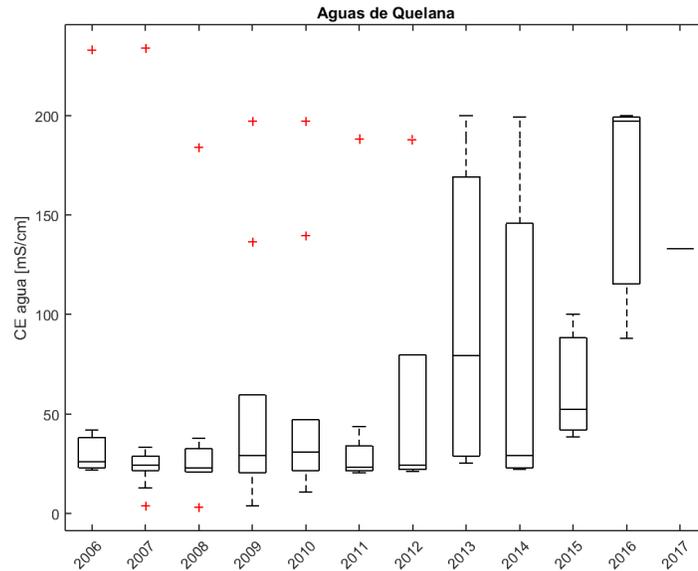
Tabla 6-27. Estadística descriptiva de la CE (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	7	57,0	77,9	136,8	22,0	233,0	22,0	26,2	41,9
2007	10	43,1	67,6	156,9	3,7	234,0	19,5	24,3	30,0
2008	9	40,8	54,5	133,7	3,0	184,0	21,0	23,0	34,5
2009	10	55,2	62,4	113,1	3,9	197,0	18,5	29,1	78,9
2010	10	56,1	61,8	110,2	11,0	197,0	19,9	30,8	70,3
2011	8	45,7	58,0	127,1	20,4	188,1	21,4	23,2	38,9
2012	5	59,9	72,1	120,2	21,3	187,8	21,9	24,4	115,8
2013	6	97,1	77,1	79,4	25,5	200,0	28,1	79,6	176,9
2014	5	80,3	80,0	99,6	22,3	199,0	22,8	29,1	163,5
2015	3	63,7	32,4	50,9	38,5	100,2	38,5	52,3	100,2
2016	3	161,7	63,7	39,4	88,1	199,9	88,1	197,0	199,9
2017	1	133,0	0,0	0,0	133,0	133,0	*	133,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25% de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-43. Evolución temporal de la CE del agua en el Sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Conductividad Eléctrica: Sistema Peine.

Los valores de los estadígrafos de la CE para el sistema hidrológico de Peine se muestran en la Tabla 6-28. Puede observarse que el menor promedio de la serie de tiempo (2006-2017) fue de 32,3 mS/cm (mediana= 36,3 mS/cm), el año 2011. Por su parte, el mayor promedio correspondió a 84,5 mS/cm (mediana= 38,0 mS/cm) registrado el año 2008. No obstante, debido a que este promedio (2008) está influenciado por la amplitud del rango de valores (CV = 116 %), la mediana no corresponde a la mayor de la serie, sino que es muy similar a la menor. La mayor mediana corresponde a 76,2 mS/cm registrada en el monitoreo del año 2015 (Figura 6-44).

Al realizar la comparación múltiple se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el año 2011 y los años 2015 y 2017 (correspondientes a los años de menor y mayor mediana). De todas formas, no se observan tendencias temporales en este parámetro que indiquen que la CE en el sistema está aumentando o disminuyendo.

Tabla 6-28. Estadística descriptiva de la CE del agua (mS/cm) registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	63,0	31,1	49,4	34,5	103,9	35,3	53,5	95,4
2007	5	58,0	18,7	32,3	44,8	85,2	44,9	45,0	77,6
2008	4	84,5	97,7	115,7	31,0	231,0	32,5	38,0	183,0
2009	5	41,2	5,0	12,1	34,3	46,7	36,2	42,3	45,6



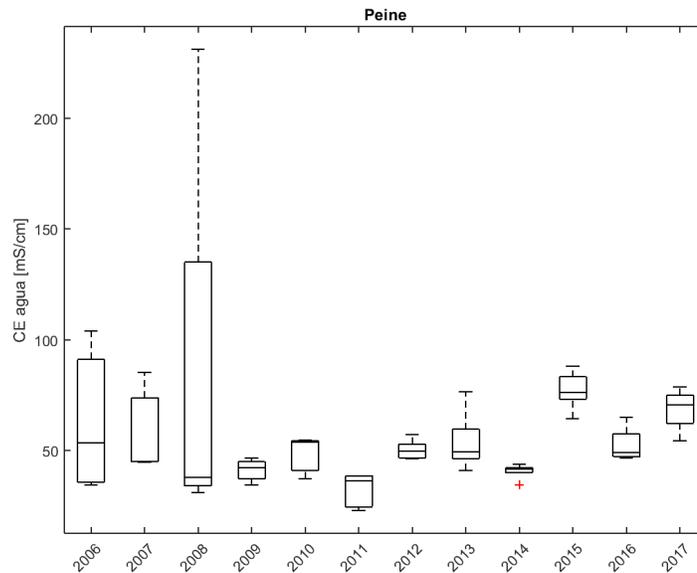
Tabla 6-28. Estadística descriptiva de la CE del agua (mS/cm) registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2010	5	48,5	8,2	16,9	37,2	54,8	39,7	53,9	54,6
2011	5	32,3	7,6	23,7	23,0	38,6	24,0	36,3	38,6
2012	5	50,3	4,4	8,8	46,3	57,3	46,6	49,8	54,4
2013	5	53,8	13,6	25,3	40,9	76,6	44,6	49,3	65,3
2014	5	40,7	3,5	8,6	34,6	43,7	38,2	41,7	42,8
2015	5	77,3	8,6	11,2	64,5	87,9	70,3	76,2	84,8
2016	4	52,4	8,5	16,2	46,5	65,0	46,9	49,1	61,2
2017	4	68,6	10,2	14,8	54,4	78,6	58,3	70,7	76,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimiento de SQM Salar y UCN.

Figura 6-44. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Los resultados presentados en esta sección, en forma consolidada, permiten observar que en general no se evidencian diferencias estadísticamente significativas en la conductividad eléctrica entre las distintas campañas de monitoreo efectuadas, a excepción del sistema Peine para los años 2011 y los años 2015 y 2017. No obstante lo anterior, en dicho sistema no se registran tendencias temporales que indiquen que la CE en el sistema está aumentando o disminuyendo.



6.4.1.4 Salinidad del agua

La salinidad, compuesta por solutos, principalmente cloruros, es una variable que se expresa también por la conductividad que producen estos solutos en el agua. De esta manera, sus estadígrafos deberían presentar comportamientos similares a los presentados en la sección anterior para la CE del agua. Cabe mencionar que la salinidad afecta la presión osmótica en los sistemas vivos y además disminuye la concentración de OD en el agua, entre los efectos más relevantes que tienen relación con la presencia de organismos en los sistemas ecológicos acuáticos.

I. Salinidad: Sistema Puillar.

Los estadígrafos de las mediciones de salinidad realizadas en el sistema Puillar en el periodo 2006-2017 se presentan en la Tabla 6-29. Se observa un promedio mínimo de 14,6 g/L (mediana= 14,5 g/L) registrados en el monitoreo del año 2016 y un promedio máximo de 42,5 g/L registrado en el monitoreo del año 2009, con una mediana máxima de 24,0 observada el año 2010.

La Figura 6-45 muestra la expresión gráfica de las oscilaciones de la variable y los rangos que tuvieron los datos en cada monitoreo. Con la excepción de los datos de los años 2009 y 2014, el resto de las campañas muestra distribuciones de baja dispersión (CV < 20%). Al comparar las distintas campañas entre sí mediante el test de *Kruskal-Wallis*, las diferencias existentes no son estadísticamente significativas.

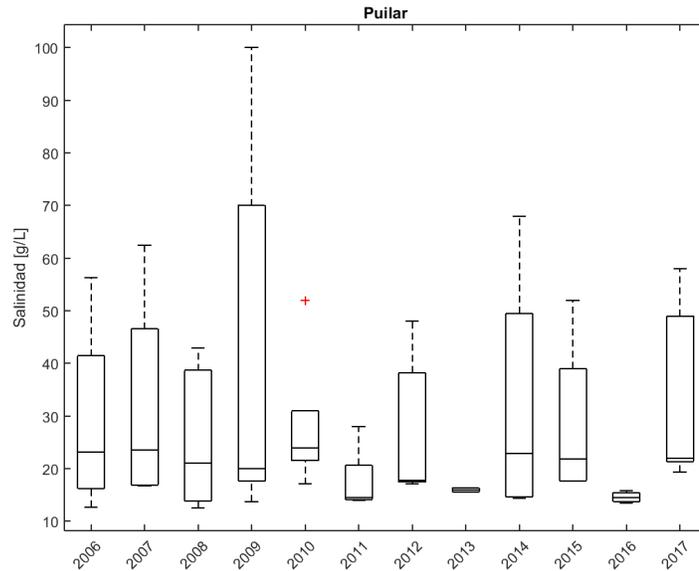
Tabla 6-29. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrados en el sistema Puillar, entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	4	28,9	19,2	66,4	12,7	56,3	14,5	23,2	48,9
2007	5	32,2	19,6	60,9	16,7	62,4	16,9	23,6	51,9
2008	5	25,6	13,7	53,5	12,6	42,9	13,5	21,1	40,1
2009	5	42,5	37,1	87,2	13,7	100,0	16,4	20,0	80,0
2010	5	28,0	13,7	48,9	17,1	52,0	20,1	24,0	38,0
2011	5	17,8	6,0	33,6	14,0	28,0	14,1	14,5	23,1
2012	5	27,1	13,9	51,4	17,1	48,0	17,4	17,8	41,5
2013	2	16,0	0,5	3,1	15,6	16,3	*	16,0	*
2014	4	32,1	25,2	78,4	14,4	68,0	14,5	23,0	58,8
2015	4	28,4	16,2	57,3	17,6	52,0	17,7	21,9	45,5
2016	3	14,6	1,2	7,9	13,5	15,8	13,5	14,5	15,8
2017	5	33,5	17,5	52,2	19,4	58,0	20,7	22,0	52,0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25% de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar estadísticamente (N=2)

Fuente: Informes de seguimiento de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-45. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Puilar, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Salinidad: Sistema Soncor

Como se dijo precedentemente, esta variable está directamente relacionada con la CE, por lo que considerando que esa variable presenta altos valores en el sistema Soncor, se espera que la salinidad muestre un patrón similar.

Los estadígrafos de la salinidad para cada monitoreo realizado en el sistema hidrológico de Soncor se muestran en la Tabla 6-30. Dada la baja cantidad de datos para los tres primeros años de monitoreo (2006-2008) en comparación al resto del periodo, éstos no serán considerados en la discusión de su comportamiento.

El menor valor promedio de la serie de tiempo (2009 – 2017) fue de 68,4 g/L (mediana= 79,0 g/L), ambos corresponden al año 2011 (lo mismo ocurre con la CE, como se discutió en la sección anterior). El resto de los valores son más coherentes con la alta CE de las aguas de este sistema, informados precedentemente. El máximo valor promedio de salinidad fue de 163,6 g/L (año 2010), en tanto que el valor máximo de mediana registrado fue de 126 g/L (año 2009).

Sin considerar los valores del 2006, 2007 y 2008, se aprecian distribuciones cuyos estadígrafos de tendencia central se presentan dentro de un rango acotado, siendo el monitoreo del año 2011 el que se muestra por debajo del resto. No obstante, no existen diferencias significativas entre las campañas según la prueba de *Kruskal-Wallis*.



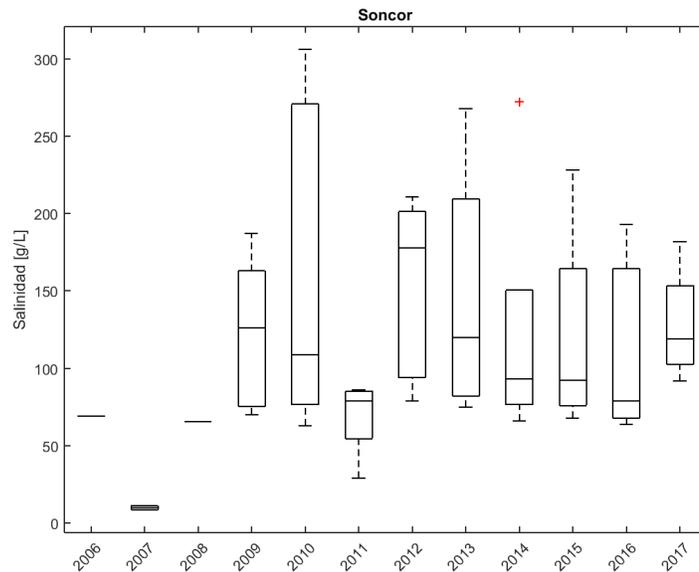
Tabla 6-30. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	1	69,3	0,0	0,0	69,3	69,3	*	69,3	*
2007	2	9,9	1,6	16,5	8,7	11,0	*	9,9	*
2008	1	65,5	0,0	0,0	65,5	65,5	*	65,5	*
2009	5	123,0	50,1	40,8	70,0	187,0	73,5	126,0	171,0
2010	5	163,6	111,0	67,9	63,0	306,0	72,0	109,0	282,5
2011	5	68,4	23,9	34,9	29,0	86,0	46,0	79,0	85,5
2012	5	153,0	60,0	39,2	79,0	211,0	89,0	178,0	204,5
2013	4	145,8	87,9	60,3	75,0	268,0	78,5	120,0	238,8
2014	5	124,2	84,2	67,8	66,0	272,0	73,0	93,0	191,0
2015	4	120,3	73,1	60,8	68,0	228,0	72,0	92,5	196,3
2016	3	112,0	70,5	63,0	64,0	193,0	64,0	79,0	193,0
2017	4	128,0	38,5	30,1	92,0	182,0	97,3	119,0	167,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-46. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



III. Salinidad: Sistema Aguas de Quelana.

Los valores de los estadígrafos del sistema hidrológico de Aguas de Quelana para el período 2006 – 2017, se muestran en la Tabla 6-31. Puede observarse que el menor promedio de la serie fue 11,9 g/L (año 2007), mientras que el mayor fue 174,2 g/L (año 2016). Los estadígrafos de los tres primeros años muestran una distribución homogénea de sus datos ($CV < 7\%$) y valores bajos en relación al resto de la serie (Figura 6-47).

Al igual que en la CE, este incremento de las tendencias centrales a través del tiempo (Figura 6-47) se explica por los puntos de monitoreo considerados en cada campaña. Como se mencionó anteriormente, los puntos de monitoreo Q-0 y Q-1 presentan una alta salinidad, 175 y 100 g/L promedio, respectivamente, mientras que las estaciones Q-5 a Q-9 tienen en promedio 13 g/L. Estas últimas estaciones (en su mayoría) no han sido posibles de monitorear en el período 2012-2017 (ver Anexo XIV) lo que explica el aumento registrado en la salinidad para dicho sistema.

Al comparar las diferentes campañas entre sí, la prueba de *Kruskal-Wallis* arroja que existen diferencias significativas entre ellas. No obstante lo anterior, el test de Dunn no identifica pares específicos que caractericen dicha diferencia.

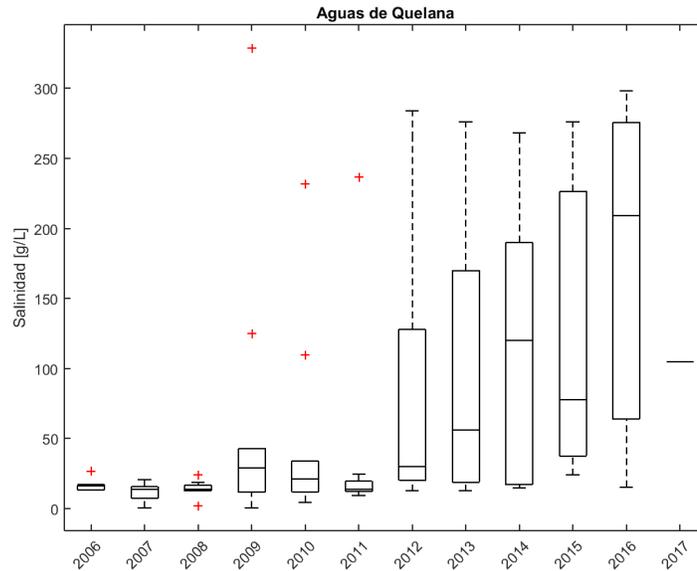
Tabla 6-31. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	6	17,1	5,0	29,3	13,2	26,8	13,3	16,1	19,5
2007	10	11,9	6,6	55,3	0,7	20,8	5,9	13,7	16,0
2008	8	14,1	6,5	45,8	1,6	24,5	12,7	13,7	17,8
2009	10	63,5	99,6	156,8	0,7	329,0	11,2	29,0	63,5
2010	10	48,7	71,3	146,4	4,5	232,0	10,6	21,4	53,0
2011	8	42,3	78,8	186,3	9,5	237,0	12,1	14,1	22,1
2012	5	85,1	113,8	133,6	12,7	284,0	17,9	30,0	180,0
2013	6	98,2	106,1	108,0	12,6	276,0	17,3	56,0	196,5
2014	5	116,9	106,4	91,0	14,9	268,0	16,4	120,0	216,0
2015	3	126,0	132,7	105,3	24,0	276,0	24,0	78,0	276,0
2016	3	174,2	144,4	82,9	15,5	298,0	15,5	209,0	298,0
2017	1	105,0	0,0	0,0	105,0	105,0	*	105,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25% de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-47. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Salinidad: Sistema Peine.

La Tabla 6-32 muestra los estadígrafos de cada monitoreo realizado en el sistema Peine. Puede observarse que el menor valor promedio fue de 21,9 g/L (año 2008) coincidente con el menor valor de Mediana (22,8 g/L). Por su parte, el mayor valor promedio se registró en el monitoreo de 2017 con 46,5 g/L, coincidente con el mayor valor de Mediana (48 g/L).

La Figura 6-48 muestra la expresión gráfica de los estadígrafos de la serie de tiempo de la salinidad en el sistema Peine. La prueba de *Kruskal-Wallis* muestra que hay diferencias significativas entre las campañas, y ellas se encuentran entre el año 2015 y los años 2008 y 2011 y entre el año 2011 y el año 2017. De todas formas, no se observan tendencias temporales en este parámetro para el sistema Peine.

Tabla 6-32. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	4	34,8	18,1	52,0	21,3	60,5	21,7	28,8	54,0
2007	5	40,8	16,9	41,4	28,0	61,2	28,4	28,8	59,3
2008	3	21,9	2,3	10,6	19,3	23,7	19,3	22,8	23,7
2009	5	37,4	6,2	16,5	27,0	42,0	32,0	39,0	42,0
2010	5	35,0	9,4	26,9	25,0	49,0	26,5	35,0	43,5
2011	5	22,8	0,4	2,0	22,0	23,0	22,5	23,0	23,0
2012	5	28,7	5,5	19,1	19,3	33,0	24,2	30,0	32,5



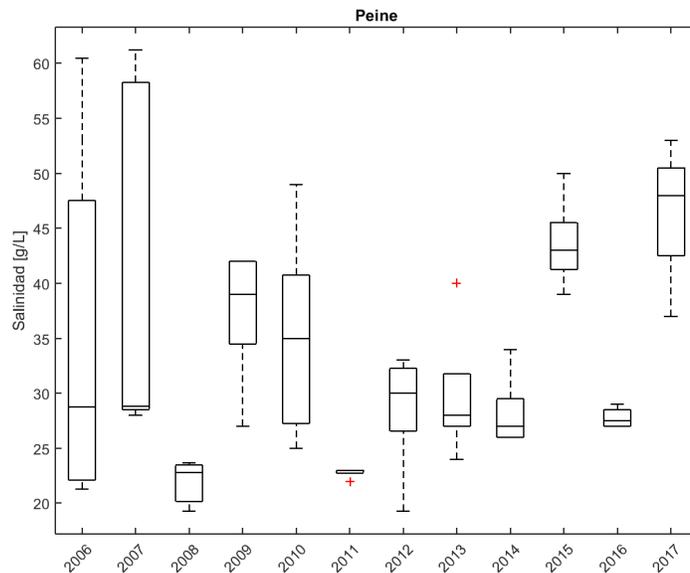
Tabla 6-32. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2013	5	29,8	6,0	20,2	24,0	40,0	26,0	28,0	34,5
2014	5	28,2	3,3	11,9	26,0	34,0	26,0	27,0	31,0
2015	5	43,6	4,0	9,3	39,0	50,0	40,5	43,0	47,0
2016	4	27,8	1,0	3,5	27,0	29,0	27,0	27,5	28,8
2017	4	46,5	6,8	14,5	37,0	53,0	39,8	48,0	51,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-48. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

El análisis consolidado de la información disponible de salinidad permite concluir que, en forma similar a lo evidenciado para el caso de la conductividad eléctrica, entre el período 2006 y 2017, en términos generales no se observan diferencias significativas entre las distintas campañas efectuadas, y en los casos en que éstas sí han sido detectadas, dichas diferencias se deberían a la imposibilidad de monitorear todos los puntos definidos en las distintas campañas (ver detalle en descripción de sistema Aguas de Quelana).

6.4.1.5 Oxígeno Disuelto

El OD representa un factor relevante para evaluar la calidad de las aguas como sostenedora de ecosistemas. Organismos aeróbicos (ej. crustáceos) dependen en gran medida de su disponibilidad. Es importante considerar las interdependencias de las características físicas y químicas que afectan la mayor o menor concentración de OD. Jain et al. (1981) menciona que varios parámetros que definen la calidad de las aguas son todos interdependientes, como la temperatura, sales disueltas, velocidad de las escorrentías, velocidad del viento, aireación natural, turbiedad, aceites y grasas, de manera directa o indirecta, todos afectan la calidad de las aguas y especialmente las concentraciones de OD que ésta pueda contener. Para peces, por ejemplo, se indica que el rango de 3 – 6 mg/L de OD es crítico. Disminuciones por debajo de los 3 mg/L son característicos de sistemas anaeróbicos que implican desarrollo de organismos o asociaciones de éstos (bacterias – algas), pero dificultan el desarrollo de otros que no toleran esas condiciones y compuestos producto del metabolismo bajo esas condiciones.

Aunque en menor amplitud y tasa de cambio que la temperatura, esta variable típicamente es menos estable que la salinidad o CE. Presenta oscilaciones relacionadas con la temperatura del agua, la cantidad de solutos disueltos y el comportamiento del viento, entre las variables más relevantes. Esto dificulta el análisis comparativo, por cuanto el dato de cada registro representa el valor de la concentración del OD del momento específico de monitoreo. Mientras no se registren en forma continua al menos, ciclos diarios o máximas y mínimas de ciclos diarios representativos de cada año, puede conducir a error buscar y evaluar diferencias o similitudes entre años. No obstante lo anterior, la cantidad de datos registrados y la alta representatividad de las estaciones de cada sistema podrían constituirse en una base comparativa, que aporte a través de los máximos y mínimos, a la comprensión del funcionamiento de los sistemas hidrológicos del Salar de Atacama. Diferencias entre un año y otro en una variable tan poco estable en estos ambientes y registrada como un solo dato, deberían ser consideradas con precaución.

A continuación, la Figura 6-49, Figura 6-50, Figura 6-51 y Figura 6-52 muestran gráficamente cómo se expresó la concentración de OD en cada sector de monitoreo del Salar, registradas como medición puntual en cada estación durante las campañas de terreno, entre los años 2006 y 2017. En ellos puede observarse la dispersión entre años de monitoreo producto de lo indicado anteriormente. Adicionalmente, la estadística descriptiva de esta variable se detalla en la Tabla 6-33, Tabla 6-34, Tabla 6-35 y Tabla 6-36.

I. OD: Sistema Puillar

Los estadígrafos del OD en el sistema hidrológico de Puillar presentaron durante el periodo analizado un valor promedio mínimo de 1,63 mg/L (año 2015), seguido de un menor valor el año 2006 (2,62 mg/L) y un máximo de 9,8 mg/L (año 2008). Por su parte, las medianas presentaron valores extremos de 1,55 mg/L (año 2015) y 9,22 mg/L el año inmediatamente posterior (2016), evidenciando la alta variabilidad del sistema (ver Tabla 6-33).

La Figura 6-49 muestra gráficamente los estadígrafos de cada año y permite apreciar que valores bajos de estas distribuciones se dieron durante los monitoreos efectuados los años 2006, 2014, 2015 y 2017. Los valores máximos se registraron los años 2008, 2007 y 2016. Consistente con lo anterior, en este periodo existieron diferencias significativas entre las campañas de monitoreo 2006 en comparación a 2007 y 2008; 2007 en comparación a 2015; 2008 en comparación a 2014, 2015 y 2017; 2015 en comparación a 2016. Las grandes diferencias pueden ser explicadas por las oscilaciones diarias que experimenta este parámetro producto de la fluctuación en las condiciones ambientales como temperatura y velocidad del viento. Si bien es posible observar una alta variabilidad, no se observa una tendencia sostenida sobre este parámetro.

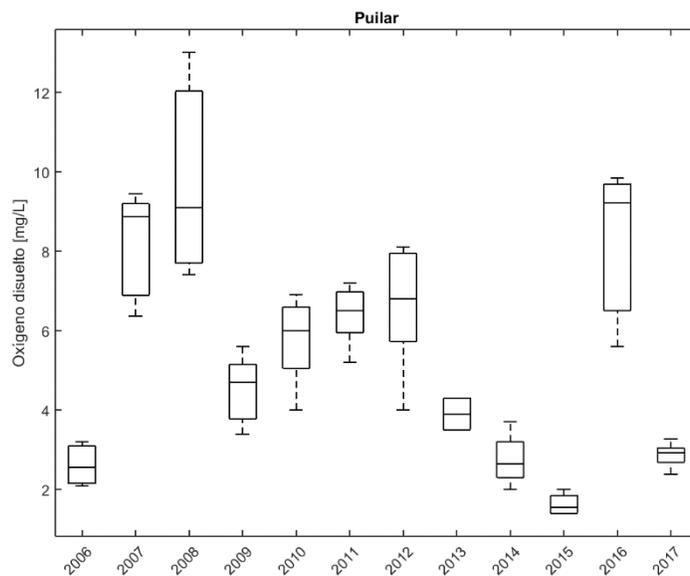
Tabla 6-33. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,62	0,51	19,34	2,09	3,20	2,13	2,56	3,14
2007	5	8,17	1,37	16,71	6,37	9,45	6,72	8,87	9,28
2008	5	9,80	2,45	25,05	7,40	13,00	7,60	9,10	12,35
2009	5	4,52	0,88	19,38	3,40	5,60	3,65	4,70	5,30
2010	5	5,76	1,13	19,66	4,00	6,90	4,70	6,00	6,70
2011	5	6,40	0,77	12,05	5,20	7,20	5,70	6,50	7,05
2012	5	6,62	1,65	24,85	4,00	8,10	5,15	6,80	8,00
2013	2	3,90	0,57	14,50	3,50	4,30	*	3,90	*
2014	4	2,75	0,70	25,63	2,00	3,70	2,15	2,65	3,45
2015	4	1,63	0,29	17,68	1,40	2,00	1,40	1,55	1,93
2016	3	8,22	2,29	27,89	5,60	9,85	5,60	9,22	9,85
2017	5	2,86	0,32	11,16	2,39	3,27	2,59	2,92	3,12

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *no es posible determinar el estadígrafo (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-49. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



II. O.D.: Sistema Soncor

La estadística descriptiva de los monitoreos anuales efectuados en el sistema Soncor se muestra en la Tabla 6-34. En general, la concentración de OD de las muestras de agua obtenidas en cada muestreo de cada sitio durante el período analizado (2006 – 2017), correspondiente a una muestra por año en cada punto muestral, presentó un mínimo absoluto de 0,6 mg/L (año 2015) y un máximo absoluto de 13,5 mg/L (año 2008). Se observa que el promedio mínimo fue de 1,13 mg/L (año 2015) y el máximo de 8,35 mg/L (año 2008). En cuanto a las medianas, la menor fue de 1,0 mg/L (año 2015), mientras que el mayor fue de 6,78 mg/L (año 2007).

Al comparar las campañas entre sí, se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre el año 2015 y los años 2007 y 2008; y entre el año 2014 y el año 2007. De esta manera, de la serie de mediciones el año 2015 corresponde al de menor OD y el año 2007 al de mayor. Al igual que en el caso de Puillar, cabe señalar que no se observa una tendencia sostenida sobre el OD en esta estación.

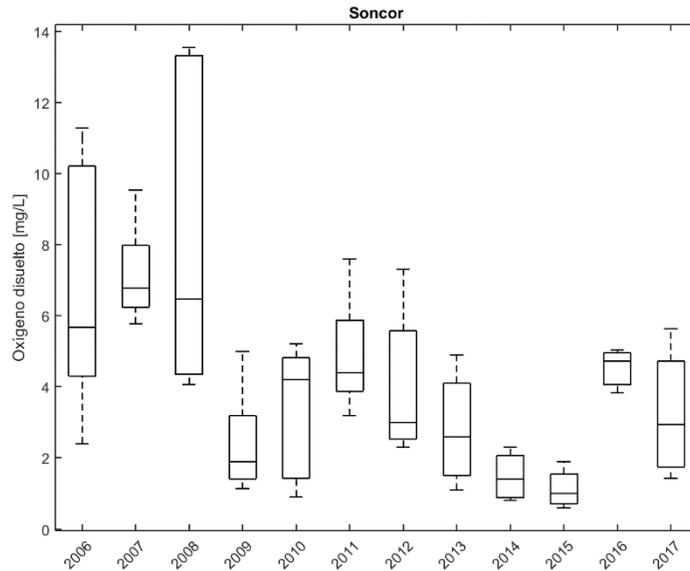
Tabla 6-34. Estadística descriptiva la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	6,83	3,66	53,54	2,40	11,28	3,67	5,67	10,57
2007	5	7,19	1,45	20,11	5,77	9,53	6,09	6,78	8,50
2008	5	8,35	4,69	56,17	4,07	13,54	4,26	6,47	13,40
2009	5	2,42	1,54	63,48	1,13	5,00	1,32	1,89	3,79
2010	5	3,32	1,94	58,38	0,90	5,20	1,25	4,20	4,95
2011	5	4,92	1,68	34,05	3,20	7,60	3,65	4,40	6,45
2012	5	4,04	2,11	52,12	2,30	7,30	2,45	3,00	6,15
2013	4	2,80	1,67	59,62	1,10	4,90	1,30	2,60	4,50
2014	5	1,48	0,66	44,67	0,80	2,30	0,85	1,40	2,15
2015	4	1,13	0,57	51,00	0,60	1,90	0,65	1,00	1,73
2016	3	4,53	0,62	13,79	3,83	5,03	3,83	4,73	5,03
2017	4	3,24	1,89	58,46	1,42	5,63	1,58	2,95	5,18

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-50. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. OD: Sistema Aguas de Quelana.

Los estadígrafos de la OD registrada en Aguas de Quelana para el periodo 2006-2017 (Tabla 6-35) muestran que el rango de valores promedio se presentó entre 1,87 mg/L (2015) y 10,61 mg/L (2008). Los valores extremos de las medianas de estas distribuciones reflejan un mínimo de 1,8 mg/L (2015) y un máximo de 11,0 mg/L (2008).

El gráfico de la Figura 6-51 muestra los estadígrafos de las distribuciones de los datos de cada monitoreo anual. Se observan distribuciones con valores altos de OD durante los primeros años de monitoreo. A partir del año 2009 se observan valores menores, con un incremento el año 2016, sin evidenciar una tendencia sostenida hacia el incremento o disminución del OD. La comparación entre campañas indica que hay diferencias significativas entre ambos periodos. Éstas existen específicamente entre los años 2006 y 2013; entre el año 2007 en comparación a los años 2009, 2013, 2014 y 2015; y entre el año 2008 y los años 2009, 2010, 2013, 2014 y 2015.

Tabla 6-35. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	7,81	2,08	26,61	5,52	12,10	6,82	7,23	8,10
2007	10	8,68	1,20	13,83	6,22	11,00	8,08	8,75	9,14
2008	9	10,61	3,23	30,44	3,80	13,90	8,80	11,00	13,35
2009	10	3,70	2,05	55,23	0,99	8,33	2,13	3,84	4,55



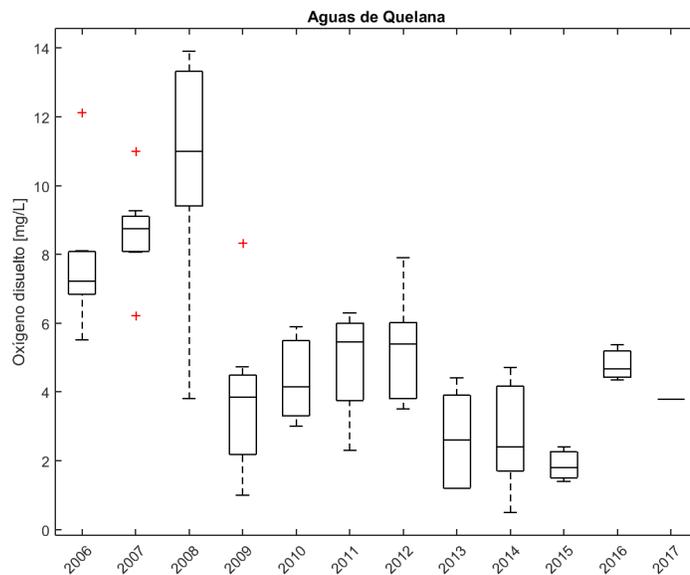
Tabla 6-35. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2010	10	4,32	1,10	25,47	3,00	5,90	3,28	4,15	5,58
2011	8	4,88	1,54	31,64	2,30	6,30	3,23	5,45	6,05
2012	5	5,22	1,73	33,11	3,50	7,90	3,70	5,40	6,65
2013	6	2,65	1,45	54,57	1,20	4,40	1,20	2,60	4,03
2014	5	2,74	1,66	60,45	0,50	4,70	1,30	2,40	4,35
2015	3	1,87	0,50	26,96	1,40	2,40	1,40	1,80	2,40
2016	3	4,79	0,53	11,01	4,34	5,37	4,34	4,66	5,37
2017	1	3,79	0,00	0,00	3,79	3,79	*	3,79	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-51. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. OD: Sistema Peine

Los valores de los estadígrafos de la concentración de OD en el sistema Peine para el periodo 2006 – 2017 se muestran en la Tabla 6-36. Se observa que el menor valor promedio fue 1,24 mg/L el año 2015, en tanto que el mayor valor promedio fue de 11,31 mg/L el año 2006. Los extremos de las medianas son coincidentes en las fechas de los monitoreos y sus valores mínimo y máximo fueron 0,9 mg/L y 11,85 mg/L, respectivamente.

La Figura 6-52 muestra la expresión gráfica de lo expuesto en la Tabla 6-36. De acuerdo a lo expuesto se observa una alta variabilidad, con un conjunto de datos con valores altos, los que muestran los máximos en el monitoreo del año 2006. A partir de allí se aprecia una disminución hasta alcanzar los mínimos el año 2015, con mínimos locales registrados el año 2009. Los valores registrados en el monitoreo del 2016 muestran niveles altos, similares a los registrados al inicio de la serie de tiempo, los que vuelven a disminuir en la presente campaña. Los monitoreos que presentaron diferencias estadísticamente significativas fueron los efectuados los años 2006 en comparación a los años 2014, 2015 y 2017, el año 2007 con el año 2015. Los años 2015 y 2016 también difieren.

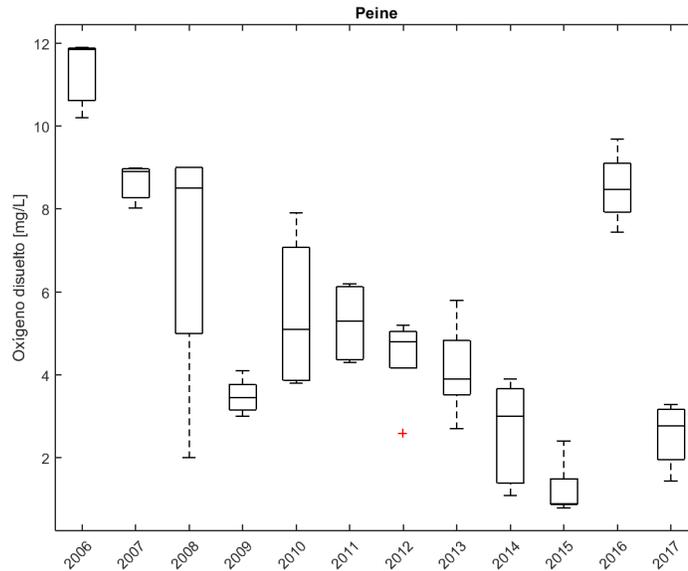
Tabla 6-36. Estadística descriptiva de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	11,31	0,96	8,52	10,20	11,89	10,20	11,85	11,89
2007	5	8,64	0,44	5,05	8,02	8,99	8,19	8,90	8,98
2008	4	7,00	3,37	48,09	2,00	9,00	3,50	8,50	9,00
2009	5	3,48	0,42	12,07	3,01	4,10	3,11	3,45	3,88
2010	5	5,50	1,81	32,85	3,80	7,90	3,85	5,10	7,35
2011	5	5,26	0,90	17,14	4,30	6,20	4,35	5,30	6,15
2012	5	4,46	1,06	23,71	2,60	5,20	3,65	4,80	5,10
2013	5	4,14	1,13	27,36	2,70	5,80	3,25	3,90	5,15
2014	5	2,62	1,26	47,93	1,10	3,90	1,30	3,00	3,75
2015	5	1,24	0,67	53,68	0,80	2,40	0,85	0,90	1,80
2016	4	8,52	0,92	10,82	7,45	9,70	7,69	8,47	9,41
2017	4	2,57	0,82	32,02	1,44	3,28	1,70	2,78	3,23

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-52. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

6.4.1.6 Conductividad Eléctrica de Sedimentos

En el capítulo 4.5 se describió el procedimiento para medir CE de sedimentos y, por consiguiente, el significado de la medición. Del mismo modo se indicaron algunas consideraciones a tomar en cuenta toda vez que se analiza la CE en relación a los factores que la definen y su relación con otras variables que dicen relación con la concentración de solutos en una solución o cuerpo de agua en este caso. Es probable que dentro de un sistema hidrológico existan localidades (o puntos muestrales) que presenten características geológicas o sedimentarias muy diferentes. También es común que existan aspectos hidrológicos diferentes que puedan incidir en las variables analizadas, como por ejemplo aportes de soluciones provenientes de acuíferos subsuperficiales en algún punto específico del sistema, con características físicas y químicas que difieren del conjunto de las localidades o puntos muestrales. Lo anterior, en el marco de un análisis espacio/temporal como el presente, constituyen los aspectos que explican en alguna medida la dispersión de los datos de una variable dentro de un mismo sistema. Estas apreciaciones se observan más claramente expuestas en los valores dispersos que presentan los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana en contraposición a los sistemas de Puillar y Peine (ver Figura 6-53, Figura 6-54, Figura 6-55 y Figura 6-56).

I. Conductividad Eléctrica de Sedimentos: Sistema Puillar

La estadística descriptiva del sistema de Puillar se muestra en la Tabla 6-37, en la que se pueden observar los rangos que se han presentado en el conjunto de estaciones durante los años monitoreados (2009 – 2017). Los valores inferiores del rango de promedios y medianas fueron 14,3 mS/cm y 13,1 mS/cm,

respectivamente, ambos observados el año 2016. Los valores superiores del rango fueron: promedio =55,4 mS/cm y mediana= 65,9 mS/cm (ambos el año 2009).

El gráfico de la Figura 6-53 permite apreciar el estrecho rango en que se presentan los valores para la CE de los sedimentos. Sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los años 2009 y 2017, y no se observan tendencias temporales al alza o a la baja.

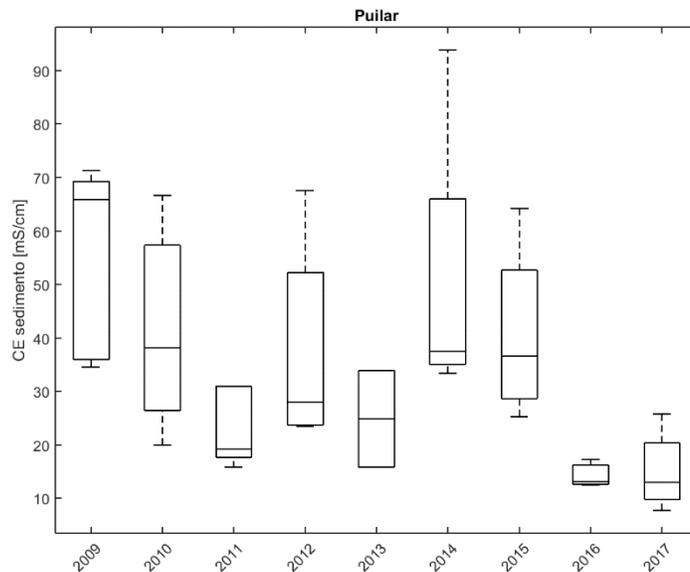
Tabla 6-37. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	55,4	18,2	32,9	34,6	71,3	35,5	65,9	70,0
2010	5	41,5	19,0	45,6	20,0	66,7	24,3	38,1	60,5
2011	5	23,0	7,3	31,8	15,8	31,0	17,1	19,2	31,0
2012	5	38,0	19,2	50,5	23,5	67,6	23,7	28,0	57,4
2013	2	24,9	12,8	51,5	15,8	33,9	*	24,9	*
2014	4	50,6	28,9	57,2	33,4	93,8	34,2	37,5	79,9
2015	4	40,7	17,0	41,8	25,3	64,2	27,0	36,6	58,5
2016	3	14,3	2,6	18,3	12,5	17,3	12,5	13,1	17,3
2017	5	15,2	7,2	47,4	7,8	25,9	9,2	13,0	22,2

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-53. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



II. Conductividad Eléctrica de Sedimentos: Sistema Soncor

La estadística descriptiva de la CE de los sedimentos monitoreada en el sistema Soncor durante el periodo 2009 – 2017 se presenta en la Tabla 6-38. El promedio y mediana mínima fueron 13,2 mS/cm 10 mS/cm, respectivamente (año 2009), en tanto que el promedio y mediana máximos fueron 150,8 mS/cm y 158,8 mS/cm (año 2012). Como se ha observado este sistema hidrológico difiere de los otros por su mayor concentración de solutos.

La Figura 6-54 muestra la expresión gráfica de la comparación en el tiempo (2009 – 2017) de los monitoreos de esta variable. Se aprecia un comportamiento estable en el tiempo, a excepción del año 2009 donde se registra un valor considerablemente menor y cuyos estadígrafos se alejan del resto de las campañas. Consecuentemente, los análisis indicaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el año 2009 y los años 2010 y 2012.

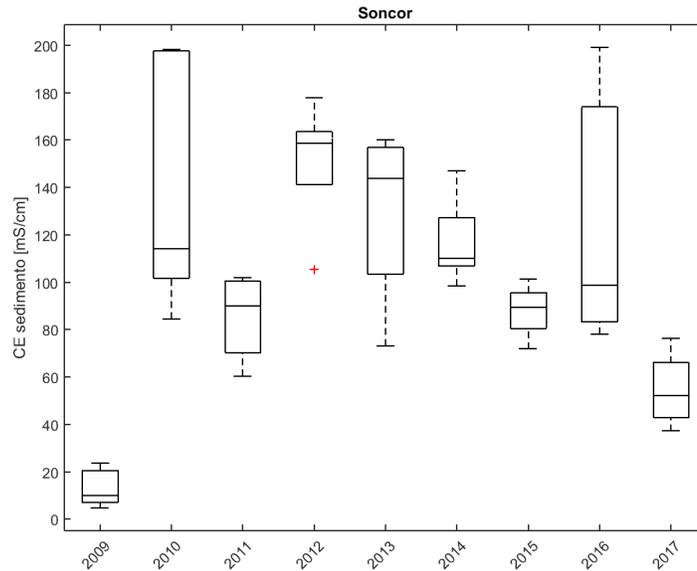
Tabla 6-38. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	13,2	8,1	61,2	4,9	23,7	6,3	10,0	21,7
2010	5	140,3	53,6	38,2	84,5	198,2	95,9	114,2	197,8
2011	5	85,2	17,8	20,9	60,4	102,0	67,1	90,0	101,0
2012	5	150,8	27,0	17,9	105,5	177,9	129,3	158,8	168,4
2013	4	130,2	39,7	30,5	73,1	160,2	88,3	143,8	158,6
2014	5	117,2	18,5	15,7	98,6	147,1	104,1	110,0	134,0
2015	4	88,0	12,1	13,8	71,9	101,3	76,2	89,5	98,5
2016	3	125,3	64,7	51,6	78,0	199,0	78,0	98,8	199,0
2017	4	54,5	16,5	30,2	37,3	76,5	40,1	52,2	71,3

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-54. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. Conductividad Eléctrica de Sedimentos: Sistema Aguas de Quelana

La estadística descriptiva de la CE de los sedimentos en el sistema de Aguas de Quelana se muestra en la Tabla 6-39, en la que se pueden observar los rangos que se han presentado en el conjunto de estaciones muestrales en cada uno de los años de registro (2009 – 2017). El promedio mínimo de la serie de tiempo fue de 32,7 mS/cm (año 2009), mientras el máximo alcanzó los 155,4 mS/cm (año 2016), los extremos de las medianas fueron: mínimo 15,3 mS/cm (año 2009) y máximo 169 mS/cm (año 2016).

La Figura 6-55 muestra gráficamente estas distribuciones las que se caracterizan en general por presentar altas dispersiones con valores extremos considerados fuera del rango los años 2009 y 2011. El análisis estadístico de la secuencia, utilizando la prueba de *Kruskal-Wallis*, indica que existen diferencias significativas entre las campañas, aunque el test *post-hoc* no identifica los pares diferentes. El análisis temporal no permite evidenciar una tendencia de incremento en la CE en el sistema.

Tabla 6-39. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	10	32,7	50,6	154,6	1,5	172,0	6,8	15,3	34,3
2010	10	46,4	50,6	109,0	4,7	146,6	12,5	22,0	89,8
2011	8	43,2	51,8	119,7	18,2	170,0	19,9	23,0	38,2
2012	5	89,9	80,4	89,4	20,4	197,0	29,2	38,9	176,0
2013	6	81,2	68,7	84,7	38,0	199,0	38,2	39,8	148,8



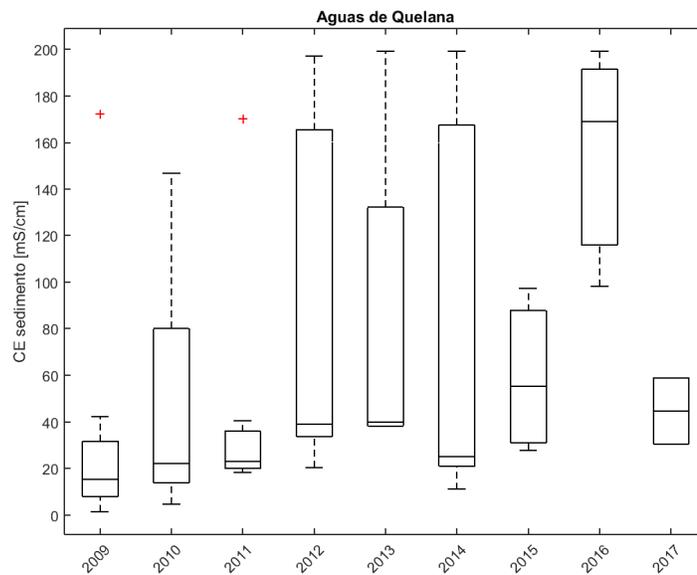
Tabla 6-39. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2014	5	83,3	87,9	105,4	11,1	199,0	17,8	25,2	178,0
2015	5	59,4	30,9	52,1	27,8	97,2	29,9	55,3	90,9
2016	3	155,4	51,8	33,3	98,1	199,0	98,1	169,0	199,0
2017	2	44,7	20,2	45,2	30,4	58,9	*	44,7	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-55. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Conductividad Eléctrica de Sedimentos: Sistema Peine

La estadística descriptiva del sistema de Peine se muestra en la Tabla 6-40, en la que se pueden observar los rangos en los que se han presentado el conjunto de estaciones muestrales en los años monitoreados (2009 – 2017). El promedio y mediana mínimos de la serie de tiempo fueron 16,7 mS/cm y 15,2 mS/cm (año 2009), mientras que el promedio y mediana máximos fueron 53,2 mS/cm y 56,9 mS/cm (año 2015).

La Figura 6-56 muestra gráficamente la evolución temporal de este parámetro. Puede observarse que todo el periodo es relativamente estable a excepción del año 2009 donde se registro un promedio inferior al resto de la serie. El análisis de comparación múltiple indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los años 2009 y los años 2013 y 2015.



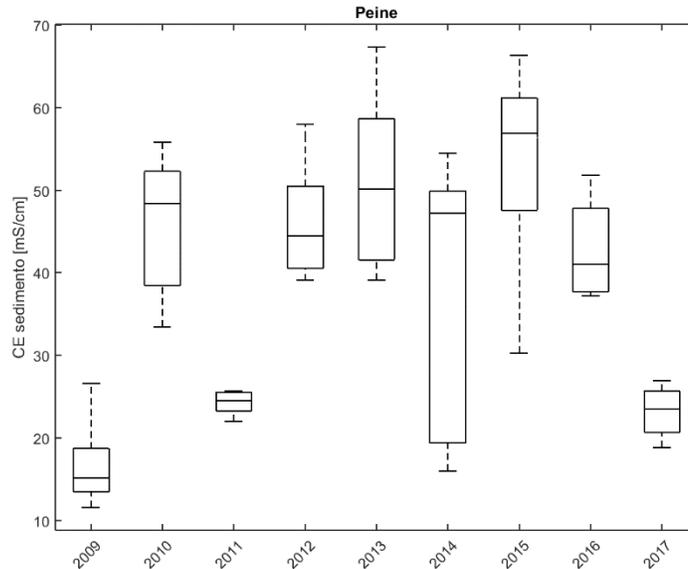
Tabla 6-40. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	16,7	5,8	34,5	11,6	26,6	12,9	15,2	21,4
2010	5	45,8	9,0	19,6	33,4	55,8	36,8	48,4	53,5
2011	5	24,3	1,5	6,2	22,0	25,7	22,9	24,5	25,6
2012	5	46,1	7,5	16,2	39,1	58,0	40,1	44,5	53,0
2013	5	50,9	11,2	22,1	39,1	67,3	40,8	50,1	61,6
2014	5	37,3	17,7	47,4	16,0	54,5	18,3	47,2	51,5
2015	5	53,2	13,7	25,7	30,3	66,3	41,8	56,9	62,9
2016	4	42,8	6,7	15,7	37,2	51,8	37,5	41,0	49,8
2017	4	23,2	3,4	14,7	18,8	27,0	19,8	23,5	26,3

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-56. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

6.4.1.7 Conductividad eléctrica del agua intersticial de sedimentos

Las distribuciones de esta variable siguen un patrón similar al de la CE de los Sedimentos analizada precedentemente, de modo tal que se corresponden los mismos comentarios para cada sistema hidrológico. De todas formas, a modo de resumen, tanto los valores de los estadígrafos, así como sus



distribuciones gráficas para el período 2009 - 2017, se presenta a continuación, en la Tabla 6-41, Tabla 6-42, Tabla 6-43 y Tabla 6-44 y Figura 6-57, Figura 6-58, Figura 6-59 y Figura 6-60.

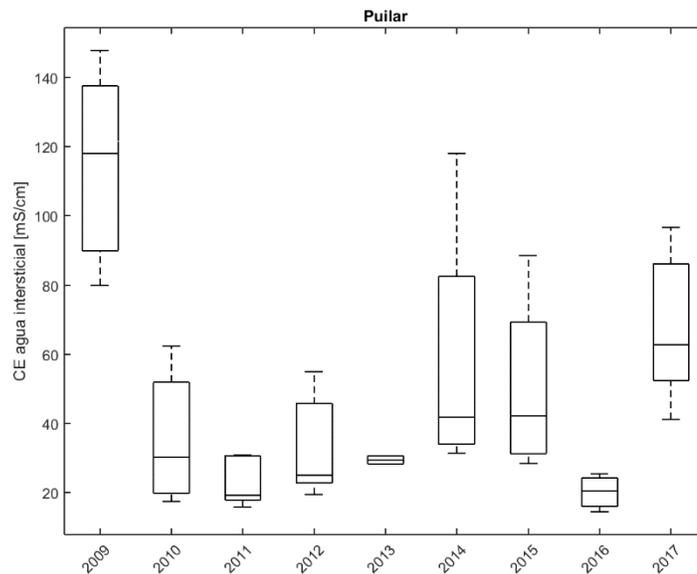
Tabla 6-41. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Puilar entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	114,6	28,0	24,5	80,0	147,7	86,6	118,0	141,0
2010	5	35,8	19,1	53,4	17,5	62,3	19,1	30,1	55,4
2011	5	23,0	7,1	31,0	15,8	30,8	17,2	19,3	30,7
2012	5	33,2	15,0	45,3	19,5	55,0	21,7	25,1	48,8
2013	2	29,5	1,6	5,5	28,3	30,6	*	29,5	*
2014	4	58,3	40,4	69,3	31,4	118,0	32,7	41,8	100,3
2015	4	50,3	27,0	53,8	28,4	88,4	29,8	42,2	78,9
2016	3	20,1	5,5	27,3	14,5	25,5	14,5	20,4	25,5
2017	5	67,8	21,9	32,3	41,2	96,6	48,7	62,6	89,6

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar el estadígrafo (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-57. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Puilar, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



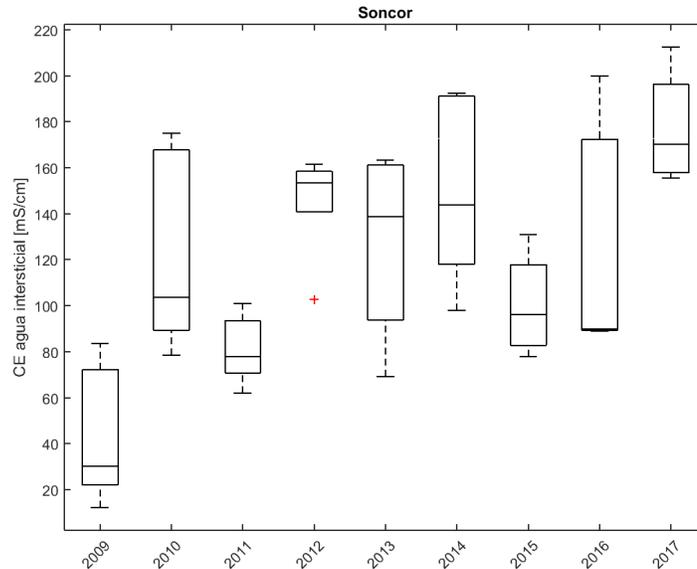
Tabla 6-42. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Soncor entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	43,9	30,4	69,3	12,3	83,5	18,8	30,1	76,0
2010	5	123,1	44,1	35,8	78,4	175,1	85,7	103,7	170,2
2011	5	81,1	15,2	18,7	62,0	101,0	67,8	78,0	96,0
2012	5	145,8	24,2	16,6	102,8	161,6	128,2	153,5	159,5
2013	4	127,4	43,8	34,4	69,2	163,2	81,5	138,7	162,2
2014	5	149,9	41,4	27,6	98,0	192,5	111,3	143,8	191,7
2015	4	100,3	23,2	23,2	77,9	130,9	80,3	96,2	124,4
2016	3	126,3	63,8	50,5	89,0	200,0	89,0	89,9	200,0
2017	4	177,1	25,9	14,6	155,6	212,4	156,7	170,2	204,4

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-58. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-43. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	9	38,7	47,3	122,0	2,6	159,8	12,2	30,3	38,8



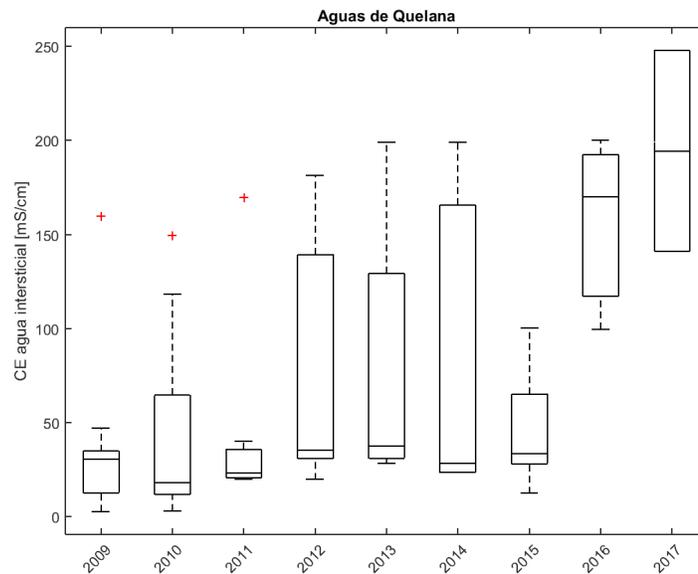
Tabla 6-43. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2010	10	44,0	51,0	115,8	2,8	149,6	10,8	17,9	77,9
2011	8	43,5	51,6	118,7	19,7	170,0	20,3	23,0	37,8
2012	5	79,1	70,8	89,4	19,6	181,3	27,0	35,2	153,3
2013	6	77,1	71,1	92,2	28,3	199,0	30,3	37,5	146,7
2014	5	85,7	84,7	98,9	23,3	199,0	23,3	28,1	176,8
2015	5	46,4	33,4	72,0	12,3	100,2	22,7	33,2	76,8
2016	3	156,5	51,6	33,0	99,5	200,0	99,5	170,0	200,0
2017	2	194,5	75,4	38,8	141,1	247,8	*	194,5	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente:UCN

Figura 6-59. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-44. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	38,5	3,2	8,2	33,2	40,8	35,7	39,9	40,7
2010	5	42,7	10,3	24,1	29,9	55,2	32,2	46,2	51,4



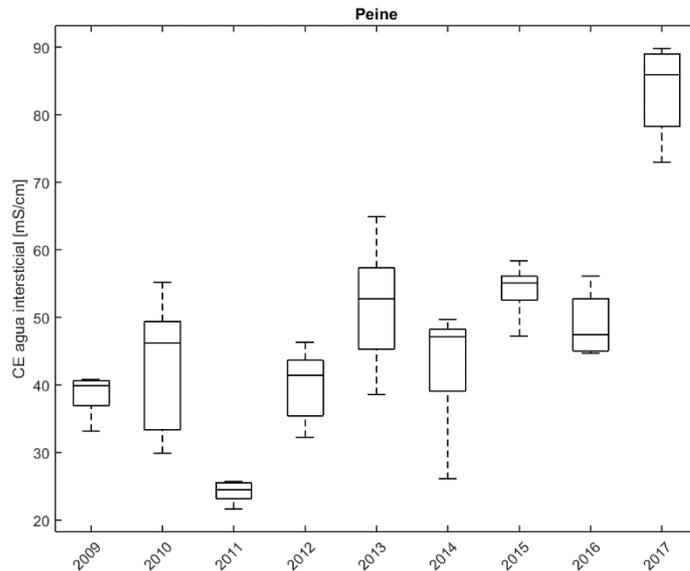
Tabla 6-44. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2011	5	24,2	1,6	6,7	21,7	25,7	22,7	24,5	25,6
2012	5	39,9	5,5	13,8	32,3	46,3	34,4	41,4	44,6
2013	5	51,7	9,7	18,7	38,6	64,9	43,1	52,8	59,9
2014	5	42,8	9,6	22,5	26,1	49,7	34,8	47,1	48,8
2015	5	54,1	4,1	7,6	47,3	58,4	50,8	55,1	56,9
2016	4	48,9	5,2	10,7	44,7	56,1	44,9	47,5	54,5
2017	4	83,6	7,6	9,1	72,9	89,7	75,6	85,9	89,4

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-60. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

6.4.2 Medio Biótico

6.4.2.1 Clorofila-a del Fitoplancton

En esta sección se analiza la evolución histórica de la concentración de Clorofila-a en los sistemas hidrológicos durante el periodo 2006 - 2017. En cada caso se presentan en forma tabulada los estadígrafos del monitoreo del año correspondiente con sus valores de tendencia central (promedio y mediana) y los valores de dispersión (máximo/mínimo y rango intercuartil: Q1 - Q3).

I. Clorofila-a del Fitoplancton: Sistema Puilar

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 6-45 el año en que se produjeron los valores promedio más altos fue el 2009 (10,2 µg/L) y 2012 (10µg/L), no obstante sólo este último coincide además con el valor más alto de la mediana (11,5 µg/L).

Los valores más altos de Clorofila-a, como datos independientes del conjunto de muestras de todo el periodo, se produjeron en las temporadas 2007 (37,4 µg/L) y 2009 (41µg/L), sin embargo, los promedios de los monitoreos se mantuvieron en el rango 0 y 10,2 µg/L, relativamente bajos para los máximos registrados. La discrepancia que se observa en los datos debe ser analizada con precaución. Por ejemplo, el año 2009 hubo un valor extremo de 41 µg/L y un valor Q3 de 25,5 µg/L, sin embargo la mediana corresponde a 0 µg/L, debido a que tres de los cinco datos del monitoreo fueron informados con este último valor.

La Figura 6-61 muestra gráficamente los valores centrales y las respectivas dispersiones por año para los registros de clorofila-a planctónica. La comparación entre los años de monitoreo arroja diferencias significativas entre los años 2012 y 2016.

Tabla 6-45. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

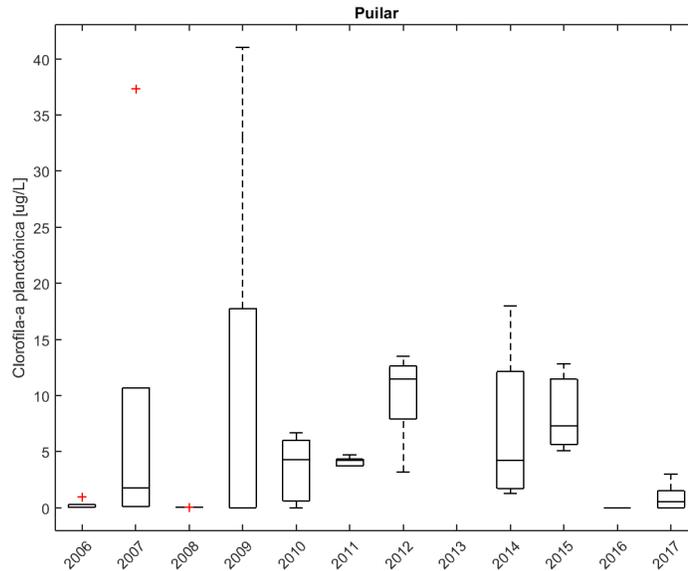
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,21	0,39	181	0,02	0,90	0,02	0,03	0,50
2007	5	8,23	16,3	198	0,10	37,4	0,10	1,78	19,6
2008	5	0,01	0,0003	3,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2009	5	10,2	17,8	174	0,00	41,0	0	0	25,5
2010	5	3,52	2,99	84,9	0,00	6,70	0,40	4,30	6,25
2011	5	4,10	0,42	10,2	3,70	4,70	3,70	4,20	4,45
2012	5	10,0	4,08	40,9	3,16	13,5	6,32	11,5	12,9
2013	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	4	6,92	7,69	111	1,29	18,0	1,51	4,20	15,1
2015	3	8,40	3,98	47,4	5,07	12,8	5,07	7,32	12,8
2016	3	0	0	-	0	0	0	0	0
2017	5	0,9	1,24	138	0	3	0	0,5	2

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). Las mediciones < LD fueron consideradas como = LD en el cálculo.

Fuente:UCN



Figura 6-61. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Clorofila-a del Fitoplancton: Sistema Soncor

Los valores promedios de Clorofila-a del sistema Soncor a través del tiempo se distribuyen dentro del rango 0,02 µg/L y 60,3 µg/L (Tabla 6-46). En tanto, los valores de las medianas lo hacen dentro del rango 0 µg/L y 75 µg/L. Los valores extremos (máximos) del conjunto de datos ocurren durante el año 2016 y 2009 con valores de 92 µg/L y 41,6 µg/L, respectivamente.

El valor mínimo de la serie de tiempo se registró el año 2017 (0 µg/L), en el que, como se indicó en la sección de resultados, tres de las estaciones presentaron este valor. Cabe notar que las estaciones en las que se registró un valor = 0 µg/L, presentan una alta abundancia de fitoplancton (hasta 370.000 cél/L en CH-1, ver Tabla 5-42). Como se verá más adelante, la campaña realizada el año 2017 presentó uno de los promedios históricos más altos de abundancia de fitoplancton. De esta manera, como ha sido comentado en informes anteriores, es posible que el procedimiento analítico presente limitaciones.

Esta variable presenta grandes diferencias en el tiempo (Figura 6-62). Se observa que durante el periodo 2006-2008 se registraron valores muy bajos. El año 2009 este comportamiento cambia y se mantiene relativamente estable, con algunas oscilaciones, hasta el año 2016, como se aprecia gráficamente en la Figura 6-63. El año 2017, se vuelven a observar concentraciones bajas de clorofila planctónica. El análisis estadístico muestra que existen diferencias significativas entre los años de monitoreo. El test *post-hoc* indica que los años que presentan estas diferencias corresponden al año 2016 con los años 2006, 2008 y 2017.

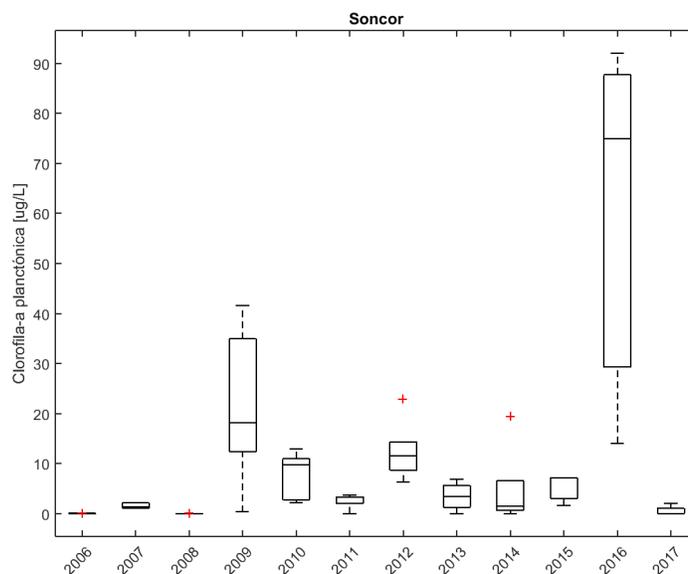
Tabla 6-46. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica ($\mu\text{g/L}$) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,02	0,01	74,6	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02
2007	5	1,55	0,55	35,3	1,07	2,14	1,07	1,34	2,14
2008	5	0,02	0,01	87,3	0,01	0,04	0,01	0,01	0,03
2009	5	21,8	15,9	72,9	0,30	41,6	8,35	18,2	37,2
2010	5	7,62	4,78	62,8	2,20	12,9	2,55	9,80	11,6
2011	5	2,54	1,47	58,0	0,00	3,70	1,30	3,20	3,45
2012	5	12,3	6,30	51,0	6,32	23,0	7,90	11,5	17,2
2013	4	3,37	2,88	85,5	0,00	6,82	0,61	3,34	6,18
2014	5	4,79	8,24	172	0,00	19,46	0,40	1,43	10,9
2015	3	5,27	3,19	60,6	1,58	7,16	1,58	7,06	7,16
2016	3	60,3	41,0	68,0	14,0	92,0	14,0	75,0	92,0
2017	4	0,5	1	200	0	2	0	0	1,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).
 Las mediciones < LD fueron consideradas como = LD en el cálculo.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-62. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



III. Clorofila-a del Fitoplancton: Sistema Aguas de Quelana

Los valores promedio de clorofila-a del sistema hidrológico Aguas de Quelana a través del tiempo se distribuyen dentro del rango 0,01 µg/L y 158 µg/L (Tabla 6-47). En tanto, los valores de las medianas lo hacen dentro del rango 0,02 µg/L y 151 µg/L. El valor máximo registrado corresponde al año 2016 con una concentración de 264 µg/L valor que escapa de lo observado históricamente en el sistema.

En cuanto a la evolución temporal, durante el periodo 2006-2008 se registraron valores muy bajos de clorofila-a planctónica. El año 2009 esto cambia significativamente y se mantiene relativamente estable hasta el año 2016, como se aprecia gráficamente en la Figura 6-63. El año 2016 se registró una concentración fuera del rango histórico, pero el año 2017 la medición realizada vuelve a encontrarse dentro de él. El análisis estadístico corrobora lo indicado, mostrando que existen diferencias significativas entre los años de monitoreo. Ellas se encontrarían entre el año 2006 y los años 2009, 2012 y 2016; y el año 2008 y los años 2009, 2011, 2014 y 2016.

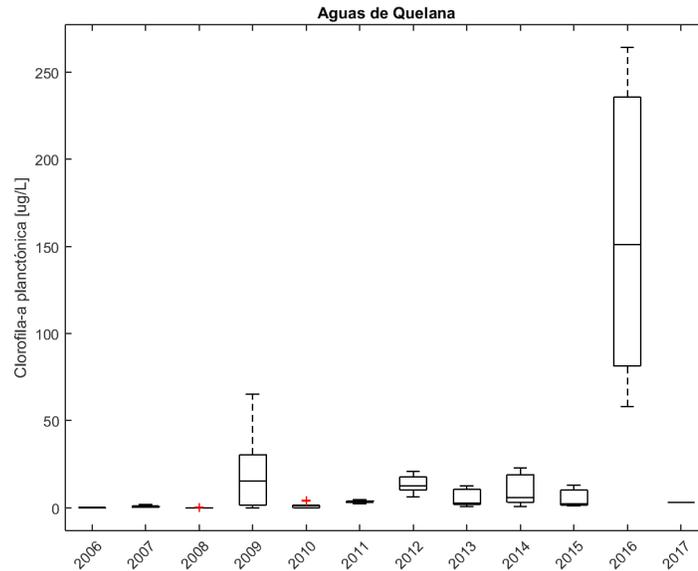
Tabla 6-47. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	0,04	0,03	83,9	0,00	0,08	0,01	0,02	0,07
2007	10	0,80	0,57	70,4	0,10	1,91	0,10	0,95	1,00
2008	10	0,01	0,01	54,0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
2009	10	19,8	21,5	109	0,00	65,2	1,40	15,3	32,1
2010	10	1,35	1,49	111	0,00	4,19	0,00	1,11	2,00
2011	8	3,44	0,78	22,7	2,10	4,70	3,20	3,20	4,08
2012	5	13,5	5,53	40,9	6,32	21,0	8,90	12,3	18,8
2013	6	5,13	5,04	98,2	0,71	12,5	1,58	2,58	11,1
2014	5	10,2	9,64	94,8	0,50	22,9	2,23	5,74	20,3
2015	3	5,34	6,46	121	1,08	12,8	1,08	2,16	12,8
2016	3	158	103	65,4	58,0	264	58,0	151	264
2017	1	3	-	-	3	3	*	3	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). * no es posible determinar (N < 3). Las mediciones < LD fueron consideradas como = LD en el cálculo.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-63. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Clorofila-a del Fitoplancton: Sistema Peine.

Los valores promedios de clorofila-a del sistema hidrológico Peine a través del tiempo se distribuyen dentro del rango 0 µg/L y 55,3 µg/L (Tabla 6-48). En tanto, los valores de las medianas lo hacen dentro del rango 0 µg/L y 17,80 µg/L. El valor máximo registrado en el periodo corresponde a 209 µg/L (año 2016) que se encuentra fuera del rango de los registros históricos hasta el año 2015. Cabe destacar que este año se presenta una mediana muy alejada a ese valor, de 6 µg/L.

El año 2017 es el único que presenta todos sus registros = 0 µg/L. Sin embargo, al igual que en el sistema Soncor, en las cuatro estaciones de monitoreo hubo presencia de fitoplancton, cuya abundancia alcanza 130.000 cél/L (estación PE-1, ver Tabla 5-44). De esta manera, los resultados aquí presentados deben ser evaluados considerando las limitaciones analíticas de la técnica.

La tendencia temporal es similar a la encontrado en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, observándose cuatro hitos. Los valores son bajos para el periodo 2006-2008, aumentan el año 2009, presentando cierta estabilidad hasta el año 2015 (con un peak el año 2014) y aumentando otra vez el año 2016, para bajar nuevamente el año 2017. El análisis estadístico indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los años de monitoreo 2012 y 2017.

Tabla 6-48. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,002	0,001	49,8	0,001	0,004	0,002	0,002	0,002



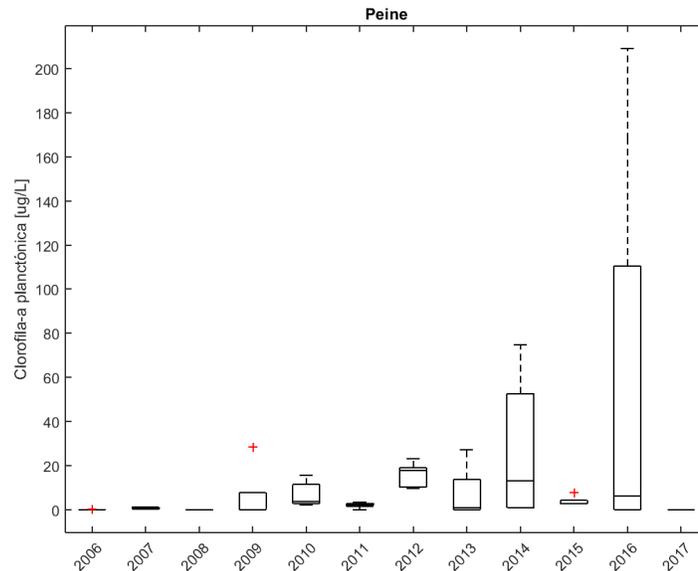
Tabla 6-48. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica ($\mu\text{g/L}$) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2007	5	0,62	0,48	76,7	0,10	0,99	0,10	0,92	0,99
2008	3	0,02	0,01	73,4	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03
2009	5	5,84	12,7	217	0	28,5	0	0	14,6
2010	5	6,84	5,78	84,6	2,10	15,6	2,55	3,60	12,8
2011	5	2,00	1,21	60,3	0	3,20	1,05	2,10	2,90
2012	5	15,7	5,68	36,3	9,48	23,0	9,90	17,8	20,4
2013	5	7,40	11,6	157	0	27,0	0,00	0,79	18,1
2014	5	27,0	32,3	120	0,68	74,6	0,88	13,1	60,0
2015	5	3,70	2,13	57,5	2,58	7,48	2,58	2,74	5,30
2016	4	55,3	103	186	0	209	0,00	6,00	160
2017	4	0	0	-	0	0	0	0	0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).
 Las mediciones < LD fueron consideradas como = LD en el cálculo.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-64. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



6.4.2.2 Clorofila-a del Perifiton

En esta sección se analiza la evolución histórica de la concentración de Clorofila-a en el perifiton de los sistemas hidrológicos durante el periodo 2006 - 2017. En cada caso se presentan en forma tabulada los estadígrafos del monitoreo del año correspondiente con sus valores de tendencia central (promedio y mediana) y los valores de dispersión (máximo/mínimo y rango intercuartil: Q1 - Q3).

I. Clorofila-a del perifiton: Sistema Puilar

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 6-49, el año en que se registraron los valores promedio y mediana más altos fue el 2014 (16,5 µg/cm² y 14,3 µg/cm², respectivamente). El año que presentó los valores más bajos fue el 2007, donde la mayoría de las estaciones se encontraron bajo el límite de detección. El valor más alto registrado durante el periodo se produjo el año 2014 (34,3 µg/cm²) mientras que los más bajos por su parte, se registraron los años 2007 (< LD) y 2011 (0 µg/cm²). Al comparar las mediciones registradas el año 2017 con el resto del periodo, se observa que ellas se encuentran dentro del rango histórico, en el límite superior.

La Figura 6-65 muestra gráficamente los valores centrales y las respectivas dispersiones por año de monitoreo para los registros de clorofila-a bentónica. Puede observarse un comportamiento temporal oscilante, sin tendencias definidas. Existen diferencias estadísticamente significativas entre los años de monitoreo, sin embargo el test *post-hoc* no identifica pares específicos.

Tabla 6-49. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a bentónica (µg/cm²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

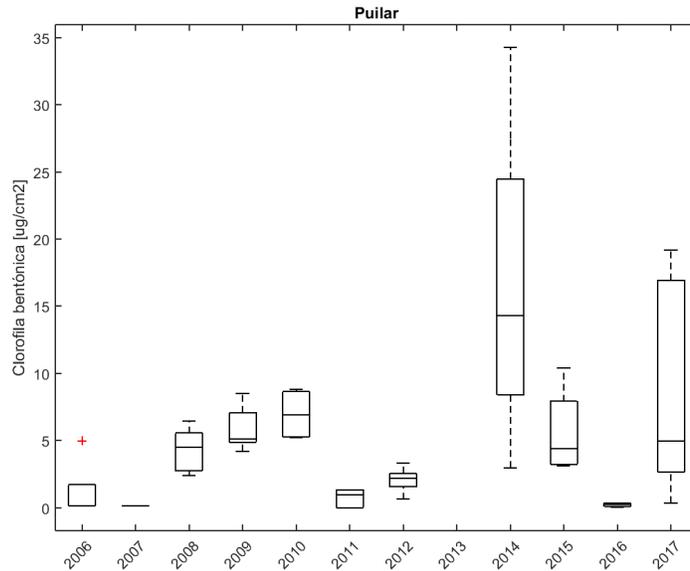
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	1,21	2,13	177	0,11	5,01	0,13	0,16	2,81
2007	1	0,00016	0,00	0,0	0,16	0,16	*	0,16	*
2008	5	4,30	1,68	39,1	2,40	6,46	2,63	4,52	5,86
2009	5	5,90	1,69	28,6	4,20	8,50	4,65	5,10	7,55
2010	5	6,96	1,73	24,8	5,20	8,80	5,25	6,90	8,70
2011	5	0,73	0,68	93,6	0	1,34	0,00	0,97	1,34
2012	5	2,07	0,97	47,0	0,63	3,33	1,25	2,21	2,82
2013	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	4	16,5	13,0	79,1	2,97	34,3	5,70	14,3	29,38
2015	4	5,58	3,39	60,7	3,09	10,42	3,17	4,41	9,17
2016	3	0,22	0,16	74,1	0,04	0,36	0,04	0,26	0,36
2017	5	8,82	8,34	94,5	0,34	19,2	1,87	4,97	17,7

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

*Sólo se presenta un dato para el año 2007 ya que la mayoría de las mediciones (en 4 de las 5 estaciones) son < LD (0,0001 µg/cm²)

Fuente:UCN

Figura 6-65. Evolución temporal de clorofila-a bentónica en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Clorofila-a del perifiton: Sistema Soncor

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 6-50, el año en que se registraron los valores promedio y mediana más altos fue el 2010 (17,7 µg/cm² y 18,6 µg/cm², respectivamente). El año que presentó los valores más bajos fue el 2007, donde todas las estaciones se encontraron bajo el límite de detección. El año 2006 también presentó valores bajos, con una media de 0,12 µg/cm². El valor más alto registrado durante el periodo se produjo el año 2008 (33 µg/cm²) y los más bajos por su parte, se registraron los años 2007 (< 0,0001 µg/cm²) y 2009, 2010, 2011 y 2013 (0 µg/cm²). Al comparar las mediciones efectuadas el año 2017 con el resto del periodo, se observa que ellas se encuentran dentro del rango histórico.

La Figura 6-66 muestra gráficamente los valores centrales y las respectivas dispersiones por año de monitoreo para los registros de clorofila-a bentónica. Puede observarse un comportamiento temporal oscilante, sin tendencias definidas y en general, una alta dispersión de los datos. Para este sistema no existen diferencias estadísticamente significativas entre los años de monitoreo.

Tabla 6-50. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton (µg/cm²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,12	0,11	89,2	0,06	0,31	0,06	0,08	0,19
2007	5	<LD	-	-	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
2008	5	7,80	14,1	181	0,83	33,0	0,92	1,48	17,8



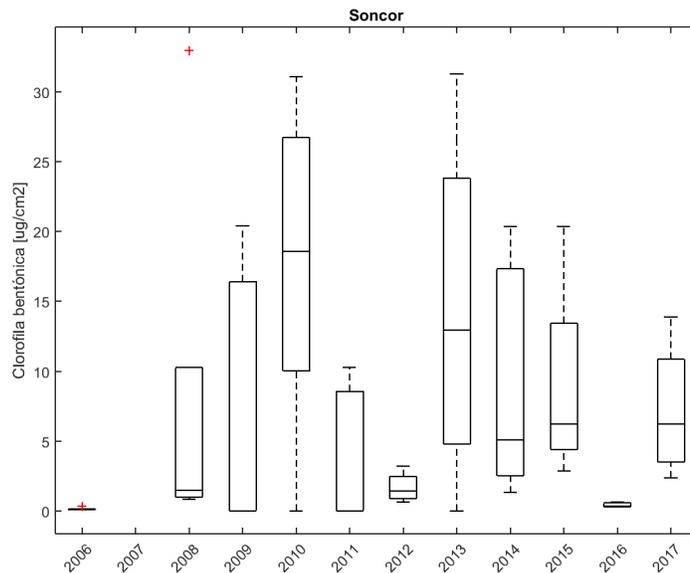
Tabla 6-50. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2009	5	7,10	9,90	139	0	20,4	0,00	0,00	17,8
2010	5	17,7	11,9	67,5	0	31,1	6,70	18,6	28,2
2011	5	3,65	5,06	139	0	10,3	0,00	0,0	9,13
2012	5	1,69	1,04	61,6	0,63	3,21	0,79	1,43	2,71
2013	4	14,3	13,2	92,2	0	31,3	2,39	12,9	27,6
2014	5	9,20	8,58	93,3	1,30	20,4	2,12	5,06	18,3
2015	4	8,91	7,82	87,7	2,85	20,4	3,62	6,21	16,9
2016	3	0,41	0,20	49,3	0,27	0,6	0,27	0,31	0,64
2017	4	7,17	5,01	69,9	2,37	13,9	2,93	6,21	12,4

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *
 El año 2007 presenta todas de las mediciones $<< 0,0001 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-66. Evolución temporal de clorofila del perifiton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN El año 2007 no se muestra dado que todas las mediciones se presentaron $< \text{LD}$.



III. Clorofila-a del perifiton: Sistema Aguas de Quelana

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 6-51, el año en que se registraron los valores promedio y mediana más altos fue el 2013 (22,1 µg/cm² y 21,6 µg/cm², respectivamente). El año que presentó los valores más bajos fue el 2007, donde todas las estaciones se encontraron bajo el límite de detección. El año 2006 también presentó valores bajos, con una media de 0,29 µg/cm². El valor más alto registrado durante el periodo se produjo el año 2014 (46,3 µg/cm²) y los más bajos por su parte, se registraron los años 2007 (< LD) y 2011 (0 µg/cm²). Al comparar las mediciones efectuadas el año 2017 con el resto del periodo, se observa que ellas se encuentran dentro del rango histórico.

La Figura 6-67 muestra gráficamente los valores centrales y las respectivas dispersiones por año de monitoreo para los registros de clorofila-a bentónica. Puede observarse un comportamiento temporal oscilante, como en todos los sistemas, sin tendencias definidas y en general, una alta dispersión de los datos. Para este sistema existen diferencias estadísticamente significativas entre el año 2006 y los años 2013, 2014 y 2016; y entre los 2013 y 2016.

Tabla 6-51. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton (µg/cm²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

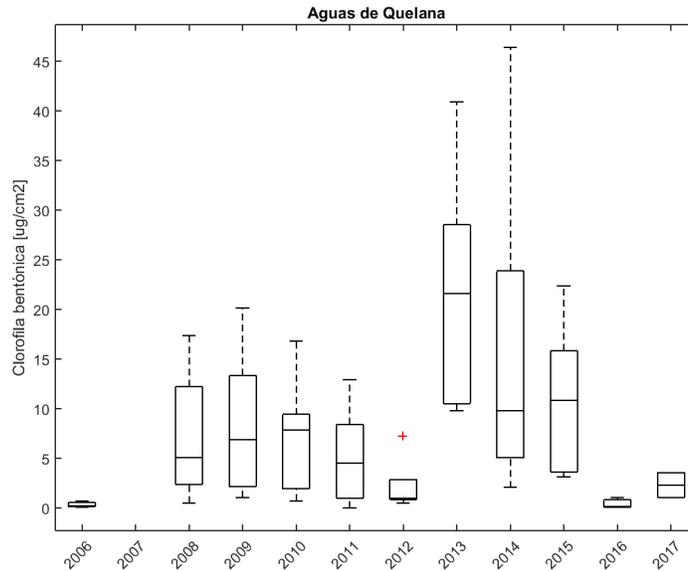
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	0,29	0,25	85,7	0,03	0,64	0,08	0,16	0,60
2007	5	< LD	-	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
2008	9	7,01	6,03	86,0	0,46	17,3	1,98	5,07	12,9
2009	10	8,05	6,71	83,4	1,00	20,1	2,00	6,85	13,8
2010	10	7,09	5,23	73,7	0,70	16,8	1,75	7,80	10,1
2011	8	5,07	4,78	94,4	0	12,9	0,48	4,50	9,32
2012	5	2,20	2,82	128	0,48	7,20	0,72	0,95	4,30
2013	6	22,1	11,7	53,0	9,79	40,9	10,3	21,6	31,6
2014	6	16,1	16,6	103	2,04	46,3	4,27	9,79	29,5
2015	5	10,7	7,90	73,7	3,12	22,3	3,43	10,8	18,0
2016	3	0,38	0,55	146,0	0,02	1,02	0,02	0,10	1,02
2017	2	2,29	1,79	78,3	1,02	3,55	*	2,29	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). El año 2007 presenta todas de las mediciones < 0,0001 µg/cm². *no es posible determinar el estadígrafo (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



Figura 6-67. Evolución temporal de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN. El año 2007 no se muestra dado que todas las mediciones se presentaron < LD.

IV. Clorofila-a del perifiton: Sistema Peine

El año del periodo analizado en el que se registraron los valores promedio y mediana más altos fue el año 2011 (18,1 µg/cm² y 18,2 µg/cm², respectivamente). La campaña que presentó los valores más bajos fue la del año 2007, donde todas las estaciones presentaron concentraciones bajo el límite de detección. Los valores más altos registrados durante el periodo se produjeron los años 2013 (41,7 µg/cm²) y 2011 (27,4 µg/cm²) y los más bajos por su parte, se registraron los años 2007 (< LD) y 2006 (0,01 µg/cm²). Al comparar las mediciones registradas el año 2017 con todos los registros, se observa que ellas se encuentran dentro del rango histórico (Tabla 6-52).

La Figura 6-68 muestra gráficamente los valores centrales y las respectivas dispersiones por año de monitoreo para los registros de clorofila-a bentónica. No se observan tendencias definidas al alza o a la baja, pero sí diferencias entre campañas. La comparación entre los años de monitoreo arroja diferencias estadísticamente significativas entre el año 2006 y los años 2011 y 2013.

Tabla 6-52. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton (µg/cm²) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,02	0,01	48,32	0,01	0,04	0,01	0,02	0,03
2007	5	<LD	-	-	<LD	<LD	-	<LD	-
2008	4	4,31	6,18	143	0,65	13,6	0,85	1,52	10,56



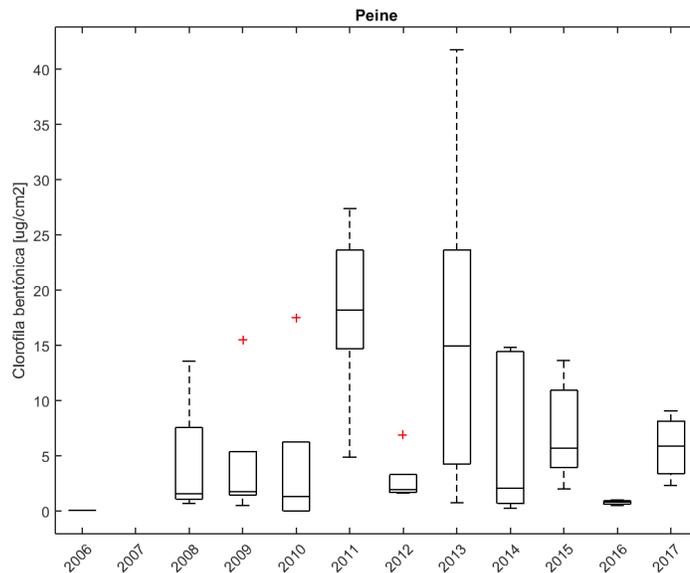
Tabla 6-52. Estadígrafos descriptivos de los registros de clorofila-a del perifiton ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2009	5	4,28	6,30	147	0,50	15,5	1,10	1,70	8,75
2010	5	4,26	7,47	175	0,00	17,5	0,00	1,30	10,00
2011	5	18,1	8,35	46,0	4,88	27,4	11,4	18,2	24,9
2012	5	2,83	2,28	80,5	1,63	6,89	1,65	1,90	4,48
2013	5	16,1	15,9	99,0	0,73	41,7	3,05	14,9	29,7
2014	5	6,45	7,44	115	0,20	14,8	0,53	2,06	14,6
2015	5	7,15	4,63	64,65	1,98	13,6	3,26	5,64	11,8
2016	4	0,75	0,23	30,20	0,45	0,97	0,52	0,79	0,95
2017	4	5,74	2,99	52,2	2,26	9,02	2,80	5,84	8,58

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). El año 2007 presenta todas las mediciones $< 0,0001 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

Fuente:UCN

Figura 6-68. Evolución temporal de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN. El año 2007 no se muestra dado que todas las mediciones se presentaron $< \text{LD}$.

6.4.2.3 Fitoplancton

El fitoplancton en general refleja la productividad primaria de un sistema ecológico acuático, y su importancia, más allá del aporte en la liberación de oxígeno, radica en el sustento del resto de los componentes del plancton en los sistemas hidrológicos (especialmente crustáceos y otros micro/macroinvertebrados, componentes del zooplancton), así como de vertebrados que filtran directamente microalgas, como es el caso del Flamenco Andino. El conocimiento de las estructuras comunitarias o la composición del fitoplancton (grupos taxonómicos que lo componen) es una variable relevante para conocer las transformaciones de la composición específica a través del tiempo. No obstante, para fines de evaluación del aporte de materia y energía a los niveles tróficos superiores de los sistemas, la mayor relevancia se ubica en la biomasa o abundancia del fitoplancton (y fitobentos) disponible para sostener las transferencias de materia y energía que cubren el funcionamiento de los ecosistemas. Sobre esta base, el monitoreo de la variable células/unidad de volumen es ilustrativa de la cantidad de microalgas o biomasa disponible en los distintos sistemas hidrológicos monitoreados.

A continuación, se analiza la evolución histórica de los indicadores abundancia y riqueza de fitoplancton en los cuatro sistemas monitoreados.

I. Fitoplancton: Sistema Puillar

La serie de tiempo de la abundancia de fitoplancton en el sistema hidrológico de Puillar, comprendida entre los años 2006 y 2017 muestra promedios anuales dentro del rango 714 cél/L (año 2011) - 233.333 cél/L (año 2015). Por su parte, las medianas se encuentran dentro del rango 490 cél/L (año 2011) - 270.000 cél/L (año 2015). Los valores máximos registrados en los monitoreos anuales correspondieron a 400.000 cél/L en las campañas de los años 2010 y 2015. El valor mínimo correspondió a 0 cél/L y se registró en cuatro campañas de monitoreo (Tabla 6-53), especialmente en la estación PU-5 (ver Anexo XV).

La evolución histórica de la abundancia de fitoplancton se presenta en la Figura 6-69, donde se observa que no existen tendencias al alza o a la baja pero sí diferencias importantes entre las campañas. Según el análisis estadístico, existen diferencias significativas entre el año 2011 (menor abundancia) y el año 2010.

Por su parte, la mayor riqueza se encontró en el año 2011 (año de menor abundancia), con un promedio de 26 taxones y una mediana de 19. El año que presentó una menor riqueza correspondió al período 2009, con 1,6 taxones promedio y una mediana de 2,0 taxones, equivalente a la evidenciada el año 2012 (Tabla 6-54).

Al igual que a abundancia, la riqueza no presentó tendencias temporales pero sí diferencias entre campañas (Figura 6-69). Las diferencias estadísticamente significativas se encontraron entre el año 2011 (mayor riqueza) y los años 2009, 2012 y 2017.

Tabla 6-53. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	22.466	22.921	102	0	59.509	4.399	17.694	42.919
2007	5	13.171	14.471	110	0	29.008	426	7.631	28.687
2008	5	41.973	52.968	126	5.022	125.353	5.882	8.084	95.010
2009	5	105.000	113.743	108	0	225.000	0	75.000	225.000
2010	5	175.000	157.123	90	25.000	400.000	50.000	100.000	337.500
2011	5	714	462	65	320	1.420	360	490	1.180
2012	5	26.320	23.366	89	3.000	54.900	5.000	20.100	50.750
2013	2	23.000	4.243	18	20.000	26.000	*	23.000	*
2014	4	26.750	3.862	14	23.000	31.000	23.250	26.500	30.500



2015	3	233.333	187.705	80	30.000	400.000	30.000	270.000	400.000
2016	3	1.700	755	44	900	2.400	900	1.800	2.400
2017	5	62.000	96.021	155	0	230.000	0	40.000	135.000

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

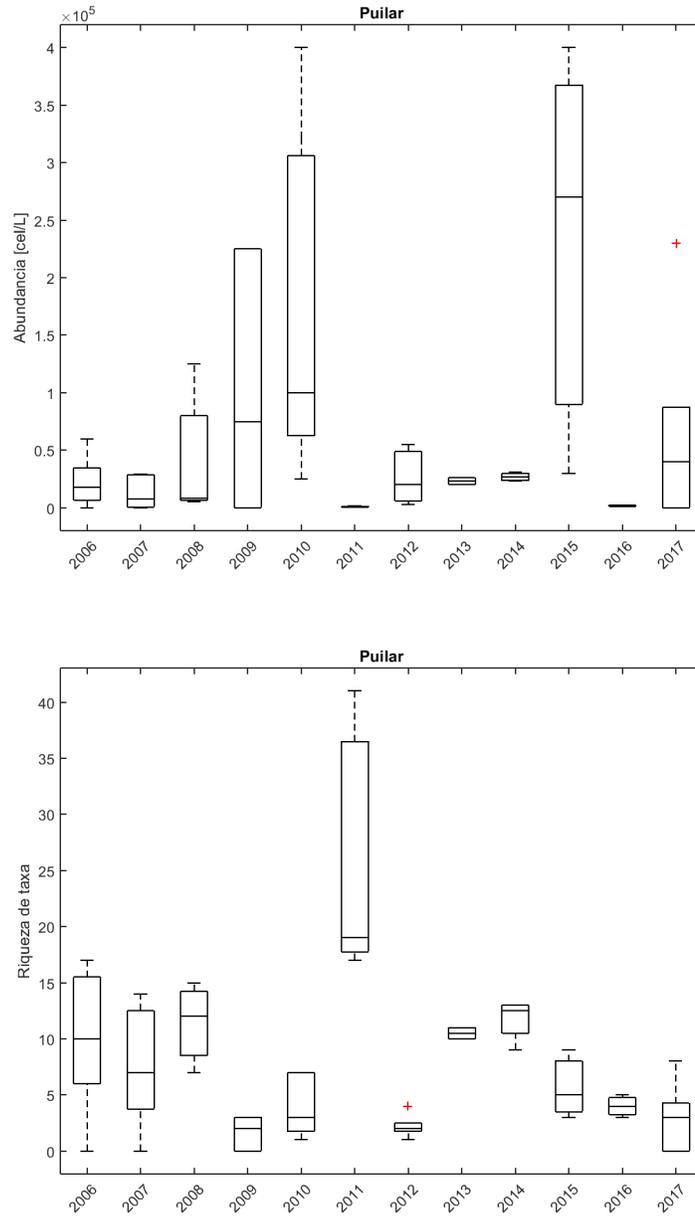
Tabla 6-54. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	10,0	6,7	66,7	0,0	17,0	4,0	10,0	16,0
2007	5	7,6	5,6	73,6	0,0	14,0	2,5	7,0	13,0
2008	5	11,4	3,4	29,5	7,0	15,0	8,0	12,0	14,5
2009	5	1,6	1,5	94,8	0,0	3,0	0,0	2,0	3,0
2010	5	4,0	2,8	70,7	1,0	7,0	1,5	3,0	7,0
2011	5	26,0	11,2	43,0	17,0	41,0	17,5	19,0	38,0
2012	5	2,2	1,1	49,8	1,0	4,0	1,5	2,0	3,0
2013	2	10,5	0,7	6,7	10,0	11,0	*	10,5	*
2014	4	11,8	1,9	16,1	9,0	13,0	9,8	12,5	13,0
2015	3	5,7	3,1	53,9	3,0	9,0	3,0	5,0	9,0
2016	3	4,0	1,0	25,0	3,0	5,0	3,0	4,0	5,0
2017	5	2,8	3,3	116,8	0,0	8,0	0,0	3,0	5,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-69. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



II. Fitoplancton: Sistema Soncor

La abundancia promedio de fitoplancton en el sistema Soncor se encontró, durante los 12 años de monitoreos realizados hasta el año 2017, dentro del rango 432 cél/L (año 2011) y 1.180.000 cél/L (año 2009). Por su parte las medianas se encontraron en rango 370 cél/L (año 2011) y 235.000 cél/L (año 2015). El valor máximo registrado entre los 41 datos disponibles correspondió a 5.275.000 cél/L en la campaña del año 2009 (Tabla 6-55), mientras que el mínimo fue de 0 cél/L, valor registrado durante los años 2009, 2010 y 2012.

Como se puede observar en la Figura 6-70, la abundancia de fitoplancton es altamente variable, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos efectuados el año 2011 y los años 2015 y 2017.

Al igual que el sistema Puilar, la mayor riqueza en este sistema se encontró el año 2011, con un promedio de 19 taxa y una mediana de 16 taxa. El año 2012 por su parte, fue el que presentó el menor promedio y mediana, con 1,4 y 1 taxa, respectivamente. De esta manera, la riqueza y la abundancia en este sistema no se encontraron directamente relacionados.

En cuanto a la evolución histórica, se observa en la Figura 6-70 que la riqueza no presenta una tendencia temporal definida, pero sí existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas campañas realizadas, específicamente entre el año 2011 y 2012.

Tabla 6-55. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	3.828	3.402	89	183	8.895	789	3.659	6.952
2007	5	8.109	6.573	81	543	15.441	2.700	5.100	15.023
2008	5	12.545	9.433	75	5.883	29.130	6.870	9.285	19.850
2009	5	1.180.000	2.296.832	195	0	5.275.000	25.000	100.000	2.875.000
2010	5	260.000	254.706	98	0	675.000	62.500	225.000	475.000
2011	5	432	160	37	310	710	330	370	565
2012	5	17.820	21.283	119	0	45.400	0	8.000	40.550
2013	4	22.750	2.062	9	20.000	25.000	20.750	23.000	24.500
2014	5	25.800	2.588	10	22.000	29.000	23.500	26.000	28.000
2015	4	265.000	217.025	82	70.000	520.000	77.500	235.000	482.500
2016	2	1.650	1.202	73	800	2.500	*	1.650	*
2017	4	182.500	135.000	74	50.000	370.000	72.500	155.000	320.000

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N<3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

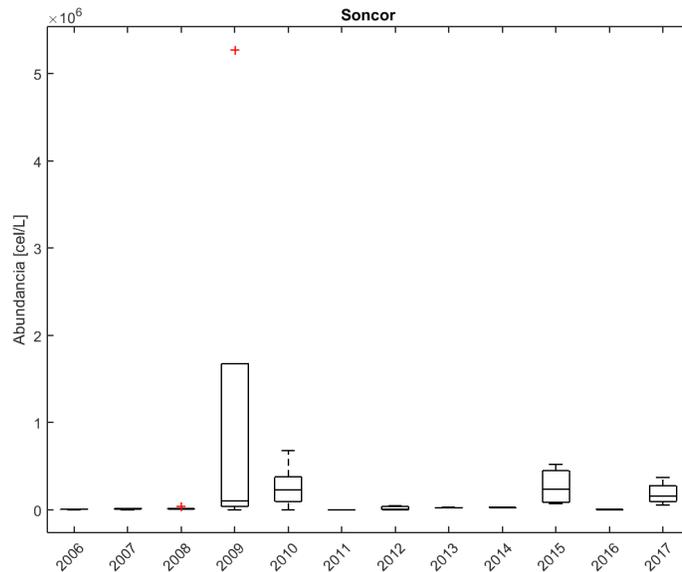
Tabla 6-56. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

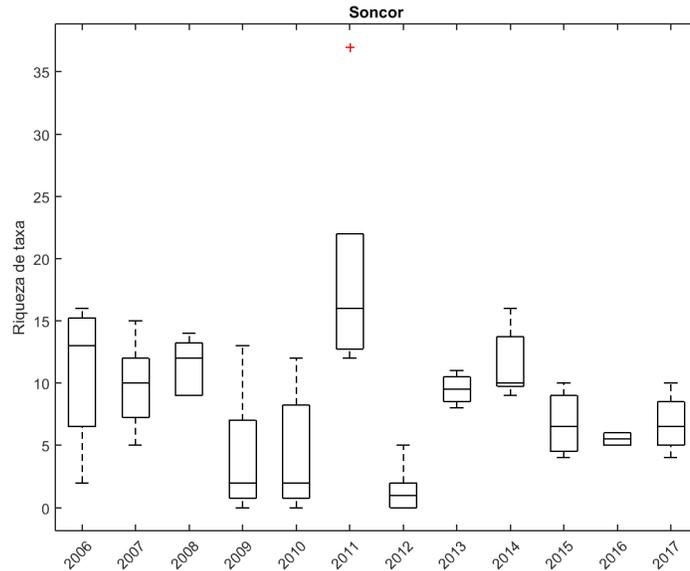
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	10,8	5,8	53,8	2,0	16,0	5,0	13,0	15,5
2007	5	9,8	3,7	37,8	5,0	15,0	6,5	10,0	13,0
2008	5	11,4	2,3	20,2	9,0	14,0	9,0	12,0	13,5
2009	5	4,2	5,3	125,3	0,0	13,0	0,5	2,0	9,0
2010	5	4,4	5,0	114,3	0,0	12,0	0,5	2,0	9,5
2011	5	19,0	10,3	54,1	12,0	37,0	12,5	16,0	27,0
2012	5	1,4	2,1	148,1	0,0	5,0	0,0	1,0	3,0
2013	4	9,5	1,3	13,6	8,0	11,0	8,3	9,5	10,8
2014	5	11,6	2,9	24,8	9,0	16,0	9,5	10,0	14,5
2015	4	6,8	2,8	40,8	4,0	10,0	4,3	6,5	9,5
2016	2	5,5	0,7	12,9	5,0	6,0	*	5,5	*
2017	4	6,8	2,5	37,0	4,0	10,0	4,5	6,5	9,3

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N<2)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-70. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. Fitoplancton: Aguas de Quelana

En el periodo de monitoreo analizado (2006-2017), los promedios anuales de abundancia de fitoplancton en el sistema Aguas de Quelana se encontraron dentro del rango 300 cél/L (año 2016) - 1.788.000 cél/L (año 2009). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 0 cél/L (año 2012) - 1.187.500 cél/L (año 2010). El valor máximo registrado fue 7.350.000 cél/L en la campaña del año 2010 (Tabla 6-57), con un mínimo de 0 cél/L registrado los años 2012 y 2016.

En la Figura 6-71 se observa que la abundancia de fitoplancton no presenta tendencias al alza o a la baja pero sí amplias fluctuaciones interanuales. Las campañas efectuadas presentan diferencias estadísticamente significativas, particularmente entre el año 2009 y los años 2007, 2011, 2012 y 2016; y entre el año 2010 y los años 2007, 2011, 2012 y 2016. Este comportamiento es esperable, dadas las máximas abundancias registradas los años 2009 y 2010.

La riqueza de taxa por su parte, fue altamente variable entre monitoreos y presentó el mayor valor el año 2011 con un promedio y mediana de 24,4 y 26 taxa, respectivamente. El año 2012 fue el que presentó la menor riqueza, con un promedio de 0,8 taxa y una mediana de 0 taxa (Tabla 6-58).

No se observan tendencias temporales al incremento o disminución de la riqueza en el sistema Aguas de Quelana, siendo este parámetro altamente variable (Figura 6-71). No obstante, existen diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos, las que se observan entre el año 2011 y los años 2010, 2012 y 2016; y entre el año 2012 y los años 2006 y 2008. Esto confirma estadísticamente que el año 2011 fue mayor al resto y el año 2012 menor.

Tabla 6-57. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	40.224	64.940	161	743	182.215	1.514	10.602	41.560
2007	9	4.614	3.704	80	77	9.463	706	6.137	7.866
2008	9	156.272	302.036	193	12.940	937.731	15.425	19.556	179.293



Tabla 6-57. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2009	10	1.788.000	1.947.775	109	50.000	5.455.000	250.000	800.000	3.187.500
2010	10	1.632.500	2.114.896	130	75.000	7.350.000	450.000	1.187.500	1.712.500
2011	8	1.626	1.568	96	240	4.044	393	755	3.310
2012	5	16.880	37.188	220	0	83.400	0	0	42.200
2013	6	25.500	8.019	31	16.000	36.000	18.250	24.000	34.500
2014	6	25.667	4.967	19	18.000	31.000	21.000	27.000	29.500
2015	2	530.000	678.823	128	50.000	1.010.000	*	530.000	*
2016	3	300	361	120	0	700	0	200	700
2017	1	40.000	0	0	40.000	40.000	*	40.000	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N<3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

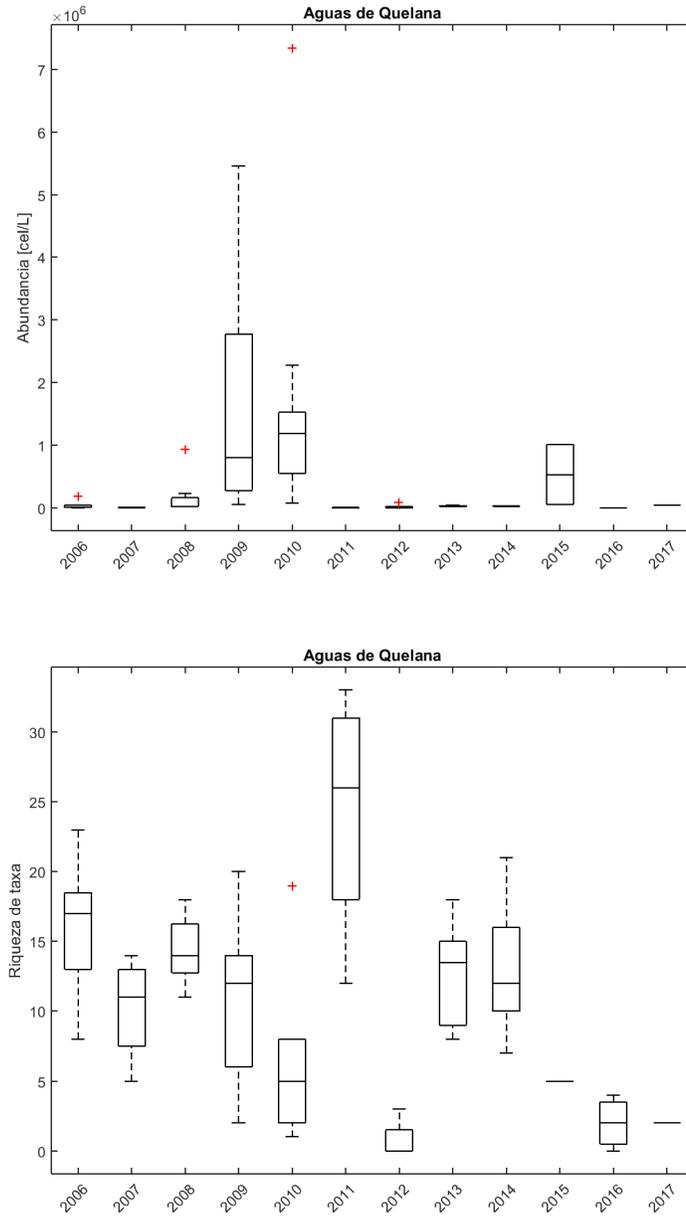
Tabla 6-58. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	16,0	4,8	30,2	8,0	23,0	12,0	17,0	19,0
2007	9	10,2	3,2	31,6	5,0	14,0	7,0	11,0	13,0
2008	9	14,4	2,3	15,9	11,0	18,0	12,5	14,0	16,5
2009	10	10,8	6,4	59,3	2,0	20,0	5,0	12,0	15,3
2010	10	7,1	6,8	95,2	1,0	19,0	2,0	5,0	10,8
2011	8	24,4	8,1	33,3	12,0	33,0	15,5	26,0	32,0
2012	5	0,8	1,3	163,0	0,0	3,0	0,0	0,0	2,0
2013	6	12,8	3,9	30,1	8,0	18,0	8,8	13,5	15,8
2014	6	13,0	4,9	38,0	7,0	21,0	9,3	12,0	17,3
2015	2	5,0	0,0	0,0	5,0	5,0	*	5,0	*
2016	3	2,0	2,0	100,0	0,0	4,0	0,0	2,0	4,0
2017	1	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	*	2,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar (N<3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-71. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



IV. Fitoplancton: Sistema Peine

En el periodo de monitoreo analizado (2006-2017), los promedios anuales de abundancia de fitoplancton en el sistema Peine se encontraron dentro del rango 752 cél/L (año 2011) - 2.295.000 cél/L (año 2009). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 440 cél/L (año 2011) - 750.000 cél/L (año 2009). Los valores máximos registrados entre los 51 datos correspondieron a 6.500.000 cél/L en la campaña efectuada el año 2009 y el mínimo 0 cél/L el año 2008 (Tabla 6-59).

No se observan tendencias temporales en la abundancia de fitoplancton en el sistema Peine (Figura 6-72), pero sí diferencias importantes. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el año 2011 y los años 2009, 2010 y 2015; y entre el año 2016 y los años 2009 y 2015.

La riqueza de taxa por su parte, presentó el mayor valor el año 2011 con un promedio y mediana de 29,6 y 19 taxa, respectivamente. El año 2012 fue el que presentó la menor riqueza, con un promedio y mediana de 2 taxa (Tabla 6-60). Al igual que en los sistemas de Pular y Soncor, la mayor riqueza se obtuvo en la campaña de menor abundancia.

No se observan tendencias temporales al incremento o disminución de la riqueza de fitoplancton en el sistema Peine, siendo este parámetro relativamente constante, a excepción del año 2011 (Figura 6-72). Existen diferencias estadísticamente significativas sólo entre los monitoreos del año 2011 y 2012.

Tabla 6-59. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	6.350	5.703	90	1.078	12.404	1.078	5.569	12.404
2007	5	7.842	9.467	121	30	23.363	1.121	3.434	16.767
2008	5	15.562	16.246	104	0	39.820	863	14.933	30.577
2009	5	2.295.000	2.810.661	122	25.000	6.500.000	175.000	750.000	5.187.500
2010	5	455.000	418.106	92	25.000	925.000	87.500	300.000	900.000
2011	5	752	598	80	330	1.760	360	440	1.300
2012	5	16.700	19.949	119	500	39.400	1.250	4.000	38.500
2013	5	30.000	5.148	17	26.000	37.000	26.000	27.000	35.500
2014	5	32.600	11.415	35	19.000	48.000	22.000	32.000	43.500
2015	5	290.000	154.110	53	100.000	460.000	145.000	270.000	445.000
2016	4	1.500	1.424	95	300	3.500	400	1.100	3.000
2017	4	92.500	26.300	28	70.000	130.000	72.500	85.000	120.000

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-60. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	11,0	7,0	63,6	6,0	19,0	6,0	8,0	19,0
2007	5	9,6	5,7	59,2	1,0	16,0	4,5	10,0	14,5
2008	5	11,2	6,9	62,0	0,0	17,0	4,5	15,0	16,0
2009	5	5,6	6,0	106,8	1,0	15,0	1,0	3,0	11,5
2010	5	6,2	3,9	62,9	1,0	11,0	3,0	5,0	10,0
2011	5	29,6	17,4	58,8	17,0	57,0	17,5	19,0	47,0



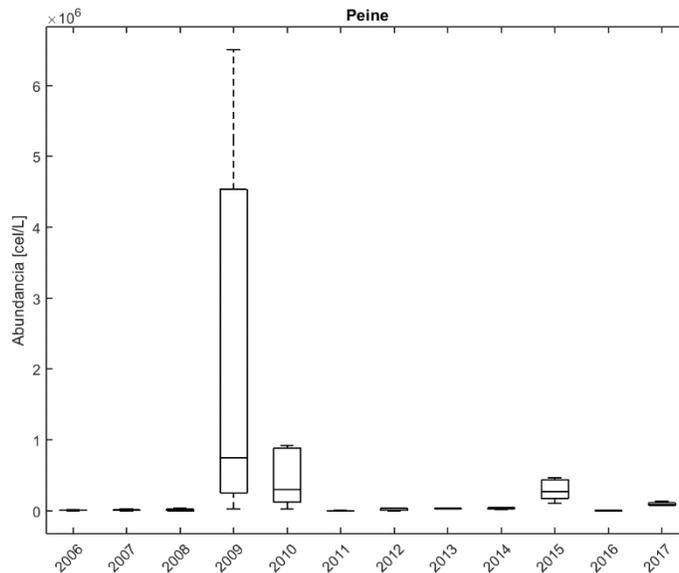
Tabla 6-60. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

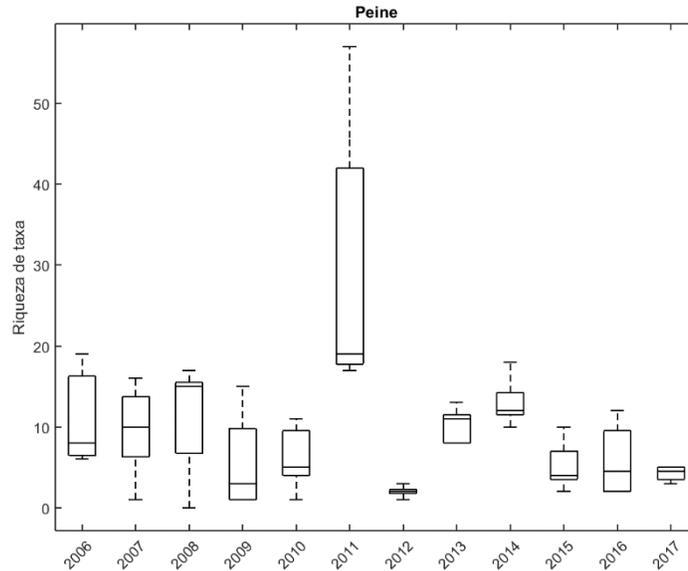
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2012	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2013	5	10,2	2,2	21,3	8,0	13,0	8,0	11,0	12,0
2014	5	13,0	3,0	23,1	10,0	18,0	11,0	12,0	15,5
2015	5	5,2	3,0	58,3	2,0	10,0	3,0	4,0	8,0
2016	4	5,8	4,8	83,3	2,0	12,0	2,0	4,5	10,8
2017	4	4,3	1,0	22,5	3,0	5,0	3,3	4,5	5,0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-72. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Según lo expuesto en esta sección, en ningún sistema se evidencian tendencias al aumento o disminución de la riqueza y abundancia de fitoplancton. Además, se observan patrones similares entre los distintos sistemas. Los monitoreos efectuados los años 2010 y 2009, particularmente este último, presentaron una alta abundancia de fitoplancton. Por su parte, la riqueza presentó su máximo en el año 2011 para todos los sistemas, superando ampliamente los registros históricos; a pesar de que su abundancia fue de las más bajas de las series de datos. Al ser fenómenos observados en todos los sistemas, éstos responden a factores que aplican a todos ellos. Los factores pueden ser externos o debido al muestreo o método de medición. Dada la naturaleza de la metodología de medición, ella otorga una variabilidad a los resultados que puede ser significativa. Esto debe tenerse en cuenta ya que puede enmascarar tendencias reales del sistema o mostrar tendencias espurias.

6.4.2.4 Fitobentos

I. Fitobentos: Puilar

En el periodo analizado (2006-2017), los promedios de abundancia de fitobentos en el sistema Puilar se encontraron dentro del rango 2.775 cél/mL (año 2015) - 15.025.600 cél/mL (año 2007). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 0 cél/mL (año 2017) y 798.400 cél/mL (año 2014). El valor máximo de los registros correspondió a 74.543.000 cél/mL en la campaña del año 2007 y el mínimo a 0 cél/mL este mismo año (Tabla 6-61). Cabe notar que el máximo registro el año 2007 se encuentra por sobre lo esperable en el sector y es posible que corresponda a algún error de medición/transcripción de resultados, como puede corroborarse también por la mediana para ese año en este sistema (71.000 cél/mL).

En cuanto a la tendencia temporal, se observa que durante el periodo 2011-2014 la abundancia tiende al aumento, siendo alrededor de un orden de magnitud mayor que el periodo anterior (2006-2010, sin considerar el año 2007). El año 2015 la abundancia baja, sube nuevamente el año 2016 (Figura 6-73) y baja el año 2017. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia de los monitoreos efectuados en el periodo, en particular entre el 2014 y los años 2008, 2015 y 2017. Se puede notar que, a pesar del promedio extremadamente alto registrado el año 2007 (un orden de magnitud mayor al promedio máximo del periodo), ese monitoreo no presenta diferencias estadísticamente significativas con el resto. Estadísticamente, el año 2014 es el que presenta mayor abundancia.

La riqueza de taxa por su parte, presentó el mayor valor el año 2014 con un promedio y mediana de 67,8 y 68 taxa, respectivamente. El año 2007 fue el que presentó la menor riqueza, con un promedio y mediana de 2,2 y 1 taxa, respectivamente (Tabla 6-62).

En el sistema Puilar se observan tendencias temporales al incremento de la riqueza en el periodo 2009-2014. El año 2015 esta tendencia se ve interrumpida ya que ella baja, aumentando nuevamente el año 2016 y presentando una alta dispersión el año 2017 (Figura 6-73). Existen diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos efectuados en el periodo, en particular entre el 2007 y los años 2012 y 2014; y entre el año 2014 y los años 2008 y 2017. De esta manera, se corrobora estadísticamente que el año 2007 fue el que evidenció una menor riqueza y el año 2014 la mayor.

Tabla 6-61. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cel/mL) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	92.524	162.734	176	303	380.621	4.117	13.686	220.350
2007	5	15.025.600	33.271.928	221	0	74.543.000	0	71.000	37.528.500
2008	5	8.866	10.517	119	66	21.793	340	3.142	20.254
2009	5	22.251	15.469	70	2.343	42.400	7.229	25.943	35.429
2010	5	25.200	9.601	38	16.457	40.229	16.829	25.371	33.486
2011	5	240.640	135.910	56	80.800	457.600	147.200	219.200	344.800
2012	5	334.040	209.993	63	112.000	682.200	194.000	290.400	495.900
2013	2	722.000	214.395	30	570.400	873.600	*	722.000	*
2014	4	837.200	152.487	18	702.400	1.049.600	716.000	798.400	997.200
2015	4	2.775	1.541	56	1.400	4.600	1.450	2.550	4.325
2016	3	116.933	66.165	57	42.800	170.000	42.800	138.000	170.000
2017	5	25.720	39.343	153	0	89.100	0	0	64.300

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). No se puede determinar (N < 3)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-62. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	13,0	5,9	45,2	8,0	23,0	9,0	11,0	18,0
2007	5	2,2	2,9	134,1	0,0	7,0	0,0	1,0	5,0
2008	5	5,6	2,4	43,0	3,0	9,0	3,5	5,0	8,0
2009	5	30,8	6,4	20,8	21,0	37,0	24,5	33,0	36,0
2010	5	39,0	3,1	7,9	35,0	42,0	36,0	39,0	42,0
2011	5	41,0	4,5	10,9	34,0	46,0	37,0	42,0	44,5
2012	5	45,6	16,8	36,8	20,0	65,0	30,5	48,0	59,5
2013	2	61,5	7,8	12,6	56,0	67,0	*	61,5	*
2014	4	67,8	2,1	3,0	65,0	70,0	65,8	68,0	69,5
2015	4	8,3	3,6	43,6	5,0	13,0	5,3	7,5	12,0

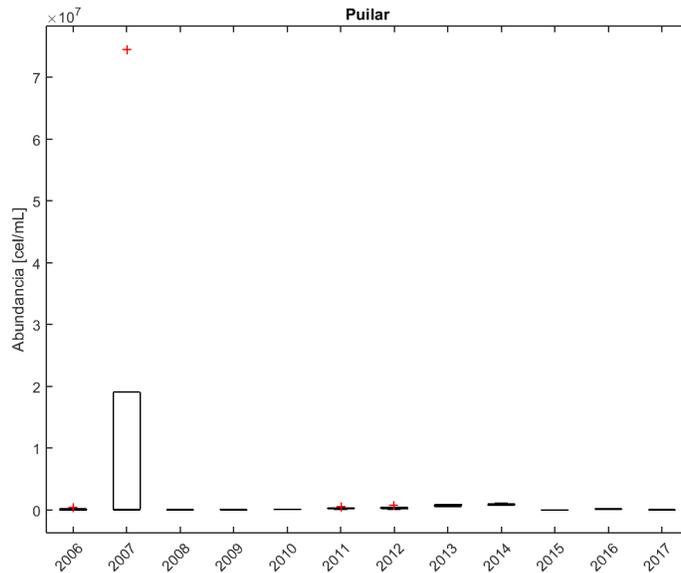
Tabla 6-62. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

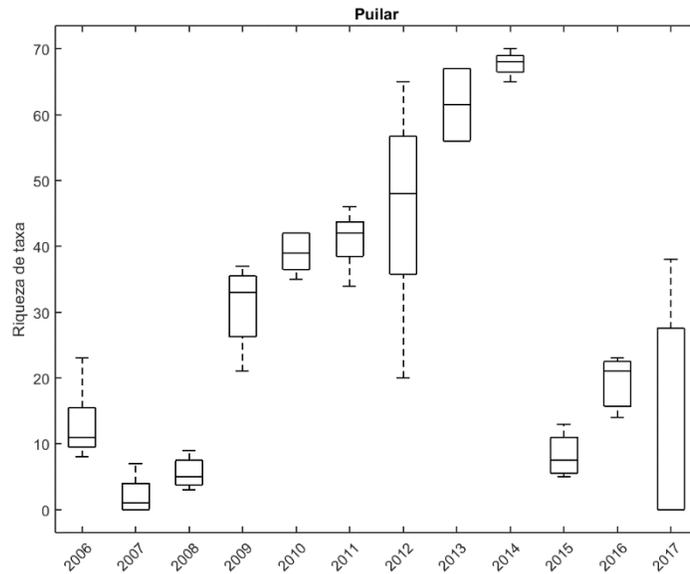
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2016	3	19,3	4,7	24,4	14,0	23,0	14,0	21,0	23,0
2017	5	12,4	17,7	142,6	0,0	38,0	0,0	0,0	31,0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-73. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Fitobentos: Sistema Soncor

En el periodo analizado (2006-2017), los promedios de abundancia de fitobentos en el sistema Soncor se encontraron dentro del rango 3.975 cél/mL (año 2008) y 1.311.700 cél/mL (año 2013). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 1.184 cél/mL (año 2008) y 1.355.000 cél/mL (año 2013). El valor máximo de los registros correspondió a 2.731.000 cél/mL en la campaña del año 2007 y el mínimo a 186 cél/mL el año 2007 (Tabla 6-63).

La riqueza de taxa por su parte, al igual que la abundancia presentó el mayor promedio y mediana el año 2013 de 67,2 y 66 taxa, respectivamente. El año 2007 fue el que presentó la menor riqueza promedio, con un promedio y mediana de 4,4 y 4 taxa, respectivamente (Tabla 6-64).

En cuanto a la tendencia temporal, se observa que durante el periodo 2009-2014 la abundancia y riqueza tienden al aumento respecto al periodo previo. El año 2015 ambos bajan notoriamente y suben nuevamente el año 2016, manteniéndose en rangos similares el año 2017 (Figura 6-74). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre el año 2006 y el año 2013; y entre el año 2008 y los años 2013 y 2014. Respecto a la riqueza, las diferencias estadísticamente significativas se encuentran entre el año 2007 y los años 2012, 2013 y 2014; el año 2008 y los años 2013 y 2014; y entre el año 2014 y el año 2006 y 2015.

Tabla 6-63. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Devst.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	24.691	41.444	168	1.834	98.582	3.082	8.088	54.601
2007	5	683.800	1.154.053	169	5.000	2.731.000	57.000	164.000	1.570.500
2008	5	3.975	6.415	161	186	15.397	678	1.184	8.669
2009	5	38.577	59.834	155	2.600	142.629	3.186	7.200	89.657
2010	5	45.846	60.202	131	4.771	149.714	5.471	24.800	96.743



Tabla 6-63. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

2011	5	297.540	169.345	57	58.800	506.800	136.250	338.800	438.200
2012	5	254.880	139.344	55	123.200	450.400	125.600	241.600	390.800
2013	4	1.311.700	307.342	23	900.800	1.636.000	1.001.100	1.355.000	1.579.000
2014	5	839.500	422.459	50	262.400	1.446.400	504.800	838.800	1.174.550
2015	4	42.850	71.535	167	1.200	149.900	2.675	10.150	115.725
2016	3	516.800	309.419	60	264.400	862.000	264.400	424.000	862.000
2017	4	553.450	398.538	72	315.600	1.145.000	315.600	376.600	968.150

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar estadísticamente (N=2)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

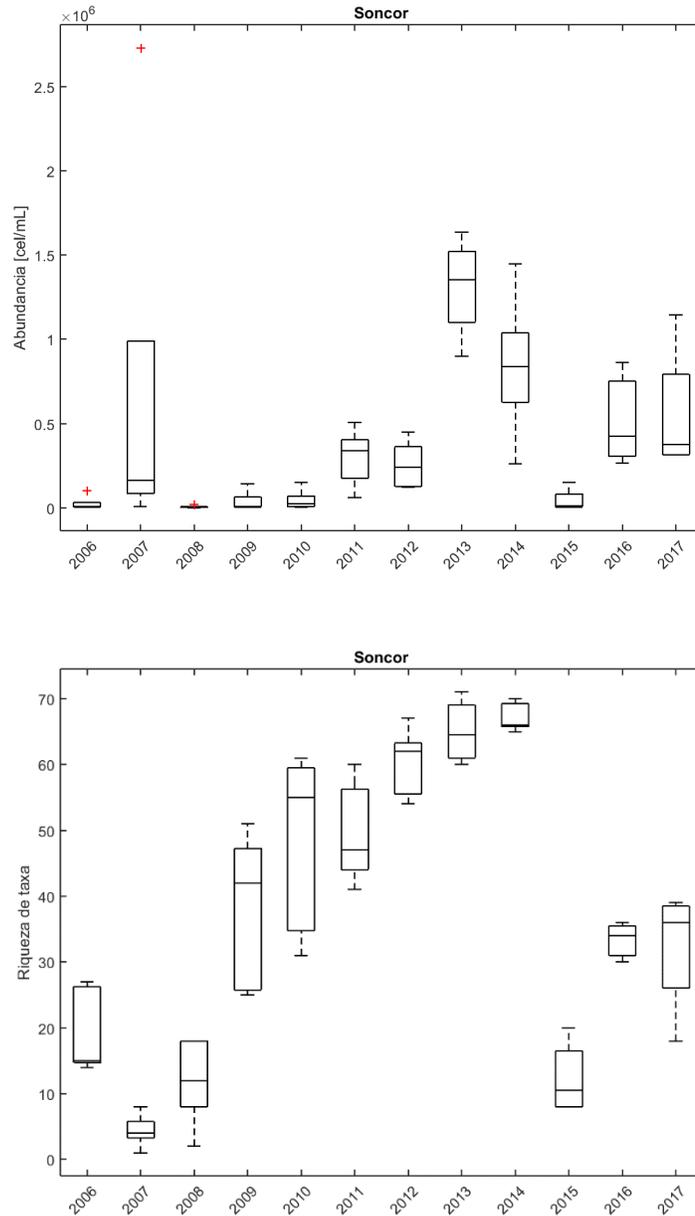
Tabla 6-64. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	19,4	6,5	33,5	14,0	27,0	14,5	15,0	26,5
2007	5	4,4	2,5	57,0	1,0	8,0	2,5	4,0	6,5
2008	5	12,0	6,6	55,3	2,0	18,0	6,0	12,0	18,0
2009	5	38,0	11,9	31,2	25,0	51,0	25,5	42,0	48,5
2010	5	48,4	13,9	28,7	31,0	61,0	33,5	55,0	60,0
2011	5	49,6	7,7	15,6	41,0	60,0	43,0	47,0	57,5
2012	5	60,2	5,2	8,7	54,0	67,0	55,0	62,0	64,5
2013	4	65,0	5,0	7,6	60,0	71,0	60,5	64,5	70,0
2014	5	67,2	2,2	3,2	65,0	70,0	65,5	66,0	69,5
2015	4	12,3	5,7	46,4	8,0	20,0	8,0	10,5	18,3
2016	3	33,3	3,1	9,2	30,0	36,0	30,0	34,0	36,0
2017	4	32,3	9,7	30,2	18,0	39,0	22,0	36,0	38,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-74. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. Fitobentos: Sistema Aguas de Quelana

Los promedios de abundancia de fitobentos en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Aguas de Quelana se encontraron dentro del rango 3.541 cél/mL (año 2008) y 1.126.100cél/mL



(año 2007). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 780 cél/mL (año 2008) y 964.000 cél/mL (año 2007). El valor máximo correspondió a 3.213.000 cél/mL en la campaña del año 2007 y el mínimo a 0 cél/mL los años 2006 y 2008 (Tabla 6-65).

La riqueza de taxa por su parte, al igual que la abundancia presentó el mayor promedio y mediana el año 2014 de 54,8 y 60 taxa, respectivamente. El año 2007 fue el que presentó la menor riqueza promedio, con un promedio y mediana de 4,8 y 4 taxa, respectivamente (Tabla 6-66).

En cuanto a la tendencia temporal, se observa que durante el periodo 2009-2014 la abundancia y riqueza tienden al aumento en relación al período previo (sin considerar la abundancia del año 2007). El año 2015 ambos bajan notoriamente, suben nuevamente el año 2016 y se mantienen similares el año 2017 (Figura 6-75). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre el año 2007 y los años 2006, 2008, 2009 y 2010; y entre el año 2008 y los años 2013 y 2014. Respecto a la riqueza, las diferencias estadísticamente significativas se encuentran entre el año 2007 y los años 2012, 2013 y 2014; el año 2008 y los años 2013 y 2014; y entre los años 2014 y 2015.

Tabla 6-65. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	10	11.120	13.963	126	0	35.287	0	2.696	23.672
2007	10	1.126.100	980.902	87	27.000	3.213.000	266.500	964.000	1.620.000
2008	10	3.541	6.787	192	0	21.911	41	780	4.527
2009	10	13.749	14.534	106	57	39.429	407	9.071	26.057
2010	10	27.923	33.355	119	257	80.686	2.143	7.257	65.957
2011	8	222.546	221.414	99	868	587.200	29.000	136.800	428.075
2012	5	201.240	161.526	80	300	376.400	39.250	216.100	355.800
2013	6	396.750	249.337	63	1.500	676.600	147.375	485.200	571.150
2014	6	428.383	389.467	91	3.100	1.065.600	140.575	301.600	800.400
2015	5	37.840	53.915	142	600	119.000	700	800	93.500
2016	3	136.133	125.155	92	3.400	252.000	3.400	153.000	252.000
2017	2	171.350	239.921	140	1.700	341.000	*	171.350	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-66. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	10	14,0	11,0	78,4	0,0	31,0	0,0	15,5	22,3
2007	10	4,8	2,4	49,9	1,0	8,0	3,5	4,0	7,3
2008	10	7,1	4,8	67,5	0,0	15,0	3,0	8,5	10,0
2009	10	25,7	16,0	62,1	2,0	46,0	11,3	28,5	41,0
2010	10	34,4	14,5	42,2	7,0	51,0	24,3	37,5	44,5
2011	10	33,5	21,8	65,2	0,0	55,0	6,0	43,5	49,5
2012	5	46,4	24,9	53,7	3,0	64,0	26,0	55,0	62,5
2013	6	48,2	17,8	37,0	14,0	63,0	37,3	54,5	59,3
2014	6	54,8	16,3	29,7	23,0	68,0	46,3	60,0	65,0

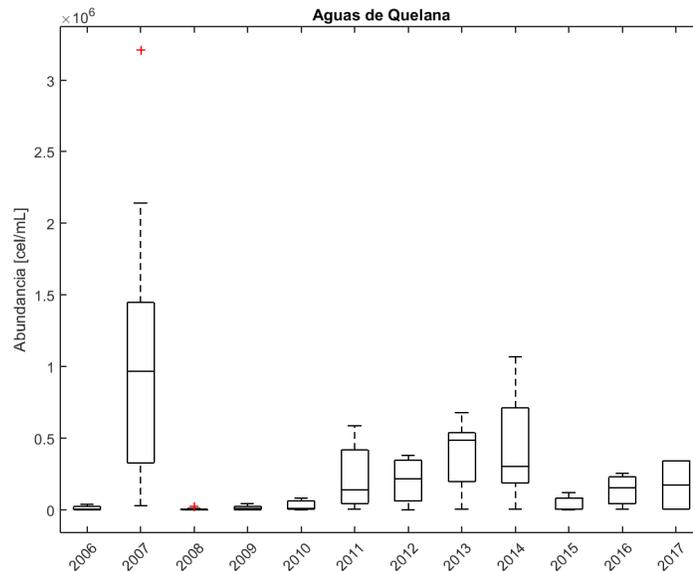
Tabla 6-66. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

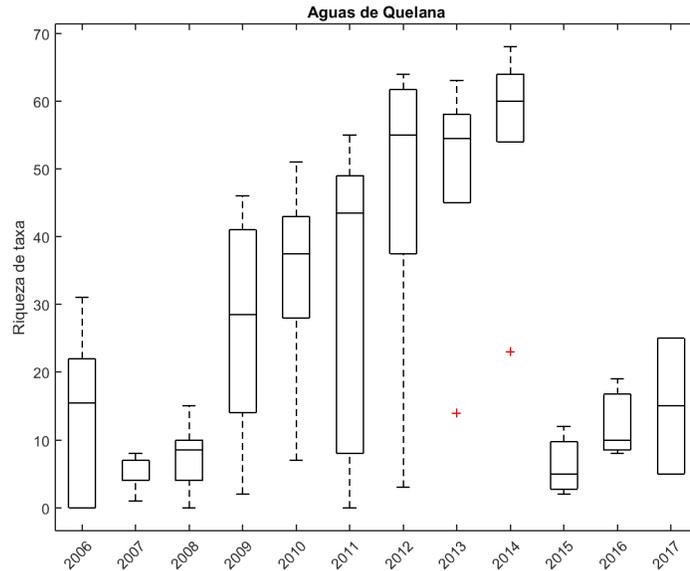
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2015	5	6,2	4,2	67,9	2,0	12,0	2,5	5,0	10,5
2016	3	12,3	5,9	47,5	8,0	19,0	8,0	10,0	19,0
2017	2	15,0	14,1	94,3	5,0	25,0	*	15,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-75. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Fitobentos: Sistema Peine.

Los promedios de abundancia de fitobentos en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Peine se encontraron dentro del rango 4.004 cél/mL (año 2008) y 1.340.000 cél/mL (año 2013). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 1.675 cél/mL (año 2008) y 1.270.000 cél/mL (año 2013). El valor máximo alcanzado fue 2.440.000 cél/mL en la campaña del año 2013 y el mínimo fue 0 cél/mL en el año 2008 (Tabla 6-67). El monitoreo realizado el año 2017 se encuentra dentro del rango histórico.

La riqueza de taxa por su parte, presentó el mayor promedio y mediana el año 2014 correspondientes a 75,8 y 76 taxa, respectivamente. El año 2007 fue el que presentó la menor riqueza promedio, con un promedio y mediana de 3 taxa (Tabla 6-68).

En cuanto a la tendencia temporal, se observa que durante el periodo 2009-2014 la abundancia y riqueza tienden al aumento respecto al período previo. El año 2015 ambos bajan notoriamente y suben nuevamente el año 2016 y un poco más el año 2017 (Figura 6-76). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre 2008 y los años 2012, 2013, 2014 y 2017. Respecto a la riqueza, las diferencias estadísticamente significativas se encuentran entre el año 2007 y los años 2012, 2013 y 2014; el año 2008 y los años 2013 y 2014; y entre los años 2014 y 2015.

Tabla 6-67. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	21.785	25.675	118	2.146	50.838	2.146	12.372	50.838
2007	5	97.200	34.615	36	55.000	129.000	60.500	109.000	128.000
2008	5	4.004	5.293	132	0	12.555	77	1.675	9.097
2009	5	61.674	104.057	169	7.657	247.314	8.214	18.171	136.886
2010	5	71.771	72.696	101	20.800	190.286	22.800	29.257	142.000
2011	5	495.800	521.128	105	121.400	1.390.400	147.300	291.600	946.400



2012	5	590.760	309.221	52	244.200	1.008.000	289.100	633.600	871.000
2013	5	1.339.260	674.562	50	606.400	2.440.000	845.600	1.271.600	1.866.750
2014	5	1.017.640	747.868	73	345.600	2.035.400	366.800	764.000	1.795.300
2015	5	40.560	43.306	107	3.700	114.800	11.900	26.200	76.400
2016	4	396.700	480.515	121	64.000	1.110.000	94.700	206.400	889.000
2017	4	864.384	656.702	76	241.000	1.462.537	269.250	877.000	1.446.903

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

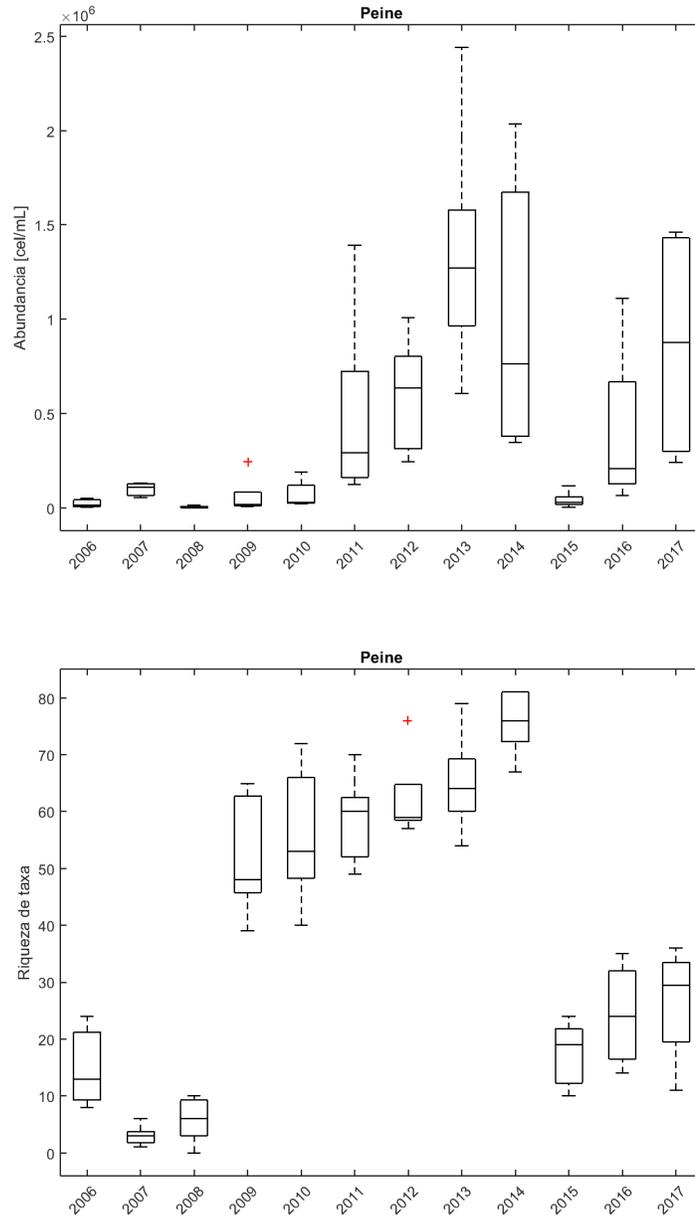
Tabla 6-68. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	15,0	8,2	54,6	8,0	24,0	8,0	13,0	24,0
2007	5	3,0	1,9	62,4	1,0	6,0	1,5	3,0	4,5
2008	5	5,8	4,0	69,4	0,0	10,0	2,0	6,0	9,5
2009	5	52,4	10,8	20,7	39,0	65,0	43,5	48,0	63,5
2010	5	56,0	12,3	22,1	40,0	72,0	45,5	53,0	68,0
2011	5	58,4	8,0	13,7	49,0	70,0	51,0	60,0	65,0
2012	5	62,4	7,7	12,4	57,0	76,0	58,0	59,0	68,5
2013	5	65,0	9,1	13,9	54,0	79,0	58,0	64,0	72,5
2014	5	75,8	5,8	7,7	67,0	81,0	70,5	76,0	81,0
2015	5	17,4	5,8	33,2	10,0	24,0	11,5	19,0	22,5
2016	4	24,3	9,5	39,2	14,0	35,0	15,3	24,0	33,5
2017	4	26,5	10,8	40,9	11,0	36,0	15,3	29,5	34,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-76. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

De acuerdo a lo expuesto en esta sección, el comportamiento del parámetro fitobentos es el mismo en todos los sistemas. Los fitobentos presentan una tendencia al aumento en su riqueza y abundancia entre los años 2009-2014, respecto al período previo, alcanzando su máximo entre los años 2013 y 2014 (dependiendo del sistema). En todos los sistemas se observa una disminución significativa el año 2015 y

una recuperación el año 2016 que persiste el año 2017. Dado que existen tendencias sostenidas y evidentes en todos los sistemas, es probable que el año 2015 haya existido algún factor externo o metodológico que provocó el cambio observado. Cabe mencionar que los parámetros abióticos no presentan un comportamiento anómalo el año 2015 que pueda explicar la baja abrupta de la abundancia y riqueza de zoobentos. De todas formas, los valores alcanzados el año 2015 ya se habían registrado durante en el periodo 2006-2008, por lo que lo observado puede ser parte de la fluctuación natural del sistema.

6.4.2.5 Zoobentos

I. Zoobentos: Sistema Puilar

Las abundancias promedio de zoobentos en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Puilar se encontraron dentro del rango 276 ind/m² (año 2013) y 83.200 ind/m² (año 2008). Por su parte, las medianas se encontraron en el rango 220 ind/m² (año 2012) y 56.600 ind/m² (año 2008). El valor máximo alcanzado fue 223.000 ind/m² en el año 2007 y el mínimo fue 0 ind/m² en el año 2010 (Tabla 6-69).

La riqueza de taxa presentó el mayor promedio y mediana los años 2006 y 2008, correspondientes a 4,2 y 5 taxa, respectivamente. El año 2009 fue el que presentó la menor riqueza promedio, con un promedio y mediana de 1,6 y 1 taxa, respectivamente (Tabla 6-70). En este sistema, tanto la abundancia como la riqueza registrada el año 2017 se encontró dentro del rango histórico.

En cuanto a la tendencia temporal, se observa que durante el periodo 2006-2009 la abundancia de zoobentos tendió al aumento y la riqueza permaneció relativamente estable. Ambos parámetros presentaron los mayores valores de la serie de datos durante este periodo. El año 2009 se observa una baja en la riqueza y abundancia que, en el caso de la riqueza, se recupera el año 2010 y comienza nuevamente a aumentar. En el caso de la abundancia, ella comienza a aumentar nuevamente el año 2014, alcanzando una aparente estabilidad el año 2016 (Figura 6-77). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre el año 2008 y los años 2011 y 2012. En cuanto a la riqueza, no existen diferencias estadísticamente significativas en este periodo.

Tabla 6-69. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	20.303	28.483	140	1.515	69.192	2.084	6.566	45.392
2007	5	64.596	88.958	138	15.152	222.980	18.182	25.000	130.808
2008	5	83.232	79.909	96	11.742	212.121	21.654	56.566	158.144
2009	5	950	1.023	108	101	2.713	258	754	1.741
2010	5	3.949	8.438	214	0	19.041	66	238	9.687
2011	5	387	336	87	32	744	85	277	743
2012	5	309	149	48	165	496	193	220	468
2013	2	276	0	0	276	276		276	
2014	4	1.102	1.119	102	276	2.755	372	689	2.245
2015	4	6.074	6.078	100	110	13.884	744	5.151	12.328
2016	3	23.314	6.498	28	19.190	30.805	19.190	19.948	30.805
2017	5	23.180	6.527	28	16.160	33.835	18.433	21.968	28.533

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). * no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



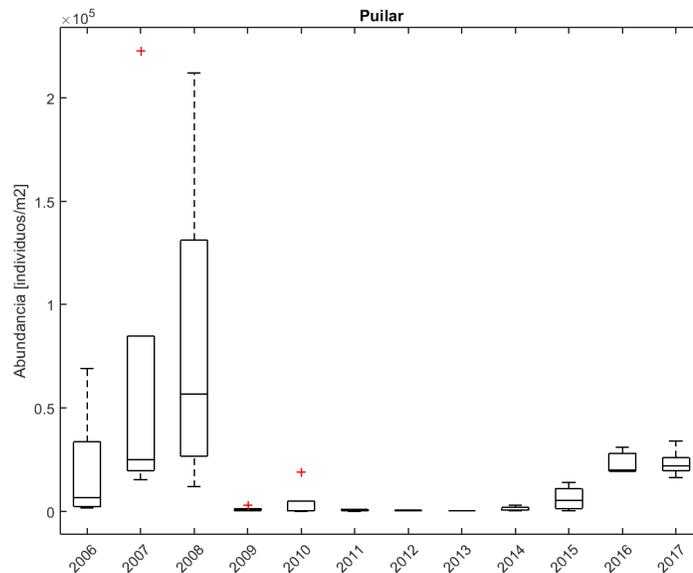
Tabla 6-70. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

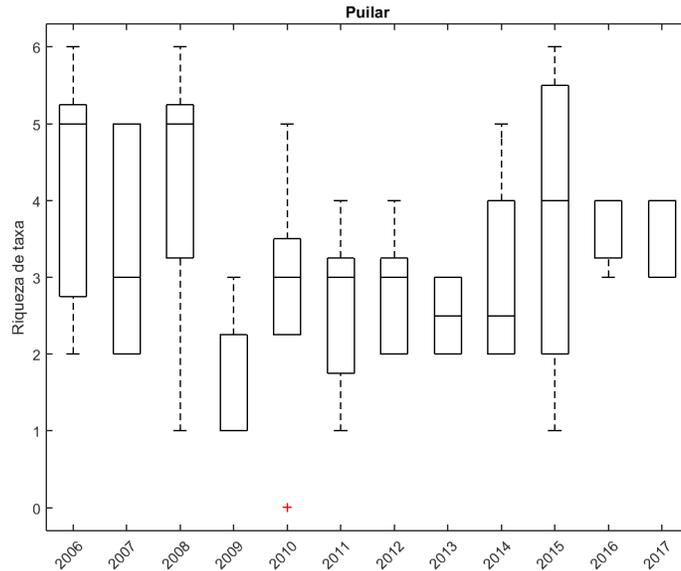
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	4,2	1,6	39,1	2,0	6,0	2,5	5,0	5,5
2007	5	3,4	1,5	44,6	2,0	5,0	2,0	3,0	5,0
2008	5	4,2	1,9	45,8	1,0	6,0	2,5	5,0	5,5
2009	5	1,6	0,9	55,9	1,0	3,0	1,0	1,0	2,5
2010	5	2,8	1,8	63,9	0,0	5,0	1,5	3,0	4,0
2011	5	2,6	1,1	43,9	1,0	4,0	1,5	3,0	3,5
2012	5	2,8	0,8	29,9	2,0	4,0	2,0	3,0	3,5
2013	2	2,5	0,7	28,3	2,0	3,0	*	2,5	*
2014	4	3,0	1,4	47,1	2,0	5,0	2,0	2,5	4,5
2015	4	3,8	2,2	59,1	1,0	6,0	1,5	4,0	5,8
2016	3	3,7	0,6	15,7	3,0	4,0	3,0	4,0	4,0
2017	5	3,6	0,5	15,2	3,0	4,0	3,0	4,0	4,0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25% de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *: no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-77. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Zoobentos: Sistema Soncor

Las abundancias promedio de zoobentos en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Soncor se encontraron dentro del rango 79 ind/m² (año 2011) y 35.900 ind/m² (año 2008). Las medianas mostraron un máximo de 13.300 ind/m² (año 2008) y un mínimo de 50 ind/m² (año 2011). El registro máximo del periodo fue 87.374 ind/m² en el año 2008 y el mínimo fue 0 ind/m² en el año 2010 (Tabla 6-71).

La riqueza de taxa presentó el mayor promedio y mediana el año 2014, correspondientes a 3,2 y 3 taxa, respectivamente. El año 2012 se presentó la menor riqueza promedio, con un promedio y mediana de 1,6 y 1 taxa, respectivamente (Tabla 6-72).

La evolución temporal de la abundancia muestra que durante el periodo 2006-2008 ella tendió al aumento, presentando los mayores valores de la serie de datos durante este periodo. El año 2009 se observa una baja abrupta, luego se observa una estabilidad y el año 2014 un nuevo aumento hasta alcanzar una aparente estabilidad el año 2017 (Figura 6-78). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el año 2011 (menor abundancia) y los años 2008 y 2017. La riqueza, por su parte, presenta valores bajos y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, no se observan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 6-71. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	3.434	5.523	161	126	13.005	190	379	8.207
2007	5	6.646	8.428	127	657	20.707	1.086	2.020	14.520
2008	5	35.859	41.659	116	884	87.374	2.083	13.258	80.934
2009	5	1.030	1.029	100	100	2.713	238	754	1.959
2010	5	276	294	106	0	735	41	182	560
2011	5	79	84	106	13	226	26	50	147



Tabla 6-71. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2012	5	264	251	95	55	661	55	220	496
2013	4	978	689	70	220	1.873	358	909	1.667
2014	5	1.003	1.115	111	276	2.975	358	661	1.818
2015	4	5.937	11.653	196	110	23.417	110	110	17.590
2016	3	12.709	11.871	93	1.010	24.745	1.010	12.373	24.745
2017	4	10.037	9.987	99	1.263	18.685	1.326	10.100	18.685

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

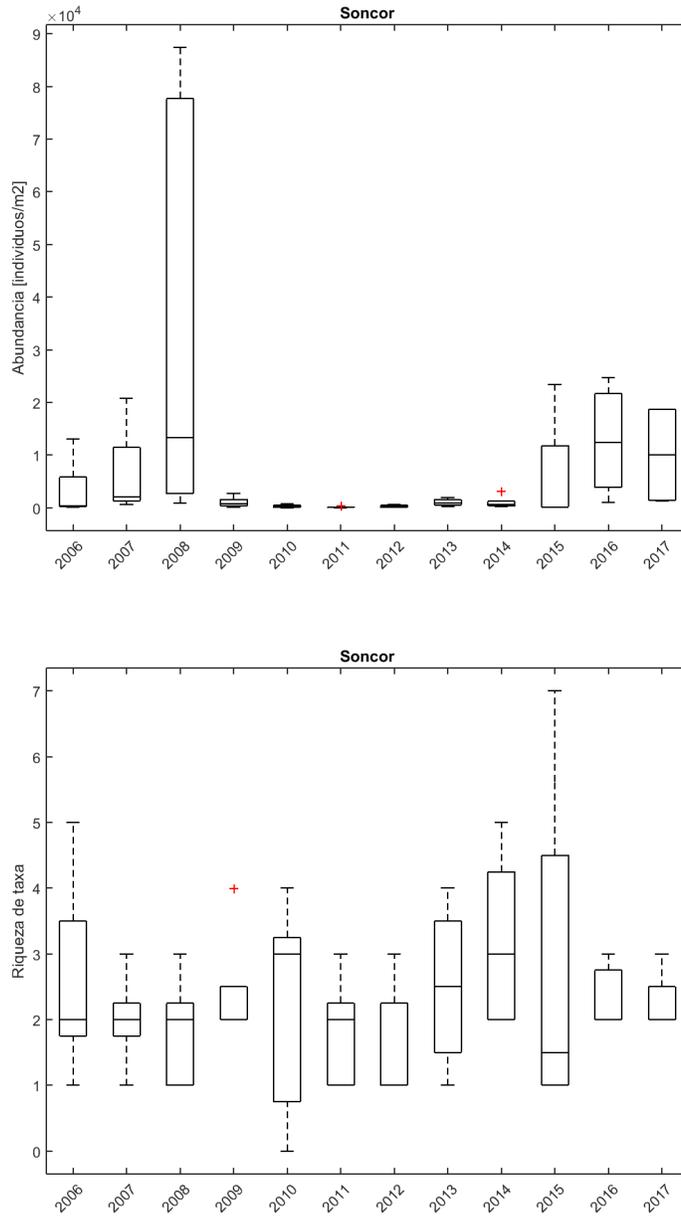
Tabla 6-72. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,6	1,5	58,3	1,0	5,0	1,5	2,0	4,0
2007	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2008	5	1,8	0,8	46,5	1,0	3,0	1,0	2,0	2,5
2009	5	2,4	0,9	37,3	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0
2010	5	2,2	1,6	74,7	0,0	4,0	0,5	3,0	3,5
2011	5	1,8	0,8	46,5	1,0	3,0	1,0	2,0	2,5
2012	5	1,6	0,9	55,9	1,0	3,0	1,0	1,0	2,5
2013	4	2,5	1,3	51,6	1,0	4,0	1,3	2,5	3,8
2014	5	3,2	1,3	40,7	2,0	5,0	2,0	3,0	4,5
2015	4	2,8	2,9	104,4	1,0	7,0	1,0	1,5	5,8
2016	3	2,3	0,6	24,7	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0
2017	4	2,3	0,5	22,2	2,0	3,0	2,0	2,0	2,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-78. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. Zoobentos: Sistema Aguas de Quelana

Las abundancias promedio de zoobentos en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Aguas de Quelana se encontraron dentro del rango 103 ind/m² (año 2012) y 31.300 ind/m² (año 2016). Las medianas mostraron un máximo de 27.400 ind/m² (año 2008) y un mínimo de 0 ind/m² (año 2010). El registro máximo del periodo fue 92.045 ind/m² en el año 2006 y el mínimo fue 0 ind/m² en los años 2006, 2009, 2010, 2011 y 2012 (Tabla 6-73).

La riqueza de taxa presentó el mayor valor promedio y mediana el año 2006, correspondientes a 3,5 y 4 taxa, respectivamente. El año 2010 se presentó la menor riqueza promedio y mediana con valores de 1,1 y 0 taxa, respectivamente (Tabla 6-74).

La evolución temporal de la abundancia muestra un comportamiento oscilante. Durante el periodo 2006-2008 ella se mantuvo alrededor de 17.000 ind/m² y el año 2009 bajó abruptamente (573 ind/m²). Luego de este año se observa una estabilidad relativa y el año 2014 un nuevo incremento hasta superar el año 2016 el máximo observado en el periodo 2006-2008, el año 2017 la abundancia vuelve a bajar (Figura 6-79). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el año 2007 y los años 2010 y 2011; y entre el año 2008 y los años 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013. La riqueza presentó valores bajos y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos.

Tabla 6-73. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	15.177	27.882	184	0	92.045	0	6.061	15.657
2007	10	13.687	10.874	79	2.020	29.546	4.482	10.101	26.326
2008	9	23.302	18.315	79	3.914	55.303	6.061	27.399	36.742
2009	10	573	645	113	0	1.791	195	335	843
2010	10	1.148	2.649	231	0	8.573	0	0	977
2011	8	1.335	2.409	180	0	7.103	24	371	1.523
2012	5	103	165	160	0	386	0	19	248
2013	6	248	187	75	55	496	96	193	455
2014	6	4.004	6.391	160	220	16.804	386	1.460	6.928
2015	4	1.419	1.829	129	165	4.132	262	689	3.306
2016	3	31.310	40.100	128	2.020	77.013	2.020	14.898	77.013
2017	2	6.818	4.642	68	3.535	10.100	*	6.818	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-74. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	3,5	2,8	81,1	0,0	8,0	0,0	4,0	5,5
2007	10	3,0	1,8	60,9	1,0	6,0	1,0	3,0	4,3
2008	9	3,1	2,0	63,2	1,0	7,0	1,5	3,0	4,5
2009	10	1,9	0,9	46,1	0,0	3,0	1,8	2,0	2,3
2010	10	1,1	1,5	138,5	0,0	4,0	0,0	0,0	2,3



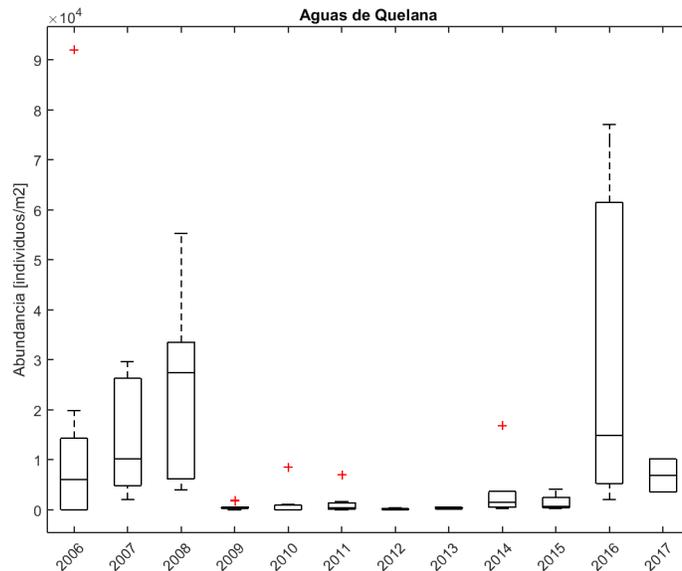
Tabla 6-74. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

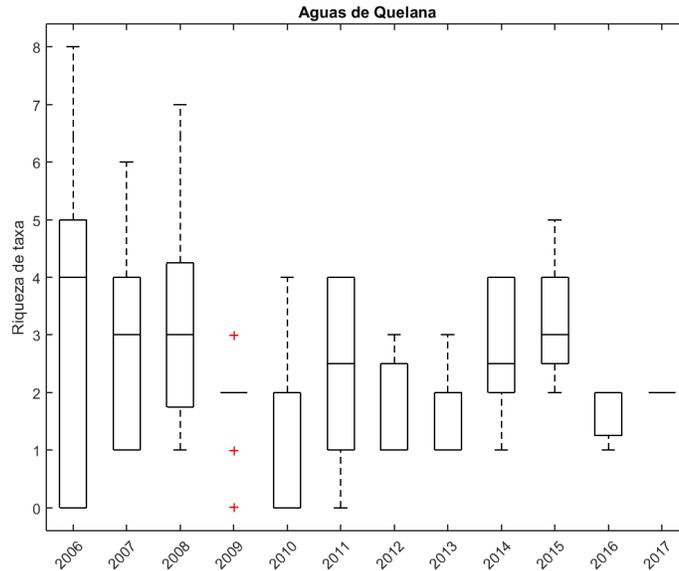
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2011	8	2,4	1,6	67,3	0,0	4,0	1,0	2,5	4,0
2012	3	1,7	1,2	69,3	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0
2013	6	1,8	0,8	41,1	1,0	3,0	1,0	2,0	2,3
2014	6	2,7	1,2	45,4	1,0	4,0	1,8	2,5	4,0
2015	4	3,3	1,3	38,7	2,0	5,0	2,3	3,0	4,5
2016	3	1,7	0,6	34,6	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0
2017	2	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	*	2,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-79. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Zoobentos: Sistema Peine

Las abundancias promedio de zoobentos en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Peine se encontraron dentro del rango 287 ind/m² (año 2013) y 23.700 ind/m² (año 2008). Las medianas mostraron un máximo de 16.160 ind/m² (año 2008) y un mínimo de 15 ind/m² (año 2011). El registro máximo del periodo fue 60.480 ind/m² en el año 2008 y el mínimo fue 0 ind/m² en los años 2009, 2011 y 2012 (Tabla 6-75).

La riqueza de zoobentos presentó el mayor valor promedio el año 2015, correspondiente a 4 taxa. El menor valor promedio se presentó los años 2007, 2009 y 2012 correspondiente a 1,6 taxa (Tabla 6-76).

La evolución temporal de la abundancia de zoobentos muestra un comportamiento similar al observado en todos los sistemas. Durante el periodo 2006-2008 presenta valores altos con una tendencia al aumento. El año 2009 baja considerablemente y se mantiene relativamente estable hasta el año 2015, en el cual presenta un incremento alcanzando durante el periodo 2015-2017 el rango observado previamente, durante el periodo 2006-2008 (Figura 6-80). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las campañas, pero no fue posible identificar pares específicos mediante el análisis *post-hoc*. Por su parte, la riqueza presentó valores bajos y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre las campañas.

Tabla 6-75. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	3.068	4.356	142	1.010	10.859	1.073	1.141	6.026
2007	5	6.111	4.719	77	758	11.111	1.136	7.576	10.354
2008	4	23.674	27.337	115	1.894	60.480	2.399	16.162	52.462
2009	5	1.013	951	94	0	2.449	243	716	1.931
2010	5	406	419	103	19	961	19	326	832
2011	5	331	479	145	0	1.077	6	15	816



Tabla 6-75. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2012	5	309	308	100	0	716	55	165	634
2013	5	287	180	63	55	551	138	276	441
2014	5	727	620	85	110	1.488	165	551	1.377
2015	5	7.085	9.393	133	386	22.755	744	2.259	15.840
2016	4	2.904	978	34	2.020	4.293	2.146	2.651	3.914
2017	4	4.734	2.969	63	2.273	8.585	2.336	4.040	7.828

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

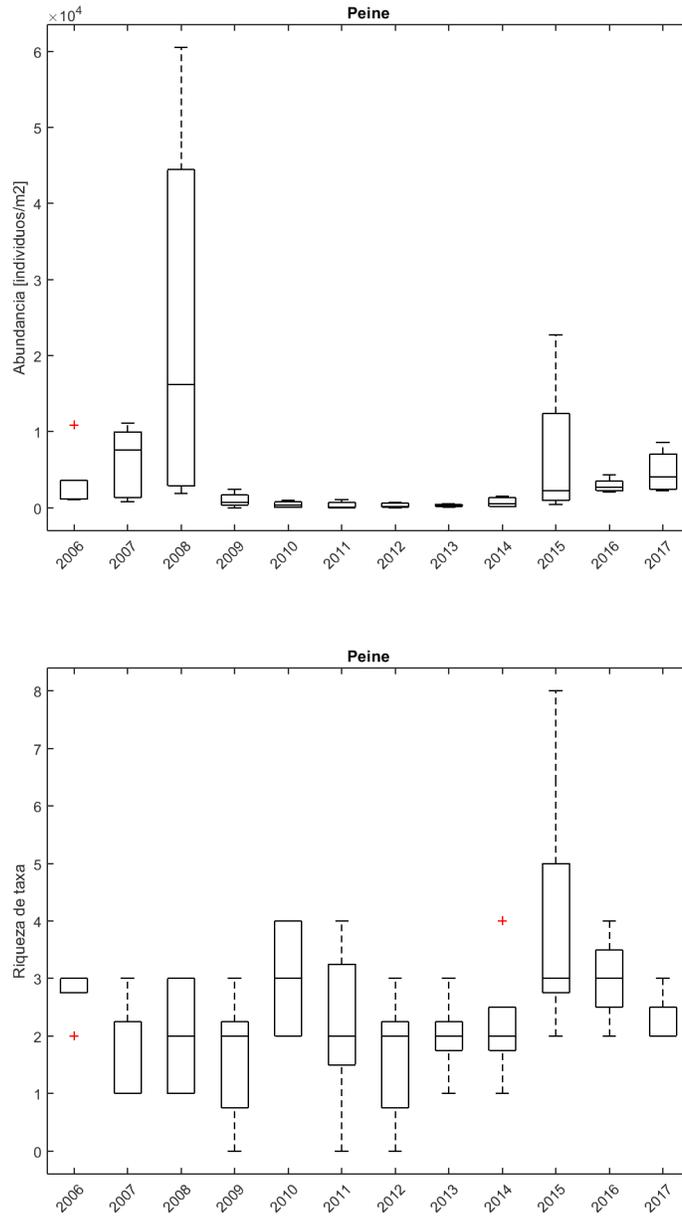
Tabla 6-76. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,8	0,4	16,0	2,0	3,0	2,5	3,0	3,0
2007	5	1,6	0,9	55,9	1,0	3,0	1,0	1,0	2,5
2008	4	2,0	1,2	57,7	1,0	3,0	1,0	2,0	3,0
2009	5	1,6	1,1	71,3	0,0	3,0	0,5	2,0	2,5
2010	5	3,0	1,0	33,3	2,0	4,0	2,0	3,0	4,0
2011	5	2,2	1,5	67,4	0,0	4,0	1,0	2,0	3,5
2012	5	1,6	1,1	71,3	0,0	3,0	0,5	2,0	2,5
2013	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2014	5	2,2	1,1	49,8	1,0	4,0	1,5	2,0	3,0
2015	5	4,0	2,3	58,6	2,0	8,0	2,5	3,0	6,0
2016	4	3,0	0,8	27,2	2,0	4,0	2,3	3,0	3,8
2017	4	2,3	0,5	22,2	2,0	3,0	2,0	2,0	2,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-80. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Según lo expuesto en esta sección, la riqueza y abundancia de zoobentos en todos los sistemas presentó un comportamiento similar. Se observa una estabilidad de la riqueza durante todo el periodo bajo análisis, con valores bajos (< 10) en todos los sistemas. En cuanto a la abundancia, se observa una tendencia al aumento o relativa estabilidad durante el periodo 2006-2008, el que presenta los mayores valores de las



series de datos. El año 2009 se evidencia una baja abrupta, y luego un periodo en el que se estabilizan estos valores más bajos. El año 2014-2015 se observa una recuperación de la abundancia alcanzando durante el periodo 2015-2017 los valores registrados en el periodo 2006-2008.

6.4.2.6 Zooplancton

I. Zooplancton: Sistema Puilar

Las abundancias promedio de zooplancton en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Puilar se encontraron dentro del rango 0,4 ind/L (año 2006) y 185 ind/L (año 2014). Las medianas mostraron un máximo de 40 ind/L (año 2017) y un mínimo de 0,4 ind/L (año 2006). El registro máximo del periodo fue 504 ind/L en el año 2014 y el mínimo fue 0,2 ind/L en el año 2006 (Tabla 6-77).

La riqueza de taxa de zooplancton en el sistema Puilar presentó el mayor valor promedio y mediana el año 2012, correspondientes a 3,2 y 3 taxa, respectivamente. El menor valor promedio y mediana se presentaron el año 2014 correspondiente a 1 taxa (Tabla 6-78).

La abundancia de zooplancton en este sistema no presenta una tendencia temporal definida durante el periodo bajo análisis (2006-2017). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las series de datos de los distintos años, pero el test *post-hoc* no identificó pares específicos. Por su parte, la riqueza presentó valores bajos (entre 1 y 3 taxa promedio) y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, observándose una leve disminución el año 2017. Sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las campañas (Figura 6-81).

Tabla 6-77. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,4	0,3	56,8	0,2	0,9	0,3	0,4	0,7
2007	5	63,4	115,6	182,5	2,1	269	3,8	8,1	150,6
2008	5	0,5	0,3	53,9	0,2	0,9	0,3	0,4	0,7
2009	5	3,0	2,0	64,3	1,3	6,3	1,6	2,5	4,8
2010	5	14,4	7,5	52,1	6,0	24,0	7,0	15,0	21,5
2011	5	11,4	2,7	23,3	7,2	14,3	9,3	11,4	13,6
2012	5	19,1	18,5	96,6	5,7	51,4	7,2	14,3	33,6
2013	2	12,2	1,1	8,7	11,4	12,9	*	12,2	*
2014	4	185	235,6	127,6	2,9	504	5,0	115,7	433,2
2015	3	8,6	10,0	116,8	1,4	20,0	1,4	4,3	20,0
2016	3	43,3	49,3	113,8	10,0	100,0	10,0	20,0	100,0
2017	5	76,0	105,3	138,5	0,0	260,0	10,0	40,0	160,0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos); *no es posible determinar estadísticamente (N=2)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-78. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,4	1,5	63,2	1,0	4,0	1,0	2,0	4,0
2007	5	2,4	1,3	55,9	1,0	4,0	1,0	3,0	3,5
2008	5	2,4	1,5	63,2	1,0	4,0	1,0	2,0	4,0
2009	5	2,6	0,9	34,4	2,0	4,0	2,0	2,0	3,5



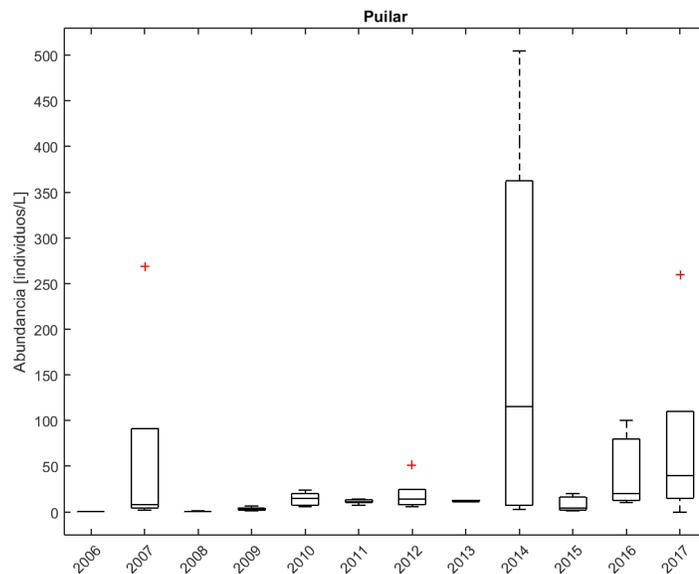
Tabla 6-78. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

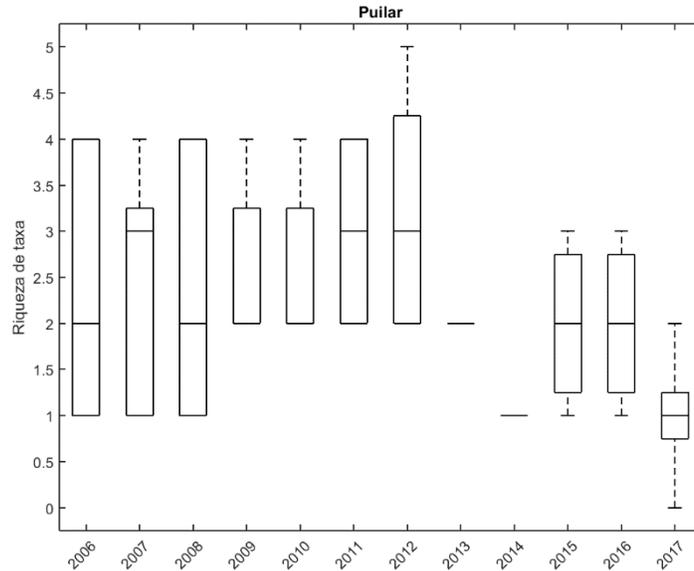
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2010	5	2,6	0,9	34,4	2,0	4,0	2,0	2,0	3,5
2011	5	3,0	1,0	33,3	2,0	4,0	2,0	3,0	4,0
2012	5	3,2	1,3	40,7	2,0	5,0	2,0	3,0	4,5
2013	2	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	*	2,0	*
2014	4	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2015	3	2,0	1,0	50,0	1,0	3,0	1,0	2,0	3,0
2016	3	2,0	1,0	50,0	1,0	3,0	1,0	2,0	3,0
2017	5	1,0	0,7	70,7	0,0	2,0	0,5	1,0	1,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). * no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-81. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Zooplancton: Sistema Soncor.

Las abundancias promedio de zooplancton en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Soncor se encontraron dentro del rango 1,1 ind/L (año 2008) y 55 ind/L (año 2017). Las medianas mostraron un máximo de 50 ind/L (año 2016) y un mínimo de 0,7 ind/L (año 2007). El registro máximo del periodo fue 130 ind/L en el año 2017 y el mínimo fue 0 ind/L los años 2006, 2008, 2009, 2010, 2014 y 2015 (Tabla 6-79).

La riqueza de taxa de zooplancton en el sistema Soncor presentó el mayor valor promedio y mediana los años 2006 y 2008, correspondientes a 3,2 y 4 taxa, respectivamente. El menor valor promedio y mediana se presentó los años 2014 y 2015, correspondiente a 1 taxa (Tabla 6-80).

La abundancia de zooplancton en este sistema presenta una leve tendencia temporal al aumento desde el año 2009. El año 2016 existe un aumento abrupto que se mantiene el año 2017. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las series de datos de los distintos años, particularmente entre el año 2017 y los años 2006 y 2008. Por su parte, la riqueza presentó valores bajos (entre 1 y 3 taxa promedio) y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre las campañas (Figura 6-82).

Tabla 6-79. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	1,1	1,0	87,0	0,0	2,6	0,3	1,0	2,0
2007	5	2,2	3,3	147,7	0,3	8,0	0,4	0,7	4,9
2008	5	1,1	1,0	87,1	0,0	2,6	0,3	1,0	2,0
2009	5	5,8	6,8	116,4	0,0	17,1	1,0	3,2	12,1
2010	5	6,8	7,8	114,6	0,0	19,0	1,0	3,0	14,5
2011	5	7,7	4,6	59,6	1,4	12,8	3,6	7,1	12,1
2012	5	6,6	1,9	29,3	4,3	8,6	5,0	5,7	8,6



Tabla 6-79. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2013	4	11,5	3,5	30,4	8,6	15,7	8,6	10,8	15,0
2014	5	7,2	7,2	99,9	0,0	18,6	1,5	5,7	13,6
2015	4	9,6	12,8	133,3	0,0	27,1	0,0	5,7	23,2
2016	3	53,3	35,1	65,8	20,0	90	20,0	50,0	90,0
2017	4	55,0	50,7	92,1	20,0	130	22,5	35,0	107,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

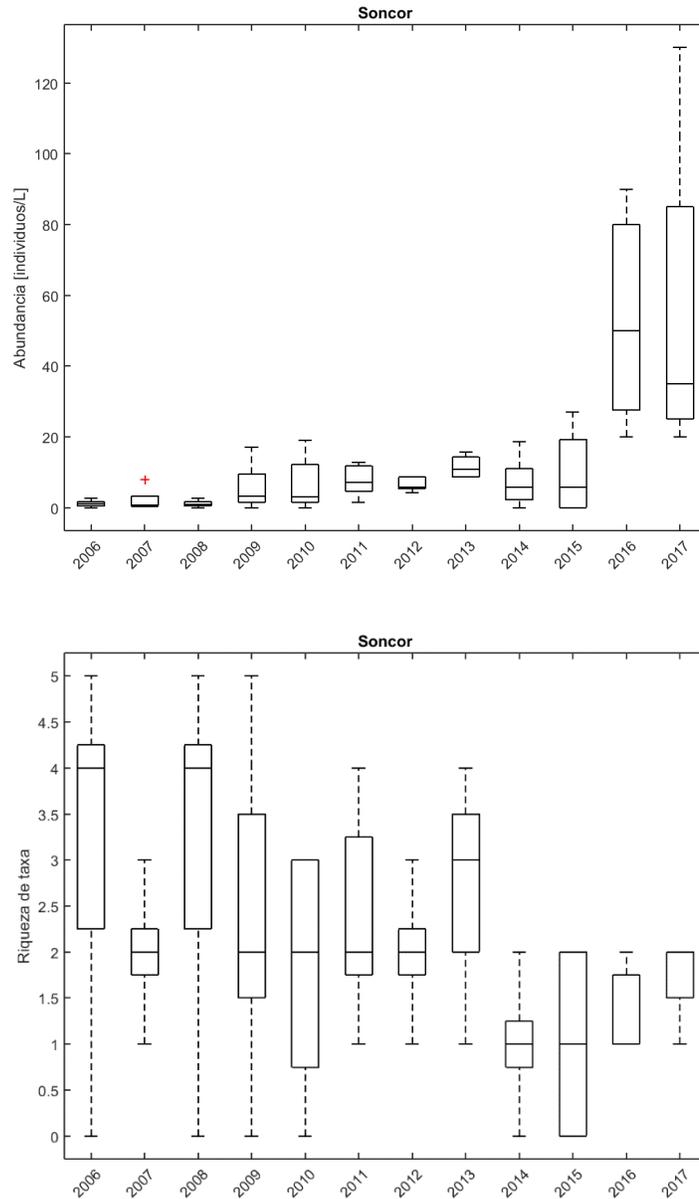
Tabla 6-80. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	3,2	1,9	60,1	0,0	5,0	1,5	4,0	4,5
2007	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2008	5	3,2	1,9	60,1	0,0	5,0	1,5	4,0	4,5
2009	5	2,4	1,8	75,7	0,0	5,0	1,0	2,0	4,0
2010	5	1,8	1,3	72,4	0,0	3,0	0,5	2,0	3,0
2011	5	2,4	1,1	47,5	1,0	4,0	1,5	2,0	3,5
2012	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2013	4	2,8	1,3	45,8	1,0	4,0	1,5	3,0	3,8
2014	5	1,0	0,7	70,7	0,0	2,0	0,5	1,0	1,5
2015	4	1,0	1,2	115,5	0,0	2,0	0,0	1,0	2,0
2016	3	1,3	0,6	43,3	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0
2017	4	1,75	0,6	28,6	1,0	2,0	1,25	2	2,0

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-82. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



III. Zooplancton: Sistema Aguas de Quelana.

Las abundancias promedio de zooplancton en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Aguas de Quelana se encontraron dentro del rango 0,2 ind/L (año 2007) y 41,4 ind/L (año 2014). Las medianas mostraron un máximo de 30 ind/L (años 2014, 2016 y 2017) y un mínimo de 0,1 ind/L (año 2007). El registro máximo del periodo fue 133 ind/L en el año 2010 y el mínimo fue 0 ind/L los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015 (Tabla 6-81).

La riqueza de taxa de zooplancton en el sistema Aguas de Quelana presentó el mayor valor promedio y mediana el año 2009, correspondientes a 2,6 y 3 taxa, respectivamente. El menor valor promedio y mediana se presentaron el año 2014 y 2017, correspondiente a 1 taxa (Tabla 6-82).

La abundancia de zooplancton en el sistema Aguas de Quelana presenta una tendencia temporal al aumento desde el año 2009. De esta manera, el periodo comprendido entre los años 2009-2017 presenta promedios al menos un orden de magnitud mayores a los del periodo 2006-2008. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las series de datos de los distintos años, particularmente entre el año 2007 y los años 2009, 2013 y 2016. Por su parte, la riqueza presentó valores bajos (entre 1 y 2,6 taxa promedio) y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre las campañas (Figura 6-83).

Tabla 6-81. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	0,4	0,5	118,9	0,0	1,8	0,0	0,4	0,6
2007	10	0,2	0,3	153,9	0,0	1,1	0,0	0,1	0,3
2008	10	0,4	0,5	118,9	0,0	1,8	0,0	0,4	0,6
2009	10	27,6	34,1	123,5	0,0	113	0,6	17,5	41,9
2010	10	20,5	39,9	194,6	0,0	133	5,5	7,5	12,8
2011	8	7,9	4,6	59,1	0,0	12,9	4,3	8,6	12,5
2012	5	12,6	4,7	37,1	7,1	17,1	7,9	12,9	17,1
2013	6	16,4	7,6	46,3	10,0	30	11,1	13,6	22,5
2014	6	41,4	48,4	116,8	0,0	121	2,2	30,0	78,6
2015	3	24,8	32,4	130,7	0,0	61,4	0,0	12,9	61,4
2016	3	36,7	20,8	56,8	20,0	60	20,0	30,0	60,0
2017	1	30,0	0,0	0,0	30,0	30	*	30,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Tabla 6-82. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	2,3	1,9	82,1	0,0	5,0	0,0	2,0	4,0
2007	10	2,2	1,7	76,7	0,0	5,0	0,8	2,5	3,3
2008	10	2,3	1,9	82,1	0,0	5,0	0,0	2,0	4,0
2009	10	2,6	1,8	68,3	0,0	5,0	1,0	3,0	4,3
2010	10	2,3	1,1	46,1	0,0	4,0	2,0	2,0	3,0
2011	8	2,1	1,2	58,7	0,0	3,0	1,0	3,0	3,0

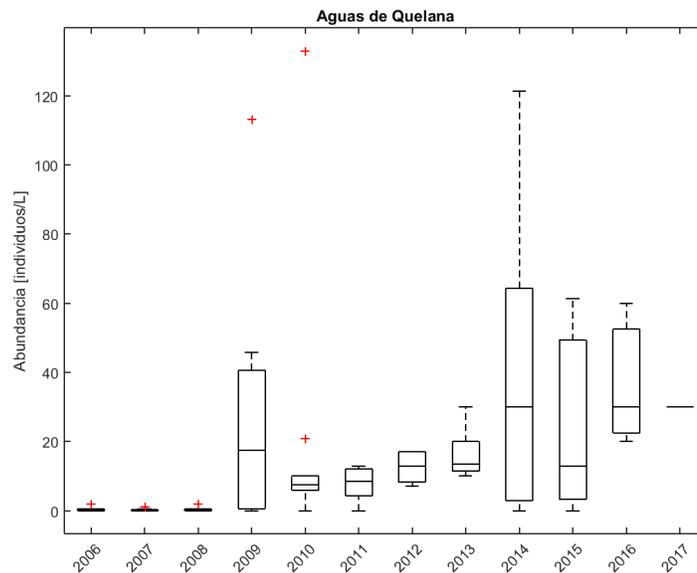
Tabla 6-82. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

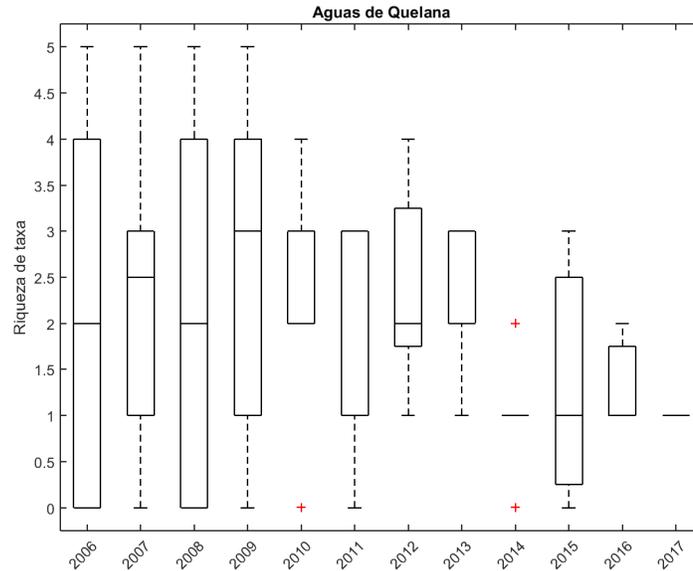
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2012	5	2,4	1,1	47,5	1,0	4,0	1,5	2,0	3,5
2013	6	2,2	0,8	34,7	1,0	3,0	1,8	2,0	3,0
2014	6	1,0	0,6	63,2	0,0	2,0	0,8	1,0	1,3
2015	3	1,3	1,5	114,6	0,0	3,0	0,0	1,0	3,0
2016	3	1,3	0,6	43,3	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0
2017	1	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	*	1,0	*

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-83. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).





Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

IV. Zooplancton: Sistema Peine.

Las abundancias promedio de zooplancton en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Peine se encontraron dentro del rango 0,3 ind/L (año 2006) y 278 ind/L (año 2016). Las medianas mostraron un máximo de 225 ind/L (años 2016) y un mínimo de 0,2 ind/L (año 2006). El registro máximo del periodo fue 510 ind/L (año 2016) y el mínimo fue 0 ind/L los años 2006, 2008, 2010, 2014 y 2015 (Tabla 6-83).

La riqueza de taxa de zooplancton en el sistema Peine presentó el mayor valor promedio y mediana el año 2009, correspondientes a 3,2 y 3 taxa, respectivamente. El menor valor promedio y mediana se presentaron el año 2014, correspondiente a 1,2 y 1 taxa, respectivamente (Tabla 6-84).

La abundancia de zooplancton en este sistema presenta una tendencia temporal al aumento desde el año 2009, y valores sobre lo observado en el periodo 2006-2015 en los años 2016 y 2017. De esta manera, al igual que los sistemas anteriores, el periodo comprendido entre los años 2009-2015 presenta abundancias promedio al menos un orden de magnitud mayores a las del periodo 2006-2008. A su vez, los años 2016 y 2017 también presentaron diferencias de un orden de magnitud con respecto al periodo anterior (2009 - 2015). De esta manera, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las series de datos de los distintos años, particularmente entre el año 2017 y los años 2006 y 2008; y entre el año 2016 y los años 2006, 2008. Respecto a la riqueza, se observa que presentó valores bajos (entre 1 y 3 taxa promedio) y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre las campañas (Figura 6-84).

Tabla 6-83. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,3	0,3	112,3	0,0	0,9	0,1	0,2	0,6
2007	5	3,1	4,9	159,5	0,1	11,8	0,2	1,1	7,1
2008	5	0,3	0,3	112,4	0,0	0,9	0,1	0,2	0,6
2009	5	6,0	4,8	81,4	0,6	11,4	1,9	3,8	11,1



Tabla 6-83. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2010	5	3,0	3,4	113,0	0,0	8,0	0,5	1,0	6,5
2011	5	5,1	2,6	51,2	1,4	8,6	2,8	5,7	7,2
2012	5	8,6	9,9	115,9	1,4	25,7	2,2	4,3	17,2
2013	5	8,6	6,6	77,1	1,4	17,1	2,2	8,6	15,0
2014	5	13,7	19,2	139,9	0,0	47,1	1,5	7,1	29,3
2015	5	10,8	11,6	107,1	0,0	27,1	0,0	10,0	22,1
2016	4	277,5	161,5	58,2	150,0	510,0	160,0	225,0	447,5
2017	4	115,0	62,4	54,3	30,0	180,0	52,5	125,0	167,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

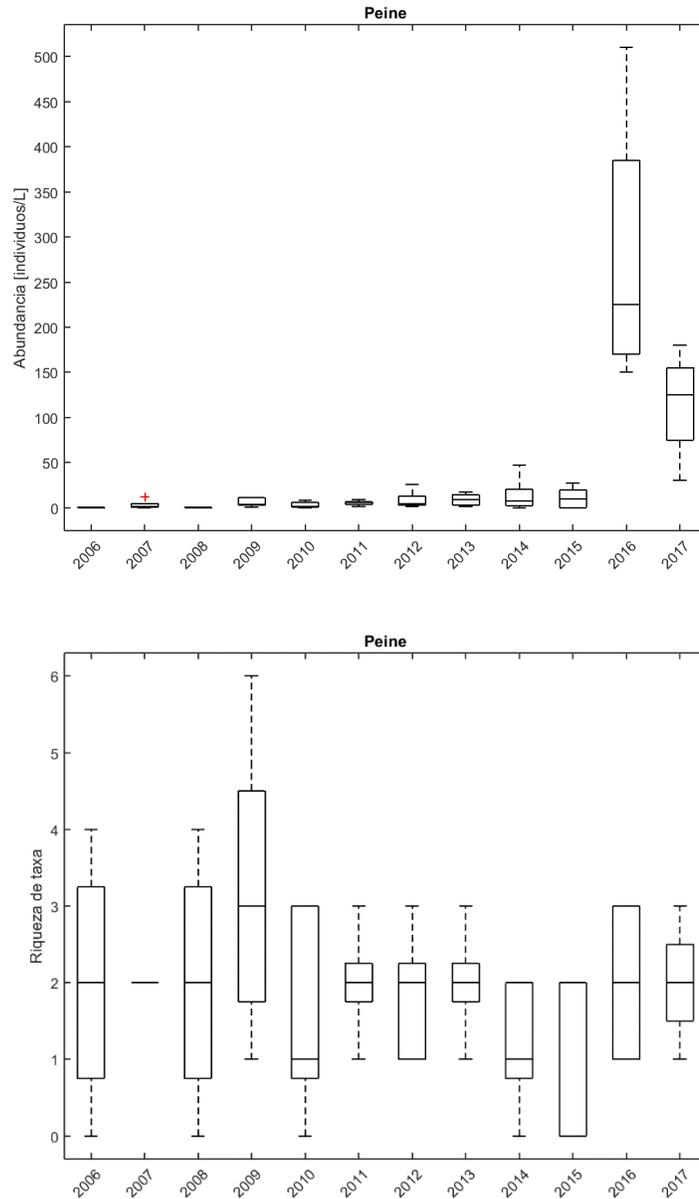
Tabla 6-84. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,0	1,6	79,1	0,0	4,0	0,5	2,0	3,5
2007	5	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
2008	5	2,0	1,6	79,1	0,0	4,0	0,5	2,0	3,5
2009	5	3,2	1,9	60,1	1,0	6,0	1,5	3,0	5,0
2010	5	1,6	1,3	83,9	0,0	3,0	0,5	1,0	3,0
2011	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2012	5	1,8	0,8	46,5	1,0	3,0	1,0	2,0	2,5
2013	5	2,0	0,7	35,4	1,0	3,0	1,5	2,0	2,5
2014	5	1,2	0,8	69,7	0,0	2,0	0,5	1,0	2,0
2015	5	1,2	1,1	91,3	0,0	2,0	0,0	2,0	2,0
2016	4	2,0	1,2	57,7	1,0	3,0	1,0	2,0	3,0
2017	4	2,0	0,8	40,8	1,0	3,0	1,3	2,0	2,8

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos)

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-84. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Como puede verse, la abundancia de zooplancton en los sistemas mostró patrones similares. La riqueza en todos los sistemas y años fue baja (< 4 taxa promedio) y relativamente constante. Por su parte, la abundancia mostró diferencias entre los años, distinguiéndose tres periodos. El periodo 2006-2008 que presentó bajas abundancias; el periodo 2009-2015 que mostró abundancias un orden de magnitud



mayores al periodo previo; y los años 2016 y 2017 que, a su vez, presentaron abundancias promedio sobre un orden de magnitud de las registradas en el periodo 2009-2015. Este comportamiento es claro en los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Peine y un poco menos evidente en el sistema Puilar.

6.4.2.7 Plantas acuáticas

I. Plantas acuáticas: Sistema Puilar

La cobertura promedio de plantas acuáticas en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Puilar se encontró dentro del rango 0 % (año 2006, 2007, 2008) y 17,5% (año 2013). Las medianas fueron en la mayoría de los monitoreos 0% y el registro máximo del periodo fue 20% (año 2013) (Tabla 6-85).

La cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-85) y no existen diferencias estadísticamente significativas entre campañas.

Tabla 6-85. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5
2010	5	3,0	4,5	149,1	0,0	10,0	0,0	0,0	7,5
2011	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5
2012	5	4,0	5,5	136,9	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0
2013	2	17,5	3,5	20,2	15,0	20,0	*	17,5	*
2014	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5
2015	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5
2016	3	3,3	2,9	86,6	0,0	5,0	0,0	5,0	5,0
2017	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

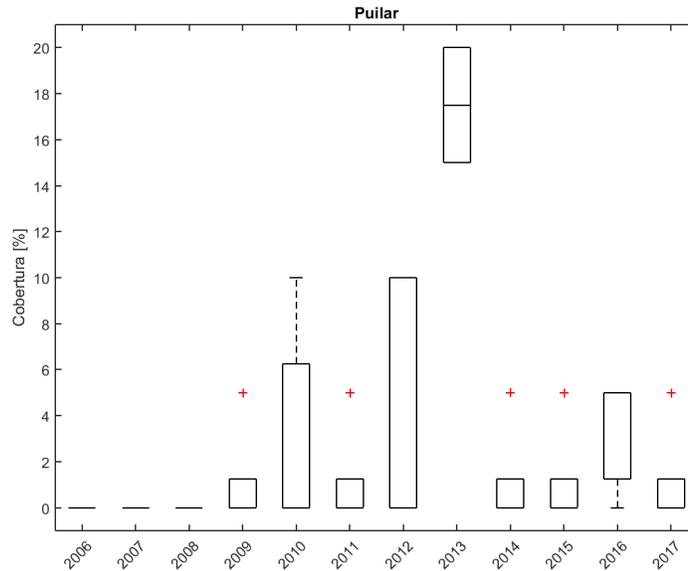
* no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Los valores <LD se consideraron como = LD.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



Figura 6-85. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

II. Plantas acuáticas: Sistema Soncor

La cobertura promedio de plantas acuáticas en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Soncor se encontró dentro del rango 0 % (año 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2016 y 2017) y 2% (año 2014). La mediana en todos los monitoreos fue 0% y el registro máximo fue 10% (año 2014) (Tabla 6-86).

La cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-86) y tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas campañas.

Tabla 6-86. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	5	0,2	0,4	223,6	0,0	1,0	0,0	0,0	0,5
2012	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	4	1,3	2,5	200,0	0,0	5,0	0,0	0,0	3,8
2014	5	2,0	4,5	223,6	0,0	10,0	0,0	0,0	5,0



Tabla 6-86. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2015	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5
2016	1	0,0	0,0	*	0,0	0,0	*	0,0	*
2017	4	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

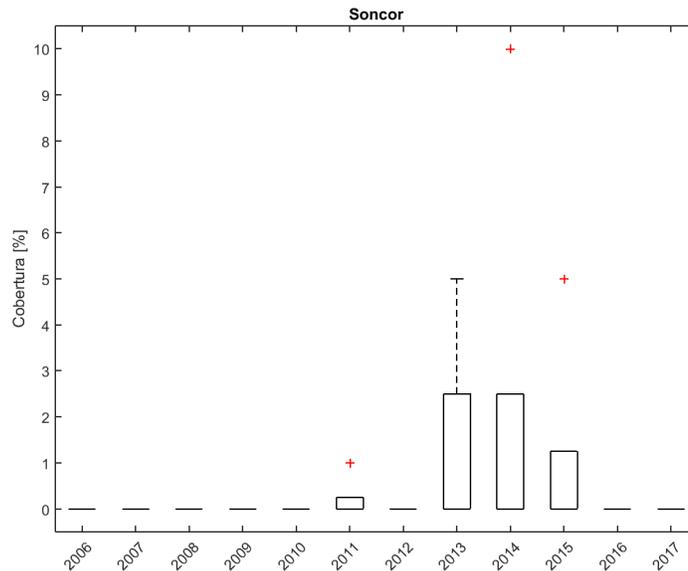
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Los valores <LD se consideraron como = LD.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-86. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

III. Plantas acuáticas: Sistema Aguas de Quelana

La cobertura promedio de plantas acuáticas en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Aguas de Quelana se encontró dentro del rango 0 % (año 2017) y 13,1% (año 2011). Las medianas fueron en la mayoría de los monitoreos 5% y el registro máximo del periodo fue 60% (año 2008 y 2011) (Tabla 6-87).

La cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-87) y tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre campañas.



Tabla 6-87. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	8,5	13,6	159,4	0,0	40,0	0,0	2,5	13,8
2007	10	10,7	15,8	147,2	0,0	50,0	0,0	5,0	13,8
2008	10	8,5	18,4	216,7	0,0	60,0	0,0	2,5	6,3
2009	10	8,5	15,7	185,2	0,0	50,0	0,0	1,0	12,0
2010	10	6,5	9,4	145,3	0,0	30,0	0,0	2,5	10,0
2011	8	13,1	19,8	150,9	0,0	60,0	1,3	5,0	15,0
2012	5	4,0	2,2	55,9	0,0	5,0	2,5	5,0	5,0
2013	6	4,2	4,9	118,0	0,0	10,0	0,0	2,5	10,0
2014	10	4,5	6,4	143,0	0,0	15,0	0,0	0,0	11,3
2015	10	5,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
2016	1	5,0	0,0	0,0	5,0	5,0	*	5,0	*
2017	2	0,0	0,0	*	0,0	0,0	*	0,0	*

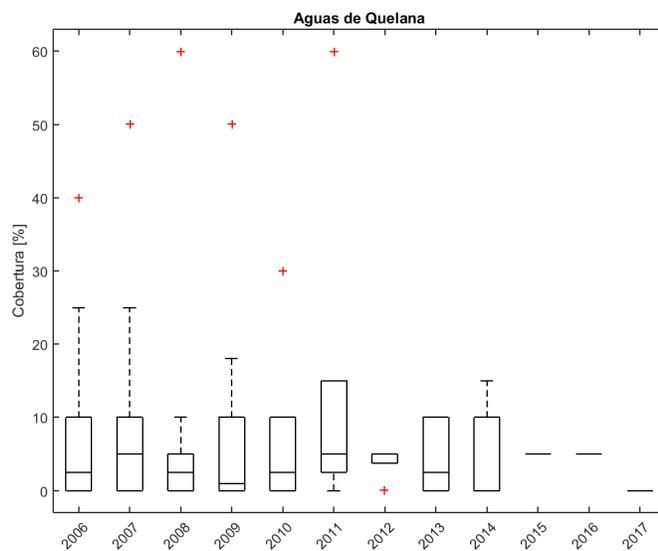
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Los valores <LD se consideraron como = LD.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-87. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.



IV. Plantas acuáticas: Sistema Peine

La cobertura promedio de plantas acuáticas en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2017 en el sistema Peine se encontró dentro del rango 0 % (año 2006, 2010 y 2012) y 6% (año 2014). Las medianas fueron en la mayoría de los monitoreos 0% y el registro máximo del periodo fue 10% (años 2011 y 2014) (Tabla 6-88).

Al igual que en los sistemas anteriores, la cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-88). Sin embargo, la prueba de *Kruskal-Wallis* arroja diferencias estadísticamente significativas, aunque el test *post-hoc* no identifica los pares que difieren.

Tabla 6-88. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	2	0,0	0,0	*	0,0	0,0	*	0,0	*
2007	2	5,0	0,0	0,0	5,0	5,0	*	5,0	*
2008	2	5,0	0,0	0,0	5,0	5,0	*	5,0	*
2009	5	2,0	2,7	136,9	0,0	5,0	0,0	0,0	5,0
2010	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	5	3,0	4,5	149,1	0,0	10,0	0,0	0,0	7,5
2012	5	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	5	2,0	2,7	136,9	0,0	5,0	0,0	0,0	5,0
2014	5	6,0	4,2	69,7	0,0	10,0	2,5	5,0	10,0
2015	5	4,0	2,2	55,9	0,0	5,0	2,5	5,0	5,0
2016	3	3,3	2,9	86,6	0,0	5,0	0,0	5,0	5,0
2017	5	1,0	2,2	223,6	0,0	5,0	0,0	0,0	2,5

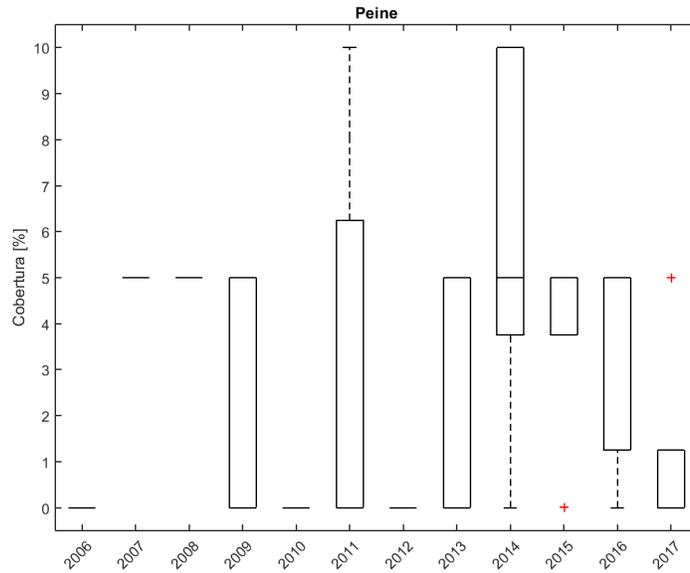
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* no es posible determinar el estadígrafo (N < 3).

Los valores <LD se consideraron como = LD.

Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

Figura 6-88. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2017. Los extremos superior e inferior de las cajas representan los valores de los cuartiles 1 y 3; los extremos de las líneas verticales representan los valores máximos y mínimos de cada distribución, la línea horizontal representa la mediana y el símbolo + los valores atípicos de cada población de datos (del año).



Fuente: Informes de seguimientos de SQM Salar S.A. y UCN.

7. CONCLUSIONES

La campaña de monitoreo del presente año se realizó exitosamente en un plazo de 14 días (3 durante el mes de enero y 11 durante el mes de abril), la cual a través de 4 cuadrillas se realizaron los estudios asociados a la vegetación, flora y fauna.

7.1 Vegetación

Los resultados obtenidos en 2017 indican que la superficie total cubierta sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama, alcanza 14.030,7 ha. El matorral de *T. absinthioides* (Brea), que cubre una superficie de 7.735,3 ha, equivale al 55,1% de toda la vegetación presente en el área. La pradera de *D. spicata* (Gramma salada), corresponde a la segunda formación vegetacional más abundante, ocupando una superficie de 2.349,1 ha, equivalente al 16,8% del total.

Posterior a la rectificación realizada en el año 2013 y declarada en el informe de seguimiento N°7 del Plan de Seguimiento Ambiental, la superficie de las formaciones matorral de *T. absinthioides*, matorral de *A. atacamensis* – *A. imbricata*, pradera de *D. spicata* y pajonal de *J. balticus* – *S. americanus* – *B. juncea* ha aumentado. Esto se explica por los esfuerzos anuales de mejorar la delimitación de polígonos en el mapa, logrando incorporar o re-atribuyendo elementos que no son distinguibles por medio de la imagen satelital. Por otra parte, en el presente año se incorpora una superficie de 34,3 ha correspondiente a una pradera constituida por especies anuales y conformada posterior a las intensas precipitaciones ocurridas.

Las observaciones realizadas en abril de 2017 respecto a la vitalidad mostraron que de los 99 puntos muestreados 70,7% presentaron una vitalidad normal, un 15,2% presentó una vitalidad débil, 10,1% una vitalidad vigorosa y el 4,0% restante correspondieron a zonas de cobertura 0%. En comparación a la temporada anterior, 2016, se aprecia un aumento de la categoría vitalidad normal, y categoría vigorosa y una disminución del número de observaciones en la categoría débil, en oposición a la tendencia de pérdida de vitalidad que se observaba desde el año 2009 hasta el 2015.

Respecto de la vitalidad de la Zona de Conexión, en el año 2017 se registró un aumento en la vitalidad concentrándose en la categoría vigoroso. Este resultado implica un incremento en la vitalidad respecto de lo observado en el año 2016 cuyo grueso estuvo concentrado en la categoría normal. La distribución observada en el presente año es un resultado de la concentración de precipitaciones de principio de año.

Respecto al follaje verde las mediciones realizadas en 2017 en Borde Este mostraron que la vegetación en general presentó una mayor proporción de follaje verde respecto del observado el año anterior. Los cambios más significativos respecto de lo registrado en 2016 muestran una disminución en la proporción de plantas con follaje verde de entre 5-25% y un aumento en el rango 50-75% (30,3%) y rango 75-100% (5,1%). Situación similar se aprecia en los puntos monitoreados en zona de conexión, donde la copa verde alcanzada en algunos puntos fue superior a la registrada en 2016. En la Zona de Conexión la mayor expresión de copa verde se observa en el mes de enero, donde los individuos sólo varían entre 50 a 75% y 75 a 100%.

Por último, el estado fenológico de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama, mantiene la condición normal de predominancia del estado fructificación y estado vegetativo. Al ser complementado con las observaciones de la zona de conexión, se obtiene que el monitoreo de abril representa una condición final de reproducción, correspondiente a la producción y propagación de frutos, previo a que se inicie la recesión invernal.

Respecto de los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en 2017 en los ejemplares de algarrobo de la quebrada de Camar, mostraron que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 39 de ellos (54,9%) presentaron una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso, 32 ejemplares (46,1%) se encontraron secos, sin evidencia de follaje verde ni estructuras reproductivas, cifra que ha aumentado levemente respecto de los años anteriores y corresponde a un máximo histórico. Junto con esto, se observa un aumento en los ejemplares de crecimiento normal, llegando a un total que supera los últimos 3 años.

Se ha incorporado un nuevo indicador auxiliar para la medición de vitalidad de los ejemplares el cual corresponde al ramoneo de animales. Al respecto, se observa un alto porcentaje de intervención animal (55%) y unos cuantos ejemplares con daños antrópicos (7%). Los 2 ejemplares nuevos que se han categorizado como secos presentan daños por ramoneo de animal, además de que ejemplares cercanos a ellos presentan condiciones de crecimiento normal e incluso recuperación de la vitalidad, lo que sugiere que el principal factor fue justamente el ramoneo de animales.

Con respecto a la proporción de copa verde, se observó que el número de ejemplares sin follaje verde aumentó en dos individuos con respecto a la campaña anterior, pasando de 30 a 32 individuos. El resto de las categorías se mantiene relativamente constante sin cambios significativos.

Se observa cierta correlación entre los años de lluvia y la evolución de la vitalidad de los ejemplares, sin embargo los efectos no se observan de manera directa.

7.2 Flora

La flora vascular del Borde Este del Salar de Atacama se encuentra en una zona con déficit hídrico debido a la escases de lluvia, pero que en ocasiones puntuales puede variar el régimen pluviométrico permitiendo, entre otras cosas, la emergencia de plantas, principalmente de herbáceas

De acuerdo a los resultados obtenidos en las parcelas establecidas en los 7 transectos en la presente campaña de monitoreo, hay un leve aumento en el número total de especies registradas en las parcelas (3 especies más en comparación con el año anterior), alcanzando un máximo histórico en la riqueza observada. En cuanto a frecuencia y abundancia, 4 de los 7 transectos de monitoreo se registra un aumento en la riqueza de especies registrada (T1, T2, T4 y T5) de entre 1 y cuatro taxa más que el año anterior, principalmente herbáceas y plántulas de arbustos característicos de la zona.

La salinidad y pH del suelo mantienen un comportamiento normal, con variaciones puntuales que no permiten concluir que sea un efecto de las actividades del Proyecto, sino más bien sería causado por condiciones de micrositio.

7.3 Fauna

En la campaña 2017 se registraron 27 especies de vertebrados terrestres, donde 3 fueron reptiles, 19 aves y 5 corresponden a mamíferos. No se observaron anfibios en el área de estudio.

De las especies registradas durante la presente campaña, sólo el pato de la puna (*Anas puna*) no había sido registrado en las temporadas anteriores, por lo que el catálogo de especies registradas hasta la fecha aumenta a 69 especies.

De las tres especies de reptiles registradas en la temporada 2017, *Liolaemus constanzae* fue la más abundante, seguida por *Liolaemus fabiani*, y *Liolaemus puna*, esta última con sólo dos individuos avistados. Los datos históricos indican que *L. constanzae* y *L. fabiani* son las especies dominantes en la zona de estudio, con una marcada diferenciación en las 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). La variación de la abundancia a lo largo del PSA se ha mantenido dentro de rangos normales, no mostrando evidencias de una tendencia hacia la disminución del número de individuos.

En el monitoreo 2017, en ambientes terrestres se avistaron ejemplares pertenecientes a nueve especies de aves acuáticas y terrestres, con una especie avistada durante los traslados (registro circunstancial). Al igual que en las temporadas anteriores, el número de individuos registrados para las diferentes especies fue bajo. Considerando los doce años de seguimiento, las especies que registran mayor abundancia son 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 PSA se ha mantenido dentro de rangos normales, no mostrando evidencias de una tendencia hacia la disminución en el número de individuos.

En el monitoreo 2017, en ambientes acuáticos se avistaron 1.815 individuos de aves, los que pertenecen a trece especies. De estos, catorce ejemplares de flamenco no pudieron ser identificados a nivel de especie. Al igual que en los monitoreos anteriores las especies dominantes fueron las tres especies de flamencos, el pollito de mar tricolor (*Phalaropus tricolor*), el caití (*Recurvirostra andina*) y el playero de Baird (*Calidris bairdii*), todas especies asociadas a ambientes acuáticos.

El análisis de los datos de abundancia, considerando los tres sectores, indica que el número de flamencos censados en la temporada 2017, muestra una notable disminución respecto a la temporada anterior. Este resultado correspondería a una variación normal dentro de la dinámica poblacional que muestran estas especies, como ya ha sido reportado en la literatura. Este patrón es explicado por eventos de dispersión que son determinados por las condiciones bióticas y abióticas de los sitios reproductivos y de invernación. Siguiendo la proyección de esta dinámica fluctuante, se espera que en los próximos monitoreos comience un ciclo de recuperación en la abundancia, principalmente para las dos especies que muestran la mayor reducción de individuos: la parina grande (*P. andinus*) y la parina chica (*P. james*).

Los resultados de los datos históricos de abundancia de los flamencos en cada sector muestra diferentes escenarios. El Sistema Lacustre de Soncor muestra la mayor abundancia de pollos de flamenco y de parina grande (*P. andinus*) indicando que las lagunas del sector son un sitio reproductivo importante, particularmente para esta especie. Por su parte, en el Sistema de Aguas de Quelana, el número de pollos registrados ha sido históricamente bajo, por lo que es probable que estos cuerpos de agua no presenten las características adecuadas para la reproducción masiva de estas aves. Finalmente, en el Sistema de Peine, se observa una tendencia a la disminución de ejemplares de flamencos, alcanzando el mínimo histórico en la campaña actual. Esta tendencia negativa debe ser evaluada en función de los resultados obtenidos en los futuros monitoreos.

Respecto a las restantes aves registradas en ambientes acuáticos, el análisis por sector indica que, tanto en el Sistema Soncor como en el de Peine, la variación de la abundancia se ha mantenido dentro de los niveles mostrados a lo largo del PSA. En tanto, en el Sistema de Aguas de Quelana, se observa una tendencia a la disminución del número de individuos, que podría estar relacionadas con las variaciones en las superficies de los cuerpos de agua que muestran este sector. Esta tendencia debe ser evaluada en función de los resultados obtenidos en los futuros monitoreos.

En cuanto a los mamíferos, durante la campaña 2017 se capturaron cuatro especies de roedores y se obtuvo abundante evidencia indirecta de la presencia de tuco tuco (*C. fulvus*). Según los registros históricos, la especie más abundante durante los doce años de seguimiento es el ratón de pie sedoso (*E. puerulus*), seguido por la lauchita andina (*A. andinus*), mostrando una clara partición del hábitat. El ratón de pie sedoso es la especie dominante en el ambiente de Rica rica-Pingo pingo, mientras que la lauchita andina concentra el mayor número de individuos en el ambiente de Pajonal. El análisis de los datos históricos indica que las variaciones en la abundancia de los micromamíferos se ha mantenido dentro de las variaciones obtenidas a lo largo del PSA, con aumentos explosivos en el número de individuos, característicos en los roedores.

Por su parte, la presencia de *Pseudalopex sp* se ha verificado a lo largo de todo el PSA, en los dos sectores y ambientes prospectados (evidencia directa), y en prácticamente toda el área de estudio (evidencia indirecta), lo que da cuenta de la alta movilidad de esta especie generalista, que ocupa en forma extensa el borde Este del Salar de Atacama.

7.4 Biota Acuática

7.4.1 Medio abiótico

La Temperatura registrada durante el trabajo de campo y como un dato puntual del momento de muestreo, representa un valor e información de escasa validez para una evaluación ambiental del área. La variabilidad que presenta la temperatura y los ciclos diarios de la misma, obstaculizan la interpretación de los datos, si solamente se suministra una medición puntual. No obstante, y bajo la condición de comparar someramente

estos resultados, se podría indicar que los sistemas de Puilar y Peine podrían ser más fríos que los sistemas hidrológicos de Soncor y Aguas de Quelana. En términos generales, las mediciones efectuadas en la presente campaña se encuentran dentro de los rangos históricos observados.

Los valores de pH registrados en la campaña efectuada el año 2017 muestran condiciones alcalinas de las aguas de los sistemas monitoreados, lo que corresponde a su comportamiento histórico.

La CE del agua y sedimentos, así como la salinidad, muestran nuevamente dos grupos diferenciables: Puilar – Peine y Soncor – Aguas de Quelana, denotándose en el primer grupo, una menor salinidad de las aguas. Respecto a la salinidad, el único sistema que presenta alguna tendencia corresponde a Aguas de Quelana donde se observa un incremento a partir del año 2012. Sin embargo, como se explica en la discusión, esto puede deberse a que durante los últimos 5 años no ha sido posible monitorear todas las estaciones. Desde el año 2012 la mayoría de las estaciones Q-6 a Q-9 no han sido monitoreadas, lo que aumenta la CE promedio al ser ellas estaciones de baja CE y salinidad. Cabe mencionar que durante el monitoreo realizado el año 2017 sólo se pudo medir CE y salinidad del agua en una estación por lo que no es posible inferir comportamientos generales para el año reportado en el presente informe.

Para la variable OD se aprecia que en todos los sistemas se producen importantes oscilaciones, no obstante, estos registros al igual que la temperatura, son poco informativas si corresponden a mediciones puntuales debido a las amplias fluctuaciones que pueden ocurrir diariamente.

Comparando los valores obtenidos para las variables relevantes monitoreadas el año 2017, en relación a la data histórica de las mismas, se observa que, en general, estas se encuentran dentro del rango de variabilidad evidenciada en la serie de tiempo de cada una.

7.4.2 Medio biótico

Las mediciones realizadas el año 2017 se encontraron dentro del rango histórico de los parámetros bióticos.

Como es de esperar, las variables bióticas presentan una importante dispersión a través del tiempo monitoreado. Sin embargo, los cuatro sistemas de control presentaron comportamientos similares en los parámetros bióticos (fitoplancton, fitobentos, zooplancton, zoobentos y plantas acuáticas). De esta manera, las fluctuaciones y tendencias observados no responderían a factores locales. Cabe notar que cada parámetro presenta un comportamiento histórico distinto. El fitoplancton y la cobertura de plantas acuáticas no mostraron tendencias en el periodo analizado. La abundancia y riqueza de fitobentos aumentaron durante el periodo 2009-2014, disminuyeron el año 2015 y aumentaron nuevamente el año 2016, manteniéndose el año 2017. La abundancia de zooplancton, por su parte, tuvo una tendencia al aumento durante el periodo 2009-2016, presentando el año 2017 un comportamiento similar al del 2016. En contraste, la abundancia de zoobentos disminuyó en el periodo 2009-2013 y aumentó nuevamente el año 2014-2015.

8. REFERENCIAS

Las referencias se presentan en el Anexo XII del presente Plan de Seguimiento