



Campaña de Monitoreo N°10 – abril de 2016

Informe de Seguimiento Ambiental
Proyecto Cambios y mejoras en la operación minera
del Salar de Atacama

Región de Antofagasta

preparado para SQM SALAR S.A.
junio 2017

geobiota

GEOB.SQM433.INF01.REV0

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
A	Nombre	NV-ES-HM-VB	NV	CP	Para revisión del Cliente
	Fecha	07.08.2016	08.08.2016	11.08.2016	
B	Nombre	ES-NV	NV	CP	Para Aprobación del Cliente
	Fecha	09.10.2016	08.11.2016		
C	Nombre	JG-VB	XA		Para Aprobación del Cliente
	Fecha	27.03.2017	30.06.2017		
0	Nombre	JG			Para Aprobación del Cliente
	Fecha	28.08.2017			

Contenido

1.	RESUMEN.....	1
1.1	Vegetación y Flora	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
1.1.4	Flora	2
1.2	Fauna	2
1.2.1	Reptiles.....	3
1.2.2	Aves	3
1.2.3	Mamíferos.....	3
1.3	Biota acuatica	3
1.3.1	Medio Abiotico.....	4
1.3.2	Medio Biótico	4
1.3.3	Análisis histórico y conclusiones	5
2.	INTRODUCCIÓN	5
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.....	16
4.2.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	16
4.2.3.1	Monitoreo en Borde Este y Zona de Conexión.....	16
4.2.4	Materiales y equipos utilizados	19
4.2.5	Fechas de muestreo de cada parámetro	19
4.3	Flora	19
4.3.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	19
4.3.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	21
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	21
4.3.4	Materiales y equipos utilizados	22
4.3.5	Fechas de muestreo de cada parámetro	22
4.4	Fauna	23

4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	23
4.4.1.1	Monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos.....	23
4.4.1.2	Monitoreo de aves acuáticas.....	27
4.4.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	29
4.4.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	29
4.4.3.1	Solicitud del Permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre.....	29
4.4.3.2	Técnicas de muestreo aplicadas.....	29
4.4.3.3	Identificación, origen geográfico y singularidad de las especies.....	31
4.4.4	Materiales y equipos utilizados.....	33
4.4.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	33
4.5	Biota acuática.....	34
4.5.1	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	34
4.5.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	39
4.5.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	39
4.5.3.1	Medio abiótico.....	39
4.5.3.2	Medio biótico.....	39
4.5.4	Materiales y equipos utilizados.....	41
4.5.5	Fechas de muestreo.....	42
5.	RESULTADOS.....	43
5.1	Vegetación.....	43
5.1.1	Monitoreo en Borde Este.....	45
5.1.1.1	Estado vital.....	45
5.1.1.2	Follaje verde.....	46
5.1.1.3	Fenología.....	47
5.1.1.4	Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales.....	47
5.1.2	Monitoreo en Zona de Conexión vegetación- acuífero.....	49
5.1.2.1	Cobertura y composición.....	49
5.1.2.2	Estado vital, porcentaje de follaje verde y estado fenológico.....	51
5.1.3	Algarrobos (<i>Prosopis flexuosa</i>).....	53
5.1.3.1	Estado vital.....	53
5.1.3.2	Proporción de copa verde.....	54
5.2	Flora.....	55
5.2.1	Riqueza florística.....	55
5.2.2	Frecuencia y abundancia de la flora.....	56
5.2.3	Caracterización química del sustrato.....	56
5.2.3.1	pH.....	56
5.2.3.2	Salinidad.....	59
5.3	Fauna.....	61

5.3.1	Riqueza y caracterización de especies.....	61
5.3.1.1	Abundancia de Reptiles.....	61
5.3.1.2	Abundancia de avifauna.....	62
5.3.1.3	Abundancia de mamíferos.....	70
5.4	Biota acuática.....	73
5.4.1	Medio Abiótico.....	73
5.4.1.1	Temperatura del agua.....	75
5.4.1.2	pH del agua.....	76
5.4.1.3	Conductividad eléctrica del agua.....	77
5.4.1.4	Salinidad del agua.....	78
5.4.1.5	Oxígeno disuelto en el agua.....	79
5.4.1.6	Conductividad eléctrica de los sedimentos y del agua intersticial.....	80
5.4.1.7	Temperatura de los sedimentos.....	82
5.4.2	Medio Biótico.....	83
5.4.2.1	Clorofila-a.....	83
5.4.2.2	Fitoplancton.....	86
5.4.2.3	Fitobentos.....	90
5.4.2.4	Zooplancton.....	98
5.4.2.5	Zoobentos.....	100
5.4.2.6	Plantas acuáticas.....	103
6.	DISCUSIÓN.....	105
6.1	Vegetación.....	105
6.1.1	Monitoreo en Borde Este.....	105
6.1.2	Monitoreo en Zona de Conexión.....	112
6.1.3	Monitoreo de Algarrobos.....	116
6.2	Flora.....	120
6.3	Fauna.....	130
6.3.1	Reptiles.....	136
6.3.2	Aves Terrestres.....	139
6.3.3	Aves Acuáticas.....	145
6.3.4	Mamíferos.....	174
6.4	Biota acuática.....	181
6.4.1	Medio Abiótico.....	181
6.4.1.1	Temperatura.....	181
6.4.1.2	pH.....	186
6.4.1.3	Conductividad Eléctrica (mS/cm) del Agua.....	194
6.4.1.4	Salinidad del agua.....	199
6.4.1.5	Oxígeno Disuelto.....	206

6.4.1.6	Conductividad Eléctrica de Sedimentos.....	213
6.4.1.7	Conductividad eléctrica del agua intersticial de sedimentos	218
6.4.2	Medio Biótico	222
6.4.2.1	Clorofila-a del Fitoplancton	222
6.4.2.2	Clorofila-a del Perifiton	228
6.4.2.3	Fitoplancton	234
6.4.2.4	Fitobentos.....	247
6.4.2.5	Zoobentos.....	258
6.4.2.6	Zooplancton	268
6.4.2.7	Plantas acuáticas	278
7.	CONCLUSIONES.....	284
7.1	Vegetación.....	284
7.2	Flora	285
7.3	Fauna	285
7.4	Biota acuática	287
7.4.1	Medio abiótico.....	287
7.4.2	Medio biótico.....	288
8.	REFERENCIAS.....	289
8.1	Vegetación y Flora	289
8.2	Fauna	289
8.3	Biota acuática	293

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, 19 S).....	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.	17
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).	20
Tabla 4-9: Ubicación de puntos de muestreo para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).....	24
Tabla 4-10: Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).....	27
Tabla 4-11: Sectores evaluados en el monitoreo de biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama – Campaña abril 2016 (Datum WGS84 19S).	34
Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016.	48
Tabla 5-2: Cobertura y composición de especies en la zona de conexión Vegetación-Acuífero.....	49

Tabla 5-3: Total de puntos de monitoreo por categoría de cobertura de la vegetación. Zona de conexión vegetación-acuífero. Mediciones de enero y abril de 2016.....	51
Tabla 5-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad.....	52
Tabla 5-5: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas enero-abril de 2016.....	52
Tabla 5-6: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2016.....	52
Tabla 5-7: Vitalidad de los ejemplares de <i>Prosopis flexuosa</i> en la quebrada Camar. Campaña 2016.....	53
Tabla 5-8: Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (<i>Prosopis flexuosa</i>) en quebrada Camar. Campaña 2016.....	54
Tabla 5-9: Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama.....	55
Tabla 5-10: Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama.....	55
Tabla 5-11: Frecuencia de especies durante la campaña 2016.....	56
Tabla 5-12: Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.....	56
Tabla 5-13: Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.....	58
Tabla 5-14: Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.....	59
Tabla 5-15: Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.....	60
Tabla 5-16: Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016.....	61
Tabla 5-17 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016.....	63
Tabla 5-18. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campaña 2016. Total por especie.	64
Tabla 5-19. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campaña 2016.....	66
Tabla 5-20. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2016.....	68
Tabla 5-21. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2016.....	69
Tabla 5-22. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2016.....	70
Tabla 5-23. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2016.....	70
Tabla 5-24. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016..	71
Tabla 5-25. Índice de visitas de <i>Pseudalopex culpaeus</i> (zorro culpeo) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2016.....	72
Tabla 5-26. Parámetros fisicoquímicos en el agua y sedimentos de los sistemas lacustres (abril 2016). .	74
Tabla 5-27. Estadígrafos de la temperatura del agua (°C) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	75
Tabla 5-28. Estadígrafos del pH registrado en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	76
Tabla 5-29. Estadígrafos de la conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	77
Tabla 5-30. Estadígrafos de la salinidad del agua (g/L) en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	79
Tabla 5-31. Estadígrafos de concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	80
Tabla 5-32. Estadígrafos de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.....	81
Tabla 5-33. Estadígrafos de la CE del agua intersticial de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas hidrológicos.....	81
Tabla 5-34. Estadígrafos de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas hidrológicos.....	83
Tabla 5-35. Concentración de clorofila del fitoplancton y perifiton en las estaciones de monitoreo (abril de 2016).....	84
Tabla 5-36. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a (µg/L) del fitoplancton registrada en los sistemas hidrológicos.....	84

Tabla 5-37. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos.....	85
Tabla 5-38. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Puilar.....	86
Tabla 5-39. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Soncor.	87
Tabla 5-40. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Aguas de Quelana.....	87
Tabla 5-41. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Peine.....	88
Tabla 5-42. Estadígrafos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	89
Tabla 5-43. Composición, riqueza abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Puilar.....	90
Tabla 5-44. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Soncor.	92
Tabla 5-45. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana.	93
Tabla 5-46. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Peine.	94
Tabla 5-47. Estadígrafos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	98
Tabla 5-48. Composición, riqueza, abundancia total (ind/L) y relativa (A.R.) de zooplancton en las estaciones monitoreadas (abril de 2016).	99
Tabla 5-49. Estadígrafos de la abundancia de zooplancton (ind/L) registrada en los sistemas hidrológicos.	100
Tabla 5-50. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m ²) y relativa (A.R.) de zoobentos en los sistemas lagunares Puilar y Soncor (abril de 2016).	101
Tabla 5-51. 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 2016).....	101
Tabla 5-52. Estadígrafos de la abundancia de zoobentos (ind/m ²) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.	102
Tabla 5-53. Cobertura de vegetación acuática en los sistemas lacustres por estación de monitoreo (abril de 2016).	103
Tabla 5-54. Estadígrafos de la cobertura de vegetación acuática (%) en los sistemas lacustres (abril de 2016).	104
Tabla 6-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016.....	111
Tabla 6-2: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2016.	113
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 2016.	114
Tabla 6-4. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2016.....	115
Tabla 6-5. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en la estación meteorológica Camar (DGA)....	117
Tabla 6-6. Riqueza de especies presentes en el área de estudio.....	121
Tabla 6-7. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama Periodo durante los años 2006 al 2016 para los transectos 1, 2, 3 y 4.	124
Tabla 6-8. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama Periodo durante los años 2006 al 2016 para los transectos 5, 6 y 7.....	125
Tabla 6-9. Catálogo de vertebrados presentes en el área de estudio.....	131
Tabla 6-10. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016.	137
Tabla 6-11 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016.....	140

Tabla 6-12. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016. Total por especie.....	145
Tabla 6-13. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016.....	147
Tabla 6-14. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016.....	148
Tabla 6-15. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016.....	150
Tabla 6-16. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016.....	152
Tabla 6-17. Abundancia de flamencos en las lagunas Puilar, Chaxa, Barros Negros y Canal Burro Muerto. Campañas 2006 a 2016.....	155
Tabla 6-18. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Puilar, Chaxa, Barros Negros y Canal Burro Muerto. Campañas 2006 a 2016.....	162
Tabla 6-19. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 a 2016.....	164
Tabla 6-20. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 a 2016.....	166
Tabla 6-21. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campañas 2006 a 2016.....	167
Tabla 6-22. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campañas 2006 a 2016.....	173
Tabla 6-23. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016.....	176
Tabla 6-24. Índice de visitas de <i>Pseudalopex culpaeus</i> (zorro culpeo) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campañas 2007 a 2016.....	178
Tabla 6-25. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	181
Tabla 6-26. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	183
Tabla 6-27. Estadística descriptiva de la temperatura registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	184
Tabla 6-28. Estadística descriptiva de temperaturas registradas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	185
Tabla 6-29. Estadística descriptiva de los valores de pH registrados en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	187
Tabla 6-30. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	188
Tabla 6-31. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	190
Tabla 6-32. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	191
Tabla 6-33. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	194
Tabla 6-34. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	195
Tabla 6-35. Estadística descriptiva de la CE (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	197
Tabla 6-36. Estadística descriptiva de la CE del agua (mS/cm) registrada en el sistema Peine.....	198
Tabla 6-37. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrados en el sistema Puilar, entre los años 2006 y 2016.....	200
Tabla 6-38. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	202
Tabla 6-39. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	203
Tabla 6-40. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	205
Tabla 6-41. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	207



Tabla 6-42. Estadística descriptiva la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.	209
Tabla 6-43. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	210
Tabla 6-44. Estadística descriptiva de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.	211
Tabla 6-45. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2016.	213
Tabla 6-46. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2009 y 2016.	214
Tabla 6-47. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2016.....	216
Tabla 6-48. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016.	217
Tabla 6-49. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Puilar entre los años 2009 y 2016.....	218
Tabla 6-50. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Soncor entre los años 2009 y 2016.....	219
Tabla 6-51. 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 2016.....	220
Tabla 6-52. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016.	221
Tabla 6-53. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.	223
Tabla 6-54. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	224
Tabla 6-55. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.	226
Tabla 6-56. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.	227
Tabla 6-57. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a del perifiton (µg/cm ²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.	229
Tabla 6-58. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a bentónica (µg/cm ²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	230
Tabla 6-59. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a bentónica (µg/cm ²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.	232
Tabla 6-60. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a del perifiton (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.	233
Tabla 6-61. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	236
Tabla 6-62. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	236
Tabla 6-63. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.	238
Tabla 6-64. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	239
Tabla 6-65. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	241
Tabla 6-66. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	242
Tabla 6-67. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	244



Tabla 6-68. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	244
Tabla 6-69. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cel/mL) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	247
Tabla 6-70. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	248
Tabla 6-71. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	250
Tabla 6-72. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	250
Tabla 6-73. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	253
Tabla 6-74. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	253
Tabla 6-75. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	256
Tabla 6-76. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	256
Tabla 6-77. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	259
Tabla 6-78. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	259
Tabla 6-79. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	261
Tabla 6-80. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	261
Tabla 6-81. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	263
Tabla 6-82. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	264
Tabla 6-83. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m ²) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	266
Tabla 6-84. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	266
Tabla 6-85. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	269
Tabla 6-86. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	269
Tabla 6-87. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	271
Tabla 6-88. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	271
Tabla 6-89. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	273
Tabla 6-90. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.....	274
Tabla 6-91. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	276
Tabla 6-92. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.....	276
Tabla 6-93. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.....	278
Tabla 6-94. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.....	280



Tabla 6-95. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016..... 281

Tabla 6-96. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 283

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. 14

Figura 4-4. Distribución de los individuos de *P. flexuosa* monitoreados. 15

Figura 4-5. Vegetación en mosaico y su representación cartográfica. Ejemplo de pradera de grama salada (*Distichlis spicata*)..... 19

Figura 4-6. Ubicación de los transectos de flora en el área de estudio. 21

Figura 4-7. Distribución de los transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. 25

Figura 4-8. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor. 28

Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana. 28

Figura 4-10. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Peine..... 29

Figura 4-11. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática 36

Figura 4-12. Instrumentos de muestreo monitoreo biota acuática 41

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 44

Figura 5-2. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama. Campaña 2016. 45

Figura 5-3. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2016..... 46

Figura 5-4. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2016..... 47

Figura 5-5. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016 48

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 2016 51

Figura 5-7. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en la quebrada Camar. Campaña 2016 53

Figura 5-8. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campaña 2016. 54

Figura 5-9. Representación gráfica de la temperatura del agua registrada en cada sistema lagunar (abril 2016). 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 5-10. Representación gráfica del pH del agua registrado en cada sistema lagunar (abril de 2016). 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 5-11. Representación gráfica de la CE del agua (mS/cm), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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 5-12. Representación gráfica de la salinidad del agua (g/L), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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). 79

Figura 5-13. Representación gráfica de la concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en los sistemas lagunares (abril 2016). 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 5-14. Representación gráfica de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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 5-15. Representación gráfica de la CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos, registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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)..... 82

Figura 5-16. Representación gráfica de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas lagunares (abril 2016). 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)..... 83

Figura 5-17. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a (µg/L) del fitoplancton, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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 5-18. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a (µg/cm²) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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)..... 86

Figura 5-19. Riqueza y abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitoplancton registradas en los sistemas lagunares (abril de 2016)..... 89

Figura 5-20. 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)..... 90

Figura 5-21. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2016). 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”. 96

Figura 5-22. Representación gráfica de la abundancia de fitobentos, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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)..... 98

Figura 5-23. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de zooplancton registradas en los sistemas lacustres (abril de 2016)..... 99

Figura 5-24. Representación gráfica de la abundancia (ind/L) de zooplancton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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)..... 100

Figura 5-25. Abundancia relativa promedio (%) de los taxones de zoobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2016)..... 102

Figura 5-26. Representación gráfica de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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)..... 103

Figura 5-27. Cobertura promedio de plantas acuáticas en los sistemas lacustres (abril de 2016). 104

Figura 6-1. Precipitaciones acumuladas anuales en estación Camar (DGA)..... 105

Figura 6-2. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006-2016. 106

Figura 6-3. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 - 2016. 107

Figura 6-4. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos.... 108



Figura 6-5. Comportamiento histórico de la proporción de cada etapa fenológica de las formaciones vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Periodo 2006-2016. 109

Figura 6-6. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016. 111

Figura 6-7. Proporción (%) de cobertura de puntos de muestreo en zona de conexión. Campañas 2006 a 2016. 112

Figura 6-8. Proporción (%) de vitalidad de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2016. 118

Figura 6-9. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2016. 119

Figura 6-10. Comparación del pH actual con el obtenido en años anteriores. 127

Figura 6-11. Comparación de la conductividad eléctrica actual con la obtenida en años anteriores. 129

Figura 6-12. Abundancia de flamencos en Laguna Puilar. 157

Figura 6-13. Abundancia de flamencos en Laguna Chaxa. 158

Figura 6-14. Abundancia de flamencos en Laguna Barros Negros. 159

Figura 6-15. Abundancia de flamencos en Canal Burro Muerto. 160

Figura 6-16. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Soncor. 161

Figura 6-17. Abundancia de flamencos en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana. 165

Figura 6-18. Abundancia de flamencos en Laguna Salada. 169

Figura 6-19. Abundancia de flamencos en Laguna Saladita. 170

Figura 6-20. Abundancia de flamencos en Laguna Interna. 171

Figura 6-21. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Peine. 172

Figura 6-22. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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). 182

Figura 6-23. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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). 183

Figura 6-24. Evolución temporal de la temperatura en el Sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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). 185

Figura 6-25. Evolución temporal de la temperatura en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 6-26. Evolución temporal del pH en el Sistema Puilar, entre los años 2006 y 2016. 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). 188

Figura 6-27. Evolución temporal del pH en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-28. Evolución temporal del pH en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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). 191

Figura 6-29. Evolución temporal del pH en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2016. 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 6-30. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 6-31. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-32. Evolución temporal de la CE del agua en el Sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2016. 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 6-33. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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). 199

Figura 6-34. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Puilar, entre los años 2006 y 2016. 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 6-35. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-36. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2016. 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). 205

Figura 6-37. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2016. 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 6-38. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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). 208

Figura 6-39. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-40. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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). 211

Figura 6-41. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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). 212



Figura 6-42. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2016. 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). 214

Figura 6-43. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2016. 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 6-44. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2016. 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). 216

Figura 6-45. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016. 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). 217

Figura 6-46. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Puilar, entre los años 2009 y 2016. 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). 219

Figura 6-47. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2016. 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 6-48. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2009 y 2016. 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). 221

Figura 6-49. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016. 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). 222

Figura 6-50. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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). 224

Figura 6-51. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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). 225

Figura 6-52. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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). 227

Figura 6-53. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 6-54. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a bentónica registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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)..... 230

Figura 6-55. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-56. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 6-57. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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)..... 234

Figura 6-58. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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)..... 237

Figura 6-59. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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)..... 240

Figura 6-60. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 6-61. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 6-62. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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)..... 249

Figura 6-63. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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)..... 252

Figura 6-64. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 6-65. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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

Figura 6-66. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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). 260

Figura 6-67. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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). 262

Figura 6-68. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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)..... 265

Figura 6-69. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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). 267

Figura 6-70. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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). 270

Figura 6-71. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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). 272

Figura 6-72. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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)..... 275

Figura 6-73. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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). 277

Figura 6-74. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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). 279

Figura 6-75. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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).
..... 281

Figura 6-76. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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).
..... 282

Figura 6-77. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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).
..... 283

Anexos

Anexo I - Cartografía 2016

Anexo II - Base de datos vegetacional Borde Este 2016

Anexo III - Base de datos vegetacional Zona de conexión vegetación-acuífero 2016

Anexo IV - Base de datos florística 2016

Anexo V - Base de datos monitoreo *Prosopis flexuosa* 2016

Anexo VI - Registro Fotográfico *Prosopis flexuosa* 2016

Anexo VII - Permiso Sectorial de Captura de Animales de Especies Protegidas de Fauna Silvestre

Anexo VIII- Fotografías de fauna silvestre 2016

Anexo IX - Estadísticas variables físico-químicas 2016

Anexo X – Estadísticas variables bióticas 2016

Anexo XI – Certificación de Laboratorios de análisis 2016

Anexo XII - Bibliografía 2016

Anexo XIII – Responsables y participantes Seguimiento Ambiental – Campaña enero - abril 2016

1. RESUMEN

El presente informe expone los resultados de la campaña N° 10 de monitoreo de los componentes Vegetación, Flora, 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 los Resueltos N° 9 y 11 de la Resolución N° 056/2008.

El Plan de Seguimiento Ambiental tiene por objetivo dar cuenta del estado ambiental de las componentes Vegetación, Flora, Fauna y Biota Acuática, 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 y Flora

1.1.1 Vegetación borde este

El monitoreo de la vitalidad de la vegetación de Borde Este indicó que los distintos tipos vegetacionales monitoreados presentaron una vitalidad mayoritariamente normal (con el 73,7% del total de puntos de muestreos) y débil (17,2% del total). Al comparar este parámetro con los resultados de años anteriores se observa un aumento en los puntos de monitoreo con vitalidad normal y una disminución de puntos de monitoreo con vitalidad débil.

La evaluación del follaje verde realizada en abril del 2016, mostró 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 2015 muestran una disminución en la proporción de plantas con follaje verde de entre 5-25% y un aumento en la proporción de plantas con follaje verde entre 25-50%.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la fenología del Borde Este muestra que la mayor parte de las unidades muestreadas se encontraron en la fase final de crecimiento vegetativo combinado con la presencia de fructificación (56,6% del total).

Los resultados obtenidos en 2016 indican que la superficie total cubierta con vegetación sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama, alcanza 14.118 ha. Del total de esta superficie, la formación vegetacional con mayor representación corresponde al Matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.865 ha, equivalente al 55,7% 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 2.364 ha, equivalente al 16,7% del total. En cuanto a los registros históricos, la superficie se asemeja al máximo histórico correspondiente al año 2015 (14.121 ha). Se observa, además, que cada superficie asociada a cada tipo de vegetación se encuentra dentro de los rangos históricos observados.

1.1.2 Vegetación zona de conexión con acuífero

Los puntos de muestreo ubicados en la zona de conexión vegetación-acuífero indican que la cobertura vegetacional se concentra principalmente entre un 10 y 50% de recubrimiento tanto para el mes de abril como durante enero. Los resultados muestran que, en enero, la vegetación presenta mayoritariamente una cobertura que va de 25-50% (52,6% con 10 de los 19 puntos de monitoreo), luego una cobertura entre 10-25% de cobertura (26,3% del total de puntos de monitoreo), posteriormente una cobertura entre 50-75% (15,8% del total con 3 de los 19 puntos de monitoreo). y además se registró un punto de monitoreo con cobertura entre 75-100%. Las mediciones realizadas en abril indican que se mantiene la proporción de puntos de monitoreo donde la vegetación tiene una cobertura de 10-25% y que aumentan las observaciones de cobertura de 25-50%, lo que se refleja una disminución en registros de cobertura de 50-75% y de 75-100%. Sin embargo, esto no se replica en todos los años y, en general, no pareciera existir una tendencia clara si la cobertura aumenta o disminuye respecto al mes de enero. La especie más representativa de esta formación arbustiva es Brea (*Tessaria absinthioides*), acompañada frecuentemente por la especie herbácea Grama salada (*Distichlis spicata*) y, ocasionalmente, por arbustos de Cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*)

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 normal. En cuanto al estado fenológico de la vegetación, para el mes de enero, la mayoría de los puntos de muestreo presentaron crecimiento vegetativo combinado con floración y fructificación (94,7%). Mientras que para el mes de abril se identificaron en estado fenológico correspondiente a crecimiento vegetativo combinado con fructificación (94,7%). Estas tres variables se mantienen estables en relación con los otros años, registrando valores dentro del registro histórico de monitoreo.

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 57,7% de los ejemplares monitoreados se presentaron de muy débil a vigoroso y el porcentaje restante se observó seco sin evidencia aparente de follaje verde ni estructuras reproductivas. Las mediciones realizadas en 2016 muestran que los ejemplares en la categoría de vitalidad considerada normal disminuyeron de 22 a 15 individuos, en tanto que el número de ejemplares con vitalidad débil aumentó en un ejemplar, pasando de 16 a 17 individuos.

El número de ejemplares sin follaje verde monitoreados el 2016 aumentó con respecto a la campaña anterior, pasando de 28 a 30 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 11 a 8 individuos. Situación similar se observa en las categorías de 50-75 % y 25-50%, donde el número de individuos pasó de 13 a 10 ejemplares y de 11 a 7 ejemplares, respectivamente. Por otra parte, en las categorías restantes hubo un aumento en el número de los individuos, así la categoría de 5 a 25 % de copa verde pasó de 7 a 10 ejemplares en la presente campaña y la categoría menor a 5% de copa verde se incrementó de 1 a 6 individuos.

El análisis sobre las precipitaciones muestra que durante el período estival del año 2016 no se registraron precipitaciones de gran magnitud, lo que implica un bajo aporte hídrico pluvial a los ejemplares, lo que podría haber incidido en su vitalidad y copa verde, en contraste con el período 2011-2013 en donde se registraron años de altas precipitaciones y en donde se observa una leve mejora en la vitalidad.

1.1.4 Flora

La riqueza florística identificada durante las prospecciones de terreno en el Borde Este del Salar de Atacama, realizadas entre 2006 a 2016 se han mostrado muy estables, con un registro total de 34 especies vasculares dentro de toda el área.

En los transectos realizados, en general, la riqueza de especies es baja, variando entre 2 y 10 especies. Las especies más frecuentes son *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, presentes en todos los transectos.

La caracterización química del sustrato indica que el pH en los puntos de muestreo varió entre las categorías ligeramente alcalino a fuertemente alcalino, registrándose en el 60,0% de los puntos muestreados un sustrato moderadamente alcalino (45 puntos), en 18 puntos (24,0%) fuertemente alcalino y en 12 puntos (16,0%) ligeramente alcalino.

En cuanto a la salinidad, los resultados indican que la flora del Borde Este del Salar de Atacama se desarrolla en un sustrato fuertemente salino, donde 56 puntos (74,6%) se aprecian con salinidades superiores a 6,7 dS/m. Estos valores son muy similares respecto de los años anteriores con leves variaciones puntuales que no permiten identificar un cambio en las características del suelo.

1.2 Fauna

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la décima campaña anual del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), cuyo objetivo es evaluar el comportamiento y dinámica de la fauna terrestre y avifauna acuática asociada al Borde Este del Salar de Atacama y Sistemas Lacustres (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), 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, contrastando con su valor máximo alcanzado en el año 2007, registrándose 43 especies, lo que da cuenta de la dinámica comunitaria existente en este tipo de ambiente.

Los resultados del PSA realizado durante el periodo 2016, muestran un leve aumento en la riqueza general del componente fauna (33 especies), en comparación con las 32 especies detectadas el año 2015. En relación a los distintos hábitats, el ambiente de Pajonal es el que presenta los mayores valores con 15 especies, seguido por el hábitat de Marginal de Salar y el de Rica rica – Pingo pingo, con once especies cada uno, y por último nueve especies en el ambiente Brea – Cachiyuyo.

En cuanto a las singularidades observadas, de las 33 especies detectadas durante el presente monitoreo, once se encuentran en alguna categoría de conservación, siendo tres de ellas endémicas de la Región de Antofagasta.

1.2.1 Reptiles

El análisis por clase taxonómica indica que para la clase Reptilia, las especies *L. puna* y *L. constanzae* presentaron un aumento en su abundancia promedio, mientras que *L. fabiani* presentó una marcada disminución respecto del año anterior, sin embargo, tal variación se encuentra dentro del rango histórico.

1.2.2 Aves

En cuanto a las aves, estas revelan un ligero aumento en su riqueza, detectándose 24 especies en comparación a las 23 detectadas el año 2015. Pese a que las aves terrestres han mostrado bajas abundancias a lo largo de las distintas campañas de monitoreo, destaca en la presente campaña el registro de dos especies no observadas anteriormente: *Cathartes aura* (jote cabeza colorada) y *Muscisaxicola cinerea* (dormilona cenicienta)

Por su parte, la avifauna acuática en los Sistemas Lacustres prospectados, al igual que en monitoreos anteriores, se encuentra dominada por las 3 especies de flamenco, observándose una disminución respecto al año anterior en dos de las tres especies presentes: *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) y *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno). Así mismo, se aprecia una baja en el número de pollos de estas especies en la presente temporada. Estas disminuciones, sin embargo, quedan dentro del rango histórico observado, y no se observa una tendencia a la disminución. Cabe mencionar que en la campaña actual se logró avistar a la especie *Podiceps occipitalis* (blanquillo), especie no registrada anteriormente.

1.2.3 Mamíferos

Finalmente, para mamíferos se encontraron seis especies, entre ellas tres micromamíferos (*Abrothrix andinus*, *Eligmodontia puerulus* y *Phyllotis xanthopygus*), un micromamífero fosorial (*Ctenomys fulvus*), registrado en los cinco sectores prospectados, y finalmente dos macromamíferos (*Pseudalopex culpaeus* y *Leopardus colocolo*). Adicionalmente, mediante evidencia indirecta (huellas y fecas), se constató la presencia del género *Pseudalopex* en todos los sectores visitados del área de estudio. 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, mientras que los otros tres micromamíferos se han registrado en más sectores en comparación con años previos.

1.3 Biota acuática

Se informa sobre los resultados de la décima campaña anual de monitoreo de componentes 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 2016.

1.3.1 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, Puilar, Aguas de Quelana y Peine.

En el monitoreo realizado, la temperatura registrada en el agua fluctuó entre 8,9 y 30,2 °C. Aunque ella es reportada como un dato puntual durante la campaña de terreno a cada lugar, podría indicar que los sistemas de Puilar y Peine son más fríos que los sistemas hidrológicos de Soncor y Aguas de Quelana.

El pH registrado fluctuó entre 6,21 y 8,34 presentando en su mayoría valores neutro-alcalinos, condición que es más notoria para el sistema hidrológico de Puilar.

La conductividad eléctrica (CE) y salinidad registradas en el agua de los sistemas hidrológicos fluctuaron entre 46,5 – 199,9 mS/cm y 27- 298 g/L, respectivamente. Por su parte, la CE del sedimento se encontró dentro del rango 78 – 199 mS/cm. De acuerdo a esto resultados pueden agruparse los sistemas en dos: sistemas Puilar – Peine y sistemas Soncor – Aguas de Quelana, denotándose en el primer grupo, especialmente Peine, una menor salinidad (y CE) de las aguas.

Finalmente, la concentración de OD, fluctuó entre 3,83 – 9,85 mg/L, apreciándose en todos los sistemas importantes oscilaciones.

1.3.2 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, Puilar, Aguas de Quelana y Peine.

En el monitoreo efectuado el año 2016, la clorofila – a planctónica se encontró dentro del rango 0 – 264 µg/L en las distintas estaciones de monitoreo y presentó una amplia dispersión en todos los sistemas, a excepción del sistema Puilar. En este último, todas las mediciones arrojaron una concentración igual a 0 mg/L.

La abundancia de fitoplancton osciló entre 0 y 3.500 cél/L en el conjunto de sistemas, con promedios dentro del rango 300 – 1.700 cél/L. Las taxa más abundantes en los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine fueron *Chlorella vulgaris*, *Stauroneis atacamae*, *Mastogloia smithii* y *Amphora carvajaliana*, respectivamente. Por su parte, la riqueza de especies para estos sistemas, en el mismo orden anterior, fue de 9, 9, 5 y 17 taxa.

La abundancia de fitobentos en las estaciones de muestreo se encontró dentro de un rango amplio (3.400 – 1.110.000 cél/mL). La riqueza taxonómica de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fue de 40, 60, 27 y 49 taxa, respectivamente. Las especies dominantes en estos mismos sistemas fueron *Craticula grunowii*, *Amphora carvajaliana*, *Craticula grunow* y *Amphora carvajaliana*, respectivamente.

La abundancia de zooplancton en las estaciones de muestreo se encontró dentro del rango 10 – 510 ind/L. Las riquezas taxonómicas de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron de 3, 2, 2 y 3 taxa, respectivamente, mientras que las especies dominantes en los sistemas en el mismo orden anterior fueron *Ostracoda sp.*, *Chironomidae sp.*, *Harpacticoidae sp.* y *Ostracoda sp.*

La abundancia de zoobentos se encontró dentro del rango 1.010 ind/m² – 77.010 ind/m² en las estaciones de muestreo y las medianas de los sistemas oscilaron entre 2.650 ind/m² y 19.950 ind/m². Las riquezas taxonómicas de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron de 4, 3, 3 y 4 taxones, respectivamente. Las especies dominantes en estos sistemas fueron *Physa sp.*, en los sistemas Puilar y Aguas de Quelana y *Harpacticoidae sp.*, en los sistemas Soncor y Peine. El índice de Shanon – Wiener por su parte, fluctuó entre 0,95 y 1,91.

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

1.3.3 Análisis histórico y conclusiones

Las mediciones realizadas el año 2016, en su mayoría, se encontraron dentro del rango histórico de los sistemas lacustres. Las excepciones para los parámetros bióticos corresponden a la abundancia de zooplancton y concentración de clorofila planctónica, que se encontraron sobre el rango histórico en algunos sistemas. Para los parámetros abióticos, la salinidad, la CE del agua y sedimentos en el sistema Aguas de Quelana se encontraron sobre lo registrado en el periodo anterior. Esto último se explica debido a que en la campaña realizada el año 2016 no fue posible monitorear estaciones que históricamente poseen bajos valores de CE, por lo que el promedio de la CE en este sistema aumenta.

Respecto a la evolución histórica, los parámetros abióticos en general no presentan tendencias. La excepción la constituye la concentración de OD, sin embargo, al ser una única medición puntual al año, y dada la variabilidad de este parámetro, no es posible indicar que lo observado corresponda a una tendencia real en la evolución de los sistemas.

En cuanto a los parámetros bióticos (fitoplancton, fitobentos, zooplancton, zoobentos y plantas acuáticas), los cuatro sistemas monitoreados presentaron las mismas tendencias. De esta manera, los cambios y tendencias observados responderían a factores globales. 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 significativamente el año 2015 y aumentaron nuevamente el año 2016. La abundancia de zooplancton, por su parte, tuvo una marcada tendencia al aumento durante todo el periodo 2009-2016. En contraste, la abundancia de zoobentos disminuyó en el periodo 2009-2013 y aumentó nuevamente el año 2014-2015.

Como conclusión general, se observa que la mayoría de los parámetros monitoreados el año 2016 se encuentran dentro del rango histórico y las excepciones son explicadas por razones operacionales o posibles fluctuaciones naturales.

2. INTRODUCCIÓN

El presente informe expone los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) de vegetación, flora, fauna y biota acuática en el sector de Borde Este del Salar de Atacama para el Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”. Dicho proyecto fue calificado favorable mediante Resolución Exenta N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente (en adelante RCA N° 226/2006).

El 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	10.3.2	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 pH Oxígeno disuelto Temperatura de sedimentos Conductividad de sedimentos	Anual	Universidad Católica del Norte
		Medio biótico	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



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
------------	----------------------	----------	------------	---------------------	---

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 el Resuelvo 1.3 de la RCA 226/2006 fue modificado por medio de la Resolución N° 056/2008.

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 2016.

Los equipos de trabajo que participaron en la elaboración del presente PSA se exponen en forma resumida 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 registros 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 y IX y X.



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, II Región de Antofagasta.

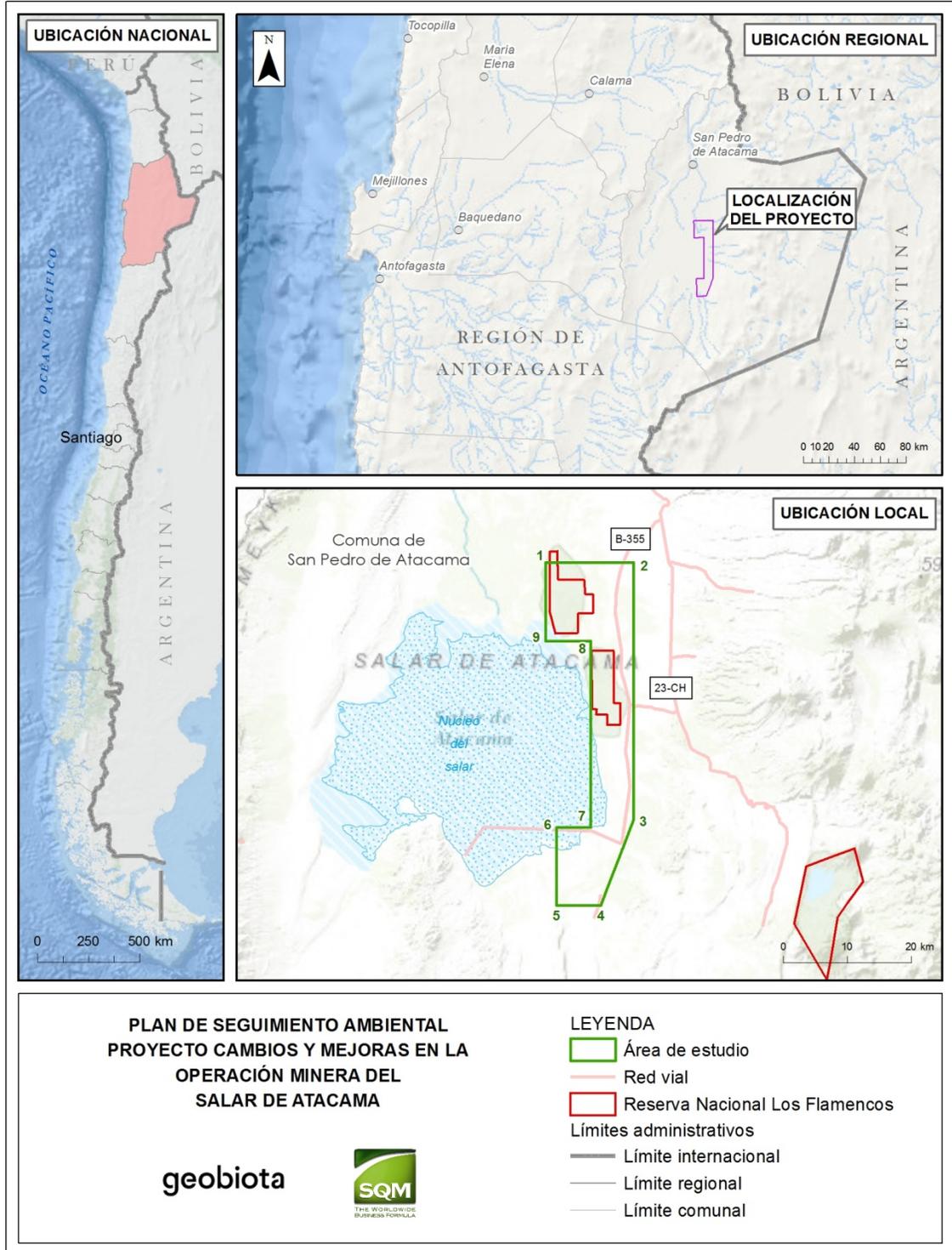
El sector está delimitado por los vértices que se muestran en la Tabla 4-1 y se representan espacialmente en la Figura 4-1.

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).

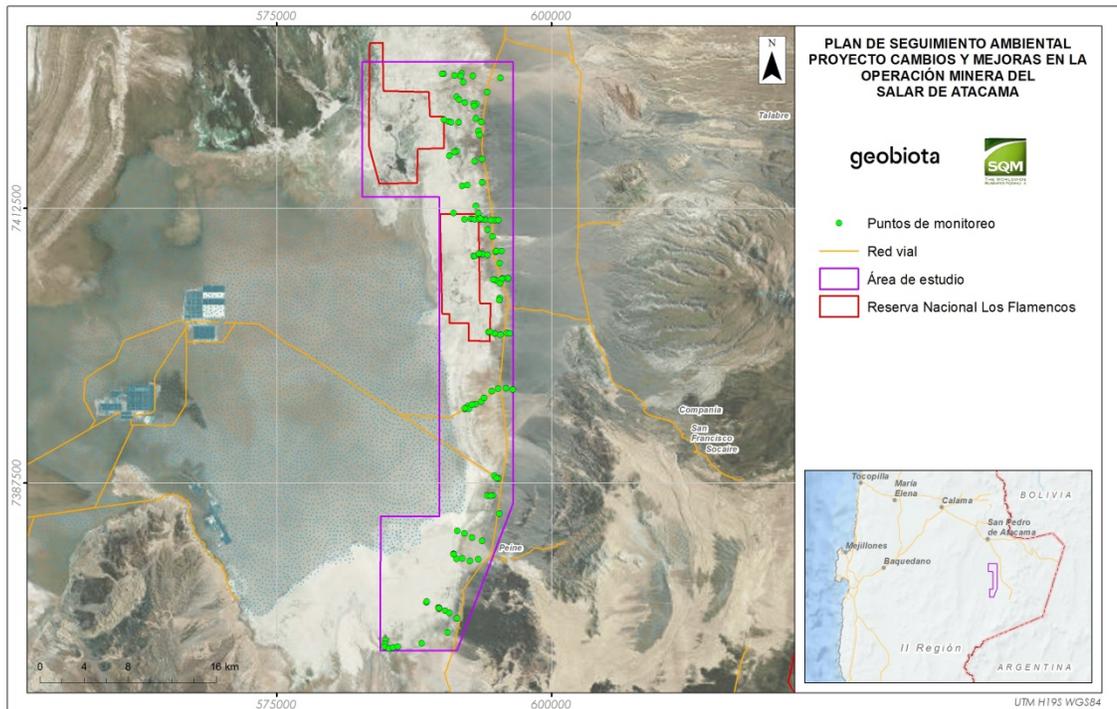
Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-01	590.161	7.424.778	N-34	595.130	7.396.082	N-67	590.570	7.373.893
N-02	591.798	7.424.803	N-35	595.838	7.396.132	V-01	590.057	7.424.786
N-03	595.369	7.424.392	N-36	596.454	7.396.030	V-05	592.823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

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-29	592.275	7.394.370	N-62	584.812	7.372.573	V-66	592.772	7.394.651
N-30	592.431	7.394.509	N-63	585.228	7.372.439	V-69	592.127	7.394.296
N-31	592.488	7.394.246	N-64	585.613	7.372.525	V-70	594.183	7.386.339
N-32	593.595	7.394.894	N-65	586.030	7.372.590	V-71	594.475	7.386.324
N-33	594.548	7.395.853	N-66	588.189	7.372.910	V-75	591.901	7.380.615

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-2. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en el borde este del Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 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.

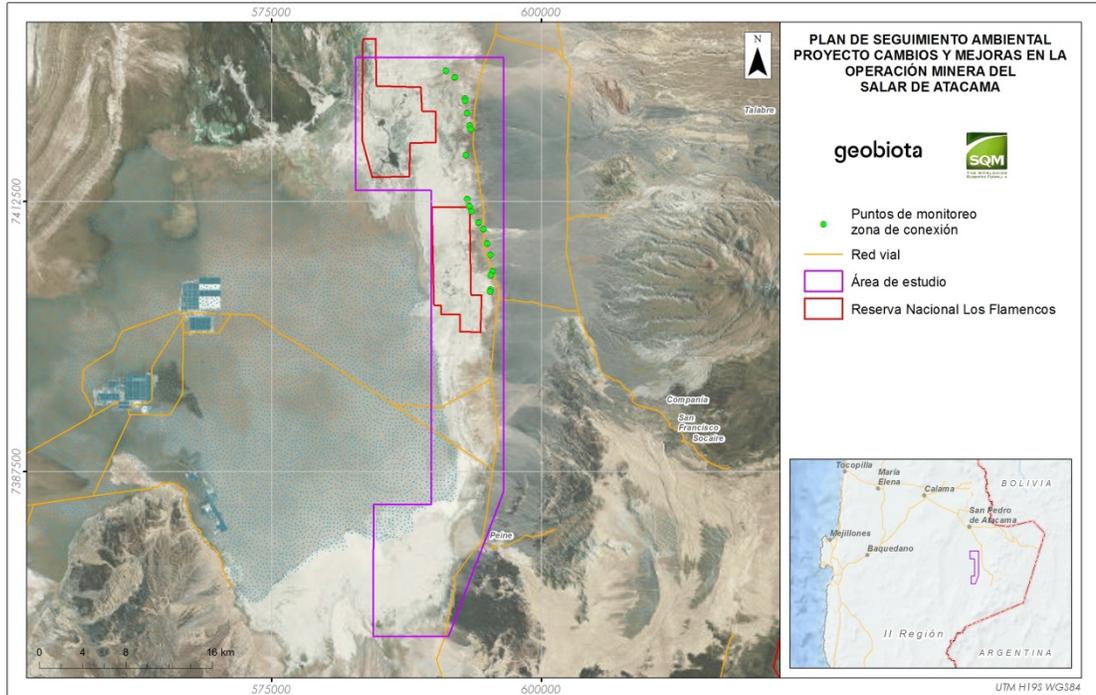


Tabla 4-3: Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, 19 S).

Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte
VA-01	591.179	7.424.641	VA-11	593.540	7.411.577
VA-02	591.956	7.423.997	VA-12	594.171	7.410.567
VA-03	592.911	7.422.070	VA-13	594.613	7.409.968
VA-04	592.942	7.421.834	VA-14	594.974	7.408.612
VA-05	593.100	7.420.694	VA-15	595.268	7.407.541
VA-06	593.347	7.419.542	VA-16	595.477	7.406.063
VA-07	593.455	7.419.201	VA-17	595.328	7.405.678
VA-08	592.981	7.416.814	VA-18	595.259	7.404.365
VA-09	593.098	7.412.731	VA-19	595.253	7.404.179
VA-10	593.316	7.412.085	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3. 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

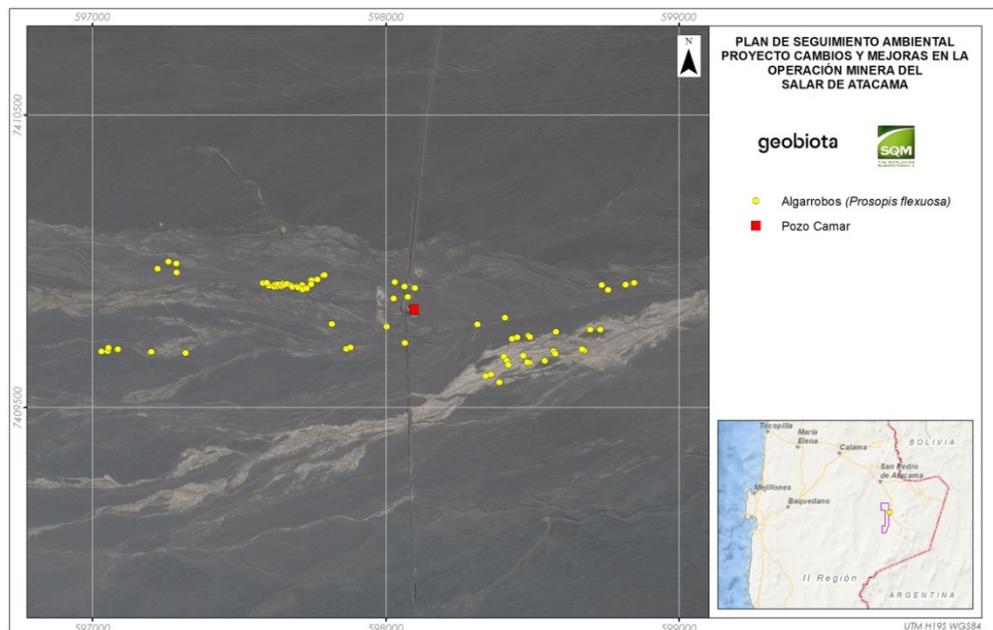


Tabla 4-4: Ubicación de los individuos de *P. flexuosa* monitoreados (Datum WGS84 19S).

Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-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 a 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.

4.2.3.1.1 Prospección vegetacional de terreno

El monitoreo de la cobertura en las formaciones vegetales del área de estudio se realiza aplicando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT). Este corresponde a un método cartográfico que permite caracterizar la vegetación presente en un área determinada, estimando el estado actual de la formación vegetal, especies dominantes y grado de artificialización.

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 debil	Presenta escaso follaje verde, sin producción de frutos. Se observa signos de ataque de patógenos.
2	Débil	Aún 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 a 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).

4.2.3.1.2 *Imagen satelital*

La imagen satelital utilizada fue captada por el sensor Geoeye-1 en el mes de abril de 2016, 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 multispectral 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 radiametricamente 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.

4.2.3.1.3 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 a las especies dominantes y grados de cobertura que ellos poseen.

4.2.3.1.4 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.

4.2.3.1.5 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 impresos, cámaras fotográficas y GPS marca Garmin modelo MAP62.

Respecto a la imagen satelital utilizada para el monitoreo de vegetación, la fecha de captura corresponde al 14 de abril de 2016.

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 26 y 28 de enero de 2016 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 12 y el 22 de abril de 2016.

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, 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.

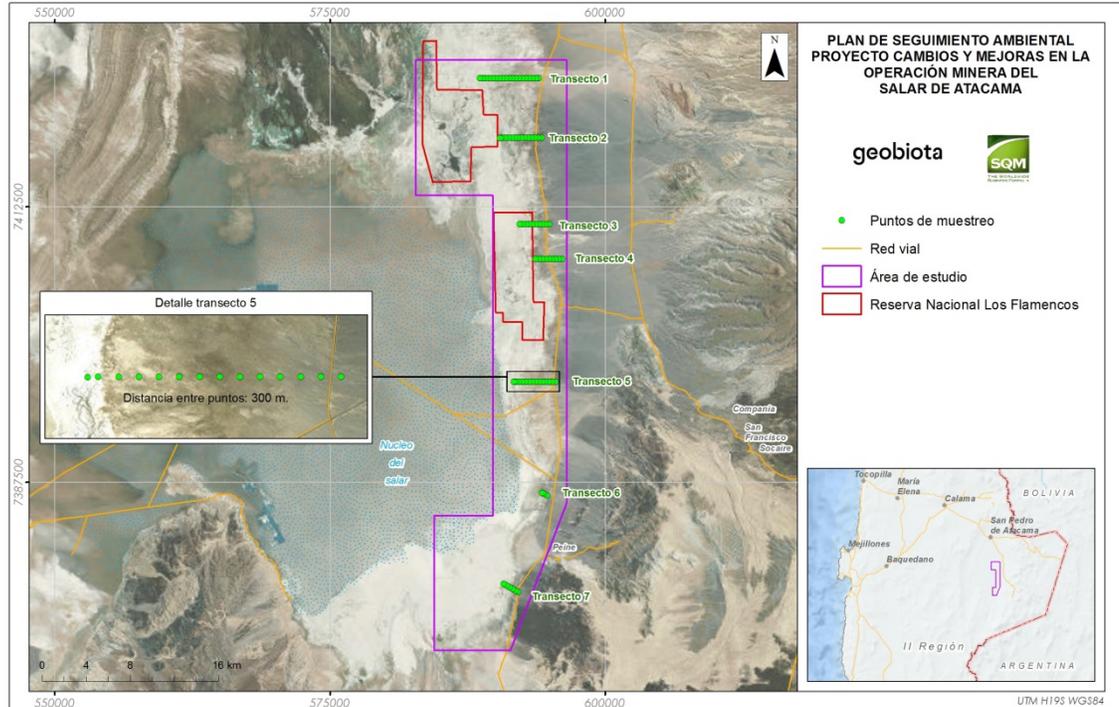
Tabla 4-8: Ubicación de los puntos de monitoreo de flora (Datum WGS84 19S).

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. 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 parcelas de 25 m², determinando un total de 375 parcelas. Las parcelas se encuentran separadas entre sí por una distancia de 10 m, y dispuestas en forma de "X". La disposición de 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 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. En laboratorio se realizan los análisis de conductividad eléctrica en suspensión acuosa a una proporción 1:2,5 y pH con solución de KCl. El tamaño de cada muestra es de 500 g aproximadamente.

4.3.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información se utilizaron formularios impresos, cámaras fotográficas y 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 14 y el 20 de abril de 2016.

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 hábitat para fauna, los que se distribuyen espacialmente de acuerdo al gradiente de humedad y salinidad existente, determinando el desarrollo de las diferentes formaciones vegetaciones del Borde Este.

La ubicación de los transectos de monitoreo para la fauna terrestre, los que comprenden a reptiles, aves terrestres y mamíferos, fueron definidos 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 hábitat 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 en el sector de Aguas de Quelana, el transecto definido para el hábitat de Rica rica – Pingo pingo (Transecto N°9), fue desplazado al mismo sitio donde se realizan las capturas de micromamíferos mediante trampas Sherman, a partir de la campaña realizada el año 2015. 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.

Dado que el movimiento del transecto se desarrolla en el mismo hábitat y dentro del mismo sector geográfico, no existe impedimento para hacer un seguimiento histórico de las especies registradas.

Tabla 4-9. Ubicación de puntos de muestreo para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM		Fin Coordenada UTM	
			Norte	Este	Norte	Este
Vega de Carvajal	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	1	7.419.114	594.403	7.419.402	594.289
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	2	7.417.442	593.604	7.417.142	593.604
	Hábitat de Pajonal	3	7.417.741	591.552	7.417.441	591.552
	Hábitat marginal de salar	4	7.417.761	590.390	7.417.461	590.390
Cruce Camar	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	5	7.411.582	594.795	7.411.282	594.795
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	6	7.411.444	593.336	7.411.144	593.336
	Hábitat de Pajonal	7	7.411.838	592.801	7.411.538	592.801
	Hábitat marginal de salar	8	7.411.612	592.572	7.411.312	592.572
Aguas de Quelana	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	9	7.403.289*	596.243*	7.403.014*	596.370*
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	10	7.403.528	595.236	7.403.228	595.236
	Hábitat de Pajonal	11	7.403.523	594.436	7.403.223	594.436
	Hábitat marginal de salar	12	7.403.528	593.865	7.403.228	593.865
Cruce SQM	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	13	7.396.234	595.743	7.396.390	596.059
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	14	7.395.270	593.999	7.394.970	593.999
	Hábitat de Pajonal	15	7.394.176	592.019	7.393.876	592.019
	Hábitat marginal de salar	16	7.394.039	591.566	7.393.739	591.566
Laguna Interna	Hábitat de salar	17	7.383.148	586.152	7.383.264	585.962

*: 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 los transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.

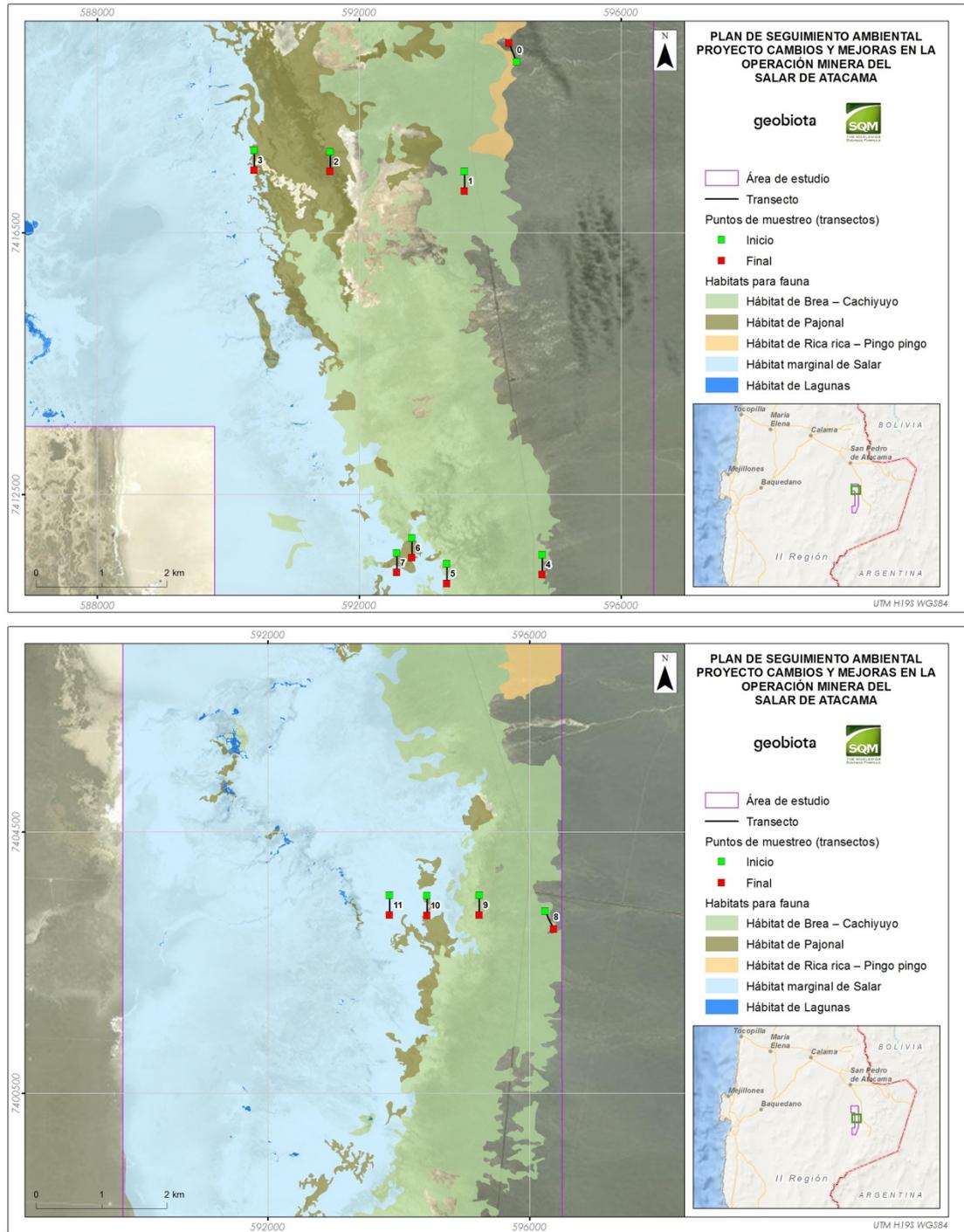
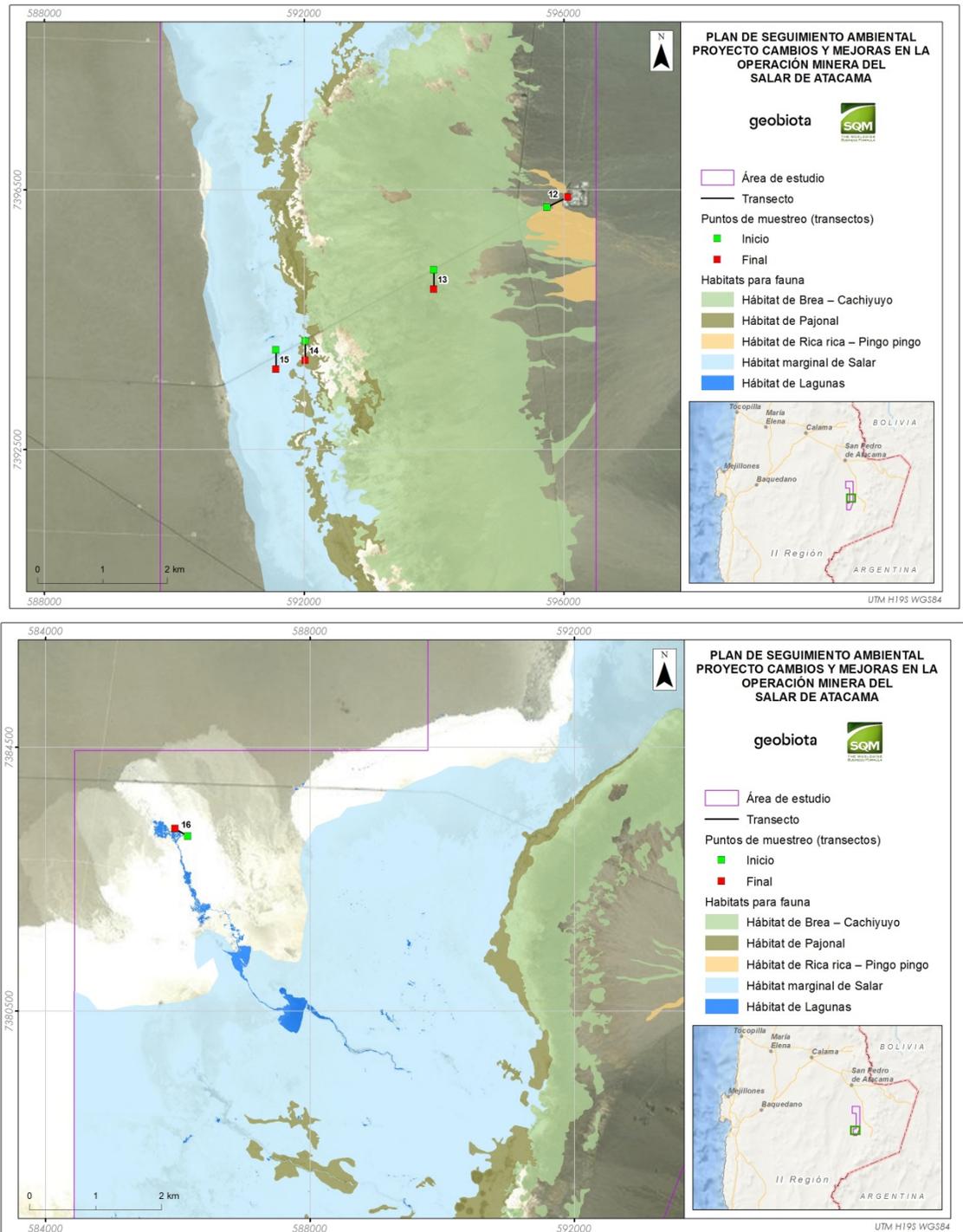


Figura 4-7. Distribución de los transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia



4.4.1.2 Monitoreo de aves acuáticas

El censo de aves acuáticas asociado a los sistemas lacustres Soncor, Peine y Aguas de Quelana, 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).

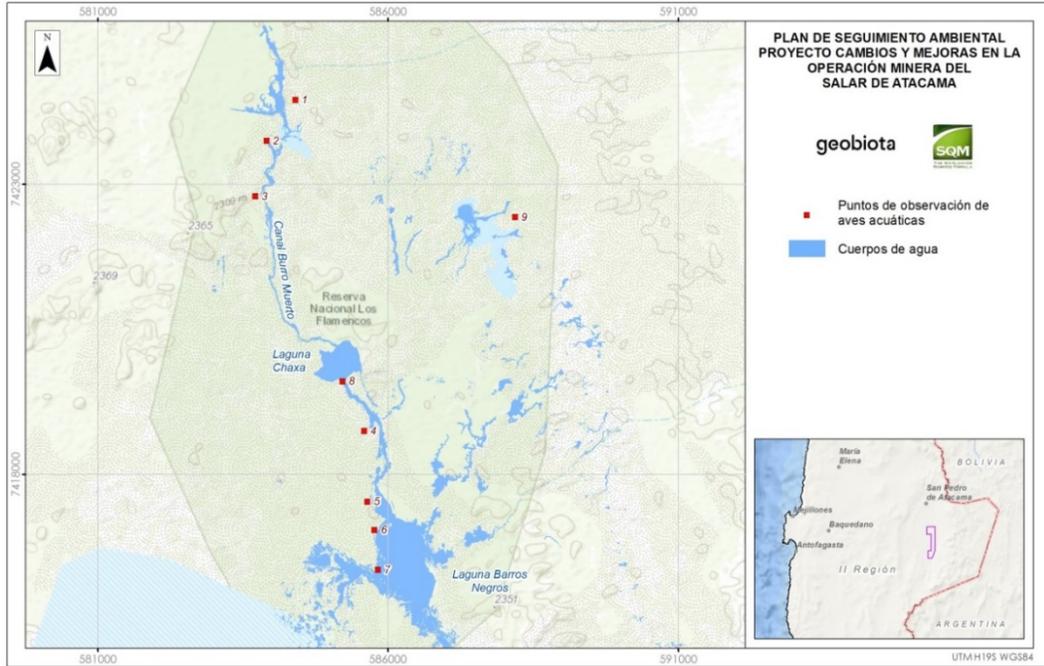
Tabla 4-10: Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S).

Sistema	Sector	Punto N°	Coordenadas UTM	
			Norte	Este
Soncor	Canal Burro Muerto	1	7.424.456	584.405
		2	7.423.749	583.914
		3	7.422.793	583.717
	Canal Chaxa – Barros Negros	4	7.418.750	585.593
		Laguna Barros Negros	5	7.417.536
	6		7.417.048	585.771
	7		7.416.359	585.828
	Laguna Chaxa	8	7.419.607	585.220
	Laguna Puilar	9	7.422.435	588.193
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	10	7.408.202	593.032
		11	7.407.472	592.994
		12	7.406.950	593.389
		13	7.406.680	592.665
		14	7.405.651	591.360
		15	7.405.479	591.361
		16	7.404.770	591.924
		17	7.404.358	592.395
		18	7.403.591	593.496
Peine	Laguna Salada	19	7.380.813	587.562
		20	7.380.721	587.592
		21	7.380.535	587.581
	Laguna Saladita	22	7.381.486	587.101
		23	7.381.285	587.094
	Laguna Interna	24	7.382.395	586.196
	25	7.382.105	586.614	

Fuente: Elaboración propia

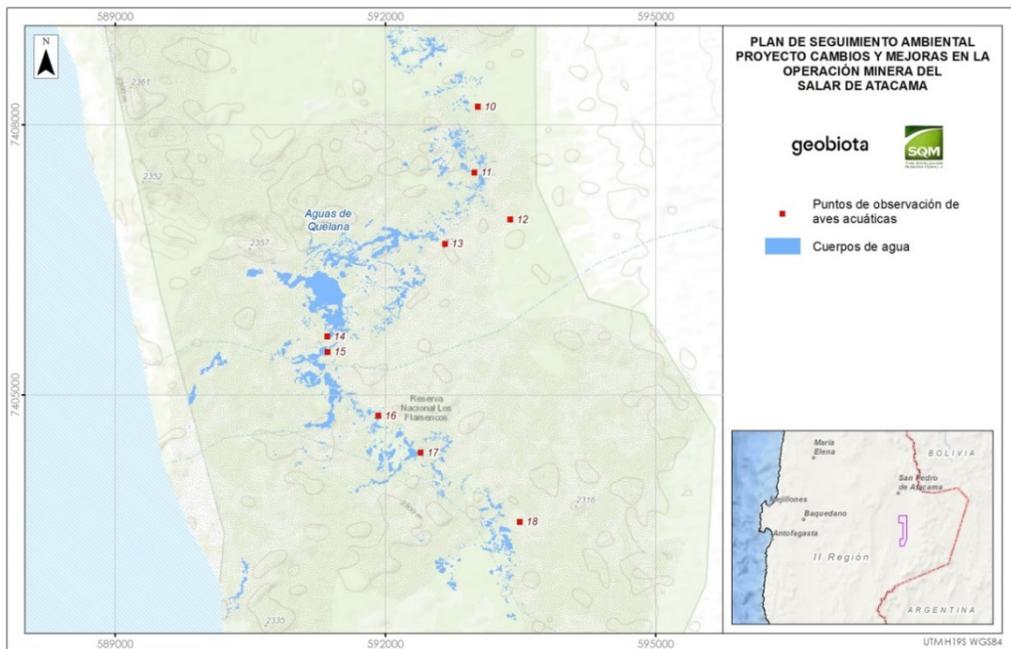


Figura 4-8. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor.



Fuente: Elaboración propia

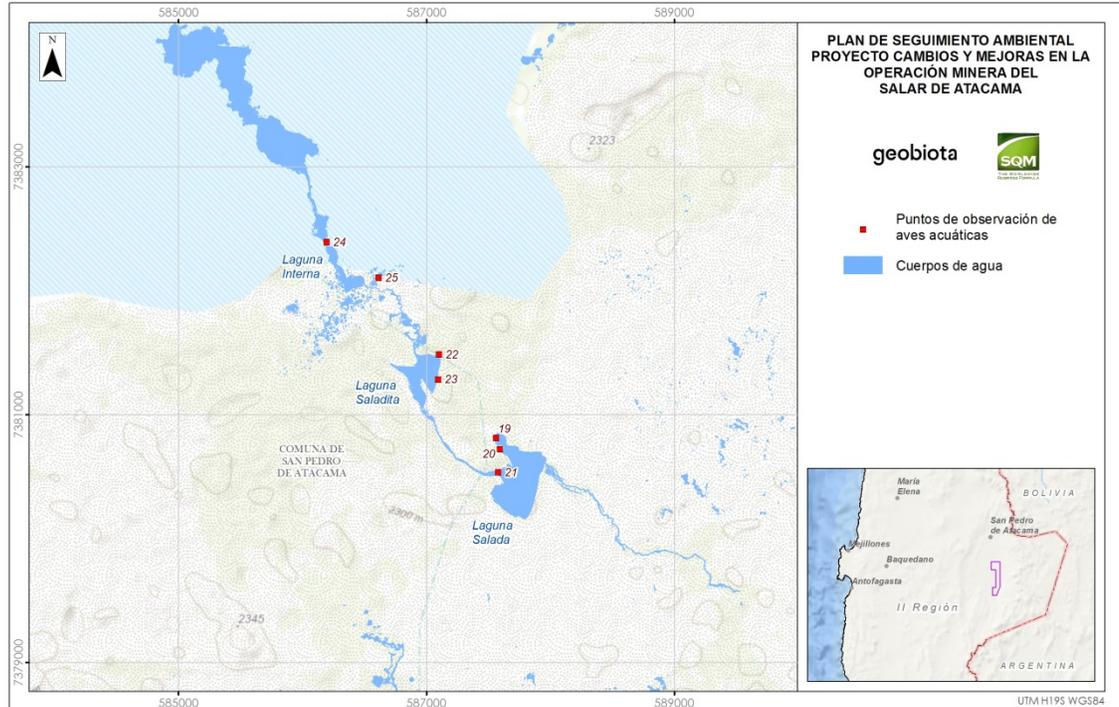
Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana.



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 terrestres y mamíferos considera el registro del número de especies presentes en cada hábitat registradas en los transectos, permitiendo identificar la evolución de la variable a partir de la abundancia promedio.

El monitoreo de aves acuáticas considera el registro del número de especies presentes los sistemas lacustres a partir de 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 Res. Ex. N° 181/2015 y 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.

4.4.3.2.1 *Reptiles*

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

Los ejemplares, evidencia indirecta y ambientes fueron registrados fotográficamente, cuando las condiciones lo permitieron.

4.4.3.2.2 *Aves terrestres*

La abundancia fue evaluada en los 17 transectos lineales de 300 m antes descritos. En cada transecto se realizó recorrido a pie una vez por día, durante tres días, y se estandarizó el tiempo de muestreo a 20 minutos para todos los transectos.

La presencia de aves 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 (observaciones circunstanciales, realizadas anterior o posteriormente al tiempo de recorrido de cada transecto), con lo que se busca completar el catálogo de avifauna terrestre.

Los ejemplares, evidencia indirecta y ambientes fueron registrados fotográficamente, cuando las condiciones lo permitieron, y se establecieron sus coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19).

4.4.3.2.3 *Aves acuáticas*

Para las aves acuáticas 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 muestra 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. 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).

4.4.3.2.4 Micromamíferos

El muestreo de micromamíferos se realiza en los transectos 1, 2, 3, 9, 10 y 11.

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 (Estaciones de muestreo), a saber: Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal. Al considerar los sectores definidos previamente para el estudio de mamíferos: Vega de Carvajal y Aguas de Quelana (Figura 4-7), se obtiene un total de seis estaciones de muestreo.

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

Los ejemplares, evidencia indirecta y ambientes para micromamíferos fueron registrados fotográficamente, estableciendo las coordenadas geográficas UTM (Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84, Huso 19) para cada trampa Sherman.

4.4.3.2.5 Macromamíferos

El muestreo de micromamíferos 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 en total de cuatro estaciones olfativas, una por cada hábitat (Rica rica - Pingo pingo y Brea - Cachiyuyo) presente en cada uno de los sectores (Aguas de Quelana y Vegas de Carvajal). El muestreo no se ejecutó en el hábitat de pajonal, debido a las dificultades del hábitat, tales como alta densidad y altura de la vegetación, lo cual causa 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.

4.4.3.3 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 Yañez (2000) y Iriarte (2008)

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

4.4.3.3.2 *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 de la campaña de monitoreo, se habían finalizado 11 procesos de clasificación, publicados en el Diario Oficial, contándose además con 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 conforme al 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 este 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, binoculares Nikon de 10x50, un GPS cartográfico marca Trimble modelo Nomad, y dos 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), y para implementación de estaciones de atracción olfativa para macromamíferos (i.e. trampas huella), se usaron materiales como harnero, pala y brochas.

4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Para la componente fauna, los trabajos de prospección fueron realizados entre el 12 y el 22 de abril de 2016.

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).

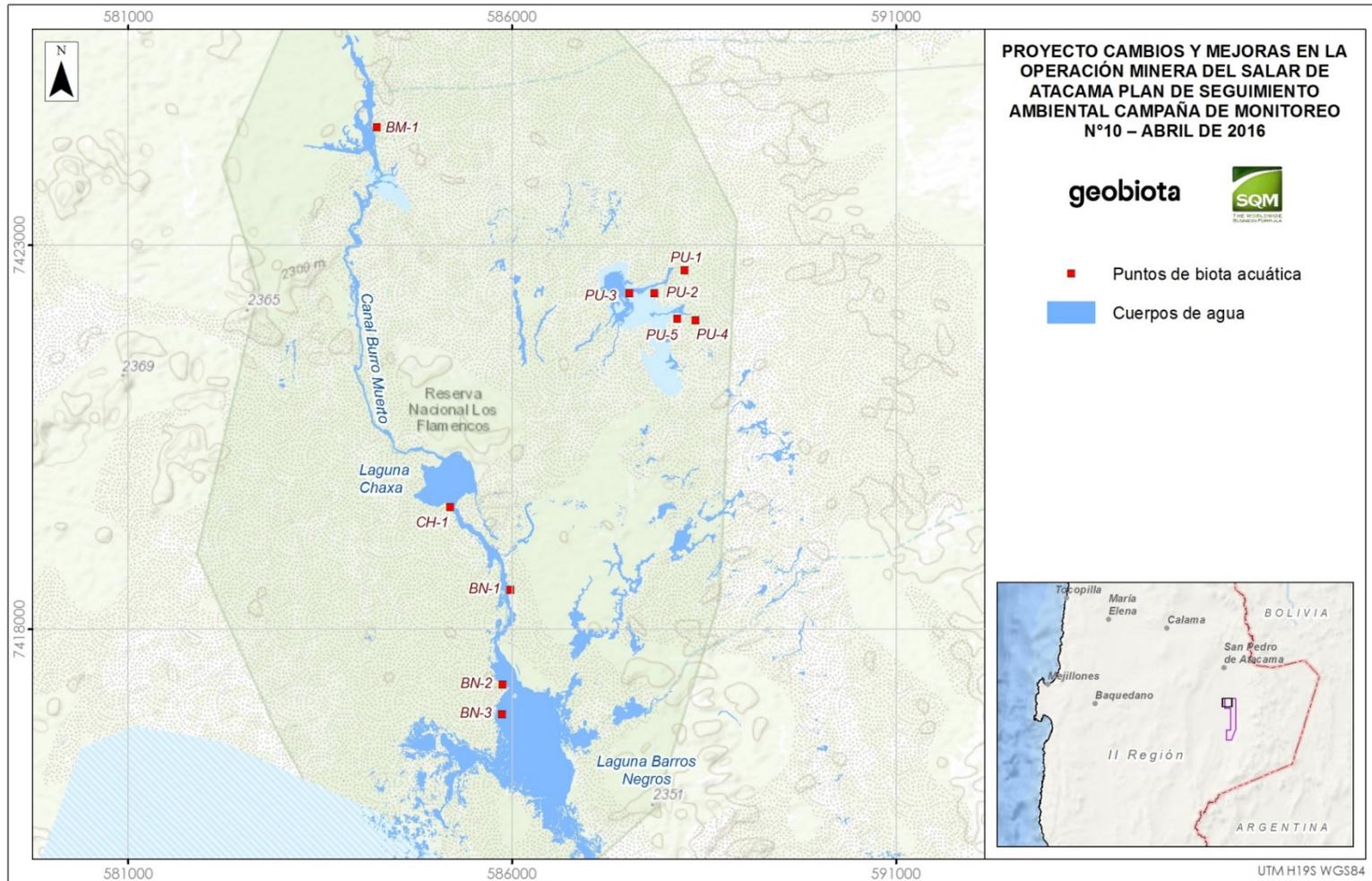
Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
Aguas de Quelana	Q-0	Quelana 0	593.163	7403828
	Q-1	Quelana 1	592.250	7406112
	Q-2	Quelana 2	592.211	7406762
	Q-3	Quelana 3	593.153	7.407.551
	Q-4	Quelana 4	592.470	7.406.755
	Q-5	Quelana 5	592.826	7.408.168
	Q-6	Quelana 6	592.826	7.408.208
	Q-7	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
Peine	PE-1	Interna	586.546	7.382.028
	PE-2		586.346	7.382.133
	PE-3		585.883	7.381.847

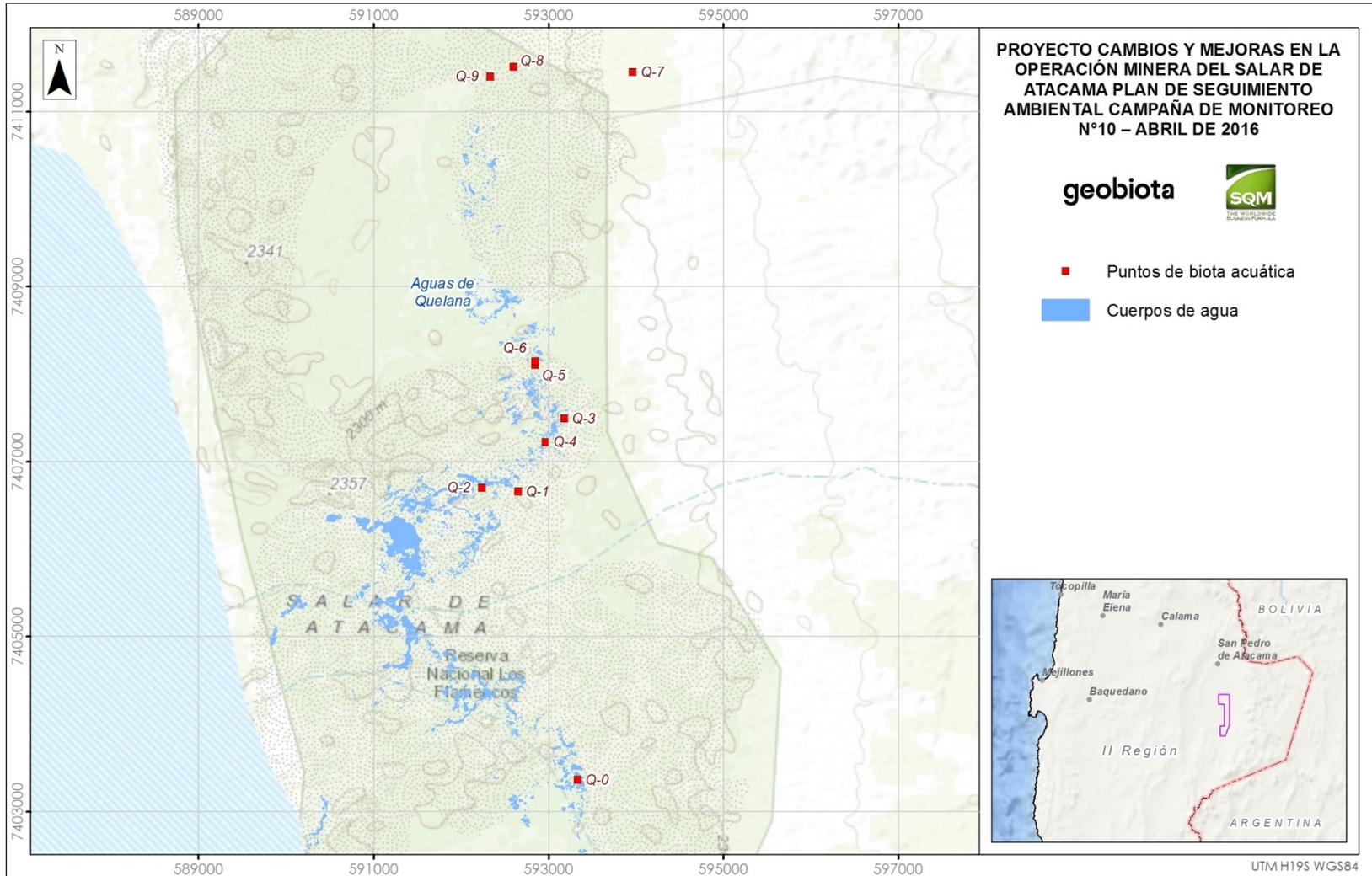
Tabla 4-11: Sectores evaluados en el monitoreo de biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama – Campaña abril 2016 (Datum WGS84 19S).

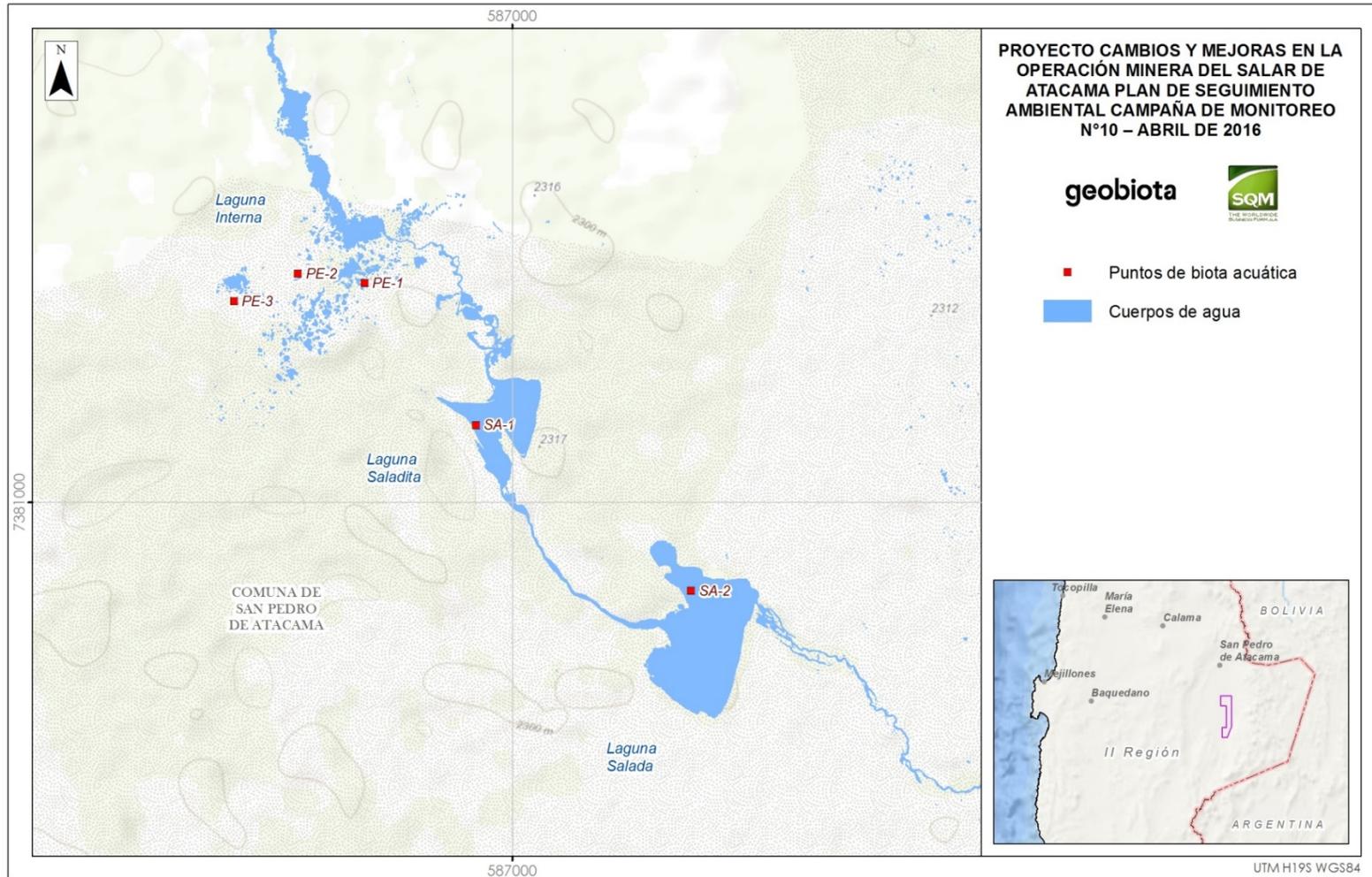
Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
	SA-1	Saladita	587.033	7.381.482
	SA-2	Salada	587.597	7.380.706

Fuente: UCN

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







Fuente: Elaboración propia



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 zooplacton (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 Conductivímetro: 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 físico-químicos 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.0730/016 en Anexo IX.

4.5.3.2 Medio biótico

4.5.3.2.1 Fitobentos

La estimación de la composición y abundancia de la flora fitobentónica (epipítica 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).

4.5.3.2.2 *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).

4.5.3.2.3 *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.

4.5.3.2.4 *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.

4.5.3.2.5 *Clorofila-a en Fracción Plactónica 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 mg/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 mg/L de Clorofila-a total.

4.5.3.2.6 *Plantas acuáticas*

Este componente biológico fue encontrado exclusivamente en el Sistema Aguas de Quelana. En este sector se tomaron muestras de las plantas acuáticas presentes (Figura 4-12). La cobertura de las distintas especies se estimó visualmente de acuerdo a una modificación del protocolo de Braun-Blanquet. Para lo anterior, se establecieron cuatro rangos de valores, los cuales representan la productividad local de cada especie:

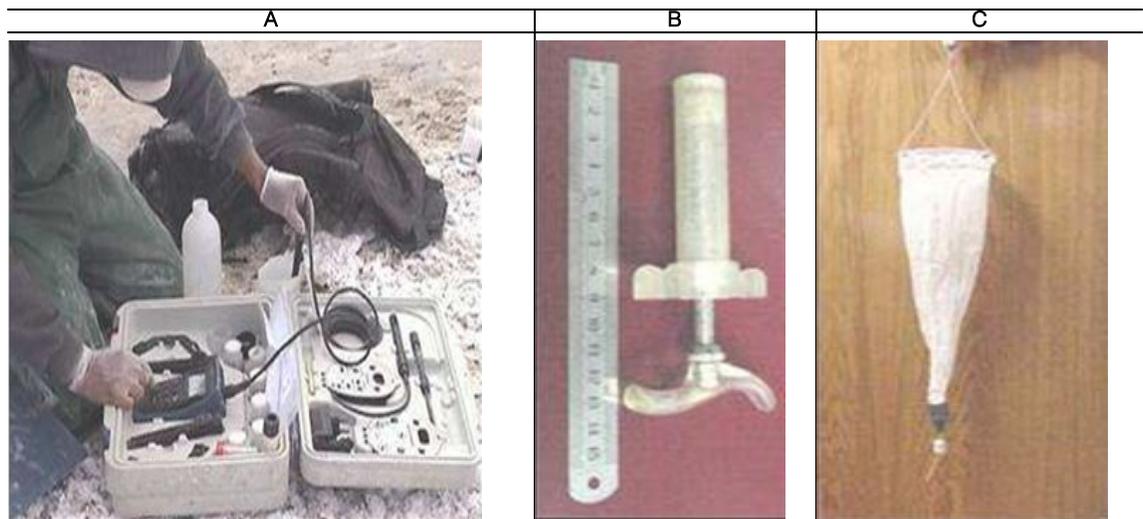
- 0-25 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas
- 25-50 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas
- 50-75 % de cobertura absoluta en el sector en el cual crecen macrófitas e hidrófilas
- 75-100 % de cobertura absoluta en el sector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

4.5.4 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
- Conductivímetro: WTW Konduktometer 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 entre del 13 al 15 de abril de 2016.

5. RESULTADOS

De acuerdo a lo programado, la medición de las distintas coberturas se realizó exitosamente durante el mes de abril del año 2016. Los resultados asociados a las distintas componentes se presentan a continuación.

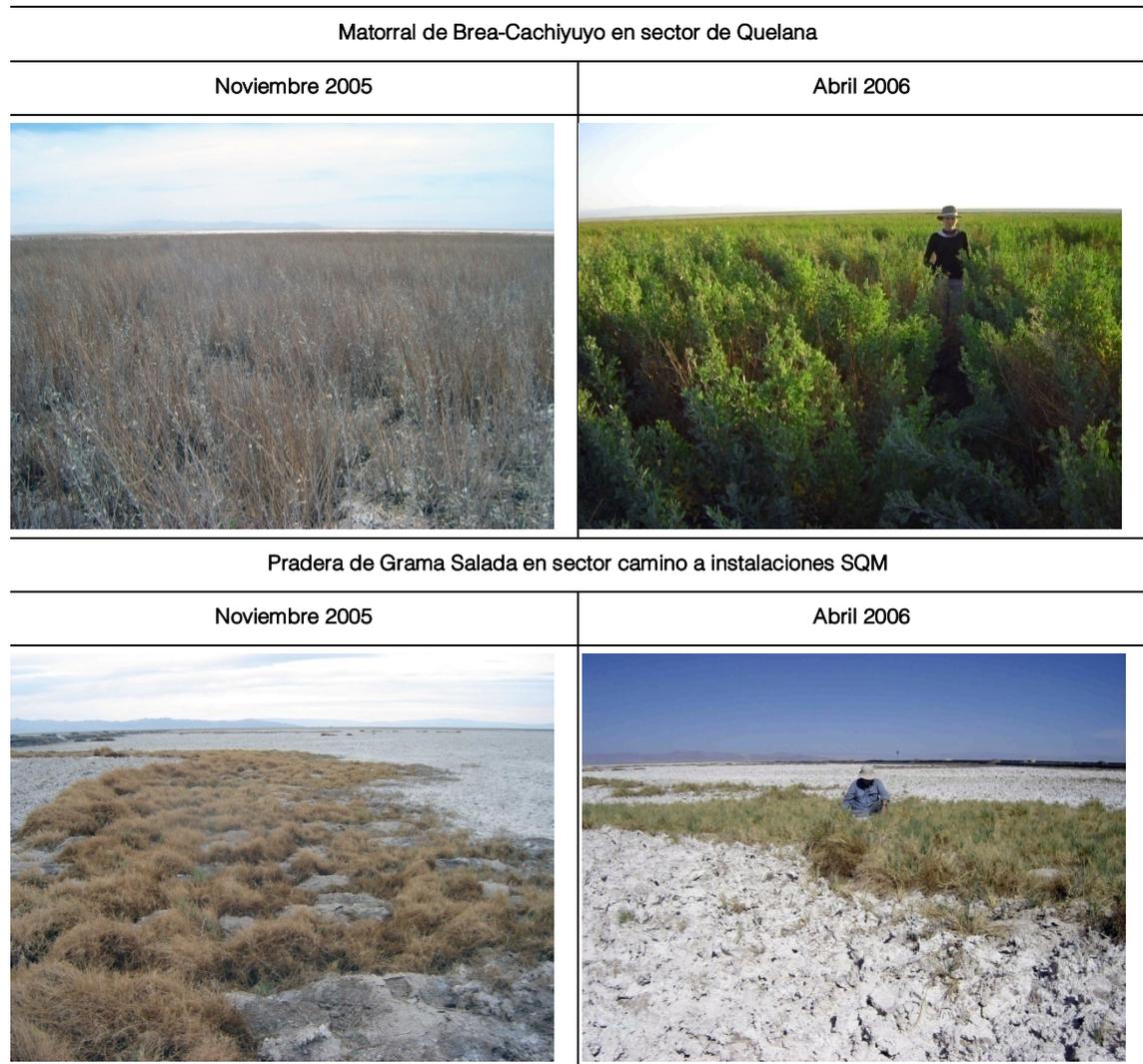
5.1 Vegetación

La vegetación del Borde Este está conformada por cinco formaciones vegetales, con diferentes variaciones de cobertura, a saber:

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

Observaciones realizadas desde la elaboración de la Línea Base (2006) y 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 2016, el que incluye:

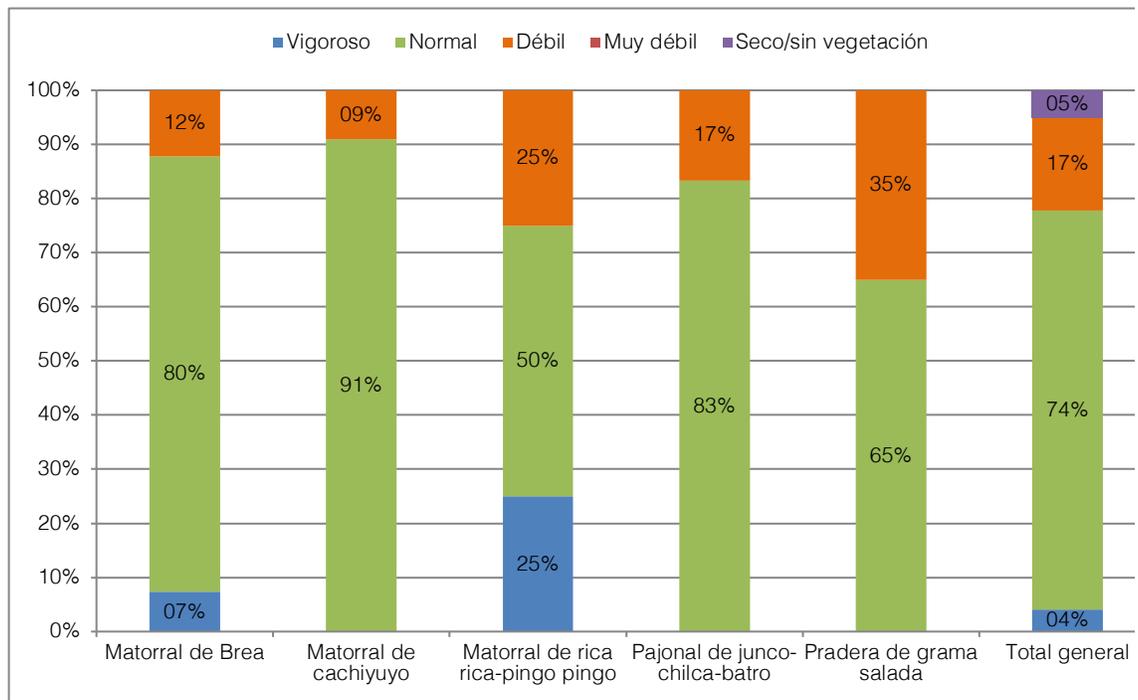
- Vegetación del Borde Este del Salar de Atacama (Sección 5.1.1)
- Vegetación en la zona de conexión (Sección 5.1.2)
- Evaluación del estado vital de ejemplares de Algarrobos (*Prosopis flexuosa*), ubicados en el área del pozo Camar 2 (Sección 5.1.3)

5.1.1 Monitoreo en Borde Este

5.1.1.1 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 ésta área. Del total de observaciones realizadas en abril de 2016, 73,7% (73 puntos de muestreo) presentaron una vitalidad normal, un 17,2% (17 puntos de muestreo) mostraron una vitalidad débil y un 4,0% mostró una vitalidad vigorosa. El 5,1% restante de las observaciones (5 puntos de muestreo) correspondieron a zonas sin vegetación (Figura 5-2).

Figura 5-2. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama. Campaña 2016.



Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en la Figura 5-2, dentro de las formaciones dominadas por arbustos, los matorrales de brea presentaron mayoritariamente una vitalidad normal, lo que se verificó en 33 de los 41 puntos de monitoreo (80,5%), en cinco puntos se presenta una vitalidad débil (12,2%) y en tres se presenta una vitalidad vigorosa (7,3%). Los matorrales de cachiyuyo mostraron que 10 de 11 registros (90,9%) presentaron una vitalidad normal en tanto que el punto de monitoreo restante mostró una vitalidad débil (9,1%). La vitalidad registrada en los matorrales de rica rica – pingo-pingo muestra 2 puntos con vitalidad normal (50%), 1 punto presenta vitalidad débil (25%) y el registro restante vigoroso (25%).

Las formaciones dominadas por especies herbáceas sólo presentaron vitalidad normal o débil. Las praderas de Grama salada presentaron en 13 de 20 registros (65,0%) una vitalidad normal, en tanto que los 7 registros restantes para esta formación vegetacional (35,0%) mostraron una vitalidad débil. Para los Pajonales de junco, chilca y batro, la proporción de observaciones en la categoría de vitalidad normal alcanzó el 83,3% (15 de 18 puntos de muestreo), en tanto el 16,7% restante (3 puntos de muestreo)

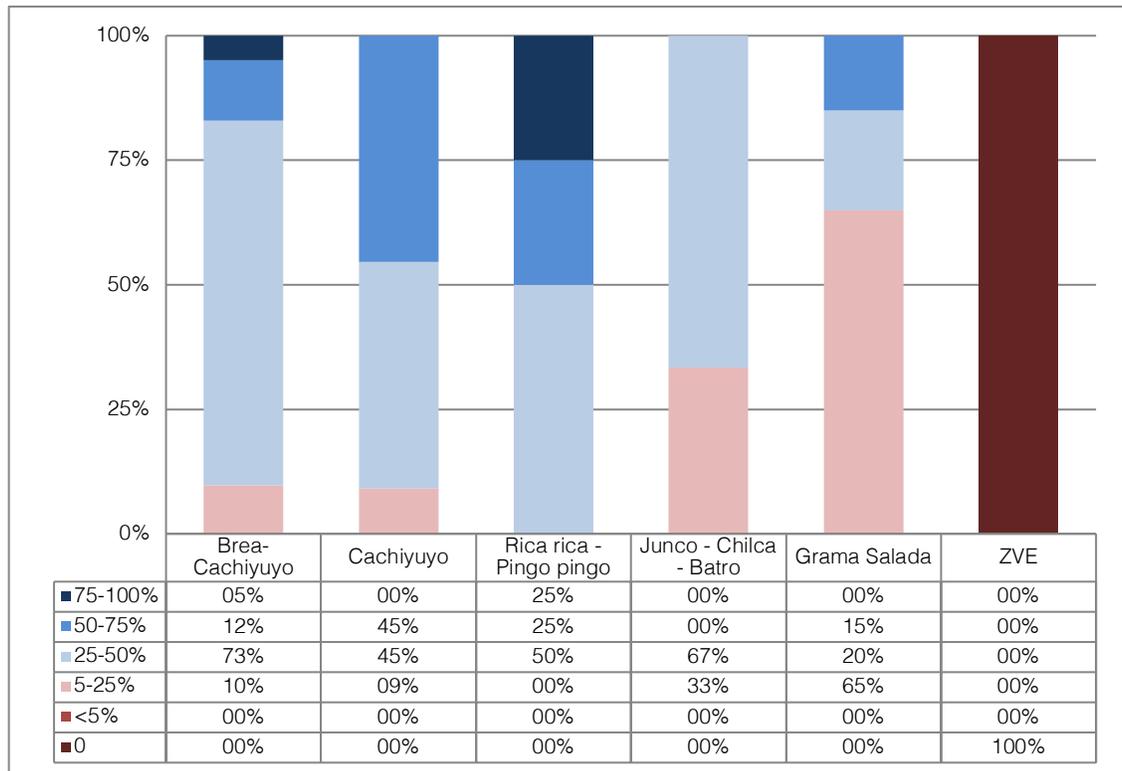


presentó una vitalidad débil. El detalle de las descripciones vegetacionales de terreno se entregan en el Anexo II.

5.1.1.2 Follaje verde

Los resultados obtenidos de las mediciones de follaje verde realizadas en abril de 2016 se presentan en la Figura 5-3 y los resultados específicos para cada punto se observan en el Anexo II. Las mediciones realizadas en 2016 mostraron que la vegetación existente presenta en su mayoría una proporción de follaje verde entre 25-50%. Para los matorrales (Brea-Cachiyuyo, Cachiyuyo y Rica rica -Pingo pingo) se observa una tendencia hacia un mayor porcentaje de follaje verde, mientras que los pajonales y praderas muestras una tendencia a menor porcentaje de follaje verde.

Figura 5-3. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2016.



ZVE: Zona de Vegetación Escaza

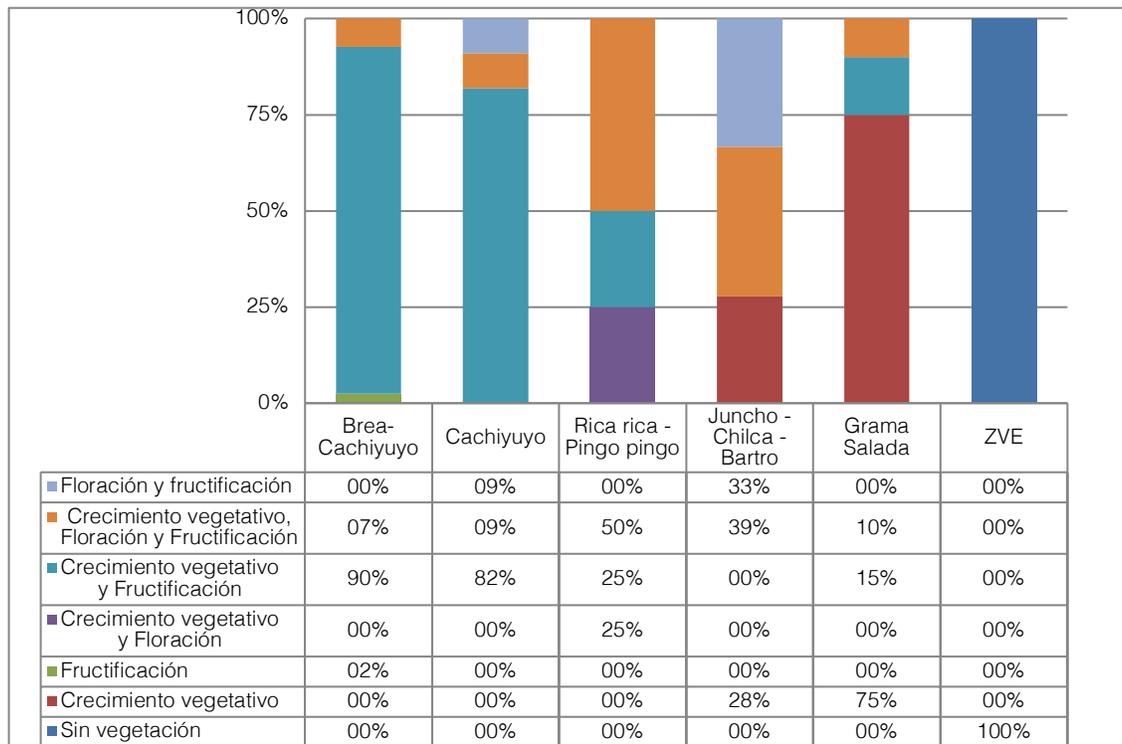
Fuente: Elaboración propia



5.1.1.3 Fenología

Los resultados obtenidos de los estados fenológicos observados en la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama se presentan en la Figura 5-4 y en el Anexo II. La mayor parte de las unidades muestreadas se encontraron en la fase final de crecimiento vegetativo (que involucra el desarrollo de nuevos brotes y hojas) combinado con la presencia de fructificación. Esto se verificó en 56 de los 99 puntos muestreados, equivalente al 56,6% del total. Otro estado fenológico con alta representatividad en las mediciones realizadas fue el de crecimiento vegetativo por sí sólo, el que representó el 20,2% del total y con presencia en el pajonal de Junco-chilca-barro y en la pradera de grama salada. También se encontró presente el estado fenológico con crecimiento vegetativo combinado con floración y fructificación representado por un 15,2%, es decir 15 de los 99 puntos de monitoreo. Los otros estados fenológicos se presentaron con menor frecuencia, tales como crecimiento vegetativo combinado con floración, sólo fructificación; y los estados fenológicos de floración y fructificación, con el 1% cada uno. El 5,1% restante de puntos de monitoreo se ubicaron en zonas con vegetación escasa o sin vegetación donde no fue posible evaluar este parámetro (Figura 5-4).

Figura 5-4. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2016.



Fuente: Elaboración propia

5.1.1.4 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 2016, 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

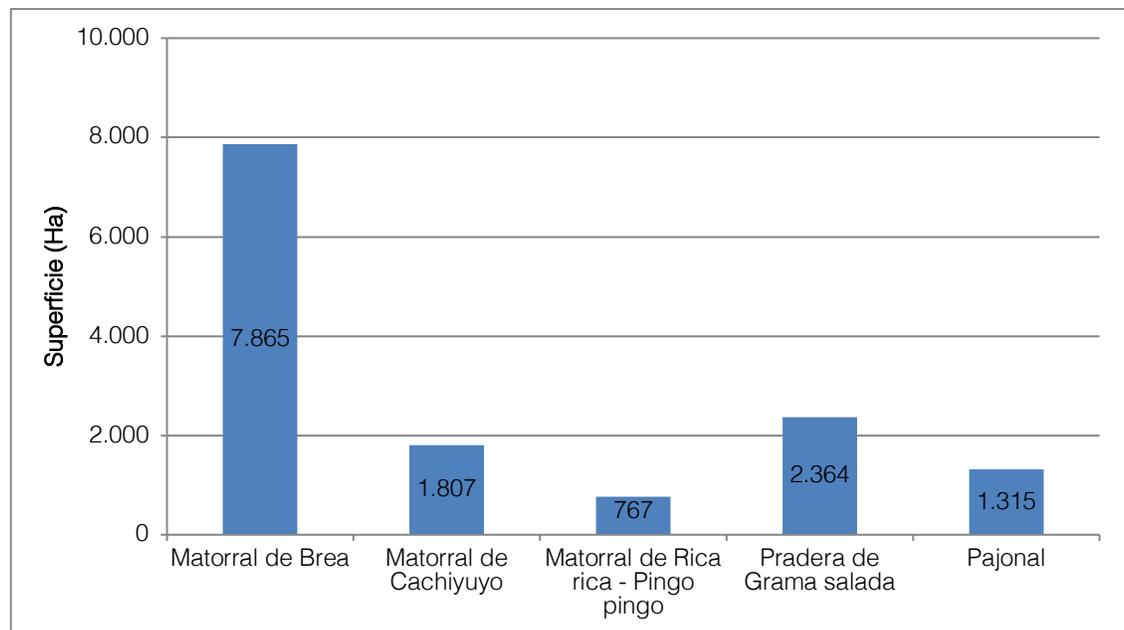
Los resultados obtenidos en 2016 (Tabla 5-1, Figura 5-5) indican que la superficie total cubierta con vegetación sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama alcanza 14.118 ha. Del total de esta superficie, la formación vegetacional con mayor representación corresponde al Matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.865 ha, equivalente al 55,7% 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 2.364 ha, equivalente al 16,7% del total. Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden a Matorral de Cachiyuyo, Pajonal y matorral de Rica rica – Pingo pingo, siendo esta última formación la que presenta menor superficie en el área de estudio con 767 ha equivalente al 5,4% de toda la superficie cubierta con vegetación.

Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016.

Año de monitoreo	Tipo vegetacional					TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo	Matorral de Rica rica-Pingo pingo	Pradera de Grama salada	Pajonal	
2016	7.865	1.807	767	2.364	1.315	14.118
%	55,7	12,8	5,4	16,7	9,3	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-5. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016



Fuente: Elaboración propia



5.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación- acuífero

5.1.2.1 Cobertura y composición

En general la vegetación presentó rangos de cobertura que varían entre 10% y 75%. La especie más representativa de esta formación arbustiva es Brea (*Tessaria absinthioides*), acompañada frecuentemente por la especie herbácea Grama salada (*Distichlis spicata*) y ocasionalmente por arbustos de Cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*) (Tabla 5-2).

La Tabla 5-2 y Figura 5-6 muestran los resultados obtenidos de las mediciones de cobertura de la vegetación realizadas en enero y abril de 2016 sobre los puntos de muestreo ubicados en la zona de conexión vegetación-acuífero. Los resultados muestran diferencias en la cobertura de la vegetación entre las mediciones realizadas en enero y abril de 2016. El detalle de las descripciones vegetacionales se entregan en el Anexo III.

Las mediciones realizadas en enero muestran que la cobertura de la vegetación presenta una alta variación, la cual va entre el 10% y 100% de recubrimiento del terreno, en tanto que para el mismo sector las mediciones realizadas en abril de 2016, muestran una variación en la cobertura de la vegetación que va desde el 10% al 75%.

La cobertura vegetal se concentra principalmente entre un 10 y 50% de recubrimiento tanto para el mes de abril como durante enero. La participación porcentual de cada una de las categorías de cobertura de la vegetación definidas, tanto para las mediciones de enero y abril de 2016 se presentan en la Tabla 5-3. Los resultados muestran que en enero la vegetación presenta mayoritariamente una cobertura que va de 25-50% (52,6% con 10 de los 19 puntos de monitoreo); luego, una cobertura entre 10-25% de cobertura (26,3% del total de puntos de monitoreo); posteriormente, una cobertura entre 50-75% (15,8% del total con 3 de los 19 puntos de monitoreo), y además se registró un punto de monitoreo con cobertura entre 75-100%. Las mediciones realizadas en abril indican que se mantiene la proporción de puntos de monitoreo donde la vegetación tiene una cobertura de 10-25% y que aumentan las observaciones de cobertura de 25-50%, lo que se refleja una disminución en registros de cobertura de 50-75% y de 75-100% (Figura 5-6).

Tabla 5-2: Cobertura y composición de especies en la zona de conexión Vegetación-Acuífero.

Parcela	Coordenadas UTM		Cobertura de la vegetación (%)		Especie dominante	Especies acompañantes
	Datum WGS84		Enero	Abril		
	Este	Norte				
VA-01	591.179	7.424.641	10-25%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-02	591.956	7.423.997	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-03	592.911	7.422.070	25-50%	10-25%	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>
VA-04	592.942	7.421.834	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-05	593.100	7.420.694	10-25%	10-25%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-06	593.347	7.419.542	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-07	593.455	7.419.201	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>
VA-08	592.981	7.416.814	25-50%	10-25%	<i>Tessaria absinthioides</i>	-
VA-09	593.098	7.412.731	75-100%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-10	593.316	7.412.085	50-75%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i> - <i>Atriplex atacamensis</i>
VA-11	593.540	7.411.577	50-75%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>

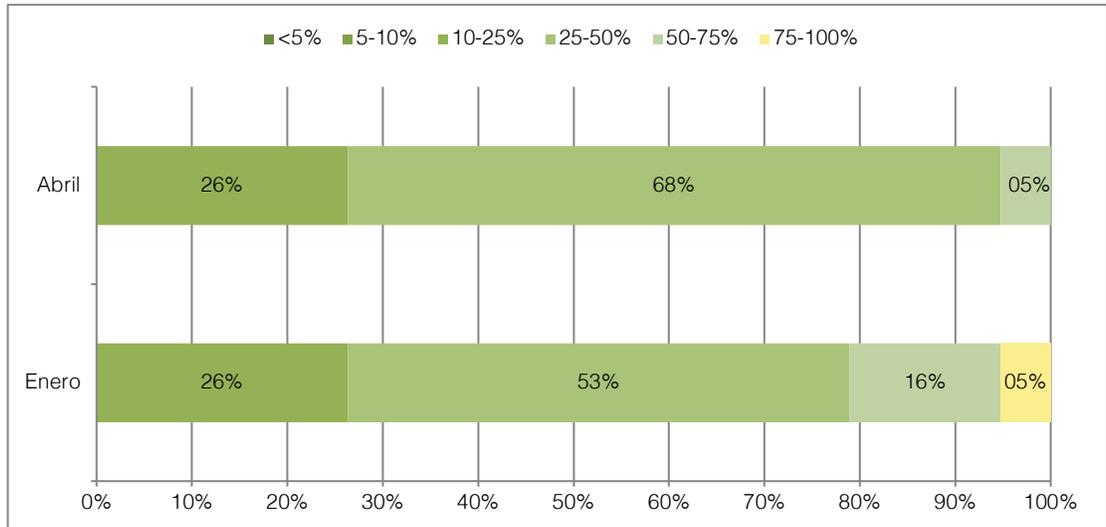


Tabla 5-2: Cobertura y composición de especies en la zona de conexión Vegetación-Acuifero.

Parcela	Coordenadas UTM		Cobertura de la vegetación (%)		Especie dominante	Especies acompañantes
	Datum WGS84		Enero	Abril		
	Este	Norte				
VA-12	594.171	7.410.567	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-13	594.613	7.409.968	25-50%	50-75%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-14	594.974	7.408.612	10-25%	10-25%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i> - <i>Atriplex atacamensis</i>
VA-15	595.268	7.407.541	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>
VA-16	595.477	7.406.063	10-25%	10-25%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-17	595.328	7.405.678	25-50%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Distichlis spicata</i>
VA-18	595.259	7.404.365	50-75%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	-
VA-19	595.253	7.404.179	10-25%	25-50%	<i>Tessaria absinthioides</i>	-

Fuente: Elaboración propia

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 2016



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-3: Total de puntos de monitoreo por categoría de cobertura de la vegetación. Zona de conexión vegetación-acuífero. Mediciones de enero y abril de 2016.

Cobertura	Enero		Abril	
	Puntos de monitoreo	(%)	Puntos de monitoreo	(%)
<5%	-	-	-	-
5-10%	-	-	-	-
10-25%	5	26,3	5	26,3
25-50%	10	52,6	13	68,4
50-75%	3	15,8	1	5,3
75-100%	1	5,3	-	-
Total	19	100,0	19	100,0

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 Estado vital, porcentaje de follaje verde y estado fenológico

Las Tabla 5-4, Tabla 5-5 y Tabla 5-6 entregan los resultados obtenidos en cuanto a la vitalidad, proporción de follaje verde y etapa fenológica de la vegetación presente en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año. En relación a la vitalidad de la vegetación, los registros obtenidos en enero y abril de 2016 son muy similares. En enero de 2016, un 94,7% (18 de los 19 puntos de muestreo) presentaron una vitalidad considerada normal y el 5,3% restante presentó vitalidad débil. Por su parte, las mediciones realizadas en abril de 2016 mostraron que el 89,5% (17 de 19 puntos de muestreo) presentó una vitalidad normal, en tanto que el 10,5% restante (2 registros) presentaron una vitalidad catalogada como débil.



Tabla 5-4: 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	
2016	Enero	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	19

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al porcentaje de follaje verde, los resultados obtenidos en enero, muestran que los registros se concentran en las categorías de 25-50% y 50-75%, con 10 y 8 registros respectivamente, y uno solo para la categoría 75-100% de cobertura. En tanto que los resultados de abril muestran que un 73,7% se concentran en las categorías 25-50% y el 26,3% restante se encuentra en la categoría 5-25%.

Tabla 5-5: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas enero-abril de 2016.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Proporción de follaje verde						Total
		0	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
2016	Enero	-	-	-	10	8	1	19
	Abril	-	-	5	14	0	0	19

Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista de la fenología de la vegetación, según la evaluación realizada, en enero de 2016 el 94,7% de los puntos muestreados presentaron crecimiento vegetativo combinado con fructificación y floración, en tanto que el 5,3% restante presentó crecimiento vegetativo y fructificación de manera conjunta. Mientras que, en los puntos muestreados en abril del 2016, 18 de los 19 puntos (94,7%) presentaron crecimiento vegetativo combinado con fructificación, y tan solo un registro presentó crecimiento vegetativo combinado con fructificación y floración.

Tabla 5-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2016.

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica								Total
		Senescente	Crecimiento Vegetativo	Floración	Fructificación	Crec. Vegetativo y Floración	Crec. Vegetativo y Fructificación	Crec. Vegetativo, Floración y Fructificación	Floración y Fructificación	
2016	Enero	-	-	-	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	-	-	-	18	1	-	19

Fuente: Elaboración propia.



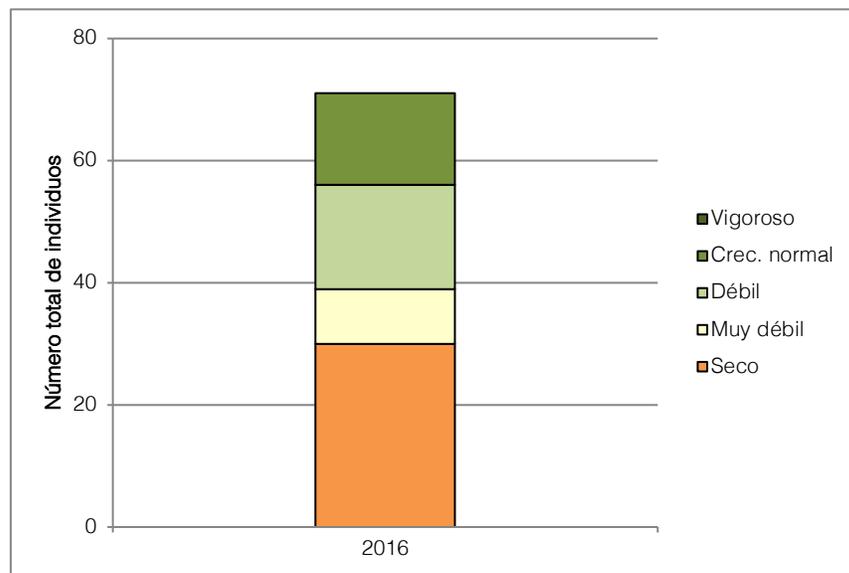
5.1.3 Algarrobos (*Prosopis flexuosa*)

En esta sección se exponen los resultados de las mediciones de vitalidad y proporción de follaje verde (%) efectuadas durante abril de 2016 sobre la población de Algarrobos (*Prosopis flexuosa*) ubicada en las inmediaciones del pozo Camar 2. 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 2016, se presentan en la Figura 5-7 y Tabla 5-7. Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en 2016 mostraron que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 41 de ellos (57,7%) presentaron una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso, y 30 ejemplares (42,3%) se observaron secos, sin evidencia aparente de follaje verde ni estructuras reproductivas.

Figura 5-7. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en la quebrada Camar. Campaña 2016



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-7. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en la quebrada Camar. Campaña 2016

Estado Vital	N° de árboles	%
Ejemplar seco	30	42,3
Ejemplar muy débil	9	12,7
Ejemplar débil	17	23,9
Ejemplar de crecimiento normal	15	21,1
Ejemplar excepcionalmente vigoroso	0	0,0
Total	71	100

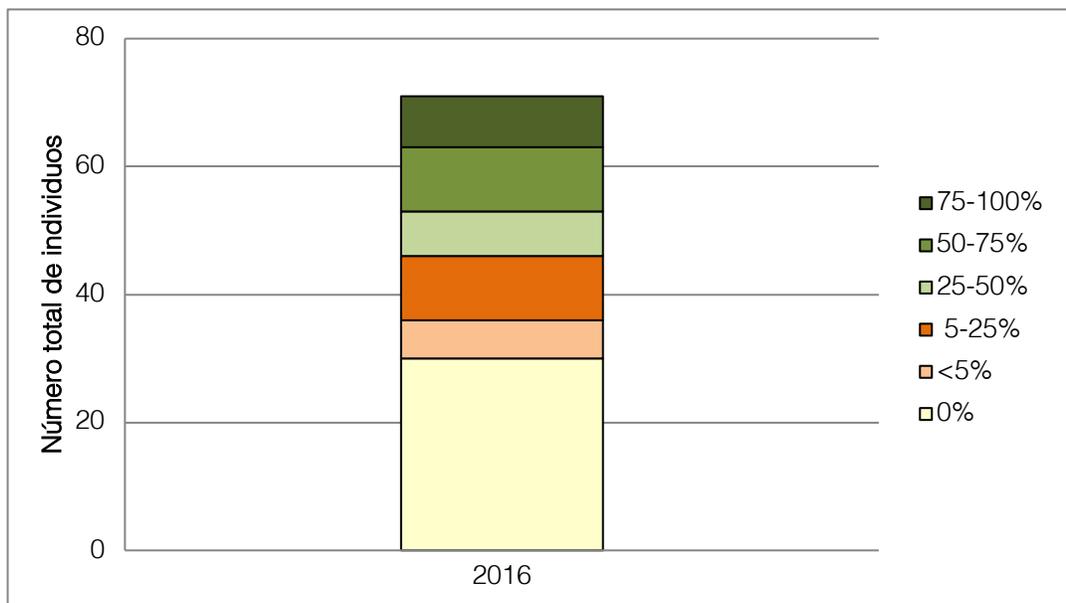


Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.2 Proporción de copa verde

Los resultados de las mediciones de follaje verde realizadas sobre los Algarrobos en 2016 se muestran en la Figura 5-8 en la Tabla 5-8.

Figura 5-8. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campaña 2016.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-8. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campaña 2016.

% Follaje verde	N° de árboles	% de Individuos
0	30	42,2
<5	6	8,4
5-25	10	14,1
25-50	7	9,9
50-75	10	14,1
75-100	8	11,3
Total	71	100,0

Fuente: Elaboración propia



5.2 Flora

El monitoreo del componente flora comprende el seguimiento de la riqueza y abundancia de especies presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Adicionalmente, se evalúan variaciones en el pH y salinidad del suelo en la zona de mayor desarrollo radicular de las plantas (suelo mineral superficial). A continuación se entregan los resultados de la prospección de terreno efectuada durante el mes de abril de 2016.

5.2.1 Riqueza florística

Los taxa identificados y registrados hasta la presente campaña, se agrupan en 17 familias, representadas principalmente por las familias *Poaceae* y *Chenopodiaceae* con 6 especies cada una, equivalente al 18% de la participación total para cada familia. Considerando los hábitos de crecimiento, la mayor representatividad corresponde a las Hierbas perennes con 47,1% (16 especies). Las especies con hábito arbustivo alcanzan el 26,5% (9 especies), mientras que las hierbas anual llegan al 23,5% (8 especies). Por último, el hábito suculento se encuentra representado por una especie, con 2,9% de participación (Tabla 5-9).

Tabla 5-9: Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Hábito de crecimiento	N° especies	%
Arbusto	9	26,5
Hierba perenne	16	47,1
Hierba anual	8	23,5
Suculento	1	2,9
Total	34	100,0

Fuente: Elaboración propia

En relación al origen biogeográfico de la flora total registrada, se evidencia un importante predominio de las especies nativas no endémicas con el 70,6% (24 especies); los elementos endémicos de Chile representan el 20,6% (7 especies). El 5,9% corresponde a especies introducidas (2 taxa) y solo una especie, de las 34 especies registradas (2,9% restante), se consideró con origen biogeográfico indeterminado, ya que por la insuficiencia de material vegetal disponible no fue posible identificarla a nivel de especie y sólo se registró a nivel de género (Tabla 5-9).

Tabla 5-10: Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Origen biogeográfico	N° especies	%
Nativas	24	70,6
Endémicas	7	20,6
Introducida	2	5,9
Indeterminado	1	2,9
Total	34	100,0

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Frecuencia y abundancia de la flora

El Anexo IV entrega el detalle de la cobertura por especie registrada en las 75 parcelas de muestreo de flora, junto con las mediciones de pH y salinidad del suelo en la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial).

En la Tabla 5-11 se presenta un resumen de la frecuencia de especies en las parcelas medidas en el Borde Este del Salar de Atacama en la presente campaña (abril de 2016). En ella se observa que *Tessaria absinthioides* es la especie más frecuentemente observada en 33 (44%) de los 75 puntos de muestreo, seguida de *Distichlis spicata* que estuvo presente en 19 puntos (25% del total de puntos de muestreo). Menos frecuentes son las especies *Atriplex atacamensis* observada en 8 puntos de muestreo (11%), *Juncus balticus* y *Atriplex atacamensis* observadas en 6 puntos (8%) de muestreo cada una. El resto de las especies presentan frecuencias del 4% o inferiores.

Tabla 5-11. Frecuencia de especies durante la campaña 2016

Especie	N° Parcelas	% del total de puntos de muestreo
<i>Aloysia deserticola</i>	2	3
<i>Atriplex atacamensis</i>	8	11
<i>Baccharis juncea</i>	1	1
<i>Distichlis spicata</i>	19	25
<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>Schoenoplectus americanus</i>	1	1
<i>Tessaria absinthioides</i>	33	44
<i>Triglochin concinna</i>	1	1

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Caracterización química del sustrato

5.2.3.1 pH

El pH obtenido en el año 2016 para los puntos de muestreo varió entre las categorías ligeramente alcalino a fuertemente alcalino (Tabla 5-12). El sustrato registró en 45 puntos (60,0%) un pH moderadamente alcalino, en 18 puntos (24,0%) fue fuertemente alcalino y en 12 puntos (16,0%) fue ligeramente alcalino.

Tabla 5-12. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.

Categorías de pH	pH	Color	N° de puntos 2016	%
Extremadamente ácido	3,5 – 4,4		-	-
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0		-	-
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5		-	-
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0		-	-
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5		-	-



Tabla 5-12. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.

Categorías de pH	pH	Color	N° de puntos 2016	%
Neutro	6,6 – 7,3		-	-
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		12	16,0
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		45	60,0
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		18	24,0
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		-	-
Total			75	100,0

Fuente: Schoeneberger *et al.*, 2002

La Tabla 5-13 presenta el valor de pH obtenido para los transectos de flora, desde el margen al núcleo del Salar (lectura de este a oeste).

Tabla 5-13. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.

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

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2 Salinidad

En la Tabla 5-14 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 2016. Los resultados indican que la flora del Borde Este del Salar de Atacama se desarrolla en un sustrato fuertemente salino, debido a que 56 puntos (74,6%) tuvieron una salinidad superior a 6,7 dS/m. En 8 puntos de muestreo, equivalentes al 10,7% se identificó valores dentro de la categoría moderadamente salino. Las categorías ligeramente y muy ligeramente salino se registraron en cinco puntos cada una (6,7%) y la categoría no salino registró un solo punto.

Tabla 5-14. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	N° de puntos 2016	%
No salino	0 – 0,98		1	1,3
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71		5	6,7
Ligeramente salino	1,71 – 3,16		5	6,7
Moderadamente salino	3,16 – 6,07		8	10,7
Fuertemente salino	> 6,07		56	74,6
Total			75	100,0

Fuente: Schoeneberger *et al.*, 2002

La Tabla 5-15 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 (este a oeste).

Tabla 5-15. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora. Campaña abril de 2016.

Transecto	Conductividad eléctrica (dS/m)																		
	Margen del salar										Núcleo del salar								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	1,10	19,60	27,10	20,00	25,80	19,00	11,50	9,00	6,70	6,50	6,80	2,60	1,20	8,20	6,90	1,80	1,00	9,50	5,80
TF2	1,80	1,40	9,10	26,90	11,50	32,80	17,30	18,80	9,50	2,60	3,40	2,00	19,50	18,30					
TF3	4,30	23,30	7,70	7,30	31,60	10,60	7,00	14,00	7,40	16,90									
TF4	0,20	1,60	6,50	44,20	19,20	38,30	12,00	23,50	11,40										
TF5	29,30	12,40	10,70	8,60	32,80	36,60	50,10	12,70	8,70	3,40	4,90	4,50	4,70	9,50					
TF6	59,40	44,60	45,20																
TF7	74,50	16,50	34,60	20,10	10,00	5,40													

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Fauna

5.3.1 Riqueza y caracterización de especies

En la campaña de abril 2016 se registraron 33 especies: tres reptiles, 24 aves y seis mamíferos (ver Anexo VIII- Fotografías de fauna silvestre 2016). Todas las especies del área son nativas, tres de las cuales son endémicas y pertenecientes a la clase Reptilia. Por su parte, en categoría de conservación se encuentran clasificadas once especies: 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.

5.3.1.1 Abundancia de Reptiles

La especie *Liolaemus constanzae* (lagartija de Constanza) se registró en doce de los 17 transectos prospectados, detectándose en todos los sectores de estudio: Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Laguna interna. Los hábitats en los cuales se constató su presencia durante la presente temporada son: Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo, Pajonal y tres registros en Marginal de Salar.

Para la especie *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), el registro se obtuvo en seis de los 17 transectos prospectados para todos los sectores de estudio. En esta temporada se verificó su presencia sólo en hábitat de Pajonal y Marginal de Salar, lo que indica que su presencia se encuentra asociada principalmente a los bordes de cuerpos de agua (lagunas) y/o a costras salinas, similar a lo observado en monitoreos anteriores. Las abundancias promedio para *L. fabiani* variaron entre 0,33 y 1,33 individuos/transecto, con registros que van de uno a cuatro ejemplares por transecto.

Para la especie *Liolaemus puna* (lagartija de la Puna), se obtuvieron registros en tres de los 17 transectos prospectados, observándose en el hábitat de Pajonal, Brea-Cachiyuyo y Marginal de Salar. Las abundancias promedio para *Liolaemus puna* varían entre 0,33-3,33 individuos/transecto, con registros que van de uno a diez ejemplares por transecto.

Las especies *L. constanzae* y *L. fabiani* se encontraron compartiendo hábitat en dos transectos en el sector de Vega de Carvajal (ambiente de Pajonal y Marginal de Salar) y uno en Laguna Interna (ambiente Marginal Salar).

En el presente monitoreo la especie con mayor dominancia fue *L. constanzae* (lagartija de Constanza), obteniendo una abundancia promedio de 0,92 ind/transecto, seguido por *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), con 0,27 ind/transecto y por último a *Liolaemus puna* (lagartija de la Puna) con 0,24 ind/transecto.

Tabla 5-16. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	2,33
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	1,33
	3	Pajonal	<i>L. constanzae</i> <i>L. fabiani</i>	1,00 0,67

Tabla 5-16. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
			<i>L. puna</i>	0,33
	4	Marginal de Salar	<i>L. constanzae</i>	0,33
			<i>L. fabiani</i>	1,33
	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	2,33
Cruce Camar	6	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	0,33
			<i>L. fabiani</i>	-
			<i>L. cf. paulinae</i>	-
			<i>L. puna</i>	3,33
	7	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	-
			<i>L. fabiani</i>	0,33
	8	Marginal de Salar	<i>L. fabiani</i>	-
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	2,33
	10	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	0,67
	11	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	-
			<i>L. fabiani</i>	-
	12	Marginal de Salar	<i>L. constanzae</i>	-
<i>L. fabiani</i>			0,33	
			<i>L. puna</i>	0,33
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	3,00
			<i>L. fabiani</i>	-
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	0,67
	15	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	0,67
			<i>L. fabiani</i>	-
16	Marginal de Salar	<i>L. fabiani</i>	0,67	
Laguna Interna	17	Salar	<i>L. constanzae</i>	0,67
			<i>L. fabiani</i>	1,33

(*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m.

(**) Al menos un ejemplar registrado fuera del tiempo de recorrido (fuera de transecto).

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2 Abundancia de avifauna

5.3.1.2.1 Abundancia de aves terrestres

Durante la temporada de abril de 2016 se obtuvieron registros para aves en 15 de los 17 transectos, con un total de 13 especies, siendo una de estas determinada sólo a nivel de género (*Metriopelia sp.*). De las restantes, cinco corresponden a especies acuáticas, las que fueron detectadas en pequeños cuerpos de agua cercanos: *Calidris bairdii* (playero de baird), *Charadrius alticola* (chorlo puna), *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica), y *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor). Las siete especies terrestres restantes fueron: *Anthus correndera* (bailarín chico), *Agriornis montana* (mero gaucho), *Metriopelia aymara* (tortolita de la puna) *Athene cunicularia* (pequén), *Muscisaxicola cinerea* (dormilona cenicienta), *Circus cinereus* (vari) y *Thinocorus rumicivorus* (perdicita). Las abundancias varían entre los 0,33 y 13,33 individuos/transecto, con registros que van entre uno y 54 ejemplares por transecto, contabilizando un total de 157 aves avistadas.

En cuanto a las aves terrestres, se encontraron en todos los hábitats de estudio: Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo, Pajonal, Marginal de Salar y Salar. Así mismo, estos registros se obtuvieron en todos los sectores prospectados: Vega de Carvajal, Aguas de Quelana, Cruce Camar, Cruce SQM y Laguna Interna. A diferencia del año pasado, en el hábitat de Marginal de Salar en los sectores de Vega Carvajal, Cruce Camar y Cruce SQM, así como en el hábitat de Salar en el sector de Peine, no sólo se obuvieron registro de aves acuáticas, avistándose además al Passeriforme *Anthus correndera* (bailarín chico), *Agriornis montana* (mero gaucho) y *Muscisaxicola cinerea* (dormilona cenicienta), al Columbiforme *Metriopelia aymara* (tortolita de la puna), al Strigiforme *Athene cunicularia* (pequén), al Accipitriforme *Circus cinereus* (vari) y al Charidriiforme *Thinocorus rumicivorus* (perdicita).

Tabla 5-17 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Metriopelia aymara</i>	2,00
			<i>Agriornis montana</i>	0,67
	2	Brea-Cachiyuyo	No se observó especies	-
	3	Pajonal	<i>Metriopelia aymara</i>	0,67
			<i>Circus cinereus</i>	0,33
	4	Marginal de Salar	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	4,33
			<i>Charadrius alticola</i>	0,67
			<i>Anthus correndera</i>	0,67
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>			3,33	
			<i>Calidris bardi</i>	0,33
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>Metriopelia aymara</i>	0,67
			<i>Anthus correndera</i>	1,00
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>Agriornis montana</i>	0,33
			<i>Athene cunicularia</i>	0,33
			<i>Muscisaxicola cinerea</i>	0,33
	7	Pajonal	<i>Agriornis montana</i>	0,33
			<i>Metriopelia aymara</i>	1,00
	8	Marginal de Salar	<i>Charadrius alticola</i>	0,67
<i>Phoenicoparrus andinus</i>			0,33	
<i>Calidris bardi</i>			0,33	
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>Metriopelia aymara</i>	1,00
	10	Brea-Cachiyuyo	No se registró especies	-
	11	Pajonal	No se registró especies	-
	12	Marginal de Salar	<i>Metriopelia aymara</i>	1,00
<i>Metriopelia sp.</i>			0,33	
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	<i>Metriopelia aymara</i>	2,33
			<i>Metriopelia sp.</i>	0,33
			<i>Agriornis montana</i>	1,00
			<i>Thinocorus rumicivorus</i>	0,33
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>Metriopelia sp.</i>	0,67
	15	Pajonal	<i>Charadrius alticola</i>	0,33
			<i>Phoenicoparrus andinus</i>	1,00



Tabla 5-17 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
	16	Marginal de Salar	<i>Charadrius alticola</i>	0,67
Laguna Interna	17	Salar	<i>Charadrius alticola</i>	1,67
			<i>Phalaropus tricolor</i>	13,33
			Ave no determinada	0,33

(*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m. (un transecto por tres días)

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.2.2 *Abundancia de aves acuáticas*

A continuación, se presentan los resultados generales de abundancia para aves acuáticas obtenidos durante las campañas de monitoreo realizadas en abril de 2016. 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.

I. Abundancias de aves acuáticas en el Borde Este del Salar de Atacama

Para la presente temporada (2016), se avistó un total de 3.849 individuos pertenecientes a 14 especies, incluyendo tres Passeriformes: *Lessonia oreas* (colegial del norte) usualmente asociados a cuerpos de agua, *Anthus correndera* (bailarín chico) y *Muscisaxicola maculirostris* (dormilona chica), en la franja de vegetación palustre (i.e. juncal).

En términos de riqueza en los distintos sistemas lacustres prospectados, el que presenta el mayor número de taxa fue Aguas de Quelana con 12 especies, seguido por el Sistema Peine con diez especies, para finalmente registrarse ocho especies en el sector del Sistema Soncor. Por su parte, los cuerpos de agua con mayor diversidad fueron Laguna Puilar, Laguna Chaxa y dos cuerpos de agua del Sistema Aguas de Quelana, con ocho especies cada uno.

Otras especies abundantes corresponden a *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) con 728 registros, *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 246 individuos, *C. alticola* con 130 avistamientos y *Recurvirostra andina* (caití) con 66 ejemplares. Por su parte, la especie menos abundante corresponde a un único ejemplar de *Podiceps occipitalis* (blanquillo), siendo registrada por primera vez durante los censos.

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

Tabla 5-18. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campaña 2016. Total por especie

Especie	Ejemplares
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	336
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	1.184
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	397
Pollos de flamencos	709
<i>Lophonetta specularioides</i>	9
<i>Charadrius alticola</i>	130
<i>Recurvirostra andina</i>	66
<i>Tringa melanoleuca</i> *	5
<i>Calidris bairdii</i> *	246

Tabla 5-18. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campaña 2016. Total por especie

Especie	Ejemplares
<i>Phalaropus tricolor*</i>	728
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	3
<i>Podiceps occipitalis</i>	1
<i>Lessonia oreas</i>	9
<i>Anthus correndera</i>	20
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	6
N° especies	14
N° individuos	3.849

* 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 5-19. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campaña 2016

Especies	Puillar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto	Aguas de Quelana	Salada	Saladita	Interna
<i>Bubulcus ibis</i>								
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	57	112		30	55	69		13
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	524	136	8	107	131	230		48
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	148	53	4	34	1	113	16	28
Pollos de flamencos	366	169	148		21	5		
Flamencos no determinados	-							
<i>Lophonetta specularioides</i>					5	4		
<i>Anas geórgica</i>								
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>								
<i>Anas cyanoptera</i>								
<i>Gallinula chloropus</i>								
<i>Pluvialis dominica</i>								
<i>Charadrius alticola</i>	1	17		16	84	1	6	5
<i>Recurvirostra andina</i>	6	2		22	18	17	1	
<i>Tringa melanoleuca</i>					5			
<i>Tringa flavipes</i>								
<i>Calidris bairdii</i>	66	22	4	96	55		1	2
<i>Calidris melanotos</i>								
<i>Phalaropus tricolor</i>	58	514			1	108	17	20
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	1	1	9	1		1		
<i>Podiceps occipitalis</i>							1	
<i>Lessonia oreas</i>					9			
<i>Anthus correndera</i>					20			
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>								

Tabla 5-19. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campaña 2016

Especies	Puilar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto	Aguas de Quelana	Salada	Saladita	Interna
<i>Hirundo rustica</i>								
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>					6			
<i>Fulica cornuta</i>								
N° de especies	8	8			12	8	6	6
N° de individuos	1.227	1.026	4	7	411	548	42	116

II. Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Soncor

El Sistema Lacustre Soncor 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 Puilar y Laguna Chaxa se contabilizaron ocho especies en cada sector, seguido por Canal Burro Muerto con siete especies y finalmente Laguna Barros Negros donde se observaron cuatro especies.

III. Abundancia de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana

El Sistema Aguas de Quelana presentó la mayor riqueza entre los Sistemas Lacustres, con doce especies y un total de 411 aves. A nivel de especies, *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) fue la más abundante, con 131 individuos, seguida por *Charadrius alticola* (chorlo puna) con 84 individuos, *Phoenicoparrus chilensis* (flamenco chileno) y *Calidris bairdii* (playero de Baird), con 55 ejemplares registrados cada especie. En el caso de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica), sólo fue posible registrar un ejemplar durante la presente temporada.

La Tabla 5-20 y Tabla 5-21 muestra los ejemplares registrados en el sector

Tabla 5-20. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2016

Especie	Ejemplares
<i>Phoenicoparrus chilensis</i>	55
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	131
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	1
Pollos de flamencos	21
Flamencos no determinados	-
Total	208

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-21. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2016

Especie	Ejemplares
<i>Lophonetta specularioides</i>	5
<i>Anas geórgica</i>	-
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	-
<i>Anas cyanoptera</i>	-
<i>Gallinula chloropus</i>	-
<i>Pluvialis dominica</i>	-
<i>Charadrius alticola</i>	84
<i>Recurvirostra andina</i>	18
<i>Tringa melanoleuca</i>	5
<i>Tringa flavipes</i>	-
<i>Calidris bairdii</i>	55
<i>Calidris melanotos</i>	-
<i>Phalaropus tricolor</i>	1
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	-
<i>Lessonia oreas</i>	9
<i>Anthus correndera</i>	20
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	-
<i>Hirundo rustica</i>	-
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	6
Total	203

Fuente: Elaboración propia

IV. Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Peine

El Sistema Lacustre de Peine presentó una riqueza total de diez especies de aves durante la temporada 2016. Entre las distintas lagunas que conforman este sistema, Laguna Salada presentó la mayor riqueza y abundancia, con ocho especies y 548 ejemplares avistados, siendo seguida por Laguna Interna, con seis especies y 116 aves. Por su parte, en Laguna Saladita se observaron seis especies, con un registro total de 42 individuos

A nivel de especies se observó una mayor abundancia en *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), con 278 individuos, seguida por *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) con 157 ejemplares, *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) con 145 individuos y *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 82 ejemplares.

Los resultados para el sector se observan en la Tabla 5-22 y Tabla 5-23

Tabla 5-22. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2016.

Laguna	N° de ejemplares por especie					Total
	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	
Salada	69	230	113	5	-	417
Saladita	-	-	16	-	-	16
Interna	13	48	28	-	-	89
Total Sist. Peine	82	278	157	-	5	522

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-23. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2016

Laguna	N° de ejemplares por especie													Total
	<i>Bubulcus ibis</i>	<i>Lophonetta specularioides</i>	<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	<i>Charadrius alicola</i>	<i>Fecurivrostra andina</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Callidris bairdii</i>	<i>Callidris melanotos</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	<i>Podiceps occipitalis</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Fulica cornuta</i>	
Laguna Salada	-	4	-	1	17	-	-	-	108	1	-	-	-	131
Laguna Saladita	-	-	-	6	1	-	1	-	17	-	1	-	-	26
Laguna Interna				5			2		20	-	-			27
Total Sistema Peine	-	4	-	12	18	-	3	-	145	-	1	-	-	184

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.3 Abundancia de mamíferos

5.3.1.3.1 Abundancia de micromamíferos

Los resultados para las capturas de micromamíferos se presentan en la Tabla 5-24. En la temporada 2016 se capturaron micromamíferos no fosoriales en ambos sectores definidos para la instalación de trampas (Vega de Carvajal y Aguas de Quelena), en contraste a la campaña anterior, donde sólo hubo capturas en el sector de Vega de Carvajal. Así mismo, se registraron roedores en los tres hábitat muestreados: Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal, mientras que las especies detectadas corresponden a *Abrothrix andinus* (laucha andina), *Eligmodontia puerulus* (lauchita de pie sedoso) y *Phyllotis xanthopygus* (lauchón orejudo).

En el hábitat de Rica rica-Pingo pingo se capturaron diez ejemplares de *E. puerulus* (3,33 ind/hábitat), tres de *P. xanthopygus* (0,67 ind/hábitat) y sólo un ejemplar de *A. andinus* (0,33 ind/hábitat). Para el hábitat de Brea-Cachiyuyo se capturaron catorce individuos de *E. puerulus* (4,67 ind/hábitat) y once individuos de la especie *P. xanthopygus* (3,67 ind/hábitat). Por su parte, en el hábitat de Pajonal se registraron 35 ejemplares de *A. andinus*, lo que representa una abundancia promedio de 11,67 ind/hábitat, y finalmente tres ejemplares de *P. xanthopygus* alcanzando una abundancia de 1,0 ind/hábitat.

En cuanto al roedor fosorial *Ctenomys fulvus* (tucu-tucu), se registró en forma directa mediante la captura de un ejemplar en las trampas Sherman en el hábitat Rica rica-Pingo pingo (sector Agua de Quelena).

Además en las prospecciones de la campaña 2016 se detectó la presencia y actividad de esta especie a través de madrigueras activas en los cinco sectores estudiados: Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Laguna Interna. En relación a la ocupación y preferencia de hábitat por parte de la especie, fue detectado en el 100% de hábitat de Brea-Cachiyuyo y 75% en el hábitat de Pajonal, seguido por el 50% de hábitat de Rica rica-Pingo pingo y 25% Marginal de Salar. Esto permite corroborar su amplia distribución y la utilización de diversos ambientes por sus poblaciones en el Borde Este del Salar de Atacama.

Tabla 5-24. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	3,00
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	0,67
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	4,67
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	2,00
	3	Pajonal	<i>Abrothrix andinus</i>	11,67
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	0,33
Aguas de Quelana	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Abrothrix andinus</i>	0,33
			<i>Eligmodontia puerulus</i>	0,33
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Phyllotis xanthopygus</i>	1,67
	3	Pajonal	<i>Phyllotis xanthopygus</i>	0,67

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

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3.2 *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 5-25. Durante la presente temporada, se obtuvieron registros en tres de las cuatro estaciones instaladas: dos en el sector Vega de Carvajal y una en sector Aguas de Quelana. Estas estaciones olfativas fueron visitadas por especies pertenecientes a distintos taxa (incluyendo micromamíferos y aves), detectándose sólo en una de ellas la visita de *Pseudalopex sp.* (zorro).

Para las estaciones olfativas implementadas en el sector de Vega de Carvajal, los rastros de *Pseudalopex sp.* sólo se obtuvieron en el hábitat de Rica rica-Pingo pingo, no existiendo visitas en el hábitat de Brea-Cachiyuyo. Por su parte, en el sector de Aguas de Quelana, tanto en el hábitat de Rica rica-Pingo pingo como en el de Brea-Cachiyuyo, no se registraron visitas por parte de zorros. Por su parte, los registros de las estaciones olfativas permitieron detectar huellas y registros de *Cathartes aura* (jote cabeza colorada) en el sector de Vega Carvajal, y de roedores de la familia Cricetidae en ambos sectores en forma circunstancial.

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 los cinco sectores estudiados (Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Peine). De los hábitat utilizados por la especie, se obtuvieron registros indirectos en el 100% de los hábitat de Brea-Cachiyuyo, en el 75% de los hábitat de Rica rica-Pingo pingo, en el 50% de los hábitat Pajonal y Marginal de Salar, además de registros en el hábitat de Salar de Peine. Así mismo, fue posible divisar un ejemplar de *Pseudalopex culpaeus* (zorro culpeo) durante la realización del transecto de Pajonal en el sector del Cruce Camar.

Estos registros permiten sostener lo planteado en años anteriores en relación al extenso ámbito de hogar y uso del territorio que presenta este género, desplazándose en todo el Borde Este del Salar de Atacama.

En cuanto a otros hallazgos de macromamíferos, cabe destacar que en el hábitat Marginal de Salar del sector Agua de Quelana se encontró un ejemplar muerto de *Leopardus colocolo* (gato colocolo), de larga data.

Tabla 5-25. Índice de visitas de *Pseudalopex culpaeus* (zorro culpeo) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2016

Sector	Transecto	Hábitat	% Visitas (<i>Pseudalopex culpaeus</i>)	Observaciones de improntas (varias)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	100	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i> , roedor Cricétido y <i>C. aura</i>
	2	Brea-Cachiyuyo	0	Visitada por roedor Cricétido
Aguas de Quelana	1	Rica rica-Pingo pingo	0	Visitada por roedor Cricétido
	2	Brea-Cachiyuyo	0	SV

SV: Sin visitas

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 2016 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 2016 no fue posible relizar el monitoreo de las siguientes 12 estaciones:

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

El certificado que acredita esta situación se presenta en el Anexo IX.

5.4.1 Medio Abiótico

La campaña realizada en abril 2016 permitió revisar las variables abióticas de los sistemas hidrológicos del área de estudio y analizar sus parámetros. Los resultados de todas las mediciones realizadas se presentan en la Tabla 5-26. Además, en las secciones que siguen, se presentan 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 5-26. Parámetros fisicoquímicos en el agua y sedimentos de los sistemas lacustres (abril 2016).

Sistema lacustre	Estación	OD (mg/L)	OD (%)	T (°C)	pH	CE (mS/cm)	Salinidad (g/L)	Temperatura sedimento (°C)	Conductividad sedimento (mS/cm)	Temperatura agua intersticial (°C)	Conductividad agua intersticial (mS/cm)
Aguas de Quelana	Q-0	4,66	48	8,9	7,42	>199,9	298	8,4	199	9,2	200
	Q-1	4,34	44	22,1	7,51	197	209	16,5	169	20,5	170
	Q-4	5,37	54	25,6	8,21	88,1	15,5	22,4	98,1	24,3	99,5
Puillar	PU-1	9,22	106	18,5	7,92	24,3	13,5	20,5	13,1	19	14,5
	PU-2	9,85	104	11,8	8,31	31,3	14,5	10,7	17,3	10,9	25,5
	PU-3	5,6	58	19,6	8,34	28,1	15,8	16,6	12,5	17,8	20,4
Soncor	BN-3	3,83	41	29,8	6,56	199,9	193	27,3	199	29	200
	CH-1	4,73	51	29,5	7,77	106,1	79	26,5	78	28,9	89,9
	BM-1	5,03	49	30,2	7,99	88,1	64	26,5	98,8	28,5	89
Peine	PE-1	8,41	102	8,5	6,21	48,2	28	10,5	43,8	8,3	45,4
	PE-2	7,45	81	12,8	8,08	49,9	29	16,5	51,8	10,4	49,5
	SA-1	9,7	101	13,8	8,34	46,5	27	15,6	37,2	12,5	44,7
	SA-2	8,52	100	22,3	8,11	65	27	20,8	38,2	20	56,1

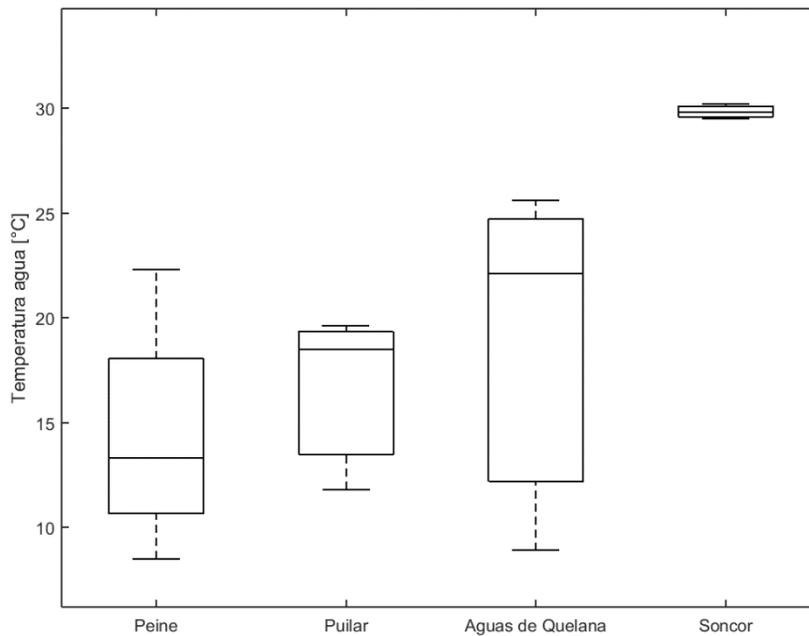
Fuente: UCN.

5.4.1.1 Temperatura del agua

La temperatura del agua registrada en los distintos sistemas se presenta gráficamente en la Figura 5-9 y sus estadígrafos se presentan en la Tabla 5-27.

Con excepción del sistema Soncor, todos los sistemas muestran una importante dispersión de los datos. El sistema Soncor presenta el promedio (29,8 °C) igual a la mediana y una muy baja dispersión (DE=0,35 °C; CV=1,18 %). Por su parte, los sistemas Puilar, Aguas de Quelana, y Peine presentaron coeficientes de variación de 25,4%, 46,7% y 40,3%, respectivamente. Estos tres sistemas presentaron temperaturas promedio de 16,6 °C, 18,9 °C y 14,4 °C, y medianas de 18,5 °C, 22,1 °C y 13,3 °C, respectivamente.

Figura 5-9. Representación gráfica de la temperatura del agua registrada en cada sistema lagunar (abril 2016). 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 5-27. 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	3	16,6	4,22	25,4	11,8	19,6	11,8	18,5	19,6
Soncor	3	29,8	0,351	1,18	29,5	30,2	29,5	29,8	30,2
Quelana	3	18,9	8,81	46,7	8,9	25,6	8,9	22,1	25,6
Peine	4	14,4	5,78	40,3	8,5	22,3	9,57	13,3	20,18

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

Fuente:UCN

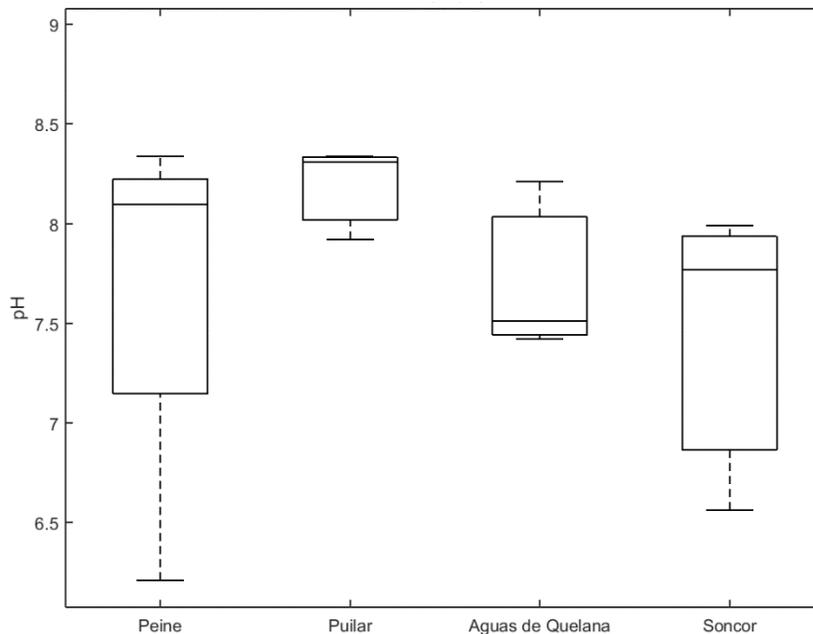


5.4.1.2 pH del agua

Los resultados de las mediciones de pH registrados en cada sistema lagunar se presentan gráficamente en la Figura 5-10, en tanto que los estadígrafos se presentan en la Tabla 5-27.

Como puede verse en la Figura 5-10, los valores de pH de los sistemas hidrológicos presentaron un bajo nivel de dispersión, con coeficientes de variación: Puilar 2,86 %; Soncor 10,3 %; Aguas de Quelana 5,6 % y Peine 12,9 % (Tabla 5-28). Los promedios de pH de cada sector (Tabla 5-28) fueron: 8,19; 7,44; 7,71 y 7,69, para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente, mientras que sus medianas, en el mismo orden fueron: 8,31, 7,77, 7,51 y 8,09.

Figura 5-10. Representación gráfica del pH del agua registrado en cada sistema lagunar (abril de 2016). 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 5-28. 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	3	8,19	0,234	2,86	7,92	8,34	7,92	8,31	8,34
Soncor	3	7,44	0,77	10,35	6,56	7,99	6,56	7,77	7,99
Quelana	3	7,71	0,43	5,61	7,42	8,21	7,42	7,51	8,21
Peine	4	7,69	0,99	12,88	6,21	8,34	6,68	8,1	8,28

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

Fuente:UCN



5.4.1.3 Conductividad eléctrica del agua

La CE registrada en los sistemas lagunares se presentan gráficamente en la Figura 5-11 y sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-29.

En la Figura 5-11 se observa que los sistemas Soncor y Aguas de Quelana presentaron una alta dispersión de datos, con coeficientes de variación de 45,7 % y 39,4 %, respectivamente. Los sistemas hidrológicos de Puilar y Peine, presentaron datos más homogéneos con coeficientes de variación de 12,6 % y 16,2 %, respectivamente.

Los promedios de CE del agua fueron: 27,9 mS/cm; 131 mS/cm; 162 mS/cm y 52,4 mS/cm para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente. Las medianas en los sistemas, en el mismo orden, fueron: 28,1 mS/cm; 106 mS/cm; 197 mS/cm y 49,1 mS/cm (Tabla 5-29).

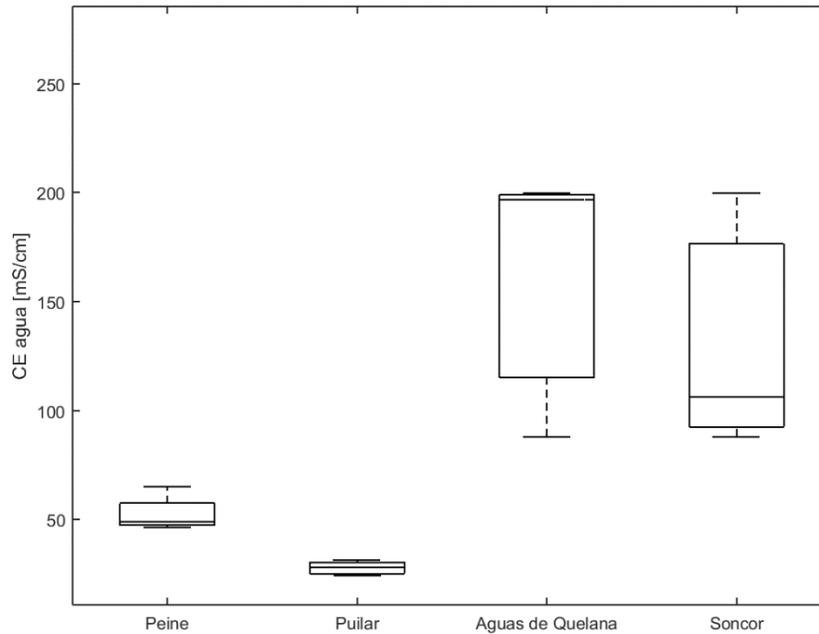
Tabla 5-29. Estadígrafos de la conductividad eléctrica del agua (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puilar	3	27,9	3,5	12,6	24,3	31,3	24,3	28,1	31,3
Soncor	3	131	60	45,7	88,1	200	88,1	106,1	200
Quelana	3	162	63,7	39,4	88,1	200	88,1	197	200
Peine	4	52,4	8,51	16,2	46,5	65	46,9	49,1	61,2

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

Fuente: UCN

Figura 5-11. Representación gráfica de la CE del agua (mS/cm), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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).



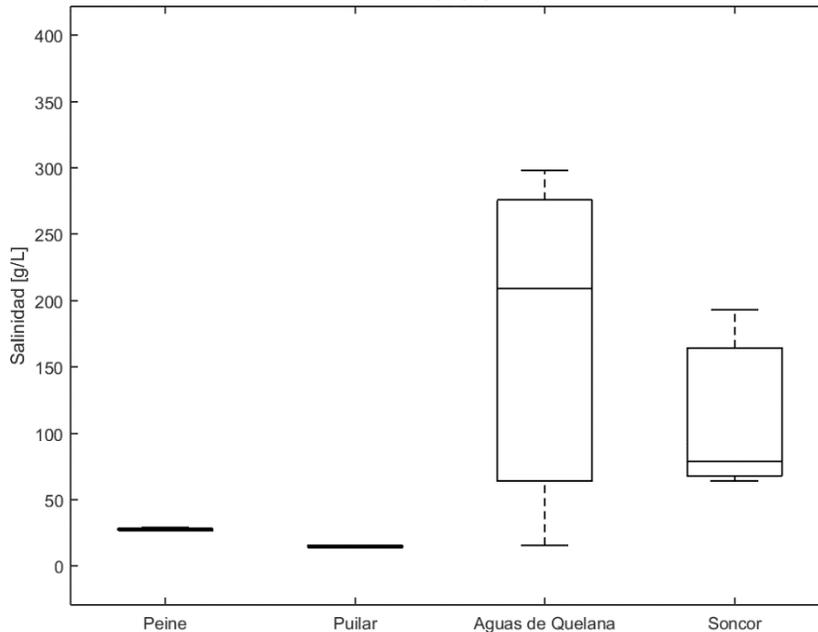
Fuente: UCN

5.4.1.4 Salinidad del agua

La salinidad registrada en el agua de los sistemas lagunares se presenta en la Figura 5-12 y sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-30.

En concordancia con lo observado en el parámetro CE, en la Figura 5-12 se observa una alta dispersión de los datos en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana (coeficientes de variación 63% y 83%, respectivamente). En estos sistemas la salinidad promedio fue 112, g/L y 174 g/L, mientras que las medianas arrojaron 79 g/L y 209 g/L, respectivamente (Tabla 5-30). Los sistemas Puilar y Peine mostraron una dispersión de datos reducida (CV=7,9 % y CV= 3,5 %, respectivamente). Su salinidad promedio fue de 14,6 g/L y 27,75 g/L y la mediana, fue 14,5 g/L y 27,5 g/L, respectivamente (Tabla 5-30).

Figura 5-12. Representación gráfica de la salinidad del agua (g/L), registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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 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
Puilar	3	14,6	1,153	7,9	13,5	15,8	13,5	14,5	15,8
Soncor	3	112	70,5	63	64	193	64	79	193
Quelana	3	174	144	83	15,5	298	15,5	209	298
Peine	4	27,8	0,96	3,5	27	29	27	27,5	28,8

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

Fuente:UCN

5.4.1.5 Oxígeno disuelto en el agua

La concentración de OD registrada en los sistemas lagunares en abril de 2016 se presenta de forma gráfica en la Figura 5-13 y sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-31.

En la Tabla 5-31 se observa que la concentración de OD fluctuó entre 3,84 mg/L (Soncor) y 9,85 mg/L (Puilar) y los coeficientes de variación entre 10,8% y 27,9%. En promedio, los valores de OD fueron 8,22 mg/L; 4,53 mg/L; 4,79 mg/L y 8,52 mg/L, para los sistemas Puilar, Soncor, Agua de Quelana y Peine, respectivamente. En el mismo orden, las medianas fueron 9,22 mg/L; 4,73 mg/L; 4,66 mg/L y 8,46 mg/L (Tabla 5-31; Figura 5-13).



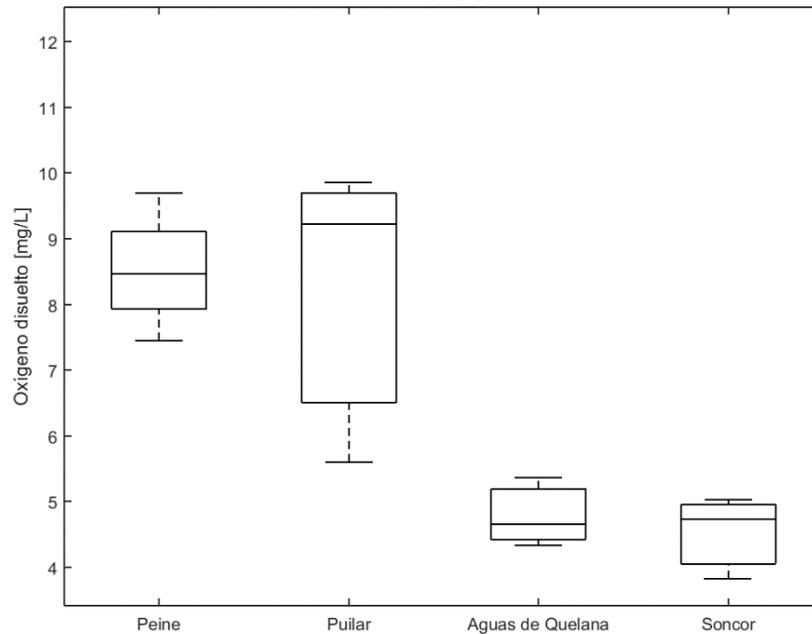
Tabla 5-31. Estadígrafos de concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puillar	3	8,22	2,29	27,9	5,6	9,85	5,6	9,22	9,85
Soncor	3	4,53	0,62	13,8	3,83	5,03	3,83	4,73	5,03
Quelana	3	4,79	0,53	11,01	4,34	5,37	4,34	4,66	5,37
Peine	4	8,52	0,92	10,8	7,45	9,7	7,69	8,47	9,41

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

Fuente:UCN

Figura 5-13. Representación gráfica de la concentración de oxígeno disuelto (OD) registrada en los sistemas lagunares (abril 2016). 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 5-14 y Figura 5-15 respectivamente. Además, sus estadígrafos se muestran en la Tabla 5-32 y Tabla 5-33.

Al igual que en la columna de agua, la CE de los sedimentos en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana presentó una alta dispersión (CV = 51,7 % y 33,4%, reselectivamente), mientras que los sistemas Puillar y Peine presentaron datos más homogéneos (CV=18,3% y 15,7%, reselectivamente). El promedio de este parámetro fue 14,2 mS/cm; 125 mS/cm; 155 mS/cm y 42,3 mS/cm para los sistemas Puillar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente. Los valores de las medianas en el mismo orden fueron de 13,1 mS/cm; 98,8 mS/cm; 169 mS/cm y 41 mS/cm (Tabla 5-32).



Por su parte, la CE del agua intersticial presentó una alta dispersión en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana (CV = 50,5 % y 33%, respectivamente), mientras que los sistemas Puilar y Peine presentaron una dispersión menor (CV= 27,3% y 10,7%, respectivamente). La CE promedio del agua intersticial fue 20,1 mS/cm; 126 mS/cm; 157 mS/cm y 48,9 mS/cm para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente. Los valores de las medianas en el mismo orden fueron de 20,4 mS/cm; 89,9 mS/cm; 170 mS/cm y 47,5 mS/cm (Tabla 5-33).

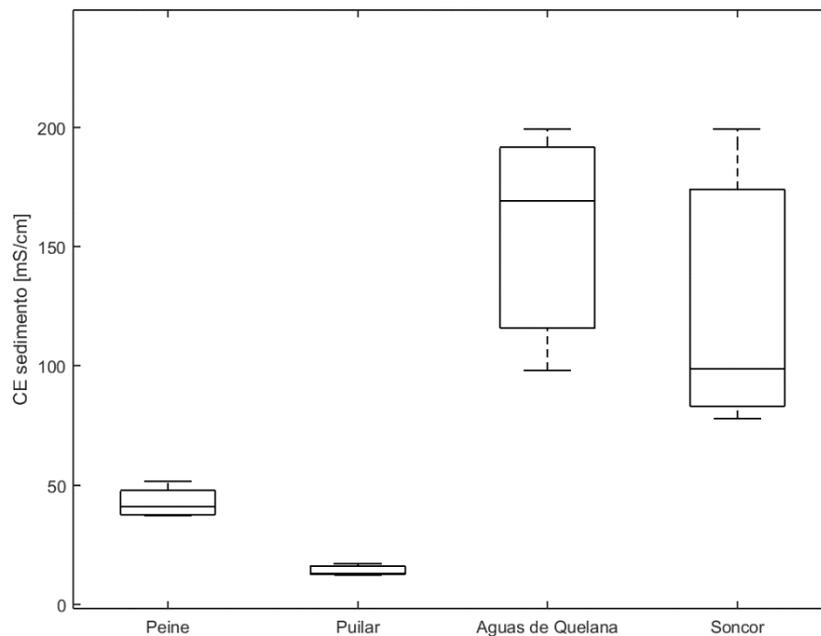
Tabla 5-32. Estadígrafos de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puilar	3	14,3	2,62	18,29	12,5	17,3	12,5	13,1	17,3
Soncor	3	125	64,7	51,7	78	199	78,0	98,8	199
Quelana	3	155	51,8	33,4	98,1	199	98,1	169	199
Peine	4	42,8	6,7	15,7	37,2	51,8	37,5	41	49,8

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

Fuente:UCN

Figura 5-14. Representación gráfica de la CE de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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 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
Puilar	3	20,1	5,5	27,3	14,5	25,5	14,5	20,4	25,5



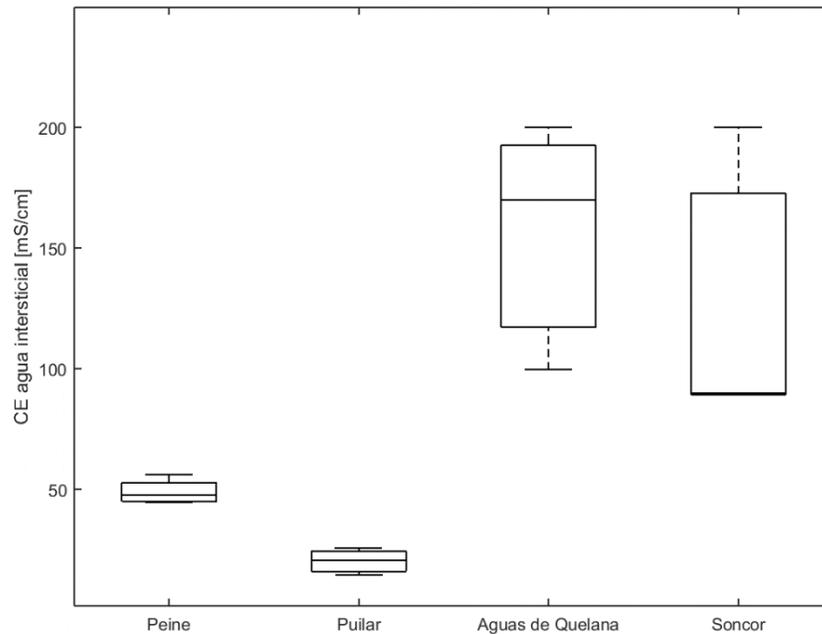
Tabla 5-33. Estadígrafos de la CE del agua intersticial de los sedimentos (mS/cm) registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Soncor	3	126	63,8	50,5	89	200	89	89,9	200
Quelana	3	157	51,6	33	99,5	200	99,5	170	200
Peine	4	48,9	5,23	10,7	44,7	56,1	44,9	47,5	54,5

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

Fuente:UCN

Figura 5-15. Representación gráfica de la CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos, registrada en los sistemas lagunares (abril de 2016). 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 5-16 y la Tabla 5-34 presenta sus estadígrafos.

En la Figura 5-16 se observa que los sistemas Puilar, Soncor y Peine presentaron una alta dispersión (CV = 44,6%, 31% y 26,7%), mientras ésta fue baja en el sistema Aguas de Quelana (CV=1,7%). Los promedios de temperatura fueron 15,8 °C; 15,9 °C; 26,8 °C y 15,9 °C para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente. Los valores de las medianas en el mismo orden fueron 16,5 °C; 16,6 °C; 26,5 °C y 16,1 °C (Tabla 5-34).



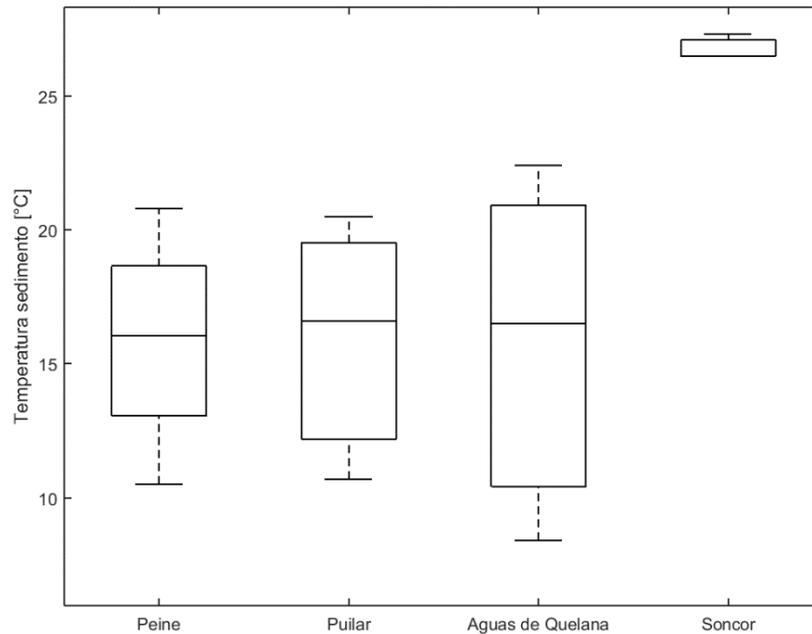
Tabla 5-34. Estadígrafos de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	3	15,8	7,03	44,6	8,40	22,4	8,4	16,5	22,4
Soncor	3	15,9	4,93	31,0	10,7	20,5	10,7	16,6	20,5
Quelana	3	26,8	0,46	1,73	26,5	27,3	26,5	26,5	27,3
Peine	4	15,9	4,23	26,7	10,5	20,8	11,8	16,1	19,7

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

Fuente:UCN

Figura 5-16. Representación gráfica de la temperatura de los sedimentos (°C) registrada en los sistemas lagunares (abril 2016). 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 fitobento), fitoplancton, fitobentos, zooplancton, zoobentos y plantas acuáticas.

5.4.2.1 Clorofila-a

La concentración de clorofila-a del fitoplancton y perifita en todas las estaciones monitoreadas el año 2016 de los cuatro sistemas lacustres se presentan en la Tabla 5-35. 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 5-35. Concentración de clorofila del fitoplancton y perifiton en las estaciones de monitoreo (abril de 2016).

Sistema lacustre	Estación	Clorofila fitoplancton ($\mu\text{g/L}$)	Clorofila perifiton ($\mu\text{g/L}$)
Aguas de Quelana	Q-0	151	0,022
	Q-1	264	0,099
	Q-4	58	1,016
Puillar	PU-1	0	0,042
	PU-2	0	0,362
	PU-3	0	0,256
Soncor	BN-3	14	0,273
	CH-1	92	0,636
	BM-1	75	0,309
Peine	PE-1	0	0,974
	PE-2	0	0,871
	SA-1	12	0,711
	SA-2	209	0,452

Fuente:UCN

5.4.2.1.1 *Clorofila-a del fitoplancton (columna de agua)*

Los resultados de clorofila-a del fitoplancton se representan gráficamente en la Figura 5-17 para cada sistema lacustre y en la Tabla 5-36 se muestran los estadígrafos.

En promedio, la concentración de clorofila del fitoplancton fluctuó entre 55,3 $\mu\text{g/L}$ y 158 $\mu\text{g/L}$, y las medianas se encontraron dentro del rango 6 –151 $\mu\text{g/L}$. Todos los sistemas presentaron una alta dispersión de sus datos (CV 65% – 186%). Cabe mencionar que el valor “0” reportado en todas las estaciones del sistema Puillar y en las estaciones PE-2 y PE3 (Tabla 5-35), se puede explicar por un posible error de procedimiento analítico. Lo anterior se debe a que en análisis de fitoplancton (ver acápite de resultados de fitoplancton) se detectaron microalgas en estas estaciones, por lo que debió haber correspondientemente valores de Clorofila-a en ellas.

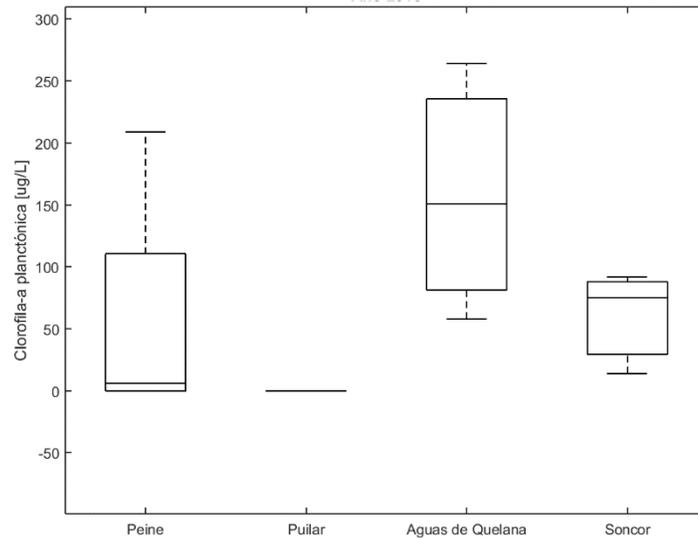
Tabla 5-36. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) del fitoplancton registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puillar	3	0	0	-	0	0	0	0	0
Soncor	3	60,3	41	68,0	14	92	14	75	92
Quelana	3	158	10	65,4	58	264	58,0	151	264
Peine	4	55,3	102	186	0	209	0	6	160

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

Fuente:UCN

Figura 5-17. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) del fitoplancton, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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

5.4.2.1.2 *Clorofila-a en perifiton (fitobentos)*

Los resultados de clorofila-a del perifiton se representan gráficamente en la Figura 5-18 para cada sistema lacustre y en la Tabla 5-37 se muestran los estadígrafos.

En promedio, la concentración de clorofila del perifiton fluctuó entre 0,38 $\mu\text{g/L}$ y 0,75 $\mu\text{g/L}$, y las medianas se encontraron dentro del rango 0,1 – 0,79 $\mu\text{g/L}$. Todos los sistemas presentaron una alta dispersión de sus datos (CV 30,2% – 146%), especialmente el sistema Puilar. En contraste a lo observado en las mediciones de clorofila en el fitoplancton, para este parámetro no hubo mediciones iguales a 0 $\mu\text{g/L}$.

Tabla 5-37. Estadígrafos de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos.

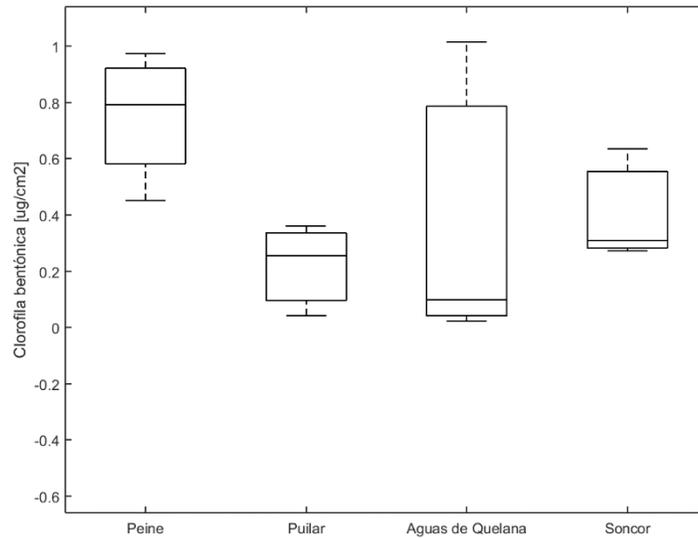
Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Puilar	3,00	0,38	0,55	146	0,02	1,02	0,02	0,10	1,02
Soncor	3,00	0,22	0,16	74,1	0,04	0,36	0,04	0,26	0,36
Quelana	3,00	0,41	0,20	49,3	0,27	0,64	0,27	0,31	0,64
Peine	4,00	0,75	0,23	30,2	0,45	0,97	0,52	0,79	0,95

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

Fuente:UCN



Figura 5-18. Representación gráfica de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) del perifiton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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 2016 para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, se presentan en la Tabla 5-38, Tabla 5-39, Tabla 5-40 y Tabla 5-41, respectivamente. La composición (abundancia relativa promedio) se presenta gráficamente para cada sistema lacustre en la Figura 5-19. Por su parte, la abundancia en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Figura 5-20 y Tabla 5-42, respectivamente.

Tabla 5-38. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Puilar.

Taxa	PU-1		PU-2		PU-3	
	cél/ mL	% A.R.	cél/ mL	% A.R.	cél/ mL	% A.R.
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Cocconeis placentula</i>	200	8,33				
<i>Suirella wetzeli</i>			200	11,11		
<i>Amphora carvajaliana</i>	100	4,17				
<i>Nitzschia hungarica</i>			400	22,22		
<i>Diploneis smithii</i>					200	22,2
<i>Mastogloia smithii</i>	100	4,17				
<i>Rhopalodia constricta</i>			200	11,11	100,0	11,1
CHLOROPHYCEAE						
<i>Chlorella fusca</i>	1000	41,67				



Taxa	PU-1		PU-2		PU-3	
<i>Chlorella vulgaris</i>	1000	41,67	1000	55,56	600	66,7
Total abundancia (cél/L)	2400		1800		900	
Riqueza de taxa	5		4		3	
Riqueza del sistema (taxa)	9					

Fuente:UCN

Tabla 5-39. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Soncor.

Taxa	BN-3		CH-1	
	cél/ m/L	% A.R.	cél/ m/L	% A.R.
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Amphora acutiuscula</i>	200	25		
<i>Amphora carvajaliana</i>	100	12,5	600	24
<i>Achnanathes speciosa</i>			100	4
<i>Diploneis smithii</i>	100	12,5		
<i>Navicula carvajaliana</i>			200	8
<i>Nitzschia bacillum</i>	200	25		
<i>Proschkinia bulnheimii</i>			600	24
<i>Stauroneis atacamae</i>			800	32
<i>Rhopalodia wetzeli</i>	200	25,00		
CHLOROPHYCEAE				
<i>Chlorella vulgaris</i>			200	8,33
Total Abundancia (cél/L)	800		2500	
Riqueza de Taxa	5		6	
Riqueza del sistema (taxa)	10			

Fuente:UCN

Tabla 5-40. Composición, riqueza, abundancia total (cél /mL) y relativa (A.R.) del fitoplancton en el sistema lagunar Aguas de Quelana.

Taxa	Q-0		Q-1		Q-4	
	cél/ m/L	% A.R.	cél/ m/L	% A.R.	cél/ m/L	% A.R.
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Surirella wetzeli</i>					200	28,57
<i>Amohora acutiuscula</i>			100	50	100	14,29
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>					200	28,57
<i>Nitzschia pusilla</i>			100	50		
<i>Mastogloia smithii</i>					200	28,57
Total Abundancia (cél/L)	0		200		700	
Riqueza de Taxa	0		2		4	
Riqueza del sistema (taxa)	5					

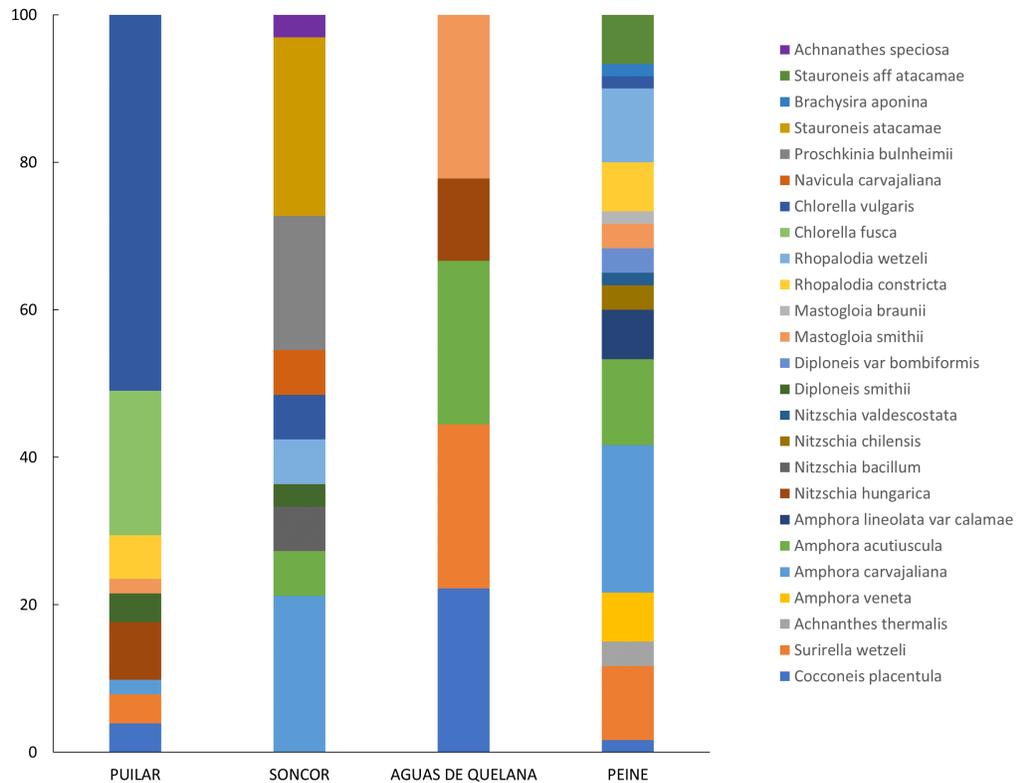
Fuente:UCN

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

Taxa	PE-2		PE-1		SA-1		SA-2	
	cél/ m/L	% A.R.						
BACILLARIOPHYCEAE								
<i>Surirella wetzeli</i>	600	85,71						
<i>Achnanthes thermalis</i>					200	13,33		
<i>Amphora veneta</i>					200	13,33	200	5,71
<i>Amphora acutiuscula</i>			100	33,33			600	17,1
<i>Amphora carvajalana</i>			200	66,67	400	26,67	600	17,1
<i>Amphora lineolata var calamae</i>							400	11,4
<i>Cocconeis placentula var. Lineata</i>							100	2,86
<i>Diploneis var bombiformis</i>					200	13,33		
<i>Mastogloia braunii</i>					100	6,67		
<i>Nitzschia chilensis</i>							200	5,71
<i>Nitzschia valdescostata</i>							100	2,86
<i>Mastogloia smithii</i>							200	5,71
<i>Brachysira aponina</i>							100	2,86
<i>Stauroneis aff atacamae</i>					200	13,33	200	5,71
<i>Rhopalodia constricta</i>							400	11,4
<i>Rhopalodia wetzeli</i>					200	13,33	400	11,4
CHLOROPHYCEAE								
<i>Chlorella vulgaris</i>	100	14,29						
Total Abundancia (cél/L)	700		300		1500		3500	
Riqueza de Taxa	2		2		7		12	
Riqueza del sistema (taxa)	17							

Fuente:UCN

Figura 5-19. Riqueza y abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitoplancton registradas en los sistemas lagunares (abril de 2016).



Fuente:UCN

Como puede verse en la Figura 5-19 las taxa más abundantes en los sistemas Puillar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine fueron *Chlorella vulgaris*, *Stauroneis atacamae*, *Mastogloia smithii* y *Amphora carvajaliana*, respectivamente. Por su parte, la riqueza de especies para estos sistemas, en el mismo orden anterior, fue de 9, 9, 5 y 17 taxa (Tabla 5-42).

La abundancia de fitoplancton registrada durante el monitoreo del año 2016 osciló entre 0 y 3.500 cél/L en el conjunto de sistemas hidrológicos revisados (Tabla 5-42). Los promedios se presentaron dentro del rango 300 – 1.700 cél/L, en tanto las medianas oscilaron entre 200 cél/L y 1.800 cél/L.

Tabla 5-42. Estadígrafos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

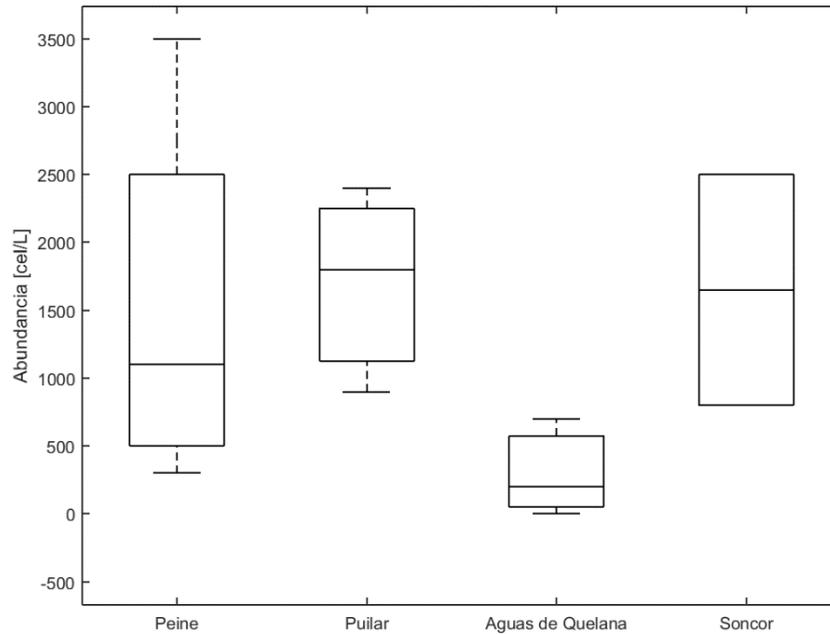
Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puillar	3	1.700	755	44,4	900	2.400	900	1.800	2.400
Soncor	2	1.650	1.202	72,9	800	2.500	*	1.650	*
Quelana	3	300	361	120	0	700	0,0	200	700
Peine	4	1.500	1.424	94,9	300	3.500	400	1.100	3.000

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

Fuente:UCN



Figura 5-20. 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 5-43, Tabla 5-44, Tabla 5-45 y Tabla 5-46, respectivamente. La composición (abundancia relativa promedio) se presenta gráficamente para cada sistema lacustre en la Figura 5-21. Por su parte, la abundancia de fitobentos en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Figura 5-20 y Tabla 5-47.

Como puede verse en la Tabla 5-43, Tabla 5-44, Tabla 5-45 y Tabla 5-46, la riqueza taxonómica de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron de 40, 60, 27 y 49 taxa, respectivamente. Las especies dominantes en estos mismos sistemas fueron *Craticula grunowii*, *Amphora carvajaliana*, *Craticula grunow* y *Amphora carvajaliana*, respectivamente (Figura 5-21).

Tabla 5-43. Composición, riqueza abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Puilar.

Taxa	PU--1		PU--2		PU--3	
	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%
<i>Achnanthes submarina</i>			2000	1,18		
<i>Achnanthes thermalis</i>	400	0,93	12000	7,06		
<i>Amphora acutiuscula</i>	200	0,47	40000	23,53		
<i>Amphora boliviana</i>	200	0,47				



<i>Amphora carvajaliana</i>	800	1,87	32000	18,82	2000	1,45
<i>Amphora veneta</i>	1400	3,27	2000	1,18		
<i>Coconeis placentula var euglypta</i>	200	0,47			2000	1,45
<i>Craticula grunowii sp1</i>			10000	5,88	70000	50,72
<i>Cyclotella ocellata</i>			10000	5,88		
<i>Denticula elegans</i>	4000	9,35	2000	1,18		
<i>Denticula kuetzinguii</i>					2000	1,45
<i>Denticula thermalis</i>						
<i>Denticula valida</i>	800	1,87			2000	1,45
<i>Diploneis minuta</i>			2000	1,18		
<i>Diploneis smithii var rhombica</i>	8000	18,69				
<i>Diploneis smithii var dilatata</i>	18200	42,52				
<i>Entomoneis paludosa</i>	200	0,47	2000	1,18	2000	1,45
<i>Fragilaria brevistriata</i>	800	1,87				
<i>Fragilaria construens f. subsalina</i>	200	0,47				
<i>Fragilaria pinnata</i>	200	0,47				
<i>Frankophila similioides</i>	800	1,87				
<i>Navicula bory</i>			2000	1,18		
<i>Navicula carvajaliana v carvajaliana</i>			2000	1,18		
<i>Navicula cryptotenella</i>			4000	2,35	4000	2,90
<i>Navicula tripunctata</i>	200	0,47				
<i>Nitzschia hassall aff. fonticola Grunow</i>			2000	1,18		
<i>Nitzschia hungarica</i>					2000	1,45
<i>Nitzschia inconspicua</i>			4000	2,35		
<i>Nitzschia lacunarum</i>			2000	1,18		
<i>Nitzschia ovalis</i>					8000	5,80
<i>Nitzschia pusilla</i>			10000	5,88		
<i>Planothidium chilensis</i>	400	0,93	2000	1,18		
<i>Planothidium delicatulum</i>					34000	24,64
<i>Planothidium lanceolatum</i>	200	0,47				
<i>Rhopalodia constricta</i>	1000	2,34	4000	2,35	2000	1,45
<i>Rhopalodia wetzeli</i>			10000	5,88	4000	2,90
<i>Scolioleura peisonis</i>	1600	3,74				
<i>Stauroneis leigleri</i>			2000	1,18		
<i>Stauroneis aff atacamae</i>	3000	7,01	2000	1,18	2000	1,45
<i>Surirella wetzelli</i>			10000	5,88	2000	1,45
Total Abundancia (cél /mL)	42800		170000		138000	
Riqueza de Taxa	21		23		14	
Riqueza del sistema (taxa)	40					

Fuente:UCN



Tabla 5-44. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema lagunar Soncor.

Taxa	BN--3		BM--1		CH--1	
	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%
<i>Achnanthes thermalis</i>	12000	2,83	38800	14,67	14000	1,62
<i>Achnanthes atacamae</i>	6000	1,42				
<i>Achnanthes submarina</i>	18000	4,25	6000	2,27	8000	0,93
<i>Achanthidium minutissimum</i>			20400	7,72		
<i>Amphora acutiuscula</i>	36000	8,49	22800	8,62	232000	26,91
<i>Amphora atacamae</i>	6000	1,42	800	0,30		
<i>Amphora carvajaliana</i>	62000	14,62	31200	11,80	242000	28,07
<i>Amphora coffeaeformis</i>	38000	8,96	5200	1,97		
<i>Amphora lineolata var calamae</i>			800	0,30		
<i>Amphora veneta</i>	4000	0,94			10000	1,16
<i>Anomoeoneis sphaerophora f. costata</i>	4000	0,94	800	0,30		
<i>Anomoeoneis phaerophora var angusta</i>					4000	0,46
<i>Brachysira aponina</i>	4000	0,94				
<i>Craticula buderi</i>					22000	2,55
<i>Craticula grunow sp 1</i>	2000	0,47	400	0,15		
<i>Craticula halophila</i>					22000	2,55
<i>Craticula halophila</i>	2000	0,47	400	0,15		
<i>Coconeis placentula var euglypta</i>			800	0,30		
<i>Cyclotella ocellata</i>	4000	0,94	4400	1,66		
<i>Cyclotyella stelligera</i>					4000	0,46
<i>Cymbellonitzschia sp 1</i>					2000	0,23
<i>Denticula elegans</i>			400	0,15		
<i>Denticula valida</i>			800	0,30		
<i>Denticula subtilis</i>					2000	0,23
<i>Denticula thermalis</i>					2000	0,23
<i>Diploneis minuta</i>	6000	1,42				
<i>Diploneis smithii breb. Var dilatata</i>			400	0,15		
<i>Diploneis smithii var rhombica</i>					4000	0,46
<i>Fallacia diploneoides</i>	2000	0,47				
<i>halamphora atacamana</i>	14000	3,30				
<i>halamphora carvajaliana</i>	78000	18,40				
<i>Mastogloia smithii</i>					4000	0,46
<i>Microcostatus andinus</i>			2000	0,76	8000	0,93
<i>Navicula carvajaliana</i>	10000	2,36	800	0,30	2000	0,23
<i>Navicula radiosa</i>			800	0,30		
<i>Nitzschia accedens var chilensis</i>	10000	2,36	2000	0,76	8000	0,93

Taxa	BN--3		BM--1		CH--1	
	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%
<i>Nitzschia chilensis</i>					40000	4,64
<i>Nitzschia compressa</i>	2000	0,47	2800	1,06		
<i>Nitzschia hassall</i>					8000	0,93
<i>Nitzschia halloyii</i>					4000	0,46
<i>Nitzschia hungarica</i>			2800	1,06	8000	0,93
<i>Nitzschia inconspicua</i>			400	0,15	8000	0,93
<i>Nitzschia lacunarum</i>					4000	0,46
<i>Nitzschia latens</i>					20000	2,32
<i>Nitzschia ovalis</i>					10000	1,16
<i>Nitzschia pusilla</i>	10000	2,36			4000	0,46
<i>Nitzschia valdecostata</i>			400	0,15	4000	0,46
<i>Nitzschia valdestriata</i>					20000	2,32
<i>Planothidium chilensis</i>			10400	3,93	20000	2,32
<i>Planothidium delicatulum</i>	16000	3,77	33600	12,71	20000	2,32
<i>Planothidium lanceolatum</i>	6000	1,42	46000	17,40		
<i>Proschkinia bulnheimii</i>	12000	2,83	3200	1,21	20000	2,32
<i>Rhopalodia acuminata</i>			800	0,30		
<i>Rhopalodia constricta</i>	2000	0,47	400	0,15	12000	1,39
<i>Rhopalodia wetzeli</i>	2000	0,47	2800	1,06	10000	1,16
<i>Scoliopleura peisonis</i>	4000	0,94	400	0,15		
<i>Sellaphora laevisissima</i>	4000	0,94	2400	0,91		
<i>Stauroneis aff atacamae</i>	46000	10,85	9200	3,48	60000	6,96
<i>Surirella sella</i>			3200	1,21		
<i>Surirella wetzeli</i>	2000	0,47	5600	2,12		
Total Abundancia (cél/mL)	424000		264400		862000	
Riqueza de Taxa	30		36		34	
Riqueza del sistema (taxa)	60					

Fuente:UCN

Tabla 5-45. Composición, riqueza, abundancia total (cél/ mL) y relativa (%) de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana.

Taxa	Q--0		Q--1		Q--4	
	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%
<i>Achnanthes atacamae</i>			4000	2,61		
<i>Amphora acutiuscula</i>	400	11,76	28000	18,30	12000	50,00
<i>Amphora atacamana</i>			6000	3,92		
<i>Amphora boliviana</i>			4000	2,61		
<i>Amphora carvajaliana</i>	600	17,65	14000	9,15	64000	37,50
<i>Amphora coffeaeformis</i>			4000	2,61		
<i>Amphora veneta</i>			10000	6,54	16000	6,35
<i>Coconeis placentula var euglypta</i>					4000	1,59

Taxa	Q--0		Q--1		Q--4	
	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%
<i>Craticula grunow sp1</i>	400	11,76			108000	42,86
<i>Cyclotella stelligera</i>					4000	12,50
<i>Cyclotella ocellata</i>	400	11,76	6000	3,92		
<i>Denticula kuetzinguii</i>	400	11,76	2000	1,31		
<i>Denticula valida</i>	400	11,76	1000	0,65		
<i>Diploneis minuta</i>			6000	3,92		
<i>Diploneis smithii var dilatata</i>					8000	3,17
<i>Fragilaria construens f. subsalina</i>			2000	1,31		
<i>halamphora carvajaliana</i>					12000	4,76
<i>Mastogloia braunii</i>					12000	4,76
<i>Mastogloia elliptica</i>			4000	2,61		
<i>Nitzschia accedens var chilensis</i>			6000	3,92		
<i>Nitzschia chilensis</i>			4000	2,61		
<i>Nitzschia compressa</i>			8000	5,23		
<i>Nitzschia pusilla</i>			4000	2,61		
<i>Proschkinia bulnheimii</i>	400	11,76	12000	7,84		
<i>Stauroneis f. atacamae</i>	400	11,76	28000	18,30		
<i>Surirella wetzelli</i>					8000	3,17
<i>Scolioleura peisonis</i>					4000	1,59
Abundancia Total (cél/mL)	3400		153000		252000	
Riqueza de Taxa	8		19		10	
Riqueza total sistema (taxa)	27					

Fuente:UCN

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

Taxa	PE--2		PE--1		SA--1		SA--2	
	Cél /mL	%						
<i>Achanthidium minutissimum</i>							10000	5,35
<i>Achnanthes speciosa</i>							6000	3,21
<i>Achnanthes thermalis</i>	6000	2,65	2000	3,13	6000	0,54	2000	1,07
<i>Achnanthes submarina</i>					226000	20,36	4000	2,14
<i>Amphora atacamae</i>					8000	0,72	4000	2,14
<i>Amphora atacamana</i>					10000	0,90	2000	1,07
<i>Amphora acutiuscula</i>	28000	12,39	10000	15,63	246000	22,16	38000	20,34
<i>Amphora boliviana</i>	6000	2,65	10000	15,63	24000	2,16	2000	1,07
<i>Amphora carvajaliana</i>	50000	22,12	4000	6,25	350000	31,53	56000	29,98
<i>Amphora coffeaeformis</i>			4000	6,25	30000	2,70	2000	1,07
<i>Amphora ehrenberg sp1</i>					6000	0,54		
<i>Amphora veneta</i>					2000	0,18		
<i>Brachysira aponina</i>	12000	5,31	2000	3,13			2000	1,07

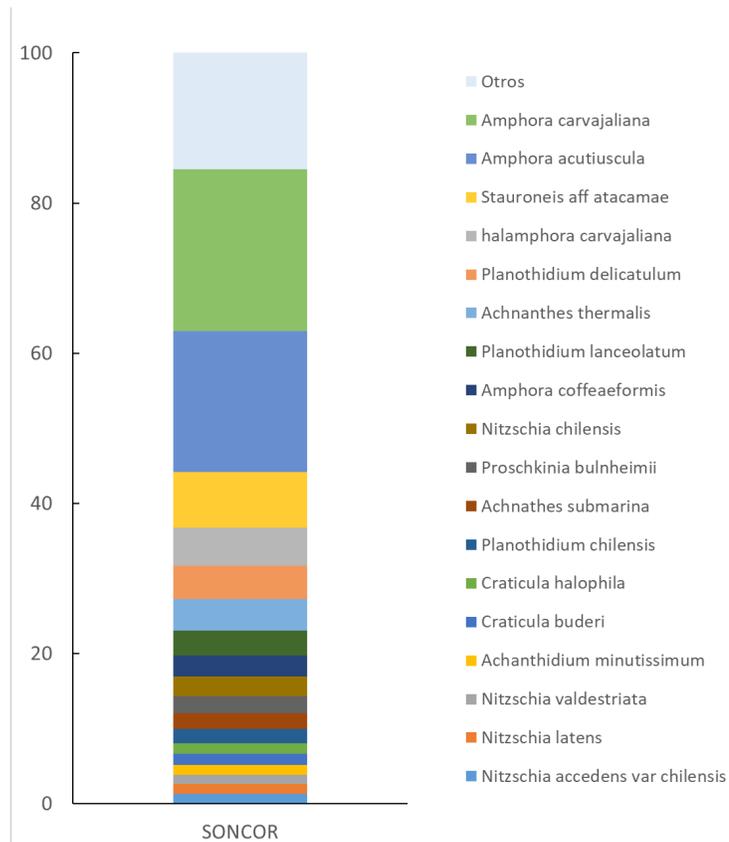
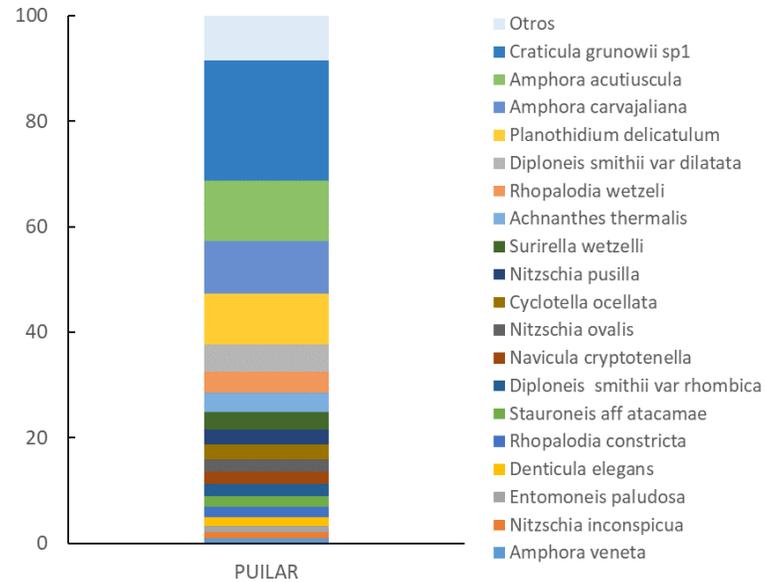


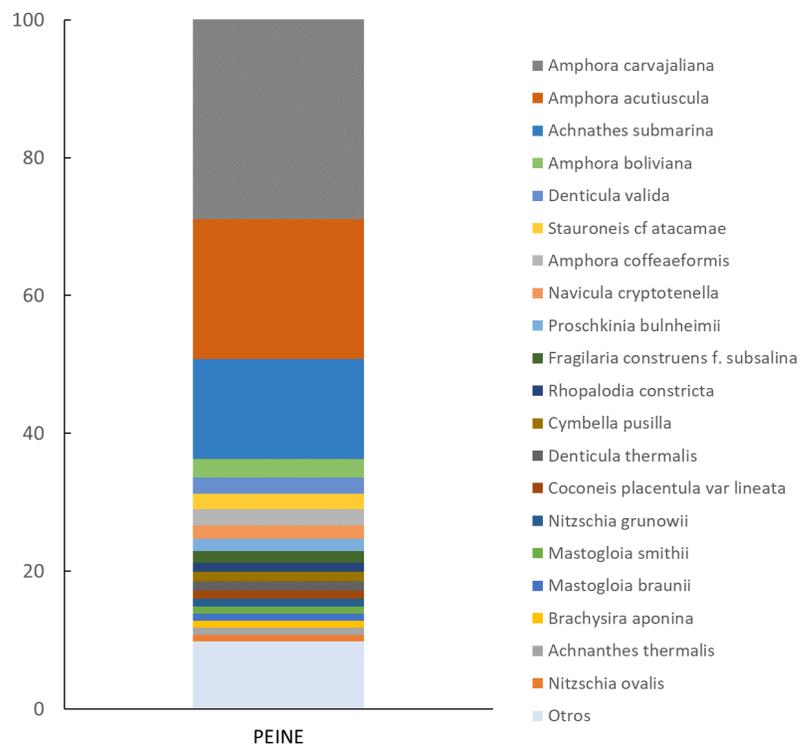
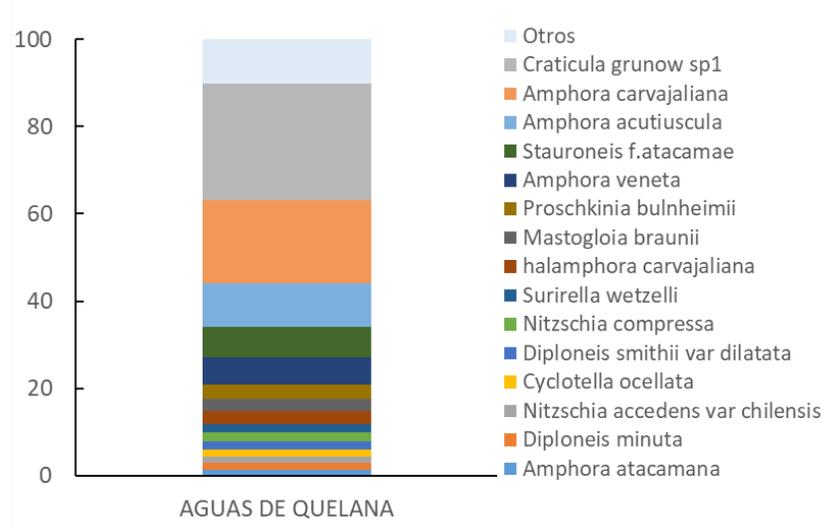
Taxa	PE--2		PE--1		SA--1		SA--2	
	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%	Cél /mL	%
<i>Cocconeis placentula var lineata</i>	10000	4,42			2000	0,18	8000	4,28
<i>cyclotella ocellata</i>	2000	0,88	6000	9,38	2000	0,18	2000	1,07
<i>Cymbella pusilla</i>					22000	1,98		
<i>Denticula elegans</i>	4000	1,77	2000	3,13				
<i>Denticula kuetzinguii</i>	4000	1,77			4000	0,36	2000	1,07
<i>Denticula subtilis</i>	6000	2,65						
<i>Denticula thermalis</i>	10000	4,42	6000	9,38	4000	0,36		
<i>Denticula valida</i>	30000	13,27	4000	6,25	2000	0,18	2000	1,07
<i>Diploneis smithii var rhombica</i>					2000	0,18		
<i>Diploneis smithii var dilatata</i>					4000	0,36		
<i>Entomoneis paludosa</i>							2000	1,07
<i>Fragilaria brevistriata</i>					2000	0,18		
<i>Fragilaria construens f. subsalina</i>	22000	9,73	4000	6,25				
<i>halamphora carvajalana</i>	4000	1,77	2000	3,13	2000	0,18	3000	1,61
<i>Mastogloia braunii</i>	10000	4,42	4000	6,25			2000	1,07
<i>Mastogloia smithii</i>	10000	4,42			4000	0,36	2000	1,07
<i>Navicula parinacota</i>					4000	0,36		
<i>Navicula bory</i>					6000	0,54		
<i>Navicula cryptotenella</i>					32000	2,88		
<i>Navicula salinicola var bolivana</i>			4000	6,25				
<i>Nitzschia accedens var chilensis</i>					2000	0,18	2000	1,07
<i>Nitzschia bacillum</i>					4000	0,36		
<i>Nitzschia grunowii</i>	6000	2,65			12000	1,08		
<i>Nitzschia hassall aff. fonticola Grunow</i>							2000	1,07
<i>Nitzschia hungarica</i>					2000	0,18		
<i>Nitzschia latens</i>					2000	0,18	2000	1,07
<i>Nitzschia ovalis</i>							15800	8,46
<i>Nitzschia pusilla</i>							2000	1,07
<i>Nitzschia valdestriata</i>							2000	1,07
<i>Planothidium delicatulum</i>					2000	0,18		
<i>Proschkinia bulnheimii</i>					26000	2,34	2000	1,07
<i>Rhopalodia constricta</i>					22000	1,98		
<i>Rhopalodia wetzeli</i>	4000	1,77			4000	0,36	2000	1,07
<i>Sellaphora laevisima</i>	2000	0,88			2000	0,18		
<i>Stauroneis cf atacamae</i>					32000	2,88	4000	2,14
<i>Surillera sella</i>							2000	1,07
Abundancia total (cél/ mL)	226000		64000		1110000		186800	
Riqueza de taxa	19		14		35		29	
Riqueza del sistema (taxa)	49							

Fuente:UCN.



Figura 5-21. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de fitobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2016). 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 (3.400 – 1.110.000 cél/mL) y las medianas de los sistemas oscilaron entre 138.000 y 206.400 cél/mL (Tabla 5-47). Los datos presentaron una alta dispersión como puede observarse en la Figura 5-22, con coeficientes de variación de 57%, 60%, 92% y 121% para los sistemas Pular, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente.



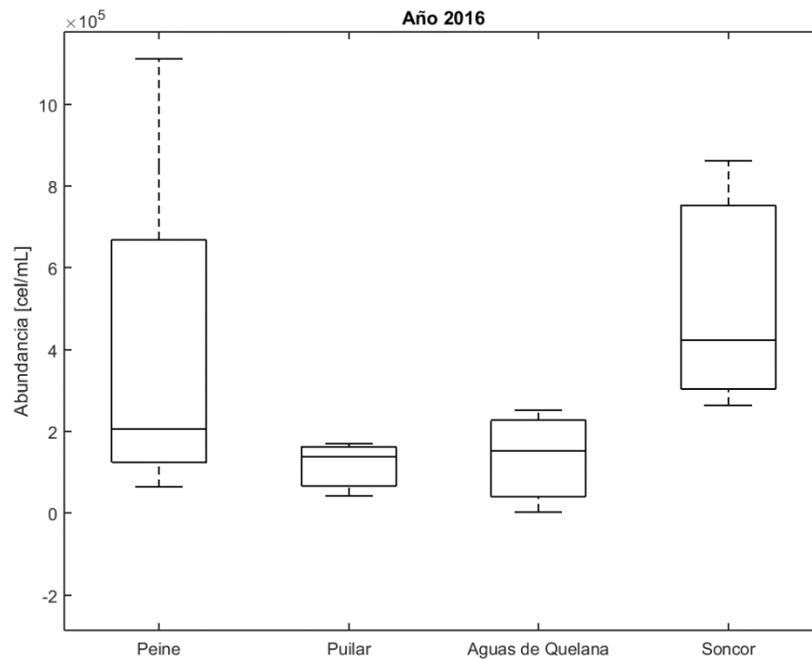
Tabla 5-47. Estadígrafos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	3	116.933	66.165	56,6	42.800	170.000	42.800	138.000	170.000
Soncor	3	516.800	309.419	59,9	264.400	862.000	264.400	424.000	862.000
Aguas	3	136.133	125.155	91,9	3.400	252.000	3.400	153.000	252.000
Peine	4	396.700	480.515	121	64.000	1.110.000	94.700	206.400	889.000

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

Fuente:UCN

Figura 5-22. Representación gráfica de la abundancia de fitobentos, registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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 Zooplankton

La composición, riqueza, abundancia total y relativa de zooplankton en las estaciones monitoreadas el año 2016 se presentan en la Tabla 5-48. La abundancia relativa promedio se presenta gráficamente para cada sistema lacustre en la Figura 5-23. Por su parte, la abundancia de zooplankton en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Figura 5-24 y Tabla 5-49, respectivamente.

La abundancia de zooplankton en las estaciones de muestreo se encontró dentro de un rango amplio (10 – 510 ind/L). Las riquezas taxonómicas de los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron



de 3, 2, 2 y 3 taxa, respectivamente, mientras que las especies dominantes en los sistemas en el mismo orden anterior fueron *Ostracoda sp.*, *Chironomidae sp.*, *Harpacticoidae sp.* y *Ostracoda sp.* (Figura 5-23).

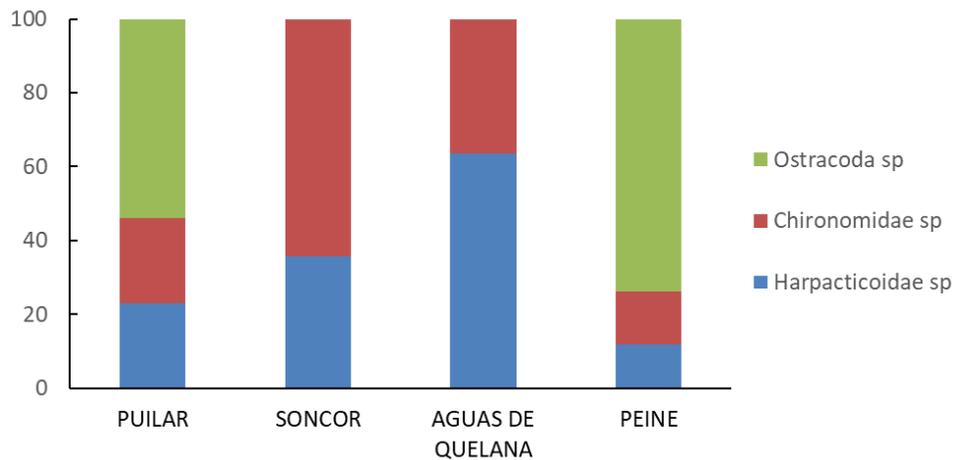
La abundancia de zooplancton se encontró dentro del rango 10 ind/L – 510 ind/L en las estaciones de monitoreo y las medianas de los sistemas oscilaron entre 36,7 ind/L y 278 ind/L. Los coeficientes de variación fueron de 43,3%, 53,3%, 36,7% y 278% para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente (Tabla 5-49).

Tabla 5-48. Composición, riqueza, abundancia total (ind/L) y relativa (A.R.) de zooplancton en las estaciones monitoreadas (abril de 2016).

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	-	-	10	100	-	-	10	1	3
	PU-2	20	20,0	10	10,0	70	70,0	100	3	
	PU-3	10	50,0	10	50,0	-	-	20	2	
Soncor	BN-3	-	-	20	100	-	-	20	1	2
	BM-1	50	55,6	40	44,4	-	-	90	2	
	CH-1	-	-	50	100	-	-	50	1	
Aguas de Quelana	Q-0	-	-	30	100	-	-	30	1	2
	Q-1	60	100	-	-	-	-	60	1	
	Q-4	10	50,0	10	50,0	-	-	20	2	
Peine	SA-1	-	-	-	-	150	100	150	1	3
	SA-2	60	11,8	100	19,6	350	68,6	510	3	
	PE-2	70	26,9	60	23,1	130	50,0	260	3	
	PE-3	-	-	-	-	190	100	190	1	

Fuente: UCN.

Figura 5-23. Abundancia relativa promedio (%) de las taxas de zooplancton registradas en los sistemas lacustres (abril de 2016).



Fuente: UCN



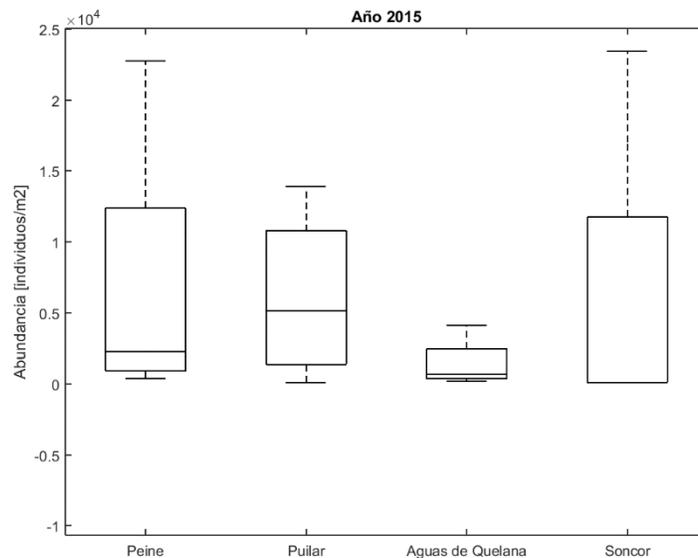
Tabla 5-49. Estadígrafos de la abundancia de zooplancton (ind/L) registrada en los sistemas hidrológicos.

Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puillar	3	43,3	49,3	114	10	100	10	20	100
Soncor	3	53,3	35,1	65,8	20	90	20	50	90
Quelana	3	36,7	20,8	56,8	20	60	20	30	60
Peine	4	278	162	58,2	150	510	160	225	448

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

Fuente:UCN

Figura 5-24. Representación gráfica de la abundancia (ind/L) de zooplancton registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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 las estaciones monitoreadas el año 2016 se presentan en la Tabla 5-50 y Tabla 5-51. La composición de cada sistema se presenta gráficamente en la Figura 5-25. Por su parte, la abundancia de zoobentos en cada sistema y sus estadígrafos se presentan en la Tabla 5-52 y Figura 5-26.

Como puede verse en la Figura 5 25 y Tabla 5-51, las riquezas taxonómicas de los sistemas Puillar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, fueron de 4, 3, 3 y 4 taxones, respectivamente. Las especies dominantes en estos sistemas fueron *Physa sp.*, en los sistemas Puillar y Aguas de Quelana y *Harpacticoide sp.*, en los sistemas Soncor y Peine (Figura 5-25). El índice de Shanon – Wiener por su parte, fluctuó entre 0,95 y 1,91 (Tabla 5-50 y Tabla 5-51).

La abundancia de zoobentos se encontró dentro del rango 1.010 ind/m² – 77.010 ind/m² en las estaciones de muestreo y las medianas de los sistemas oscilaron entre 2.650 ind/m² y 19.950 ind/m² (Tabla 5-49). Los datos presentaron una alta dispersión como puede observarse en la Figura 5-24, con coeficientes de variación = 27,9%, 93,4%, 128% y 33,7% para los sistemas Puilar, Soncor, Aguas de Quelana y Peine, respectivamente.

Tabla 5-50. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m²) y relativa (A.R.) de zoobentos en los sistemas lagunares Puilar y Soncor (abril de 2016).

		Puilar			Soncor		
		PU-1	PU-2	PU-3	BN-3	BM-1	CH-1
<i>Harpacticoide sp</i>	ind/m ²	505	10605	2020		23988	4545
	A.R. (%)	2,5	34,4	10,5		96,9	36,7
<i>Chironomidae sp</i>	ind/m ²	1515	9090		758	758	6565
	A.R. (%)	7,59	29,5		75	3,06	53,1
<i>Physa sp</i>	ind/m ²	16665	1010	8838	253		1263
	A.R. (%)	83,5	3,28	46,1	25,0		10,2
<i>Ostracoda sp</i>	ind/m ²	1263	10100	8333			
	A.R. (%)	6,33	32,8	43,4			
Abundancia total (ind/m ²)		19948	30805	19190	1010	24745	12373
Riqueza de taxa		4	4	3	2	2	3
Índice de Shannon - Wiener		0,89	1,74	1,38	0,81	0,20	1,35
Riqueza del sistema (taxa)		4			3		
Índice de Shannon – Wiener del sistema		1,91			0,97		

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

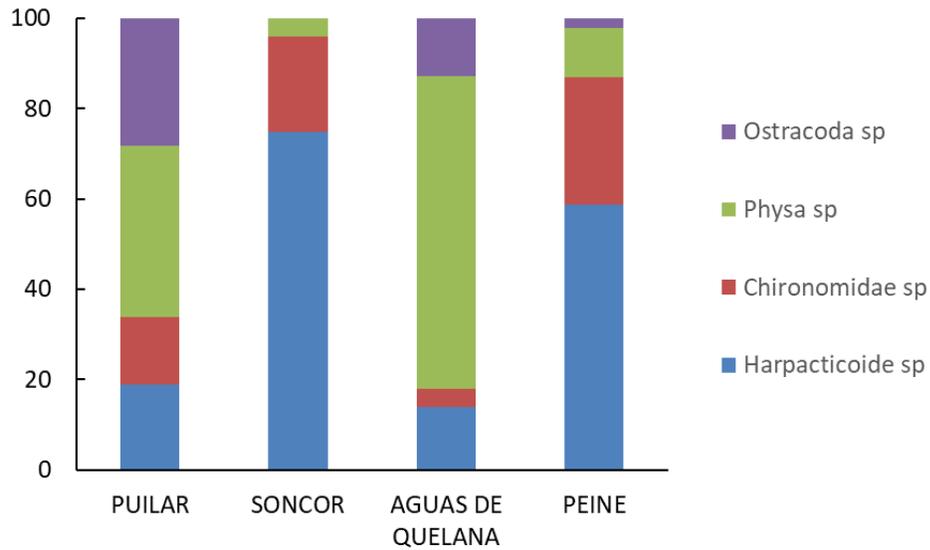
Tabla 5-51. Composición, riqueza, índice de Shannon – Wiener, abundancia total (ind/ m²) y relativa (A.R.) de zoobentos en los sistemas Aguas de Quelana y Peine (abril de 2016).

		Aguas de Quelana			Peine			
		Q-0	Q-1	Q-4	SA-1	SA-2	PE-2	PE-1
<i>Harpacticoide sp</i>	ind/m ²		13130		3788	1263	1263	505
	A.R. (%)	0,0	88,1		88,2	50,0	45,5	25,0
<i>Chironomidae sp</i>	ind/m ²	2020	1768		253	758	1515	758
	A.R. (%)	100	11,86		5,88	30,0	54,5	37,5
<i>Physa sp</i>	ind/m ²			64890	253	253		758
	A.R. (%)			84,3	5,88	10,0		37,5
<i>Ostracoda sp</i>	ind/m ²			12120		253		
	A.R. (%)			15,7		10,0		
Abundancia total (ind /L)		2020	14898	77013	4293	2525	2778	2020
Riqueza de taxa		1	2	2	3	4	2	3
Índice de Shannon - Wiener		0	0,53	0,63	0,64	1,69	0,99	1,56
Riqueza del sistema		3			4			

Índice de Shannon - Wiener del sistema	0,95	1,43
--	------	------

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

Figura 5-25. Abundancia relativa promedio (%) de los taxones de zoobentos registradas en los sistemas lacustres (abril de 2016).



Fuente: UCN

Tabla 5-52. Estadígrafos de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en las estaciones de muestreo de los sistemas hidrológicos.

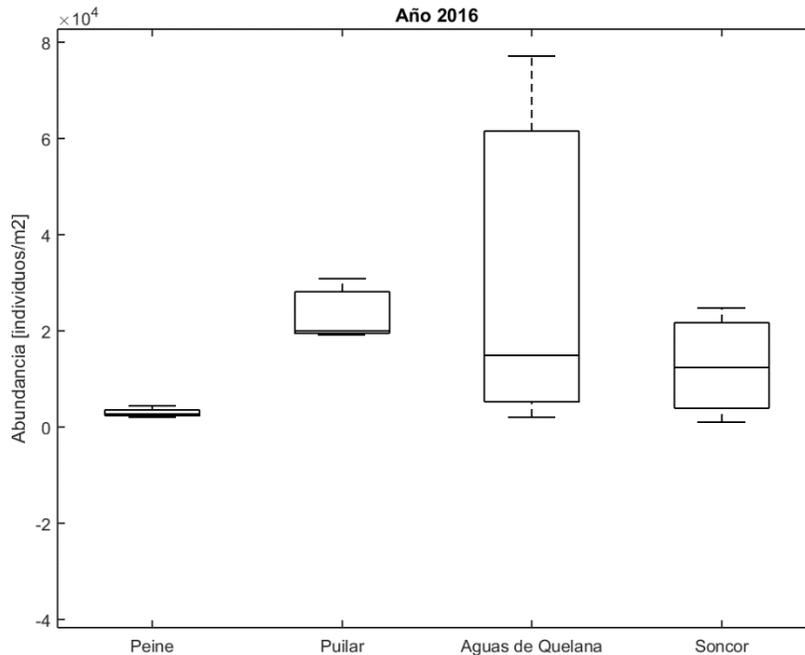
Sistema	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Puilar	3	23.314	6.498	27,9	19.190	30.805	19.190	19.948	30.805
Soncor	3	12.709	11.871	93,4	1.010	24.745	1.010	12.373	24.745
Aguas de Quelana	3	31.310	40.100	128	2.020	77.013	2.020	14.898	77.013
Peine	4	2.904	978	33,7	2.020	4.293	2.146	2.651	3.914

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

Fuente:UCN



Figura 5-26. Representación gráfica de la abundancia de zoobentos (ind/m²) registrada en los sistemas hidrológicos (abril de 2016). 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 5-53 se presentan los porcentajes de cobertura de plantas acuáticas registrados el año 2016 en cada estación de monitoreo. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-27 por sistema lacustre y sus estadígrafos se muestran en en la Tabla 5-54. Como puede observarse, la cobertura de plantas acuáticas fue menor a 5% en todos los sistemas lacustres y estaciones de monitoreo (Tabla 5-53).

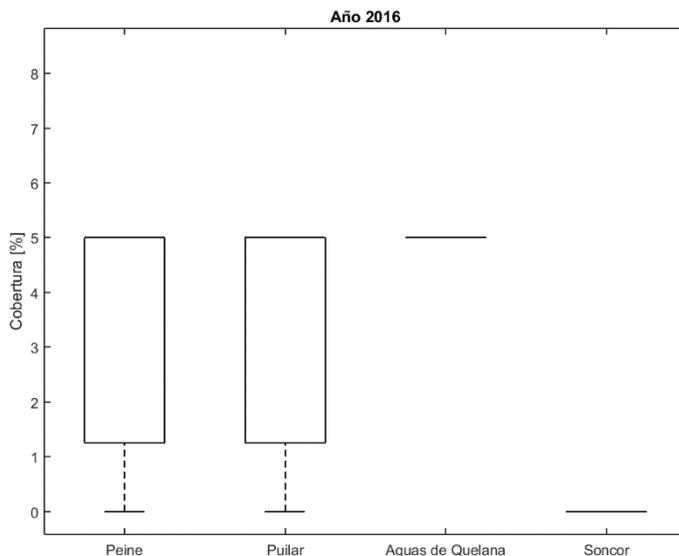
Tabla 5-53. Cobertura de vegetación acuática en los sistemas lacustres por estación de monitoreo (abril de 2016).

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

Fuente: UCN



Figura 5-27. Cobertura promedio de plantas acuáticas en los sistemas lacustres (abril de 2016).



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

Tabla 5-54. Estadígrafos de la cobertura de vegetación acuática (%) en los sistemas lacustres (abril de 2016).

Sistema	N	Media	Desv.Est	Coef. Var	Mín	Máx	Q1	Mediana	Q3
A. Quelana	1,00	5,00		0,00	5,00	5,00	*	5,00	*
Puilar	3,00	3,33	2,89	86,60	0,00	5,00	2,50	5,00	5,00
Soncor	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	0,00	*
Peine	3,00	3,33	2,89	86,60	0,00	5,00	2,50	5,00	5,00
Total general	8,00	2,92	1,67	57,14	0,00	5,00	1,88	5,00	5,00

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

6. DISCUSIÓN

6.1 Vegetación

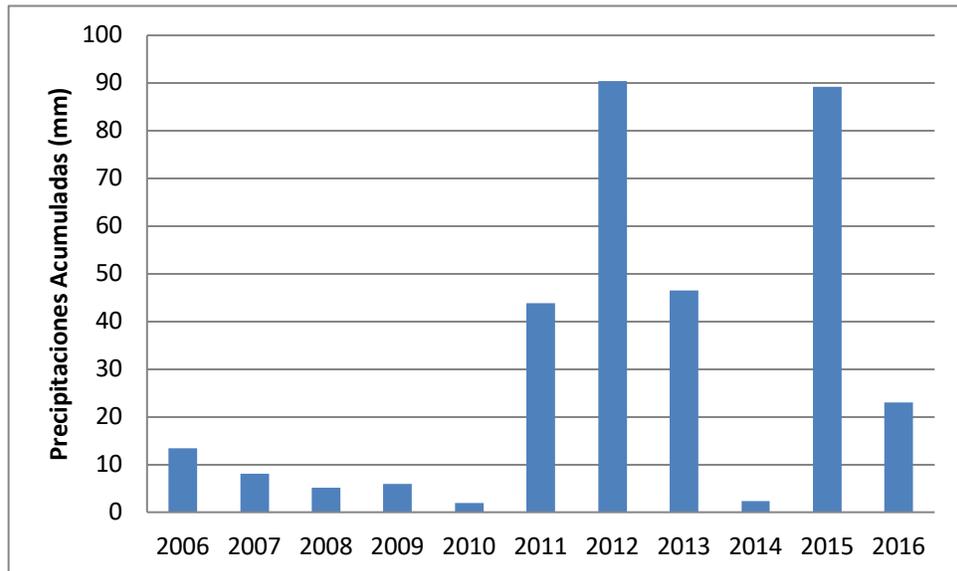
6.1.1 Monitoreo en Borde Este

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 (2006-2016).

En relación a la vitalidad de la vegetación presente en el borde este, durante el período de monitoreo (Figura 6-2) se han reconocido diferencias interanuales para los diferentes tipos vegetacionales presentes. Los resultados obtenidos en abril de 2016 registraron un aumento en la categoría vitalidad normal, 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 2014

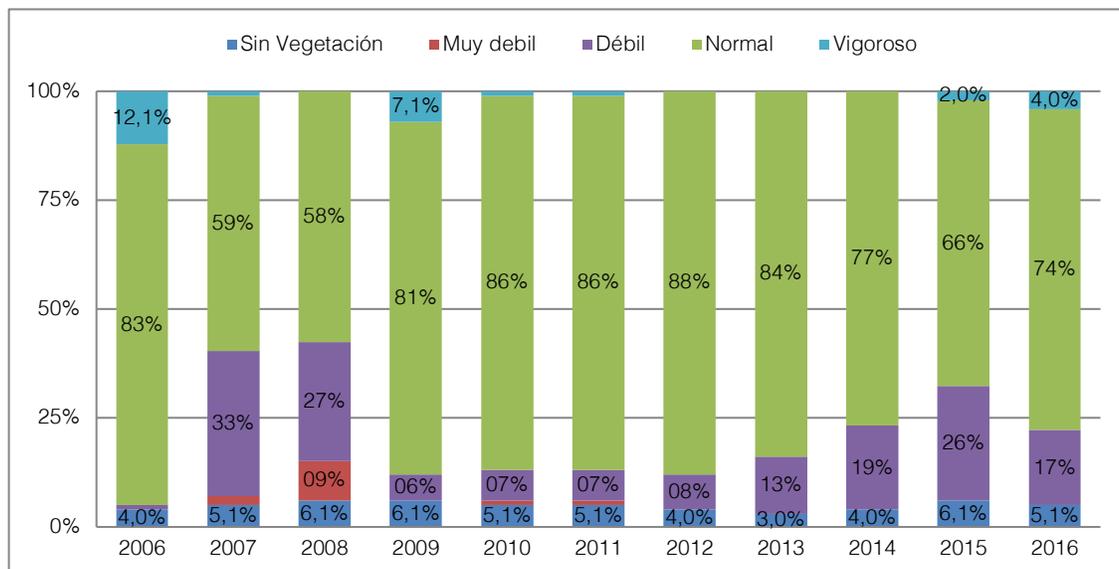
Los resultados generales considerando los distintos años de monitoreo muestran que la vitalidad de la vegetación mayoritariamente se ha mantenido en la categoría definida como normal, con una menor proporción de situaciones donde la vegetación ha mostrado una vitalidad considerada débil. En menor medida se han presentado a lo largo del período de monitoreo puntos de muestreo donde la vitalidad de la vegetación ha sido vigorosa o muy débil, como es el caso del presente año, donde un 4,0% de la vegetación presenta un estado vigoroso. Las diferencias observadas podrían ser consecuencia de variaciones naturales de vitalidad atribuibles a cambios en la disponibilidad de agua como consecuencia de las diferencias en magnitud y distribución espacial de las precipitaciones registradas durante el periodo de monitoreo en el área de estudio (Figura 6-1)

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



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-2. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006-2016.



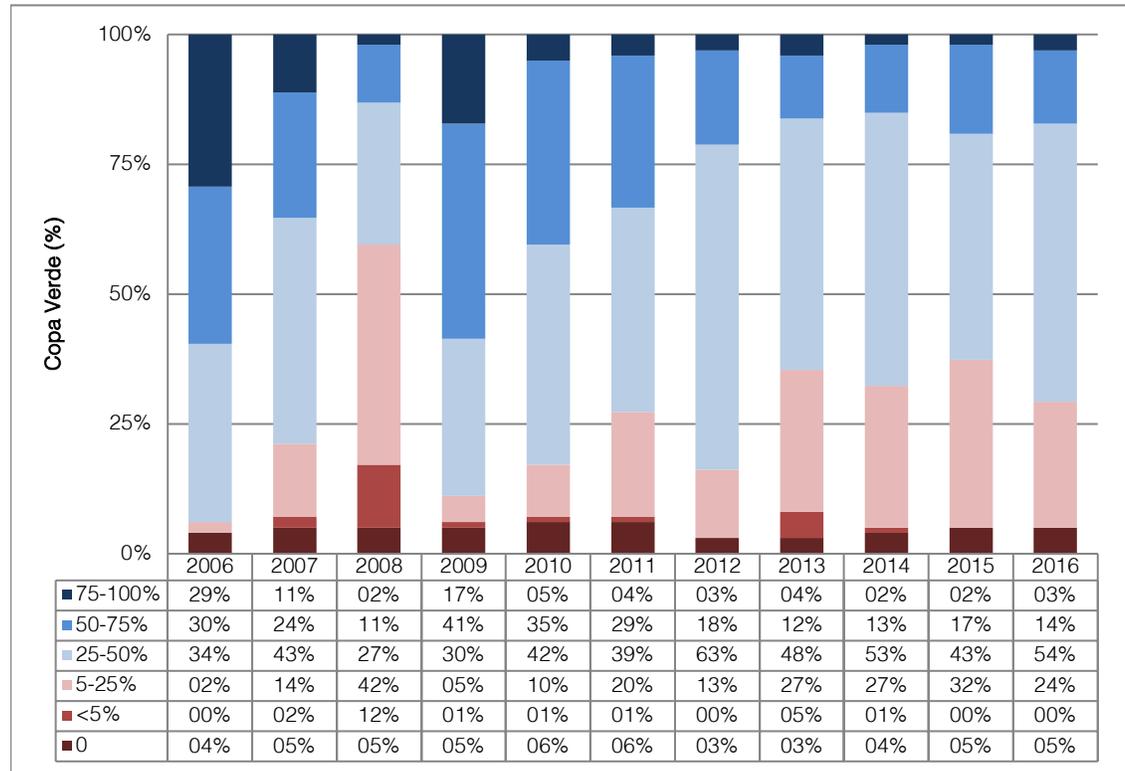
Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo de monitoreo (2006-2016) se ha analizado también el comportamiento del follaje verde de la vegetación presente (Figura 6-3). 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 período de monitoreo 2016, más del 50% de los puntos muestreados presentó un porcentaje de follaje verde mayor a 25% para los puntos muestreados en los matorrales de brea, matorral de cachiyuyo, matorral de rica rica – pingo pingo y pajonal de junco-chilca-batro (Figura 6-3). las categorías de follaje verde con mayor representatividad corresponden a las que van de 5-25%, 25-50% y 50-75%. Estas últimas categorías se han presentado con diferencias interanuales, donde la vegetación ha manifestado mayoritariamente un follaje verde entre 5-25%, 25-50% y 50-75%, categorías que en los últimos 3 años de monitoreo concentra en torno del 90% del total de puntos de muestreo. 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.

Junto con esto, se puede observar que 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*), presentan una mayor proporción de copa verde a fines del verano por corresponder a especies perennes.



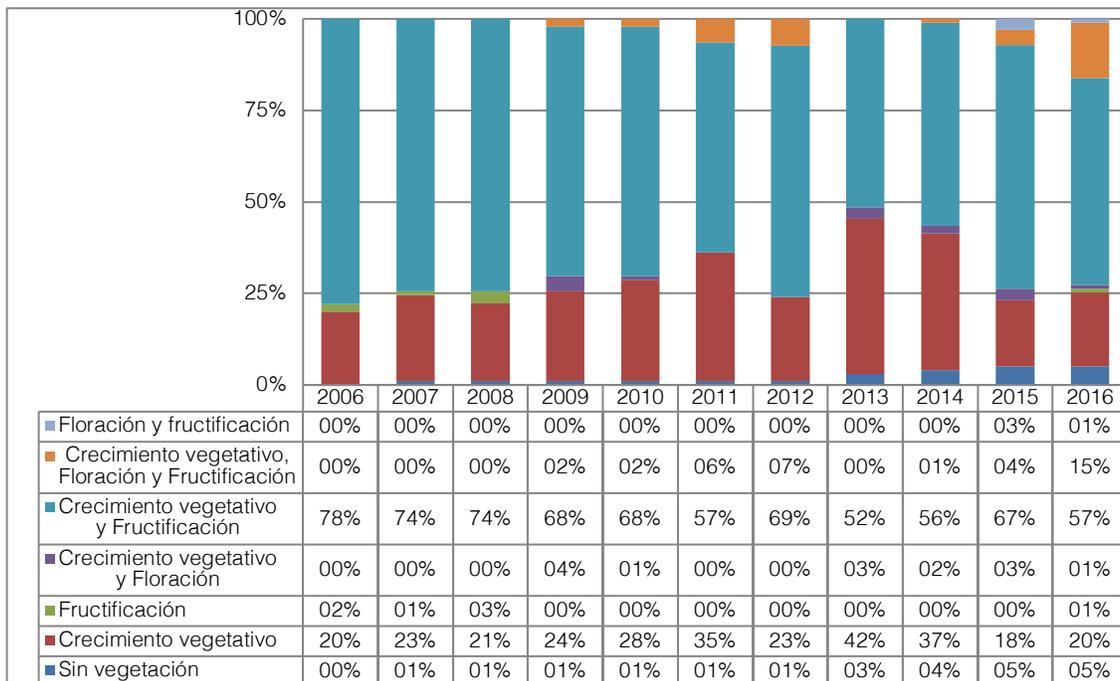
Figura 6-3. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 - 2016.



Fuente: Elaboración propia

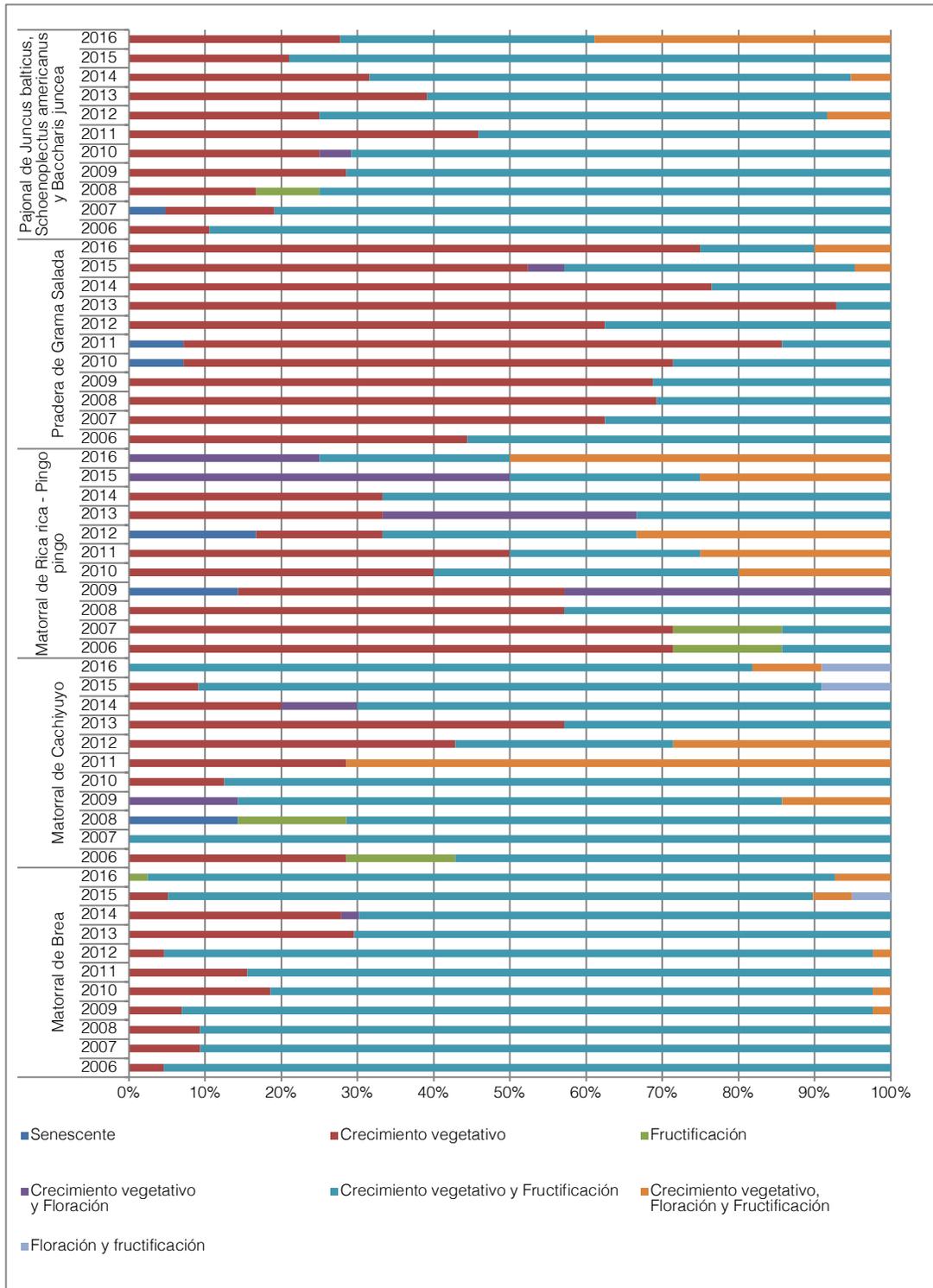
La fenología de la vegetación evaluada en el borde este del Salar de Atacama ha mostrado que durante las mediciones realizadas durante el mes de abril y durante todo el periodo de monitoreo (2006-2016) la vegetación presente se encuentra en crecimiento vegetativo lo que se manifiesta con el desarrollo de nuevos brotes y hojas (Figura 6-4 y Figura 6-5). La mayor parte de las observaciones muestran que durante las mediciones realizadas en abril, el crecimiento vegetativo se combina mayoritariamente con fructificación (sobre el 50% de las observaciones), sin embargo, se presentan combinaciones de crecimiento vegetativo con fructificación y/o las tres etapas. Los resultados obtenidos durante el periodo 2016, muestran leves variaciones respecto del 2006, que no puedan considerarse anómalas. La principal diferencia es la existencia de ejemplares en estado de crecimiento vegetativo-floración-fructificación, además de ejemplares sin vegetación (asociado a zonas de vegetación escasa declarado previamente).

Figura 6-4. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-5. Comportamiento histórico de la proporción de cada etapa fenológica de las formaciones vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Período 2006-2016.



Fuente: Elaboración propia



El comportamiento observado durante el periodo de monitoreo en relación a la vitalidad de la vegetación, follaje verde y fenología descrito hasta aquí para los puntos de monitoreo distribuidos en el borde este es extensible también para los puntos de muestreo de vegetación ubicados en la zona de conexión (lugar donde se presume contacto de las raíces de las plantas con el acuífero).

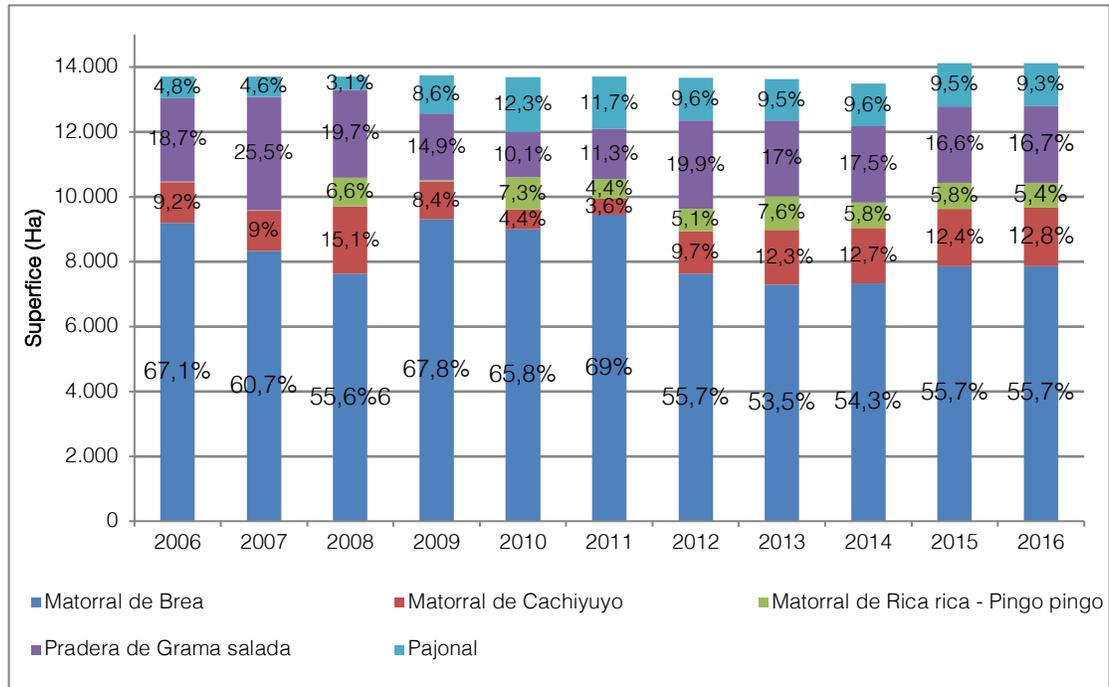
En cuanto a la superficie total de vegetación, la superficie total registrada en 2016 resultó ser similar con respecto al obtenido el año anterior. Sin embargo, existe aumento/diminución de algunas superficies con respecto al año 2015 (Figura 6-6). Se presentó un aumento en las superficies cubiertas por Matorral de Cachiyuyo y Pradera de Grama salada en 55 ha y 22 ha, respectivamente. Mientras que en las formaciones de Matorral de Rica rica – Pingo pingo y en Pajonal se aprecia una disminución en la superficie de éstas, correspondiente a 54 ha y 26 ha respectivamente. Para la formación Matorral de Brea, la superficie se mantuvo entre el año 2016 y su precedente. En relación al resto de los años, se puede observar que los porcentajes de cobertura y superficies asociados a cada formación para el presente año se encuentran dentro de los registros históricos (Tabla 6-1).

Las diferencias observadas en la superficie cubierta por cada formación vegetacional, tienen relación con la dificultad de identificación sobre imágenes satélites, de unidades vegetacionales de baja cobertura (<10%), condición que es habitual en la vegetación presente en el área de estudio, y en particular de aquellas unidades dominadas por Rica rica – Pingo pingo, las que se presentan de manera muy localizada y en el margen oriente de la franja cubierta con vegetación, donde es colindante con zonas de vegetación escasa (<5% de cobertura) o sin vegetación. Situación similar ocurre con las formaciones de Pajonal y praderas de Grama salada, donde paulatinamente hacia el poniente (ubicación del núcleo del Salar de Atacama), su cobertura disminuye, haciendo difícil su identificación mediante imágenes satelitales. En particular, para el caso de los matorrales de Brea, las observaciones realizadas en terreno muestran que algunos sectores dentro del área de distribución de los puntos de monitoreo han mostrado el establecimiento de nuevas plantas en lugares que se encontraban descubiertos de vegetación o donde ésta era muy escasa, así también se ha observado que en algunos sectores se ha reducido la cobertura de la vegetación del matorral de Brea por la presencia de una mayor cantidad de plantas secas, esta dinámica 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 años¹, reflejando así que el aumento de individuos senescentes no responde a una variación en el contenido de humedad del suelo, si no más bien al fin del ciclo natural de los individuos monitoreados.

En cuanto a la superficie total de vegetación registrado, se puede observar que los últimos dos años de monitoreo se ha registrado una superficie total superior a las 14.000 ha, superando así los registros de años anteriores. Todas las formaciones sufrieron modificaciones en su superficie a excepción de matorral de brea. Estas diferencias tienen relación con la dificultad de identificación sobre las imágenes satelitales de las unidades vegetacionales de baja cobertura (<10%), condición característica de los tipos vegetacionales Matorral de rica rica-pingo-pingo, Pradera de grama salada y Pajonal que se presenta de forma muy localizada en el área de estudio y con muy bajas coberturas en ciertos sectores.

¹ <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/shrub/bacpii/all.html>

Figura 6-6. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016.

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

Fuente: Elaboración propia



En términos generales, las observaciones realizadas desde la elaboración de la Línea Base (2006) y 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. Posteriormente, alrededor del mes de octubre comienzan a rebrotar, y ya en el mes de abril, se puede observar gran parte de su follaje verde, conjuntamente con estructuras vegetales secas de temporadas anteriores (flores y frutos).

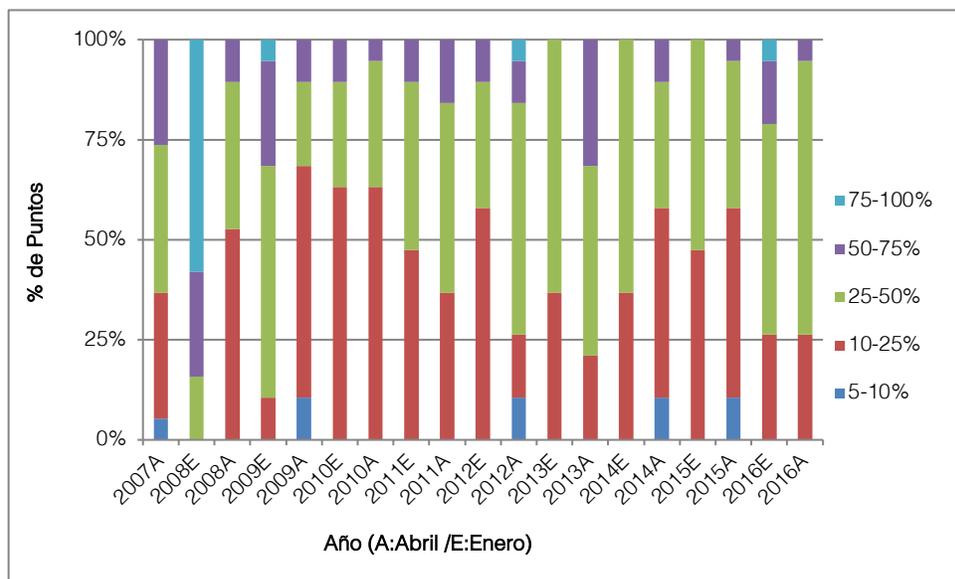
De acuerdo a lo monitoreado en el año 2016 el total de los puntos muestreados en los tipos vegetacionales Matorral de Cachiyuyo y Matorral de Rica rica - Pingo pingo que contienen las especies mencionadas en el párrafo anterior presentan un porcentaje mayor al 25% de follaje verde, una vitalidad mayoritariamente normal (sobre el 50%) y estado fenológico concentrado en los estados crecimiento vegetativo y su combinaciones con floración y fructificación.

6.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión

En cuanto a la cobertura se observa a lo largo de los años que no existe una tendendencia clara a si la cobertura medida en abril aumenta o disminuye con respecto al mes de enero. Esto podría significar que la vegetación presenta una condición de desarrollo homogénea sobre el área objeto de monitoreo en dicho intervalo de tiempo (Figura 6-7). Esto probablemente es producto de la dinámica natural de las especies vegetales en respuesta a la disponibilidad de recursos nutritivos del suelo y agua disponible.

En cuanto al último resultado obtenido, se puede observar que existen otros períodos de monitoreo en donde se han observado resultados peores (abril 2009) y mejores (abril 2013), lo que muestra que las variaciones obtenidas se encuentran dentro del margen histórico del sector.

Figura 6-7. Proporción (%) de cobertura de puntos de muestreo en zona de conexión. Campañas 2006 a 2016.



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la vitalidad de los sectores, no se observan grandes diferencias entre la medición realizada en enero y en abril del presente año (Tabla 6-2). Al comparar estos valores con los registros de años predecesores tampoco se observan grandes variaciones a excepción de fechas singulares como el año 2015, el cual coincidentemente presenta un alto porcentaje de puntos con cobertura entre 10-25% de



acuerdo a la Figura 6-7 o los primeros años de monitoreo, en donde se registró un mayor número de ejemplares en estado débil.

Tabla 6-2: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2016.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad					Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	
2007	Abril	-	-	11	8	-	19
2008	Enero	-	-	6	13	-	19
	Abril	-	2	10	7	-	19
2009	Enero	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	19
2010	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	19
2011	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	19
2012	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	19
2013	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	19
2014	Enero	-	-	-	18	1	19
	Abril	-	-	-	19	-	19
2015	Enero	-	5	14	-	-	19
	Abril	-	1	18	-	-	19
2016	Enero	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	2	17	-	19

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al follaje verde de los distintos sectores, tampoco se observan grandes diferencias entre los resultados del presente año comparado con años anteriores (Tabla 6-3). Si bien se observa un valor menor al promedio de los años, existen registros de otros años (abril 2015, abril 2008) en donde se han registrado valores más bajos que los actuales, lo que implica que el porcentaje de follaje verde se encuentra dentro de sus estándares habituales.



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 2016.

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

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en cuanto al estado fenológico, al igual que los años anteriores, todos los puntos de muestreo muestran crecimiento vegetativo, sin embargo para este año se observa que en enero hay mayor actividad respecto de otros años, al registrar mas puntos con Crecimiento vegetativo, floración y fructificación, lo cual podría estar asociado a la dinámica poblacional de la vegetación y las lluvias, dado que no hubo lluvias intensas los primeros meses del año (Tabla 6-4)

Tabla 6-4. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2016.

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica								Total
		Senescente	Crecimiento Vegetativo	Floración	Fructificación	Crec. Vegetativo y Floración	Crec. Vegetativo y Fructificación	Crec. Vegetativo, Floración y Fructificación	Floración y Fructificación	
2007	Abril	-	-	-	-	-	19	-	-	19
2008	Enero	-	2	-	-	17	-	-	-	19
	Abril	-	5	-	2	-	12	-	-	19
2009	Enero	-	2	-	-	9	5	3	-	19
	Abril	-	1	-	-	-	18	-	-	19
2010	Enero	-	-	-	-	1	1	17	-	19
	Abril	-	5	-	-	-	14	-	-	19
2011	Enero	-	1	-	-	17	1	-	-	19
	Abril	-	2	-	-	-	17	-	-	19
2012	Enero	-	1	-	-	15	1	1	1	19
	Abril	-	1	-	-	-	18	-	-	19
2013	Enero	-	-	-	-	6	4	9	-	19
	Abril	-	4	-	-	-	15	-	-	19
2014	Enero	-	3	1	-	7	7	1	-	19
	Abril	-	8	-	-	-	8	3	-	19
2015	Enero	-	2	-	-	-	17	-	-	19
	Abril	-	1	-	-	-	14	4	-	19
2016	Enero	-	-	-	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	-	-	-	18	1	-	19

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Monitoreo de Algarrobos

Las mediciones realizadas en 2016 muestran que los ejemplares en la categoría de vitalidad considerada normal disminuyeron de 22 a 15 individuos, en tanto que el número de ejemplares con vitalidad débil aumentó en un ejemplar, pasando de 16 individuos el 2015 a 17 individuos en el periodo actual. Además, se registró un aumento en la categoría muy débil, pasando de 5 ejemplares el año 2015 a 9 durante la actual campaña. La categoría de vitalidad vigorosa no registró ejemplares, al igual que el año anterior. Respecto del año base (2006) el monitoreo realizado en 2016 muestra un aumento en el número de ejemplares secos, con vitalidad muy débil y vitalidad débil, con una disminución en los ejemplares con vitalidad normal. Esta disminución en la vitalidad de los ejemplares monitoreados ha sido progresiva en el tiempo como lo muestra la Figura 6-8, con leves intervalos de años en donde se han mantenido los registros. La base de datos detallada de las mediciones realizadas en 2016 sobre los ejemplares de *P. flexuosa* se entrega en el Anexo V.

Con el propósito de relacionar la vitalidad y la proporción de follaje verde de la población de Algarrobos, con las precipitaciones locales, la Tabla 6-5 muestra los registros pluviométricos de 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. La Tabla 6-5 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). 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.

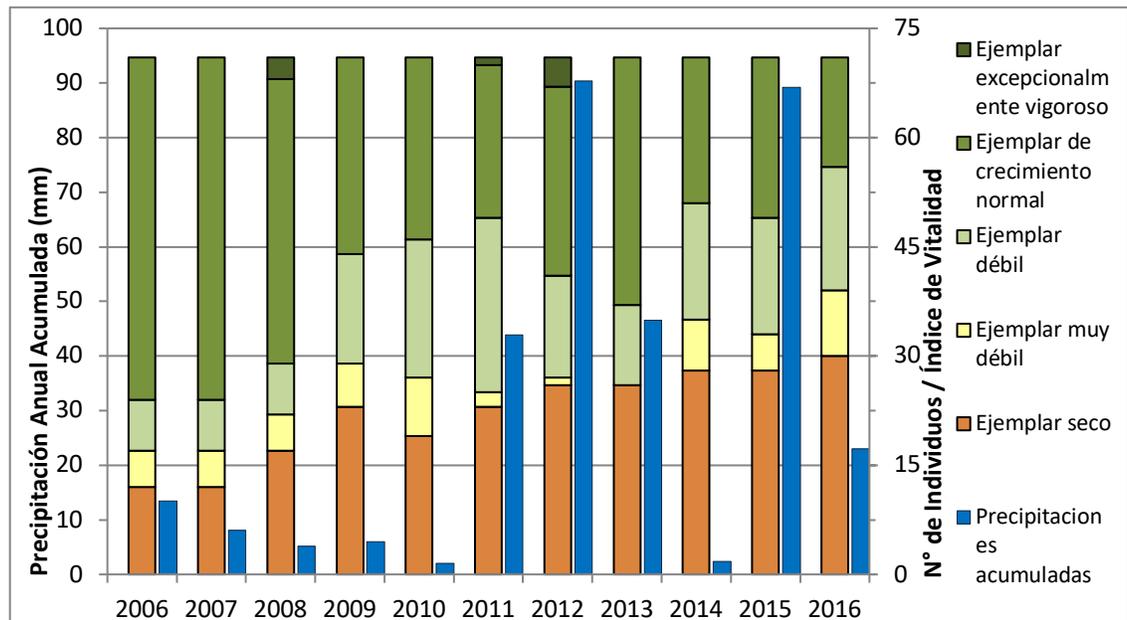
Tabla 6-5. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en la estación meteorológica Camar (DGA).

Año	Mes												Total anual (mm)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1995	22	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,5
1996	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	16
1997	1	51	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,5
1998	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
1999	-	18	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	25,5
2000	37,5	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	37,9
2001	-	16	82,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,5
2002	-	0,1	58	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	58,8
2003	-	7	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	17
2004	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	5
2005	23,5	-	1,5	1,5	-	-	-	-	6,5	-	-	-	33
2006	6	7	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	-	-	13,4
2007	0,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1
2008	1,2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
2009	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
2010	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
2011	-	38,5	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	43,5
2012	14,3	73,8	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90,4
2013	-	25,5	-	-	13	-	2	6	-	-	-	-	46,5
2014	1,4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2,4
2015	-	24,2	63	-	-	-	-	-	-	2	-	-	89,2
2016	0	3	0	15	0	0	5	0	0	0	S/I	S/I	0

Fuente: Elaboración propia.

El aumento de ejemplares en calidad seco podría asociarse a la falta de precipitaciones que ha ocurrido en el sector, en el cual para el periodo de verano 2016 (donde se deberían concentrar las precipitaciones debido al fenómeno del invierno boliviano), se observan una precipitación acumulada de 18 mm (Tabla 6-5). Al revisar las precipitaciones del sector con las vitalidades de los ejemplares, se observa que en los periodos de menor lluvia se registran efectos negativos en los ejemplares (Figura 6-8). Junto con esto, se observa que para periodos de lluvias intensas (2011-2013) las vitalidades mejoran levemente (periodo 2011-2013).

Figura 6-8. Proporción (%) de vitalidad de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2016.



Fuente: Elaboración propia

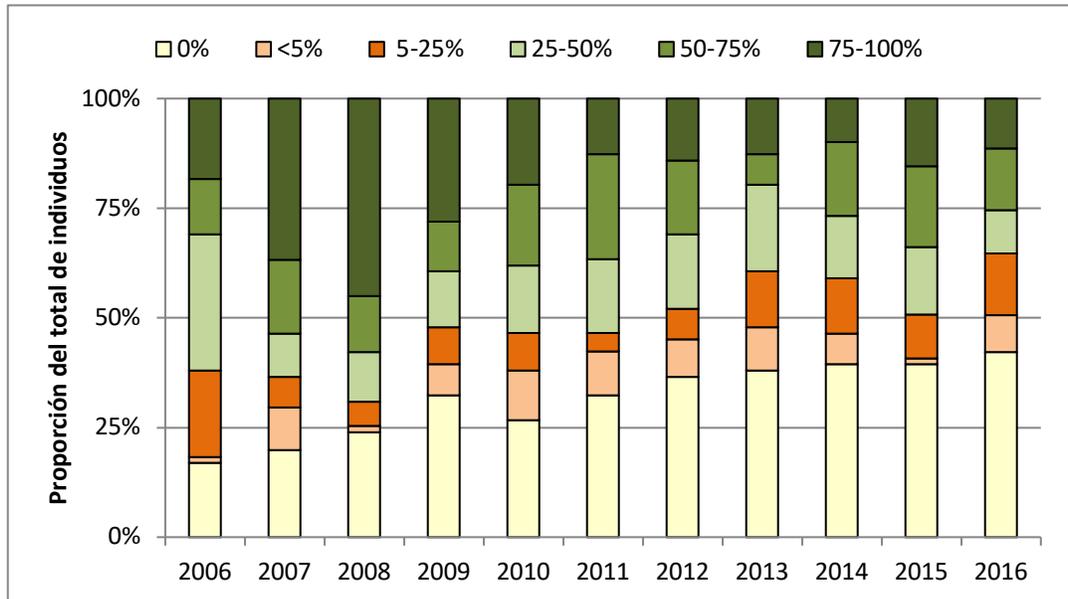
Cabe destacar que conforme a antecedentes bibliográficos disponibles, *P. flexuosa* se comporta como especie freatófita obligada en áreas donde las precipitaciones son menores a los 300 mm. Sin embargo en este caso la población de Algarrobos en estudio, no dependerían de la napa freática, sino que tendría un comportamiento vadosófito dada la profundidad de la napa en dicho sector (sobre los 48 m), 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.

En cuanto al follaje verde de los ejemplares, se observa que hay un empeoramiento en el follaje verde de los ejemplares, el cual está estrechamente ligado con la vitalidad de estos (Figura 6-9). Tal como se vió anteriormente, la pérdida de vitalidad podría generarse debido a una disminución en las precipitaciones, las cuales reduce la disponibilidad hídrica en el sector.

Cabe destacar que, a la fecha del presente reporte, se encuentran en desarrollo una serie de estudios (Isotopia de aguas, dendrocronología, fisiología de ejemplares entre otros), dirigidos a efectuar un análisis causal de la pérdida de vitalidad observada en parte de los ejemplares de Algarrobo objeto de seguimiento. A partir de ese análisis, se determinará la procedencia de adoptar un plan de acción, que podría incluir la incorporación de nuevas variables al seguimiento.



Figura 6-9. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en quebrada Camar. Campañas 2006 a 2016.



Fuente: Elaboración propia

6.2 Flora

La vegetación típica de los salares está compuesta por especies halófilas que son activa o pasivamente tolerantes a la salinidad (Ramírez *et al.*, 1989). Los ambientes salinos están caracterizados por la presencia de concentraciones variables de cloruro de sodio y están generalmente acompañados de distintas solubilidades y concentraciones de cloruro de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de sodio y carbonato de sodio (Martínez, 2001). Por otra parte, de acuerdo a Cabrera (1968), siguiendo la clasificación de Raunkiaer, las especies que forman comunidades halófilas se pueden clasificar en las formas de vida nanofanerófitas, caméfitas sufrútices, hemicriptófitas, helófitas, hidrófitas y suculentas (Montesinos, 2012).

La flora de algunos salares de los Andes del Norte Grande han sido estudiados entre otros por Teillier (1998), Teillier y Becerra (2003); Sin embargo, no existe un estudio en detalle de la flora del Salar de Atacama, existiendo solo descripciones de la vegetación de éste (Gajardo, 1994 y Luebert y Pliscoff, 2006).

La riqueza florística o número de especies identificadas durante las prospecciones de terreno en el Borde Este del Salar de Atacama, realizadas entre 2006 a 2016 se han mostrado muy estables, con un registro un total de 34 especies vasculares dentro de toda el área, tanto en los transectos de flora como fuera de ellos (Tabla 6-6).

De acuerdo a los resultados de las campañas de monitoreo de la flora vascular realizadas entre los años 2006 y 2016, la riqueza florística del Borde Este del Salar de Atacama alcanza a 34 taxa, de las cuales 33 han sido identificadas a nivel de específico y un solo taxón a nivel de género.

A continuación, en la Tabla 6-6 se presenta el catálogo florístico del Borde Este del Salar de Atacama, señalándose el año de registro de cada.

Tabla 6-6. 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
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
4	<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	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 (*)
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
9	<i>Cistanthe celosoides</i>	Montiaceae ²	Hierba anual	Endémico	X (*)	X (*)	-	-	-	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-
10	<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-
11	<i>Cortaderia jubata</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
15	<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	X (*)
16	<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-
17	<i>Festuca hypsophilla</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X
18	<i>Hoffmannseggia doellii ssp. doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	X (*)	X (*)	-	-	X (*)
19	<i>Juncus balticus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	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
23	<i>Maihueniopsis 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
26	<i>Puccinellia frigida</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	-	-

Tabla 6-6. 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
27	<i>Sarcocornia andina</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	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
29	<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-
30	<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Hierba perenne	Endémico	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
34	<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-

1 Sinónimo actual de *Acantholippia desarticola*

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*

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

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las campañas realizadas desde el año 2006 al 2016, la flora vascular registrada en el borde Este del Salar de Atacama es concordante con lo descrito en la literatura de vegetación (Gajardo, 1994 y Luebert y Pliscoff, 2006). Correspondiendo a comunidades vegetales halófilas muy especializadas. Si bien la riqueza total de especies registradas hasta la fecha alcanza la cifra de 34 taxa, esta cifra es variable al revisar los datos de los transectos registrados cada año.

Es importante tener en consideración que la vegetación del extremo norte de Chile está determinada por la altitud, variando así la distribución de la riqueza de la flora y la cobertura vegetal determinada por la zonación de precipitaciones y los cambios de temperatura con la altura. De acuerdo a Villagran y Castro (2004) los valores mínimos, tanto de número de especies como cubierta vegetal, se dan en los extremos altitudinales inferiores: piso prepuneño (donde se ubica la zona de estudio) y en el piso superior (subnival y altoandino).

En las Tabla 6-7 y Tabla 6-8 se observa la frecuencia de especies para los siete transectos dispuestos en el Borde Este del Salar de Atacama en orientación Este – Oeste desde el año 2006 al 2016. En general la riqueza de especies por transecto es baja, variando entre 2 y 10 especies. Las especies más frecuentes son *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*, presentes en todos los transectos.

Los resultados obtenidos durante la campaña de terreno de 2016 no muestran variaciones significativas en la frecuencia de especies identificadas por transecto durante todo el periodo analizado (2006 – 2016). Aunque, la variación en el número de especies registradas cada año puede deberse principalmente a que existen especies herbáceas, cuyo registro ocurre de manera excepcional luego de eventos de precipitación (asociados al invierno altiplánico) que permiten su desarrollo y que son frecuentes en pisos de vegetación superiores, como es el caso de *Adesmia rahmeri*, *Cristaria dissecta*, *Descuraina stricta*, *Lupinus subinflatus*, entre otras. Por otra parte, las especies más frecuentes durante todos los años de monitoreo en los transectos de flora, corresponden principalmente a especies freatófitas y halofitas que definen tipos vegetacionales descritos en el Borde Este del Salar de Atacama, como *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*. La presencia de *Distichlis spicata* puede definirse como la más representativa para identificar los grupos de comunidades halófilas (Montesinos, 2012).

En relación a los resultados de la campaña efectuada recientemente (abril de 2016), estos difieren levemente con los datos de las campañas históricas, situación que parece ser normal al observar la información para todas las campañas realizadas hasta la fecha (ver Tabla 6-7 y Tabla 6-8). Dichas diferencias se deben a limitantes metodológicos y factores ambientales y antrópicos.

Las limitantes metodológicas se refieren a que si bien las estaciones de muestreo se encuentran georreferenciadas, muchas de ellas se ubican en lugares con micrositio o en el margen de unidades vegetacionales diferentes, por lo que la disposición de las subparcelas de flora en terreno queda sujeta al error de localización (± 3 m) propio de los equipos GPS, lo cual se traduce en variaciones sobre las mediciones realizadas en terreno cada año.

Los factores ambientales mencionados, corresponden principalmente a la variación de la riqueza asociada a los eventos de precipitación (como ya se mencionó anteriormente), que puede provocar años con mayor o menor expresión florística (surgimiento de herbáceas). Por último, en los puntos de muestreo se ha registrado cambios debido a corta de ejemplares arbustivos para distintos fines, especialmente en cachiuyos (*Atriplex atacamensis*) y brea (*Tessaria absinthioides*) utilizadas como combustible, material de construcción de techos y otros usos artesanales.

En la Figura 6-10 se representan gráficamente los resultados (2016), indicando además los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2007-2015) del monitoreo. Los puntos de los gráficos también están organizados desde el borde este del salar hacia el núcleo.

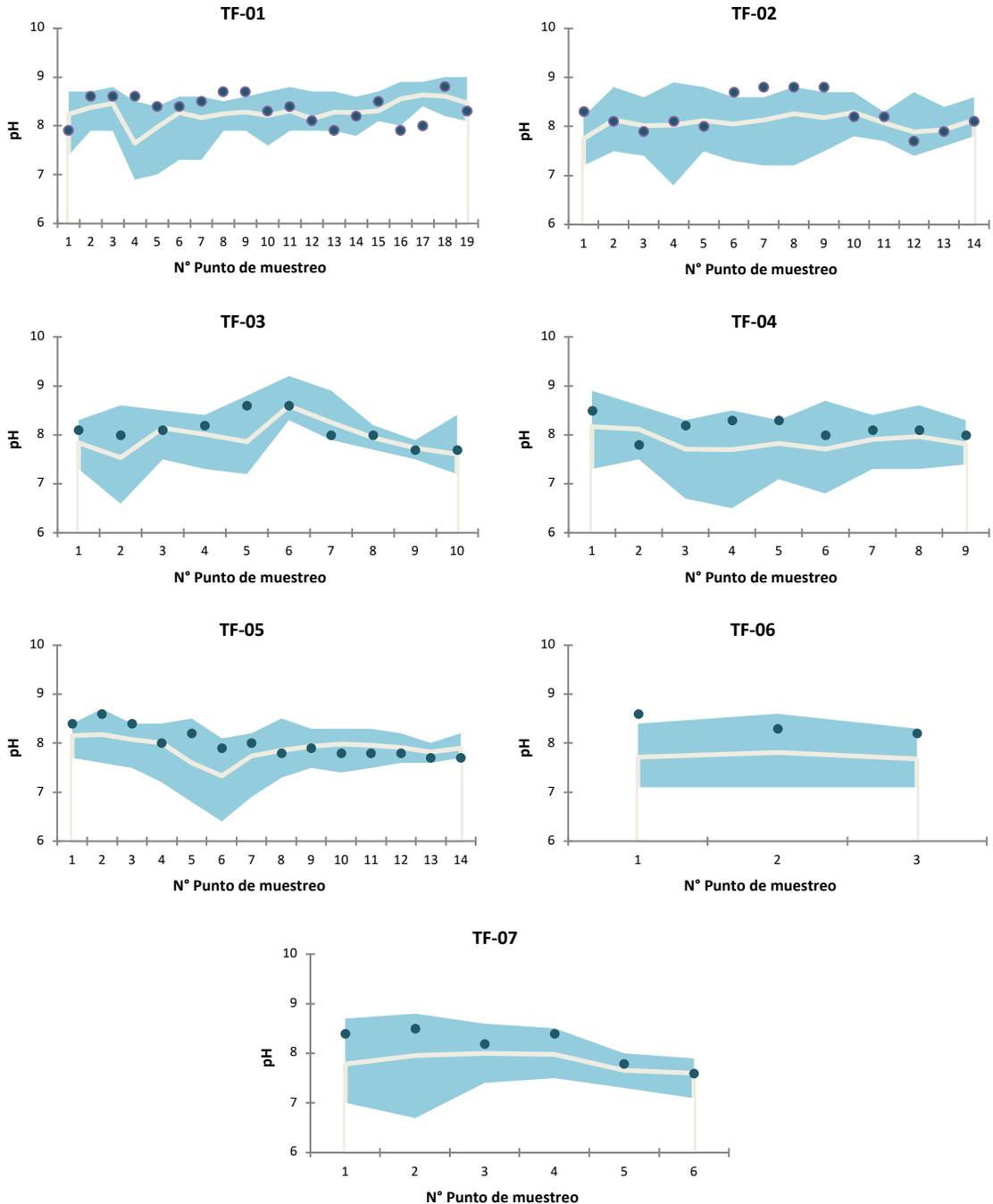
En la Figura 6-10 se observa que un 86,6% de los puntos se distribuyen al interior de los rangos observados en años anteriores, mientras que el restante 13,4% (10 puntos) presentaron valores por fuera de los rangos monitoreados en el período 2007-2015. De los puntos con diferencias, hubo dos puntos de muestreo que registraron valores bajo el pH mínimo (TF1-16 y TF1-17) y 8 puntos tuvieron valores sobre el pH máximo observado en todos los años previos (TF1-4, TF1-8, TF1-9, TF2-1, TF2-6, TF2-7, TF2-9, y TF6-1). La mayor diferencia de pH fue de 0,4 y se observó en el punto TF1-17, mientras que para los otros puntos no superó las 0,2 unidades de pH.

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 13,4% 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. Sólo en un punto la diferencia estuvo por sobre las 0,2 unidades de pH.

Figura 6-10. Comparación del pH actual con el obtenido en años anteriores.

●: valor registrado en abril de 2016; ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-11 se realiza la comparación de los resultados del año 2016 con valores máximos y mínimos obtenidos en años anteriores (2007-2015), contrastando además con el promedio de la conductividad del mismo periodo. De la comparación se extrae que el 89,3% de los puntos tuvo resultados dentro de los valores máximo y mínimo observados anteriormente. En 8 puntos (10,7%) se observó diferencia respecto del periodo de



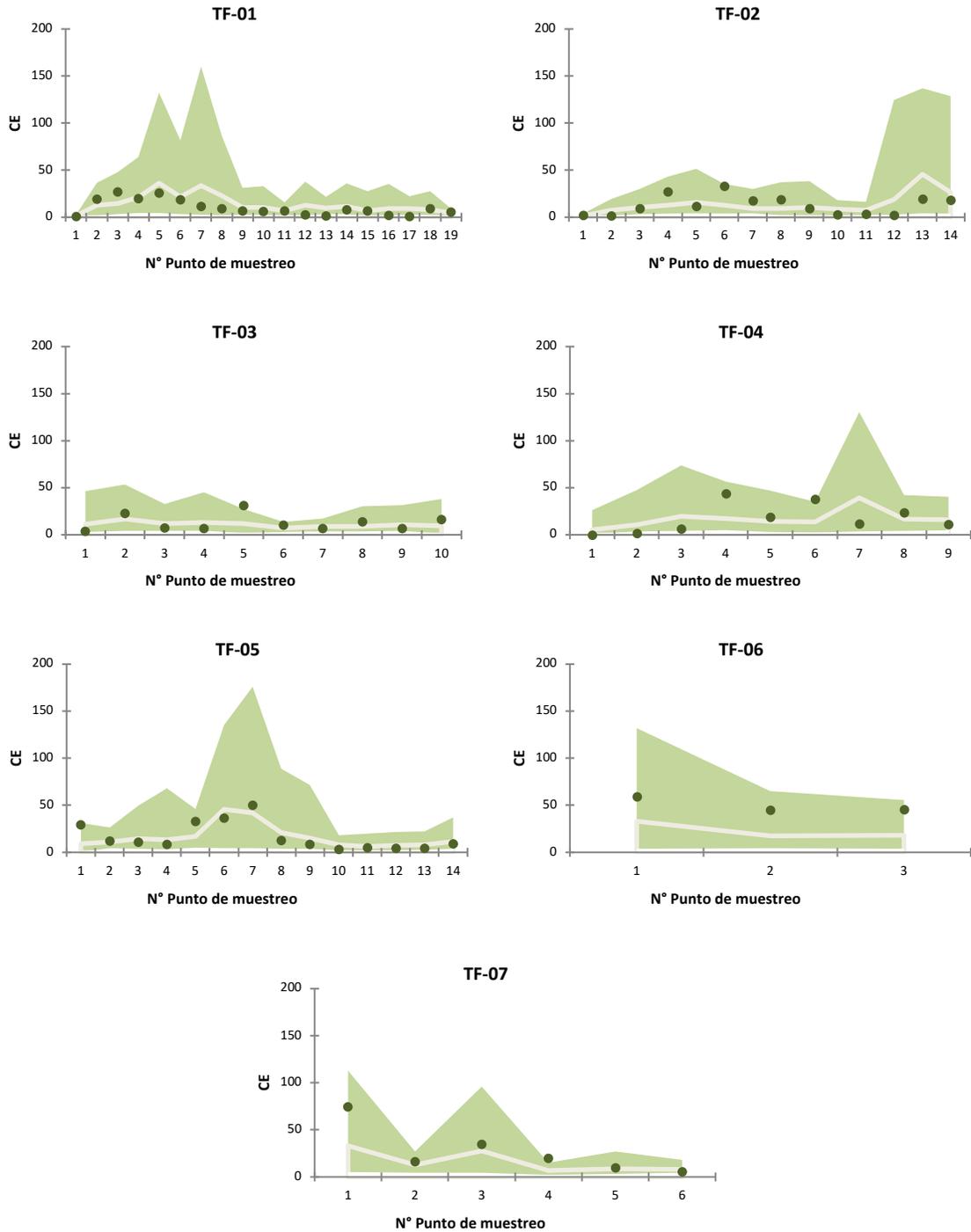
comparación (TF1-13, TF1-17, TF2-12, TF3-5, TF4-1, TF4-2, TF4-6 y TF7-04), lo cual no muestra relación espacial alguna al ocurrir en distintas partes de los transectos.

La distribución de 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 85,3% de muestras estuvieron distribuidas dentro de la categoría moderadamente a fuertemente salina, validando lo observado en otros salares donde los valores pueden alcanzar hasta los 500 dS/m en superficie (Luzio, 2010).

Figura 6-11. Comparación de la conductividad eléctrica actual con la obtenida en años anteriores.

●: valor registrado en abril de 2016; ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)



Fuente: Elaboración propia.



6.3 Fauna

En la Tabla 6-9 se presenta la composición de fauna registrada en el área de estudio a lo largo de once años de monitoreo, 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 nueve campañas de monitoreo en etapa operacional, realizadas desde el año 2008 hasta el 2016. De acuerdo con las prospecciones de terreno efectuadas desde abril de 2006 hasta abril 2016, el catálogo de fauna silvestre del Borde Este del Salar de Atacama está compuesto por un total de 68 especies. Estas corresponden a: un anfibio, cuatro reptiles, 54 aves (19 Passeriformes y 35 no Passeriformes), y nueve mamíferos. Durante el monitoreo del presente año, se sumaron al listado las siguientes especies: *Muscisaxicola cinerea* (dormilona cenicienta) y *Circus cinereus* (vari) en el hábitat de Pajonal; *Cathartes aura* (jote de cabeza colorada) en el hábitat de Rica rica – Pingo pingo; *Metriopelia melanoptera* (tórtola cordillerana) en hábitat de Brea – Cachiyuyo; *Podiceps occipitalis* (blanquillo) en el sector de Laguna Saladita, y por último *Leopardus colocolo* (gato colocolo) en el sector de Aguas de Quelana.

Por su parte la especie *Pseudalopex griseus* (zorro chilla), se incluye en el catálogo pese a no ser registrada durante el presente monitoreo, siendo detectada durante la realización de la Línea Base (año 2006).

De las 68 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 6-9. Catálogo de vertebrados presentes en el área de estudio

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	
Amphibia																				
1	<i>Rhinella spinulosa</i> (<i>Bufo spinulosus</i>)	sapo espinoso (de rulo andino)	Arica Parinacota	Biobío	Nativa	Preocupación menor*	80,4	BE								X				
Reptilia																				
2	<i>Liolaemus puna</i>	lagartija de la puna	Tarapacá	Antofagasta	Nativa	No citada	-	-											X	X
3	<i>Liolaemus cf. paulinae</i>	lagartija de Paulina	Antofagasta	Antofagasta	Endémica	Vulnerable*	44,4	SE											X	
4	<i>Liolaemus constanzae</i>	lagartija de Constanza	Antofagasta	Antofagasta	Endémica	Rara**	44,4	SE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	<i>Liolaemus fabiani</i>	lagartija de Fabián	Antofagasta	Antofagasta	Endémica	En peligro*	44,4	SE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aves																				
6	<i>Rhea pennata tarapacensis</i> (<i>Pterocnemia pennata tarapacensis</i>)	Suri (ñandú)	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	Vulnerable*	41,7	S						X						
7	<i>Bubulcus ibis</i>	garza boyera	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	B								X	X	X		
8	<i>Nycticorax nycticorax</i>	huairavo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	E	X	X					X					
9	<i>Phoenicopus 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
10	<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
11	<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
12	<i>Lophonetta specularioides</i>	pato juarjual	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Caza permitida	16,7	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 6-9. Catálogo de vertebrados presentes en el área de estudio

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
13	<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	pato jergón chico	Arica y Parinacota	Metropolitana	Nativa	Caza permitida	15	-		X	X	X	X				X		
14	<i>Anas geogica</i>	pato jergón grande	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	15	-									X		
15	<i>Anas cyanoptera</i>	pato colorado	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	15	-				X	X				X		
16	<i>Buteo polyosoma</i>	aguilucho	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	<i>Circus cinereus</i>	vari	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	16,7	BE											X
18	<i>Falco femoralis</i>	halcón perdiguero	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X		X							
19	<i>Falco peregrinus</i>	halcón peregrino	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Vulnerable**	37	BSE	X	X				X			X		
20	<i>Falco sparverius</i>	cernícalo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE						X			X		
21	<i>Phalacrocorax 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	
22	<i>Cathartes aura</i>	jote cabeza colorada	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	B											X
23	<i>Gallinula chloropus</i>	tagüita del norte	Arica y Parinacota	Valparaíso	Nativa	No citada	16,7	S								X	X		
24	<i>Fulica cornuta</i>	tagua cornuda	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	Casi amenazada*	48,7	S										X	
25	<i>Podiceps occipitalis</i>	blanquillo	Atacama	Magallanes	Nativa	No citado		E											X
26	<i>Pluvialis dominica</i>	chorlo dorado	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BS				X		X					
27	<i>Charadrius alticola</i>	chorlo de la puna	Arica y Parinacota	Metropolitana	Nativa	No citada	-	BS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 6-9. Catálogo de vertebrados presentes en el área de estudio

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			
28	<i>Oreopholus ruficollis</i>	chorlo de campo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BS		X	X											
29	<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
30	<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	
31	<i>Tringa flavipes</i>	pitotoy chico	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	18,4	BS	X	X					X	X			X			
32	<i>Calidris bairdii</i>	playero de Baird	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	16,7	B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
33	<i>Calidris melanotos</i>	playero pectoral	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	18,4	BS	X	X	X	X			X				X			
34	<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
35	<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)	gaviota andina	Arica y Parinacota	Aisén	Nativa	Vulnerable**	48,7	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	<i>Thinocorus rumicivorus</i>	perdicita	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	1,7	S												X	X	
37	<i>Zenaida auriculata</i>	tórtola	Arica y Parinacota	Aisén	Nativa	Caza permitida	1,7	-	X	X												X
38	<i>Metriopelia aymara</i>	tortolita de la puna	Arica y Parinacota	Coquimbo	Nativa	No citada	1,7	S	X	X		X					X	X				X
39	<i>Metriopelia melanoptera</i>	tórtola cordillerana	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citado	-															X
40	<i>Athene cunicularia</i>	pequén	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE		X	X			X				X				X
41	<i>Geositta cunicularia</i>	minero	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	B	X	X							X					X
42	<i>Geositta punensis</i>	minero de la puna	Arica y Parinacota	Atacama	Nativa	No citada	1,7	B									X	X				

Tabla 6-9. Catálogo de vertebrados presentes en el área de estudio

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	
43	<i>Upucerthia dumetaria</i>	bandurrilla	Antofagasta	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BS										X		
44	<i>Asthenes modesta</i>	canastero chico	Arica y Parinacota	Lib. Bdo. O'Higgins	Nativa	No citada	1,7	B				X								
45	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	tijeral	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	B	X	X			X	X	X					
46	<i>Agriornis montana</i>	mero gaucho	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X							X	X	
47	<i>Agriornis microptera</i>	mero de Tarapacá	Arica y Parinacota	Antofagasta	Nativa	No citada	5	BSE				X	X	X	X	X	X			
48	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	dormilona fraile	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X									
49	<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
50	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	dormilona frente negra	Arica y Parinacota	Los Lagos	Nativa	No citada	3,4	BE		X	X									
51	<i>Muscisaxicola cinerea</i>	dormilona cenicienta	Antofagasta	Maule	Nativa	No citado	-	BE												X
52	<i>Lessonia oreas</i>	colegial del norte	Arica y Parinacota	Coquimbo	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
53	<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	
54	<i>Hirundo rustica</i>	golondrina bermeja	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	5	BSE	X	X	X								X	
55	<i>Troglodytes aedon</i>	chercán	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X									
56	<i>Anthus correndera</i>	bailarín chico	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	3,4	BE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
57	<i>Sicalis auriventris</i>	chirihue dorado	Arica y Parinacota	Araucanía	Nativa	No citada	0	-	X	X										

Tabla 6-9. Catálogo de vertebrados presentes en el área de estudio

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
58	<i>Zonotrichia capensis</i>	chincol	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	No citada	1,7	B	X	X	X	X					X		
59	<i>Sturnella supercilialis</i>	loica argentina	Antofagasta	Coquimbo	Nativa	No citada	-	S								X			
Mammalia																			
60	<i>Lama guanicoe</i>	guanaco	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Vulnerable*	56,7	S			X								
61	<i>Leopardus colocolo</i>	gato colocolo	Arica y Parinacota	Magallanes	Nativa	Casi amenazada*	45,0	BSE											X†
62	<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
63	<i>Pseudalopex griseus</i>	zorro chilla	Antofagasta	Magallanes	Nativa	Preocupación menor*	9,7	E	X										
64	<i>Thylamys pallidior</i>	yaca andina	Arica y Parinacota	Antofagasta	Nativa	No citada	27,5	BSE	X	X	X	X		X					
65	<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
66	<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
67	<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
68	<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

* 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 Tabla 6-10 muestra la abundancia de reptiles para todos los años de monitoreo realizado. De acuerdo a esta, se puede observar que la abundancia del reptil *Liolaemus constanzae* (lagartija de Constanza) aumentó en relación al año anterior, observándose entre uno y nueve ejemplares por transecto, con abundancias promedio que variaron entre 0,33 y 3,0 individuos/transecto. Por otro lado, para la especie *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), los registros muestran una disminución de la abundancia respecto del año anterior, sin embargo el registro obtenido no representa un mínimo histórico, sino que se ubica dentro del promedio de ejemplares observados. Junto con esto, en el hábitat de Pajonal del sector Vega Carvajal se registraron tres de las cuatro especies descritas en el catálogo de fauna, a diferencia del monitoreo anterior en el que se detectaron dos especies para este tipo de hábitat.

Tabla 6-10. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)											
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	-	1	-	0,33	-	0,33	0,66	1	0,33	2,67	2,33	
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	-	0,66	-	-	0,33	-	-	-	-	1,33	1,33	
	3	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1,00
			<i>L. fabiani</i>	-	1,66	1,33	-	-	0,66	2	0,66	1	3,33	0,67	
			<i>L. puna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
	4	Marginal de Salar	<i>L. constanzae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
<i>L. fabiani</i>			0,33	-	2,33	1	-	0,66	0,66	0,33	-	2,67	1,33		
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	-	0,66	-	1	0,33	2,33	1,33	2	1,33	3,67	2,33	
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	-	-	0,66	0,66	1	1	1	0,33	0,66	-	0,33	
			<i>L. fabiani</i>	-	-	-	-	-	-	(**)	-	-	-	-	
			<i>L. cf. paulinae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	
			<i>L. puna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,33	
	7	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	0,66	-	0,33	-	-	-	(**)	0,33	-	-	-	
<i>L. fabiani</i>			-	-	-	-	-	0,33	0,66	1(**)	1,33	1,67	0,33		
8	Marginal de Salar	<i>L. fabiani</i>	0,33	0,33	-	-	-	3	-	2	0,66	0,33	-		
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. constanzae</i>	-	0,33	-	0,66	0,33	0,66	0,66	1	1	1,33	2,33	
	10	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	-	0,66	0,66	-	-	0,66	-	-	0,66	1	0,67	
	11	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			<i>L. fabiani</i>	-	0,33	0,33	-	-	0,33	-	0,33	-	0,67	-	
	12	Marginal de Salar	<i>L. constanzae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	
			<i>L. fabiani</i>	2,33	0,33	3	-	-	2	4	3,33	-	0,67	0,33	
<i>L. puna</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33		
			<i>L. constanzae</i>	-	0,33	-	0,33	-	-	0,66	3,33	0,33	0,67	3,00	

Tabla 6-10. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)										
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	<i>L. fabiani</i>	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,33	-	-
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>L. constanzae</i>	-	1	-	-	-	1,66	0,33	-	(**)	1,67	0,67
	15	Pajonal	<i>L. constanzae</i>	-	0,33	-	-	1	1	0,66	1	0,66	-	0,67
			<i>L. fabiani</i>	-	-	-	-	-	0,33	0,66	-	-	-	-
	16	Marginal de Salar	<i>L. fabiani</i>	-	1,66	-	1,33	0,33	0,33	0,33	1,33	1	-	0,67
Laguna Interna	17	Salar	<i>L. constanzae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67
			<i>L. fabiani</i>	2,66	1,33	-	0,33	-	-	-	-	-	1,66	2,33

(*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m.

(**) Al menos un ejemplar registrado fuera del tiempo de recorrido (fuera de transecto).

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Aves Terrestres

En cuanto a las aves terrestres, durante el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental 2006-2016, en el Borde Este del Salar de Atacama, las aves terrestres han presentado bajas abundancias, independiente de la cobertura y composición de la vegetación (Tabla 6-11). Es así como en las prospecciones realizadas en abril de 2008, solo se contó con avistamientos circunstanciales, los que se obtuvieron fuera de los tiempos y recorridos de los transectos. A diferencia de las campañas anteriores, el presente monitoreo registró un alto número de especies, aumentando así la riqueza para este grupo.

Tabla 6-11 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)										
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Buteo polysoma</i>					(**)						
			<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)								(**)			
			<i>Metriopelia aymara</i>				0,33							2,00
			<i>Agriornis microptera</i>									0,33		
			<i>Agriornis montana</i>										0,33	0,67
			No se observó especies	+	+	+			+	+				
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>			(**)								
			<i>Anthus correndera</i>	1,33										
			Ave no determinada										0,33	
			No se observó especies		+		+	+	+	+	+	+		+
	3	Pajonal	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>		0,33	(**)								1
			<i>Asthenes modesta</i>			(**)								
			<i>Buteo polysoma</i>					0,33						
			<i>Anthus correndera</i>					0,33			0,33		0,33(**)	
			<i>Phoenicoparrus andinus</i>										0,33	
			<i>Metriopelia aymara</i>											0,67
			<i>Circus cinereus</i>											0,33
			No se observó especies	+		+			+	+			+	
	4	Marginal de Salar	<i>Phoenicoparrus andinus</i>											4,33
			<i>Charadrius alticola</i>											0,67
			<i>Anthus correndera</i>											0,67
			<i>Phoenicoparrus jamesi</i>											3,33
			<i>Calidris bairdi</i>											0,33

Tabla 6-11 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)												
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
			No se observó especies	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	<i>Agriornis montana</i>	0,33												
			<i>Buteo polyosoma</i>				(**)				(**)					
			<i>Muscisaxicola maculirostris</i>					0,33								
			<i>Sturnella supercilialis</i>								0,33					
			<i>Metriopelia aymara</i>									0,67		0,67		
			<i>Athene cunicularia</i>										RI			
			<i>Zonotrichia capensis</i>										0,33			
			<i>Anthus correndera</i>												1,00	
				No se observó especies		+	+				+	+			+	
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>Buteo polyosoma</i>			(**)							0,33	0,33		
			<i>Metriopelia aymara</i>									3(**)	4,67			
			<i>Agriornis microptera</i>				1	0,67	0,33	(**)	0,66	0,33				
			<i>Agriornis montana</i>												0,33	
			<i>Athene cunicularia</i>												0,33	
			<i>Muscisaxicola cinerea</i>													0,33
			<i>Muscisaxicola maculirostris</i>							1,33		(**)	0,33			
				No se observó especies	+	+										
	7	Pajonal	<i>Anthus correndera</i>		0,33						0,33					
			<i>Agriornis montana</i>												0,33	
			<i>Metriopelia aymara</i>												1,00	
			<i>Phalcoboenus megalopterus</i>											0,33		
				No se observó especies	+		+	+	+		+	+	+			

Tabla 6-11 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)												
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
	8	Marginal de Salar	<i>Charadrius alticola</i>									(**)			0,67	
			<i>Phoenicoparrus andinus</i>												0,33	
			<i>Calidris bairdii</i>													0,33
			No se observó especies	+	+	+	+	+	+	+			+	+		
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>Buteo polyosoma</i>								(**)					
			<i>Phalcooboenus megalopterus</i>		0,33											
			<i>Muscisaxicola frontalis</i>		0,33											
			<i>Leptasthenura aegithaloides</i>		0,33											
			<i>Metriopelia aymara</i>												1,00	
			No se observó especies	+		+	+	+	+			+	+	+		
	10	Brea-Cachiyuyo	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	0,33												
			<i>Muscisaxicola maculirostris</i>			(**)				0,33						
			<i>Hirundo rustica</i>			(**)										
			<i>Leptasthenura aegithaloides</i>							0,33						
			<i>Zonotrichia capensis</i>				0,33									
			Ave no determinada												0,33	
			No se observó especies		+			+				+	+	+		
11	Pajonal	<i>Buteo polyosoma</i>									0,33					
		<i>Phalcooboenus megalopterus</i>				(**)										
		<i>Zonotrichia capensis</i>				(**)										
		No se observó especies	+	+	+		+	+	+			+	+			
12	Marginal de Salar	<i>Charadrius alticola</i>								3	3(**)	4,66	0,33			
		<i>Calidris bairdii</i>									1,67	6,67				

Tabla 6-11 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)													
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Cruce SQM			<i>Phoenicoparrus andinus</i>									1,33		0,33			
			<i>Phoenicopterus chilensis</i>										0,33				
			<i>Metriopelia aymara</i>													1,00	
			<i>Metriopelia sp.</i>													0,33	
			No se observó especies	+	+	+	+	+	+								
			Rica rica-Pingo pingo	<i>Phalacrocorax macrorhynchos</i>			(**)										
				<i>Metriopelia aymara</i>										6		2,33	
				<i>Metriopelia sp.</i>													0,33
				<i>Leptasthenura aegithaloides</i>					0,33								
				<i>Bubulcus ibis</i>												0,33	
				<i>Geositta punensis</i>										0,67			
				<i>Upucerthia dumetaria</i>											0,33		
				<i>Muscisaxicola maculirostris</i>											0,33		
				<i>Sicalis auriventris</i>	(**)												
				<i>Anthus correndera</i>										0,33			
<i>Agriornis montana</i>														1,00			
<i>Thinocorus rumicivorus</i>														0,33			
No se observó especies			+		+			+									
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>Buteo polyosoma</i>					(**)		(**)							
			<i>Geositta punensis</i>										(**)				
			<i>Agriornis microptera</i>										(**)				
			<i>Muscisaxicola maculirostris</i>				0,67	0,33			(**)		0,33				
			<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>												1		

Tabla 6-11 Abundancias de aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)													
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
			<i>Metriopelia sp.</i>												0,67		
			No se observó especies	+	+	+			+		+						
			<i>Charadrius alticola</i>													0,33	
	15	Pajonal	No se observó especies	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
			<i>Charadrius alticola</i>														
	16	Marginal de Salar	<i>Buteo polyosoma</i>							(**)							
			<i>Phoenicoparrus andinus</i>										5			1,00	
			<i>Recurvirostra andina</i>										0,33				
			<i>Charadrius alticola</i>									1	0,67	1			0,67
			<i>Calidris bairdii</i>										3	0,67			
			No se observó especies	+	+	+	+	+								+	
	Laguna Interna	17	Salar	<i>Lessonia oreas</i>	0,33												
<i>Charadrius alticola</i>															1,67	1,67	
<i>Phalaropus tricolor</i>																	13,33
Ave no determinada																	0,33
No se observó especies					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

(*) 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).

+: Ausencia de registros en el hábitat.

RI: Registro indirecto.

Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Aves Acuáticas

En cuanto a las aves acuáticas, el registro total de aves acuáticas en los censos realizados desde la temporada abril 2006 hasta abril 2016 en el Borde Este del Salar de Atacama, se presenta en la Tabla 6-12.

I. Abundancias de aves acuáticas en el Borde Este del Salar de Atacama

En comparación con los monitoreos de años anteriores (exceptuando el correspondiente al periodo 2015, donde la riqueza superó al resto de las campañas con 18 taxas), los registros para este período se mantuvieron dentro de los rangos obtenidos a lo largo del plan de seguimiento ambiental. En cuanto a la abundancia de ejemplares, durante el censo 2016 alcanza los 3.849 individuos, es así como se aprecia una disminución en relación a las dos últimas campañas realizadas, en los cuales se obtuvieron valores de 4.345 y 4.621 ejemplares en los años 2014 y 2015, respectivamente (Tabla 6-12), sin embargo, existen registros de años previos con abundancias menores a la del presente año (año 2007 a 2013).

En cuanto a las especies detectadas, al igual que en años anteriores se observaron a las tres especies de flamencos, siendo las dominantes en cuanto a su abundancia en el Salar. Para las especies *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) y *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno), se registraron 1.184 y 336 individuos respectivamente, apreciándose una disminución respecto del censo 2015, pero con abundancias mayores a los mínimos históricos registrados (año 2009 y 2011). De igual forma, los pollos de flamenco también presentaron una notoria disminución con un total de 709 individuos versus 1.251 contabilizados durante la temporada anterior, aunque este valor sigue siendo un muy buen indicador respecto de otros años en donde no se registraron polluelos. Por su parte, la especie *P. jamesi* presentó un incremento en sus registros, alcanzando un total de 397 ejemplares observados en la temporada 2016.

Tabla 6-12 Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016. Total por especie

Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Bubulcus ibis</i>								1		1	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	762	395	314	211	459	491	269	386	248	650	336
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	2.101	722	879	618	610	544	1.113	887	989	1348	1.184
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	184	632	473	341	457	366	389	1026	477	155	397
Pollos de flamencos		91	563	1			1.122	699	1.114	1.251	709
Flamencos no determinados		41		211		60	10	10	262	200	-
<i>Lophonetta specularioides</i>	13	10	4	14	18	8	13	11	21	7	9
<i>Anas georgica</i>									3		
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>		1	9	2	4				5		
<i>Anas cyanoptera</i>				2	5				2		
<i>Gallinula chloropus</i>								2	1		
<i>Pluvialis dominica</i>				2							
<i>Charadrius alticola</i>	128	130	97	117	77	108	88	101	206	149	130
<i>Recurvirostra andina</i>	286	96	95	142	129	143	170	106	87	173	66
<i>Tringa melanoleuca*</i>		7	20	130	6	28	5	33	18	13	5
<i>Tringa flavipes*</i>	10						1	5		21	
<i>Calidris bairdii*</i>	222	167	241	205	192	218	117	176	235	321	246
<i>Calidris melanotos*</i>	31	97	18			4	8			14	
<i>Phalaropus tricolor*</i>	178	284	96	186	121	263	179	280	656	302	728
<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)	13	3	8	2	7	9	2	6		1	3

Tabla 6-12 Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016. Total por especie

Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Podiceps occipitalis</i>											1
<i>Lessonia oreas</i>	24	8	6	11	12	18	4	1	9	7	9
<i>Anthus correndera</i>	10	41	14	30	31	33	30	11	12	1	20
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>		2				1				3	
<i>Hirundo rustica*</i>	26									3	
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>											6
<i>Fulica cornuta</i>										1	
N° especies	14	15	14	15	14	14	14	17	15	18	14
N° individuos	3.988	2.722	2.837	2.225	2.128	2.294	3.520	3.741	4.345	4.621	3.849

* 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 6-13. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Puillar											Chaxa										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Bubulcus ibis</i>																						
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	149	65	15	36	30	78	28	98	20	191	57	125	159	209		135	213	126	144	7	151	112
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	809	227	346	151	51	221	538	409	510	663	524	219	115	202	97	98	53	69	96	22	172	136
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>		194	51	54	93	113	66	84	19	83	148		179	179	79	148	27	166	754	295		53
Pollos de flamencos		400	420				970	678	1.100	725	366			86	1			37				169
Flamencos no determinados				98				6	225	90	-						60				25	
<i>Lophonetta specularioides</i>																5	2		2	3		
<i>Anas georgica</i>																						
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>																						
<i>Anas cyanoptera</i>																						
<i>Gallinula chloropus</i>																						
<i>Pluvialis dominica</i>																						
<i>Charadrius alticola</i>	6		4		8					15	1		9	11	4	8	6	4	6	8	8	17
<i>Recurvirostra andina</i>		11	16	14	11	21	13	4		6	6	36	2	14	40	24	30	45	41	7	46	2
<i>Tringa melanoleuca</i>			16		3	15			12						120		12	2	6	5	6	
<i>Tringa flavipes</i>																					11	
<i>Calidris bairdii</i>	25		115		17	25		6	12	24	66	57	18	21	27	12	19	13	3	28	52	22
<i>Calidris melanotos</i>		70										18		9							6	
<i>Phalaropus tricolor</i>		18	39				140	12			58	170	241	54	128	121	239	39	244	433	73	514
<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)		1	3								1		1			2	6				1	1

Tabla 6-13. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Pular											Chaxa										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Lessonia oreas</i>					1																	
<i>Anthus correndera</i>																						
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>																						
<i>Hirundo rustica</i>																						
<i>Fulica cornuta</i>																						
N° de especies	4	7	9	4	8	6	6	6	5	6	8	6	8	8	7	9	10	9	9	9	10	8
N° de individuos	989	986	1.025	353	214	473	1.755	1.297	1.898	1.797	1.227	625	724	785	496	553	667	501	1.296	808	551	1.026

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-14. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Barros Negros											Canal Burro Muerto											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
<i>Bubulcus ibis</i>																							
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	191				93	23	7		55	208		54	91	37	35	101	75	35	51	74	14	30	
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	377				7	14		1	37	103	8	124	57	46	52	28	33	21	62	100	83	107	
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>								1	5	19	49	4		41	28	60	57	5	11	66	8	6	34
Pollos de flamencos									111			511	148								2		10
Flamencos no determinados		5		58								52					25			10			

Tabla 6-14. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Barros Negros											Canal Burro Muerto										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Lophonetta specularioides</i>					2											2						
<i>Anas georgica</i>																						
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>																						
<i>Anas cyanoptera</i>																						
<i>Gallinula chloropus</i>																						
<i>Pluvialis dominica</i>																						
<i>Charadrius alticola</i>	3				9	23	4	9	4	14		47	29	17	7	10	4	28	23	68	16	16
<i>Recurvirostra andina</i>	31				7	7	11	8	7	8		117	30	13	25	34	55	51	21	17	56	22
<i>Tringa melanoleuca</i>									1	6									7			
<i>Tringa flavipes</i>	7						1			10												
<i>Calidris bairdii</i>	8				18	38	2	4	15	90	4	42	87	53	79	82	96	38	102	145	113	96
<i>Calidris melanotos</i>							1			6		3										
<i>Calidris himantopus</i>																						
<i>Phalaropus tricolor</i>									201	229	9				3		24					1
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	2													4					2			
<i>Lessonia oreas</i>																						
<i>Anthus correndera</i>																						
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>						1																
<i>Hirundo rustica</i>																						
<i>Fulica cornuta</i>																						

Tabla 6-14. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Barros Negros											Canal Burro Muerto										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
N° de especies	7	1	0	1	6	6	8	5	8	10	4	6	6	7	7	7	7	7	8	6	6	7
N° de individuos	619	5	0	58	136	106	138	27	339	1.286	173	387	335	198	286	314	292	194	336	412	298	306

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-15. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Aguas de Quelana											Salada										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Bubulcus ibis</i>																			1		1	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	82	23	17	53	41	41	30	35	35	22	55	108	39	24	54	36	35	40	44	53	44	69
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	301	73	49	100	106	76	142	113	126	112	131	271	158	206	157	253	138	333	136	185	149	230
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>		11	14	3	11	20	5	13	18	5	1	162	95	124	85	35	125	95	49	54	8	113
Pollos de flamencos										5	21		16					4		14		5
Flamencos no determinados				30					2	18			31						4	35	15	
<i>Lophonetta specularioides</i>	9	7	4	14	7	6	6	6	13	7	5		3			2		7	3	5		4
<i>Anas georgica</i>									3													
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>		1	8	2	4				5					1								
<i>Anas cyanoptera</i>				2	5				2													
<i>Gallinula chloropus</i>								2	1													

Tabla 6-15. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama Campañas 2006 a 2016

Especies	Aguas de Quelana											Salada										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Pluvialis dominica</i>				2																		
<i>Charadrius alticola</i>	53	89	60	103	42	73	45	53	112	69	84	2			3		2	2	4	5	15	1
<i>Recurvirostra andina</i>	69	40	32	49	41	24	35	22	40	34	18	17	13	20	14	12	6	13	21	16	23	17
<i>Tringa melanoleuca</i>		7	4	9	1	1	3	15		1	5								1			
<i>Tringa flavipes</i>	3							5														
<i>Calidris bairdii</i>	53	54	50	98	56	40	57	48	33	32	55	10		2		2		2	4		10	
<i>Calidris melanotos</i>	6		9			4	7			2			27									
<i>Phalaropus tricolor</i>											1		18	2	54				24	17		108
<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	2		1	2	1	2						5	1			3	1		2			1
<i>Lessonia oreas</i>	24	8	6	11	11	18	4	1	9	7	9											
<i>Anthus correndera</i>	10	41	14	30	31	33	30	11	12	1	20											
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>		2								3												
<i>Hirundo rustica</i>	20									3		2										
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>											6											
<i>Fulica cornuta</i>																						
N° de especies	12	12	13	14	13	12	11	12	13	13	12	8	8	7	6	7	6	8	11	7	7	8
N° de individuos	632	356	268	508	356	338	364	324	411	321	411	577	401	379	367	343	307	496	293	384	265	548

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-16. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Especies	Saladita											Interna										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Bubulcus ibis</i>																						
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	23	12	4	25	16	17	3	7	4	15		30	6	8	8	7	9		7		5	13
<i>Phoenicoparrus andinus</i>		71	12	29	55	9	10	43	6	19			21	18	32	12			27	3	47	48
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	22	64	21	43	79	44	45	47	46	4	16		48	56	17	34	32		8	18		28
Pollos de flamencos		75	57					19														
Flamencos no determinados																						
<i>Lophonetta specularioides</i>	4																					
<i>Anas georgica</i>																						
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>																						
<i>Anas cyanoptera</i>																						
<i>Gallinula chloropus</i>																						
<i>Pluvialis dominica</i>																						
<i>Charadrius alticola</i>			4				2	4	7		6	17	3	1				3	2	2	12	5
<i>Recurvirostra andina</i>	7						2	2			1	9							1			
<i>Tringa melanoleuca</i>															1	2			4			
<i>Tringa flavipes</i>																						
<i>Calidris bairdii</i>					2			3			1	27	8		1	3		5	6	2		2
<i>Calidris melanotos</i>												4										
<i>Phalaropus tricolor</i>	8	7									17			1	1					5		20
<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)	2				1			2				2						2				
<i>Podiceps occipitalis</i>											1											

Tabla 6-16. Abundancia de aves acuáticas en el Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Especies	Saladita											Interna										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Lessonia oreas</i>																						
<i>Anthus correndera</i>																						
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>																						
<i>Hirundo rustica</i>	4																					
<i>Fulica cornuta</i>																					1	
N° de especies	7	4	4	3	5	3	5	7	4	3	6	6	5	5	6	5	2	3	7	5	4	6
N° de individuos	70	229	98	97	153	70	62	127	63	38	42	89	86	84	60	58	41	10	55	30	65	116

Fuente: Elaboración propia

II. Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Soncor

En cuanto a las aves acuáticas en el sistema Soncor, los registros muestran una disminución de la riqueza al compararlos con los censos de años anteriores, en dos de los cuatro sectores (Chaxa y Barros Negros). Este último sector es el que presenta mayores diferencias respecto de la temporada anterior donde se apreciaron diez especies. Sin embargo, se observa que en Puillar hay un aumento en el número de especies, equilibrando el balance total de especies del sistema Soncor.

En cuanto a las abundancias observadas durante la temporada 2016, se registró un total de 2.732 aves, apreciándose una variación importante en las abundancias de las distintas lagunas que conforman el Sistema Soncor: en la Laguna Puillar, al igual que el año anterior, se observó la mayor abundancia, con 1.227 individuos, seguida de Laguna Chaxa con 1.026 aves. Por su parte, el Canal Burro Muerto y la Laguna Barros Negros presentaron abundancias de 306 y 173 ejemplares respectivamente. En cuanto a las especies de flamenco, la mayor abundancia la presentó *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) con 775 individuos, seguida por *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) con 239 ejemplares, mientras que para la especie *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) se registraron 199 individuos. Finalmente, cabe destacar que se registraron 683 pollos de flamenco en este sistema, siendo el menor número censado respecto a las dos temporadas anteriores (2014 y 2015), sin embargo existen registros de años previos donde hay un menor número de ejemplares (año 2006 a 2011).

En la Tabla 6-17 y entre la Figura 6-12 y la Figura 6-16, se muestran los resultados para las tres especies de flamencos en los censos realizados en abril desde el año 2006 al 2016, considerando las distintas lagunas del Sistema Soncor. Se aprecia, en general, una disminución de individuos en la campaña de 2016, con 1.896 flamencos, el cual representa el menor registro desde el año 2012, sin embargo es un valor mayor en comparación con los resultados de los años 2007 a 2011. En las lagunas Puillar, Chaxa y Barros Negros, tanto *P. chilensis* y *P. andinus* disminuyeron su abundancia, mientras que en Canal Burro Muerto se detectó un aumento en las tres especies, al ser comparadas con el censo del año 2015. Cabe destacar, que pese a la disminución en el censo de flamenco, *P. jamesi* es la única especie que presentó un aumento respecto al año anterior.

En la Tabla 6-18 se exponen los resultados de las otras especies de aves acuáticas para los censos de abril desde el 2006 a 2016 en el Sistema Soncor. En relación al año anterior (2015), existe una disminución en la riqueza específica, identificando para la presente temporada cinco especies, el cual es el mínimo valor obtenido en todos los años junto con el año 2009, mientras que se detectó un aumento en la abundancia, con 836 individuos en el total del Sistema Lacustre, valor superior al promedio de acuerdo a los registros (560). Al igual que el año anterior, la especie más abundante fue *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) con 582 ejemplares, seguida de *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 188 individuos y finalmente *Charadrius alticola* (chorlo puna) y *Recurvirostra andina* (caití) con 34 y 30 aves respectivamente. En contraste se encuentra la especie *Larus serranus* (gaviota andina), la que presentó sólo dos registro.

Tabla 6-17. Abundancia de flamencos en las lagunas Puilar, Chaxa, Barros Negros y Canal Burro Muerto. Campañas 2006 a 2016

Laguna	Año	N° de ejemplares por especie					Total
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	
Laguna Puilar	2006	149	809	-	-	-	958
	2007	65	227	194	400	-	886
	2008	15	346	51	420	-	832
	2009	36	151	54	-	98	339
	2010	30	51	93	-	-	174
	2011	78	221	113	-	-	412
	2012	28	538	66	970	-	1.602
	2013	98	409	84	678	6	1.275
	2014	20	510	19	1100	225	1.874
	2015	191	663	83	725	90	1.752
	2016	57	524	148	366	-	1.095
Laguna Chaxa	2006	125	219	-	-	-	344
	2007	159	115	179	-	-	453
	2008	209	202	179	86	-	676
	2009	-	97	79	1	-	177
	2010	135	98	148	-	-	381
	2011	213	53	27	-	60	353
	2012	126	69	166	37	-	398
	2013	144	96	754	-	-	994
	2014	7	22	295	-	-	324
	2015	151	172	-	-	25	348
Laguna Barros Negros	2006	191	377	-	-	-	568
	2007	-	-	-	-	5	5
	2008	-	-	-	-	-	-
	2009	-	-	-	-	58	58
	2010	93	7	-	-	-	100
	2011	23	14	-	-	-	37
	2012	7	-	1	111	-	119
	2013	-	1	5	-	-	6
	2014	55	37	19	-	-	111
	2015	208	103	49	511	52	923
2016	-	8	4	148	-	160	
Canal Burro Muerto	2006	54	124	-	-	-	178
	2007	91	57	41	-	-	189
	2008	37	46	28	-	-	111
	2009	35	52	60	-	25	172
	2010	101	28	57	-	-	186

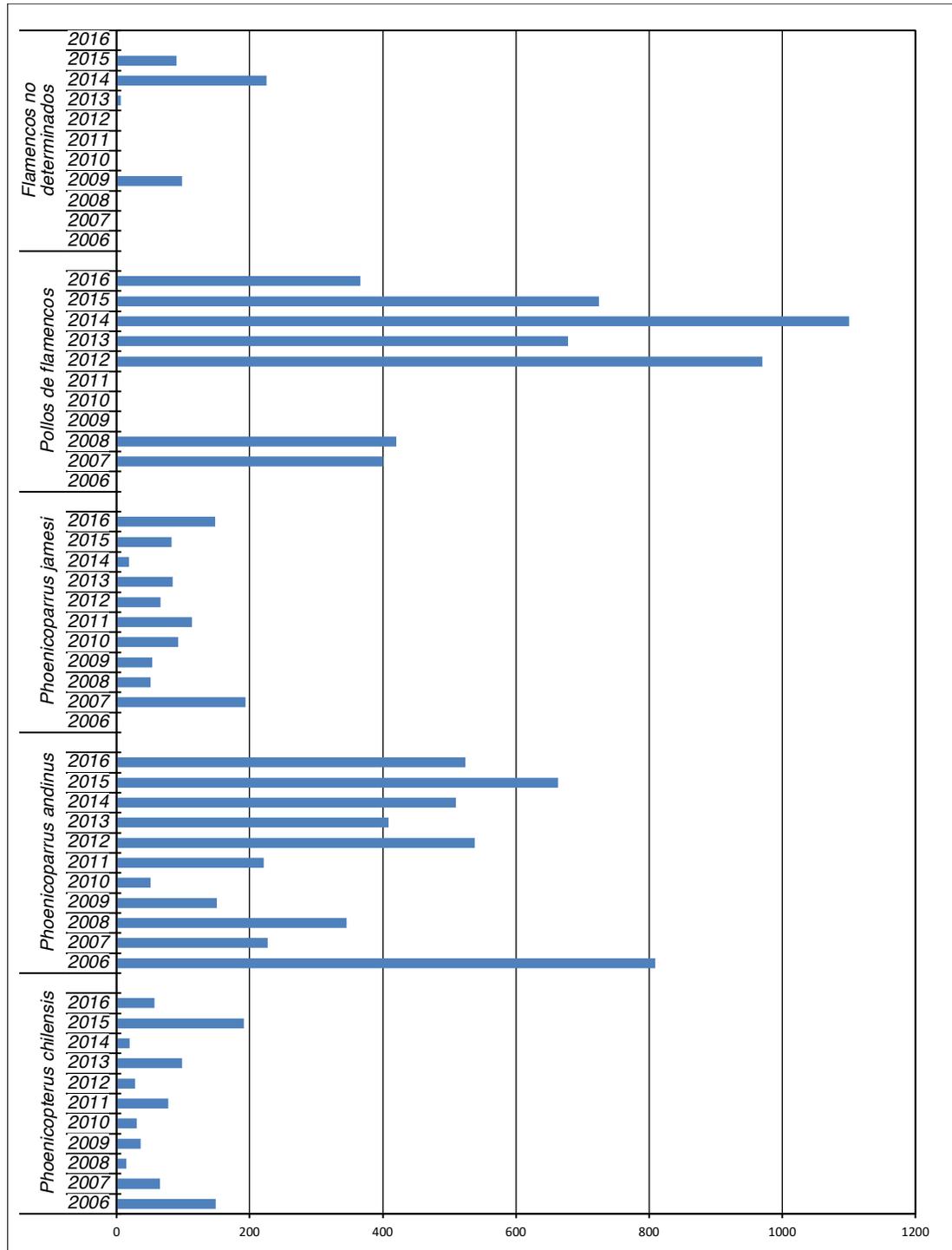


Tabla 6-17. Abundancia de flamencos en las lagunas Puilar, Chaxa, Barros Negros y Canal Burro Muerto. Campañas 2006 a 2016

Laguna	Año	N° de ejemplares por especie					Total
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	
	2011	75	33	5	-	-	113
	2012	35	21	11		10	77
	2013	51	62	66	2	-	181
	2014	74	100	8	-	-	182
	2015	14	83	6	10	-	113
	2016	30	107	34	-	-	171
Total Sistema Soncor	2006	519	1529	-	-	-	2.048
	2007	315	399	414	400	5	1.533
	2008	261	594	258	506	-	1.619
	2009	71	300	193	1	181	746
	2010	359	184	298	-	-	841
	2011	389	321	145	-	60	915
	2012	196	628	244	1118	10	2.196
	2013	293	568	909	680	6	2.456
	2014	156	669	341	1100	225	2.491
	2015	564	1021	138	1246	167	3.136
2016	199	775	239	683	-	1.896	

Fuente: Elaboración propia

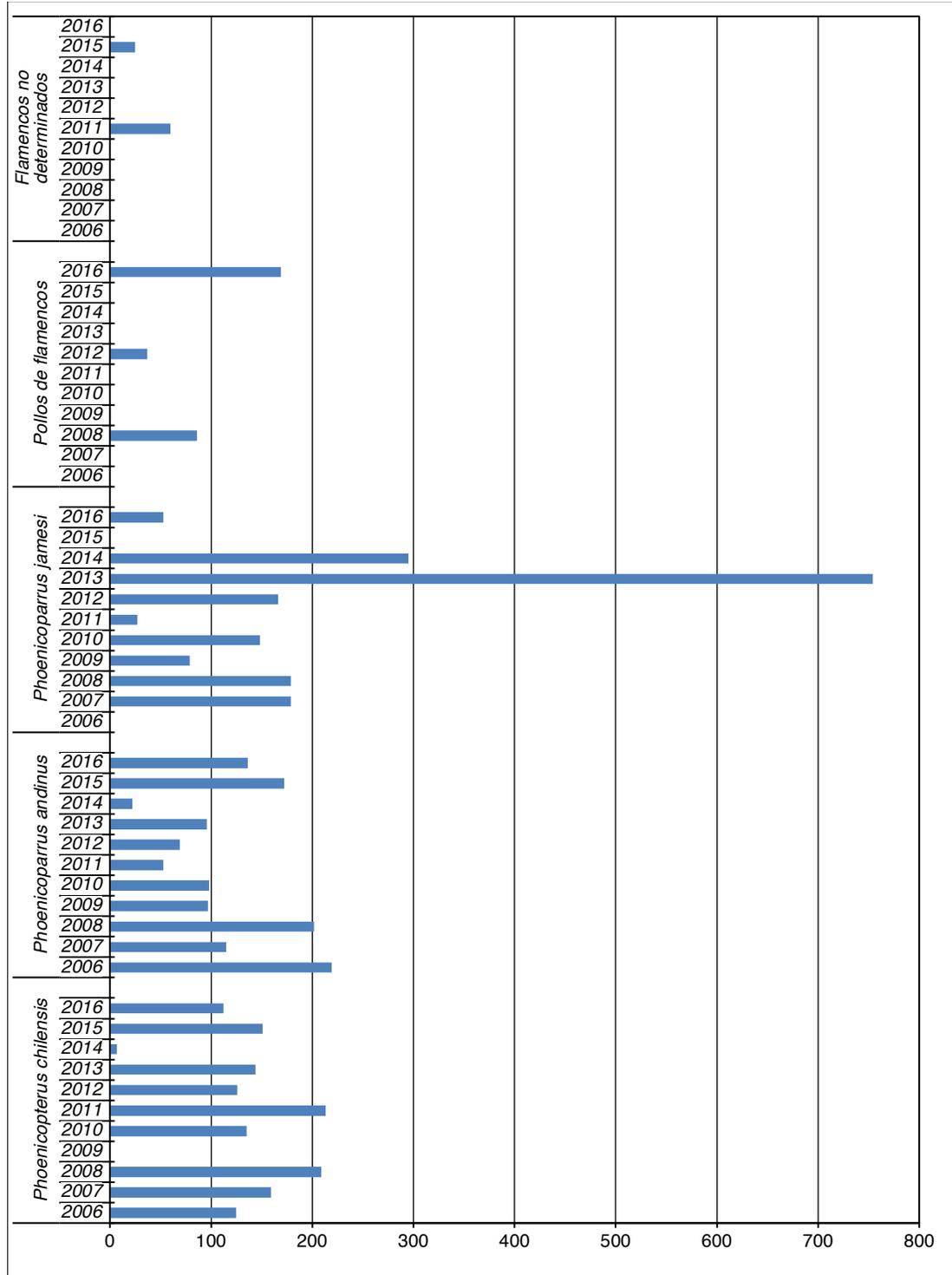
Figura 6-12. Abundancia de flamencos en Laguna Puillar



Fuente: Elaboración propia



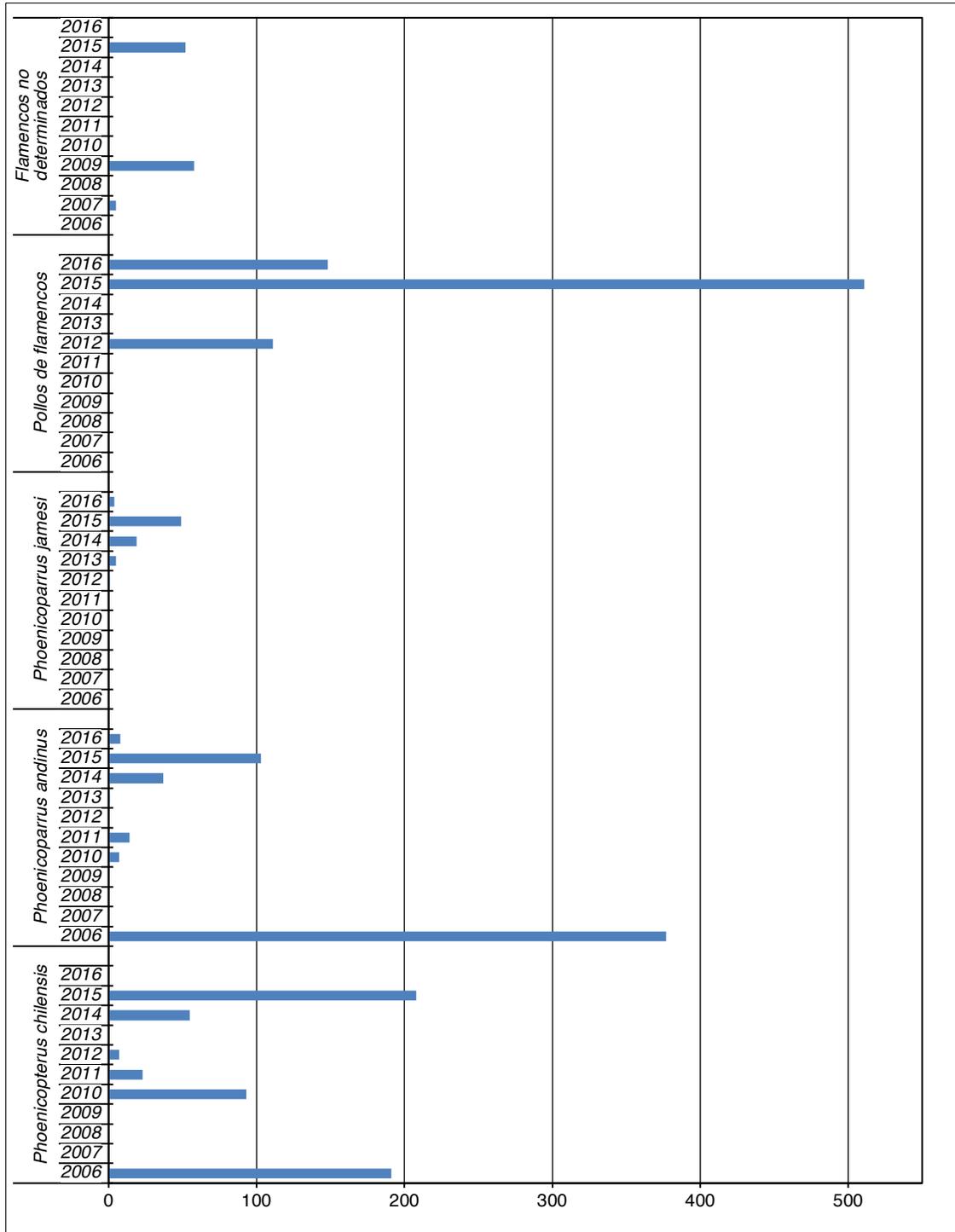
Figura 6-13. Abundancia de flamencos en Laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia



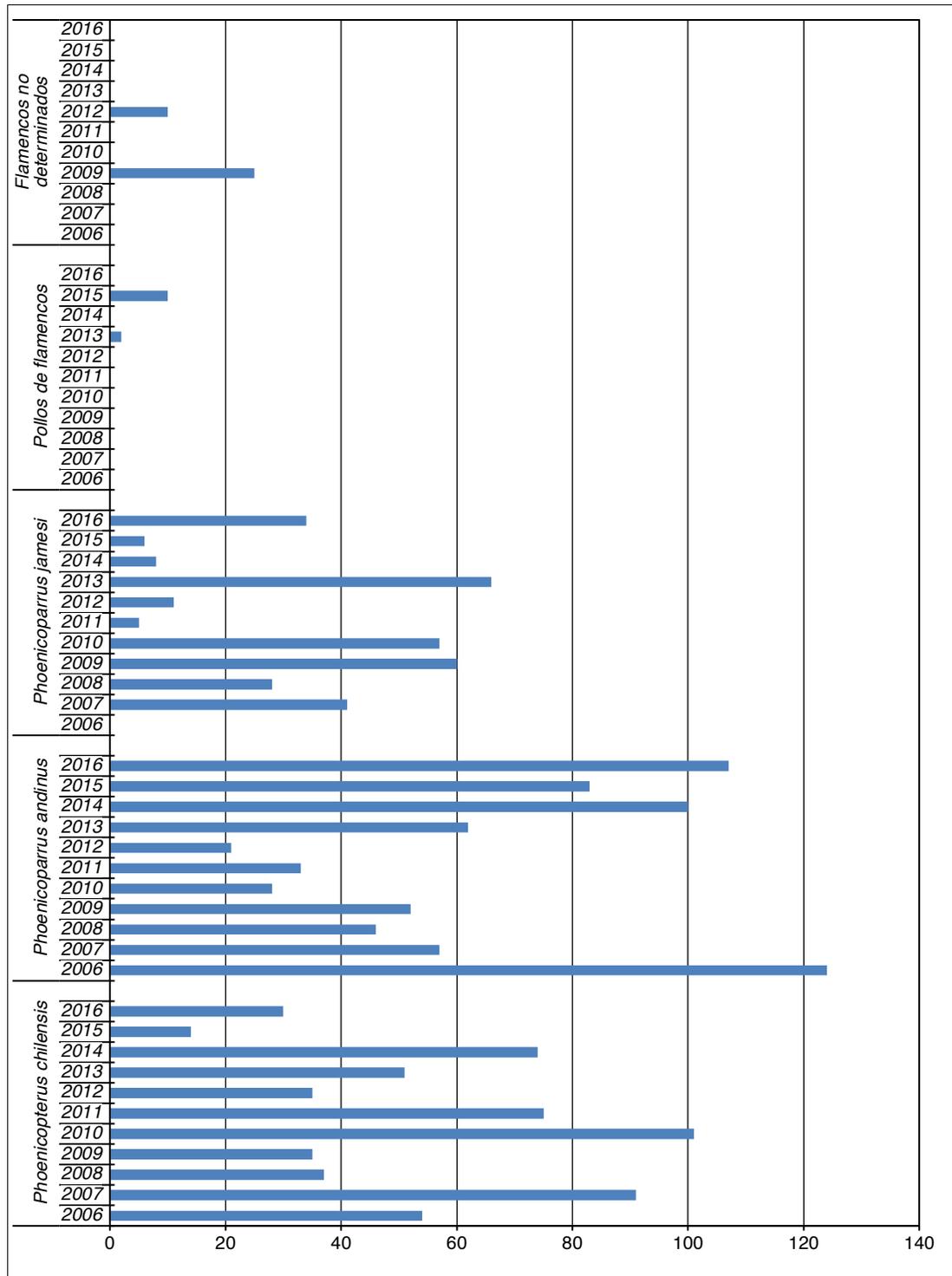
Figura 6-14. Abundancia de flamencos en Laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia



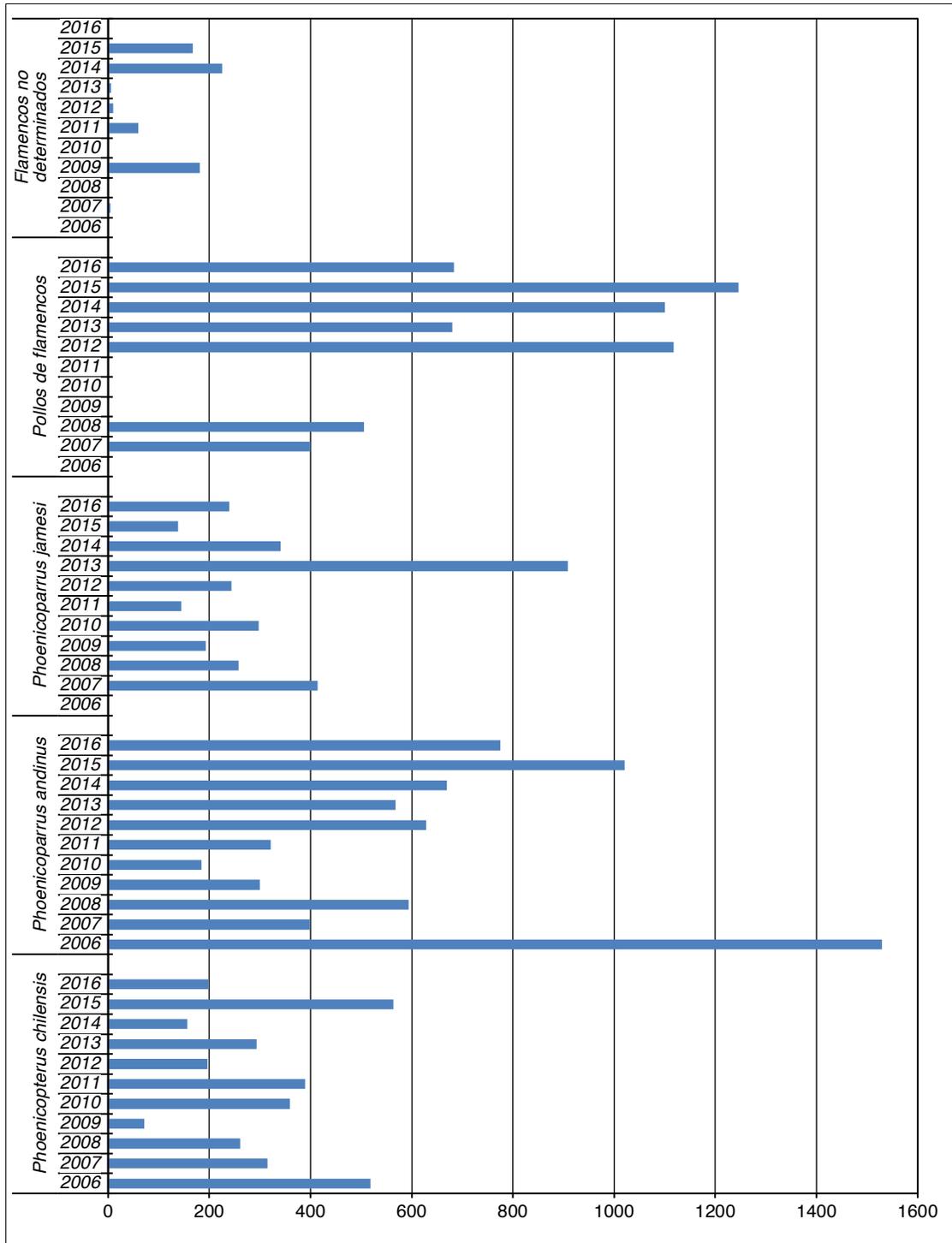
Figura 6-15. Abundancia de flamencos en Canal Burro Muerto



Fuente: Elaboración propia



Figura 6-16. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Soncor



Fuente: Elaboración propia



Tabla 6-18. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Puillar, Chaxa, Barros Negros y Canal Burro Muerto. Campañas 2006 a 2016

N° de ejemplares por especie													
Laguna	Año	<i>Lophonetta specularioides</i>	<i>Charadrius aiticola</i>	<i>Recurvirostra andina</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Tringa flavipes</i>	<i>Callidris bairdii</i>	<i>Callidris melanotos</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Larus serranus (C. serranus)</i>	<i>Podiceps occipitalis</i>	<i>Lessonia oreas</i>	Total
Laguna Puillar	2006	-	6	-	-	-	25	-	-	-	-	-	31
	2007	-	-	11	-	-	-	70	18	1	-	-	100
	2008	-	4	16	16	-	115	-	39	3	-	-	193
	2009	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	14
	2010	-	8	11	3	-	17	-	-	-	-	1	40
	2011	-	-	21	15	-	25	-	-	-	-	-	61
	2012	-	-	13	-	-	-	-	140	-	-	-	153
	2013	-	-	4	-	-	6	-	12	-	-	-	22
	2014	-	-	-	12	-	12	-	-	-	-	-	24
	2015	-	15	6	-	-	24	-	-	-	-	-	45
	2016	-	1	6	-	-	66	-	58	1	-	-	132
Laguna Chaxa	2006	-	-	36	-	-	57	18	170	-	-	-	281
	2007	-	9	2	-	-	18	-	241	1	-	-	271
	2008	-	11	14	-	-	21	9	54	-	-	-	109
	2009	-	4	40	120	-	27	-	128	-	-	-	319
	2010	5	8	24	-	-	12	-	121	2	-	-	172
	2011	2	6	30	12	-	19	-	239	6	-	-	314
	2012	-	4	45	2	-	13	-	39	-	-	-	103
	2013	2	6	41	6	-	3	-	244	-	-	-	302
	2014	3	8	7	5	-	28	-	433	-	-	-	484
	2015	-	8	46	6	11	52	6	73	1	-	-	203
2016	-	17	2	-	-	22	-	514	1	-	-	556	
Laguna Barros Negros	2006	-	3	31	-	7	8	-	-	2	-	-	51
	2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2010	2	9	7	-	-	18	-	-	-	-	-	36
	2011	-	23	7	-	-	38	-	-	-	-	-	68
	2012	-	4	11	-	1	2	1	-	-	-	-	19
	2013	-	9	8	-	-	4	-	-	-	-	-	21
2014	-	4	7	1	-	15	-	201	-	-	-	228	

Tabla 6-18. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Puilar, Chaxa, Barros Negros y Canal Burro Muerto. Campañas 2006 a 2016

N° de ejemplares por especie													
Laguna	Año	<i>Lophonetta specularioides</i>	<i>Charadrius aticola</i>	<i>Recurvirostra andina</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Tringa flavipes</i>	<i>Calidris bairdii</i>	<i>Calidris melanotos</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Larus serranus (C. serranus)</i>	<i>Podiceps occipitalis</i>	<i>Lessonia oreas</i>	Total
	2015	-	14	8	6	10	90	6	229	-	-	-	363
	2016	-	-	-	-	-	4	-	9	-	-	-	
Canal Burro Muerto	2006	-	47	117	-	-	42	3	-	-	-	-	209
	2007	-	29	30	-	-	87	-	-	-	-	-	146
	2008	-	17	13	-	-	53	-	-	4	-	-	87
	2009	-	7	25	-	-	79	-	3	-	-	-	114
	2010	2	10	34	-	-	82	-	-	-	-	-	128
	2011	-	4	55	-	-	96	-	24	-	-	-	179
	2012	-	28	51	-	-	38	-	-	-	-	-	117
	2013	-	23	21	7	-	102	-	-	2	-	-	155
	2014	-	68	17	-	-	145	-	-	-	-	-	230
	2015	-	16	56	-	-	113	-	-	-	-	-	185
	2016	-	16	22	-	-	96	-	1	-	-	-	135
Total Sistema Soncor	2006	-	56	184	-	7	132	21	170	2	-	-	572
	2007	-	38	43	-	-	105	70	259	2	-	-	517
	2008	-	32	43	16	-	189	9	93	7	-	-	389
	2009	-	11	79	120	-	106	-	131	-	-	-	447
	2010	9	35	76	3	-	129	-	121	2	-	1	376
	2011	-	33	113	27	-	178	-	263	6	-	-	620
	2012	-	36	120	2	1	53	1	179	-	-	-	392
	2013	2	38	74	13	-	115	-	12	2	-	-	256
	2014	3	80	31	18	-	200	-	634	-	-	-	966
	2015	-	53	116	12	21	279	12	302	1	-	-	796
	2016	-	34	30	-	-	188	-	582	2	-	-	836

Fuente: Elaboración propia

III. Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana

Tal como se ha observado en los años 2014 y 2015, el Sistema Aguas de Quelana presentó la mayor riqueza entre los Sistemas Lacustres, con 12 especies para la temporada 2016. Junto con esto, se registraron 90 individuos mas que el año pasado. Esta mayor riqueza se puede relacionar con las condiciones bióticas y abióticas que se aprecian en los cuerpos de agua y su entorno permitiendo una mayor diversidad de ambientes: la presencia de lagunas salobres, afloramientos de agua menos salobre,

así como la vegetación presente entorno a las lagunas, proporciona más recursos (e.g. alimento y refugio) a las distintas especies detectadas.

En la Tabla 6-19 se muestran los resultados para las tres especies de flamencos en los censos realizados en el mes abril de los años 2006 al 2016 para el Sistema de Quelana. Se aprecia un aumento durante la temporada 2016 para los flamencos en relación al año 2015, con 162 y 208 individuos en los respectivos años (Figura 6-17)).

En cuanto a otras aves detectadas durante el censo, se registró solo a una especie de la familia Anatidae: *Lophonetta specularioides* (pato juarjua), con cinco individuos, lo que contrasta con la observación de trece y siete ejemplares registrados para esta especie en los años 2014 y 2015, respectivamente. Este valor, sin embargo, no corresponde el mínimo histórico, dado que el año 2008 se observaron 4 ejemplares únicamente. Asimismo, no se observa una tendencia a la disminución de dicha especie, sino, mas bien, un evento singular para el año 2014 (13 registros) y, luego, se vuelve a registrar valores similares (6 ± 1 ejemplares). Otra especie que difiere con los resultados obtenidos anteriormente es *Anthus correndera* (bailarín chico) con 20 individuos, valor superior a las temporadas 2013, 2014 y 2015. Por su parte, la especie *Lessonia oreas* (colegial del norte) presenta un leve incremento en sus registros, con nueve individuos para la presente temporada. A lo anterior, se pueden mencionar los registros del Passeriforme *Muscisaxicola maculirostris* (dormilona chica), con seis ejemplares, y el Charadriiforme *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor), con un ejemplar. Ambas especies corresponden a especies registradas por primera vez en este sistema.

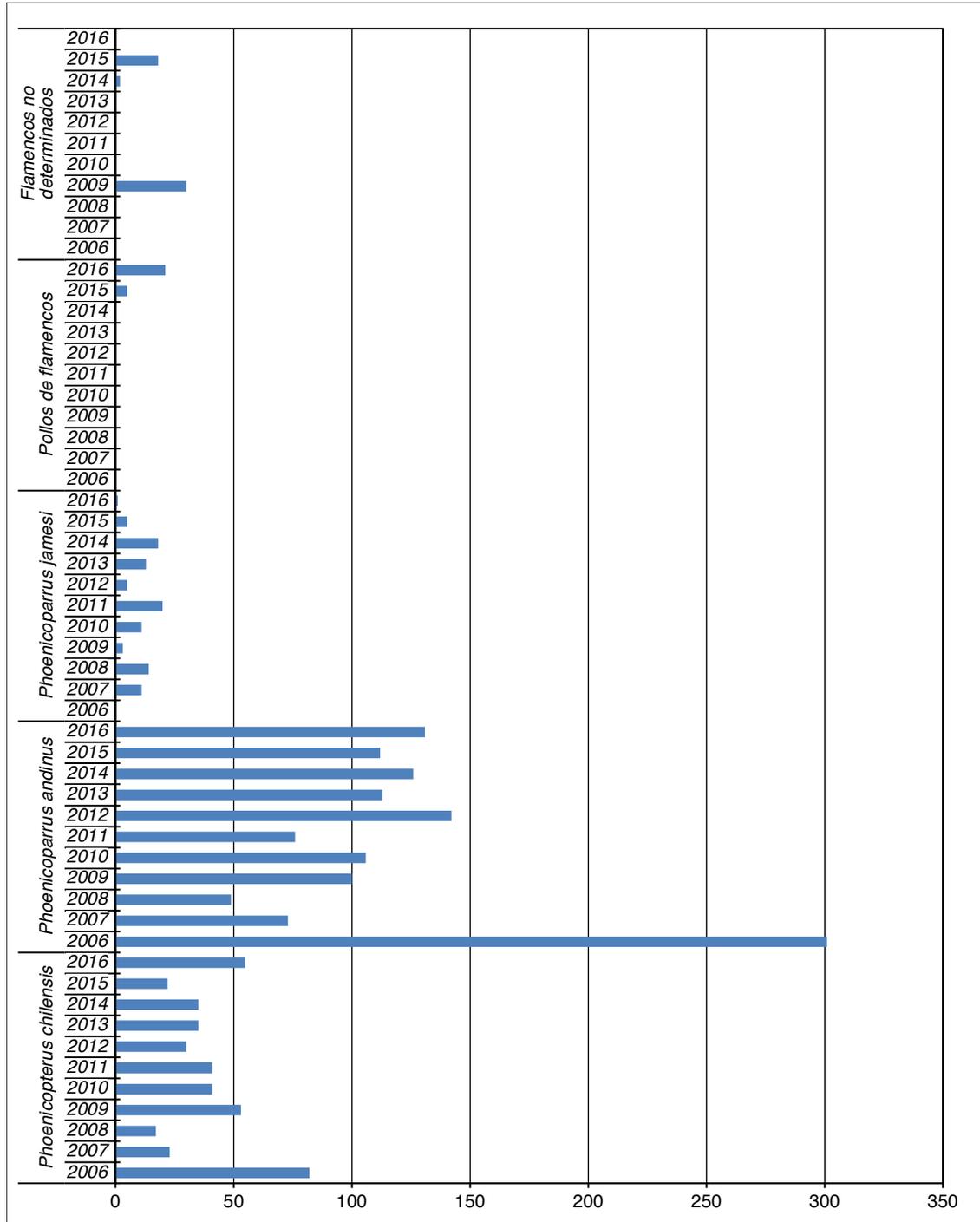
En la Tabla 6-20 se exponen los resultados para otras especies de aves acuáticas registradas en este sistema durante el censo 2016, las que alcanzaron una abundancia total de 203 aves, observándose un aumento en cinco de las nueve especies.

Tabla 6-19. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 a 2016

Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	82	23	17	53	41	41	30	35	35	22	55
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	301	73	49	100	106	76	142	113	126	112	131
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	-	11	14	3	11	20	5	13	18	5	1
Pollos de flamencos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	21
Flamencos no determinados	-	-	-	30	-	-	-	-	2	18	-
Total	383	107	80	186	158	137	177	161	181	162	208

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-17. Abundancia de flamencos en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia



Tabla 6-20. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 a 2016

Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Lophonetta specularioides</i>	9	7	4	14	7	6	6	6	13	7	5
<i>Anas georgica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	-	1	8	2	4	-	-	-	5	-	-
<i>Anas cyanoptera</i>	-	-	-	2	5	-	-	-	2	-	-
<i>Gallinula chloropus</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-
<i>Pluvialis dominica</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Charadrius alticola</i>	53	89	60	103	42	73	45	53	112	69	84
<i>Recurvirostra andina</i>	69	40	32	49	41	24	35	22	40	34	18
<i>Tringa melanoleuca</i>	-	7	4	9	1	1	3	15	-	1	5
<i>Tringa flavipes</i>	3	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
<i>Calidris bairdii</i>	53	54	50	98	56	40	57	48	33	32	55
<i>Calidris melanotos</i>	6	-	9	-	-	4	7	-	-	2	-
<i>Phalaropus tricolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Larus serranus</i> (<i>Chroicocephalus serranus</i>)	2	-	1	2	1	2	-	-	-	-	-
<i>Lessonia oreas</i>	24	8	6	11	11	18	4	1	9	7	9
<i>Anthus correndera</i>	10	41	14	30	31	33	30	11	12	1	20
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	
<i>Hirundo rustica</i>	20	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Total	249	249	188	322	199	201	187	163	249	159	203

Fuente: Elaboración propia

IV. Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Peine

El Sistema Lacustre de Peine presentó una riqueza total de diez especies de aves durante la temporada 2016, mostrando un incremento en relación a los últimos dos censos (2014 y 2015), en los cuales se detectaron ocho especies en cada una.

Entre las distintas lagunas que conforman este sistema, Laguna Salada presentó la mayor riqueza y abundancia, con ocho especies y 548 ejemplares avistados, siendo seguida por Laguna Interna, con seis especies y 116 aves. Por su parte, en Laguna Saladita se observaron seis especies, con un registro total de 42 individuos. Durante el año 2016 hubo un aumento en la abundancia total del Sistema, con 706 individuos censados, en comparación a la campaña de 2015, en la que se contabilizaron 368 aves.

A nivel de especies se observó una mayor abundancia en *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), con 278 individuos, seguida por *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) con 157 ejemplares, *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) con 145 individuos y *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 82 ejemplares. Estos taxa presentaron un leve aumento en su abundancia en relación a la temporada anterior (2015).

La Tabla 6-21y la Figura 6-18 a la Figura 6-21 se muestran los resultados para las tres especies de flamencos en los censos realizados en abril, desde el 2006 hasta el 2016 para las lagunas del Sistema Peine. Se aprecia un aumento general en el número de individuos durante el último censo, con 522 flamencos registrados. En relación al año anterior, se observó un aumento en la abundancia de las tres especies de flamencos.

Por su parte, en la Tabla 6-22 se exponen los resultados de las otras especies de aves acuáticas, para los censos de abril desde el 2006 a 2016. Comparativamente, respecto al año 2015, la riqueza aumentó a siete especies, y la abundancia presentó un incremento importante, con un total de 184 aves registradas. Destaca el hallazgo de un ejemplar en laguna Saladita de *Podiceps occipitalis* (blanquillo), con el primer registro en los censos desde el 2006. Cabe señalar que en las dos temporadas anteriores (2014 y 2015) tampoco se registraron ejemplares de *Larus serranus* (= *Chroicocephalus serranus*; gaviota andina).

Tabla 6-21. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campañas 2006 a 2016.

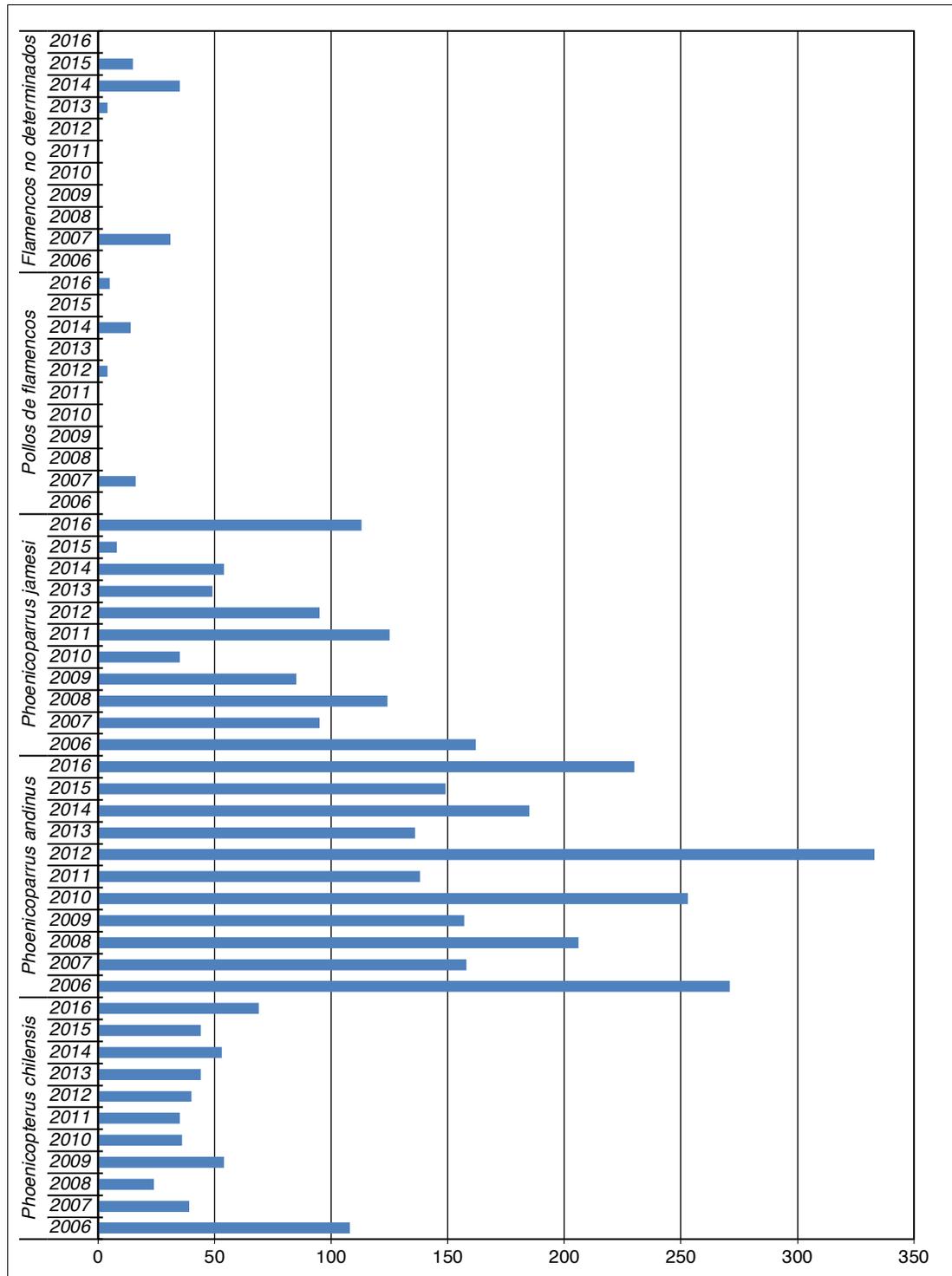
Laguna	Año	N° de ejemplares por especie					Total
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	
Laguna Salada	2006	108	271	162	-	-	541
	2007	39	158	95	16	31	339
	2008	24	206	124	-	-	354
	2009	54	157	85	-	-	296
	2010	36	253	35	-	-	324
	2011	35	138	125	-	-	298
	2012	40	333	95	4	-	472
	2013	44	136	49	-	4	233
	2014	53	185	54	14	35	341
	2015	44	149	8	-	15	216
2016	69	230	113	5	-	417	
Laguna Saladita	2006	23	-	22	-	-	45
	2007	12	71	64	75	-	222
	2008	4	12	21	57	-	94
	2009	25	29	43	-	-	97
	2010	16	55	79	-	-	150
	2011	17	9	44	-	-	70
	2012	3	10	45	-	-	58
	2013	7	43	47	19	-	116
	2014	4	6	46	-	-	56
	2015	15	19	4	-	-	38
2016	-	-	16	-	-	16	
Laguna Interna	2006	30	-	-	-	-	30
	2007	6	21	48	-	-	75
	2008	8	18	56	-	-	82
	2009	8	32	17	-	-	57
	2010	7	12	34	-	-	53
	2011	9	-	32	-	-	41
	2012	-	-	-	-	-	-
	2013	7	27	8	-	-	42
	2014	-	3	18	-	-	21
	2015	5	47	-	-	-	52
2016	13	48	28	-	-	89	

Tabla 6-21. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campañas 2006 a 2016.

Laguna	Año	N° de ejemplares por especie					Total
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	
Total Sistema Peine	2006	161	271	184	-	-	616
	2007	57	250	207	91	31	636
	2008	36	236	201	57	-	530
	2009	87	218	145	-	-	450
	2010	59	320	148	-	-	527
	2011	61	147	201	-	-	409
	2012	43	343	140	4	-	530
	2013	58	206	104	19	4	391
	2014	57	194	118	14	35	418
	2015	64	215	12	-	15	306
	2016	82	278	157	-	5	522

Fuente: Elaboración propia

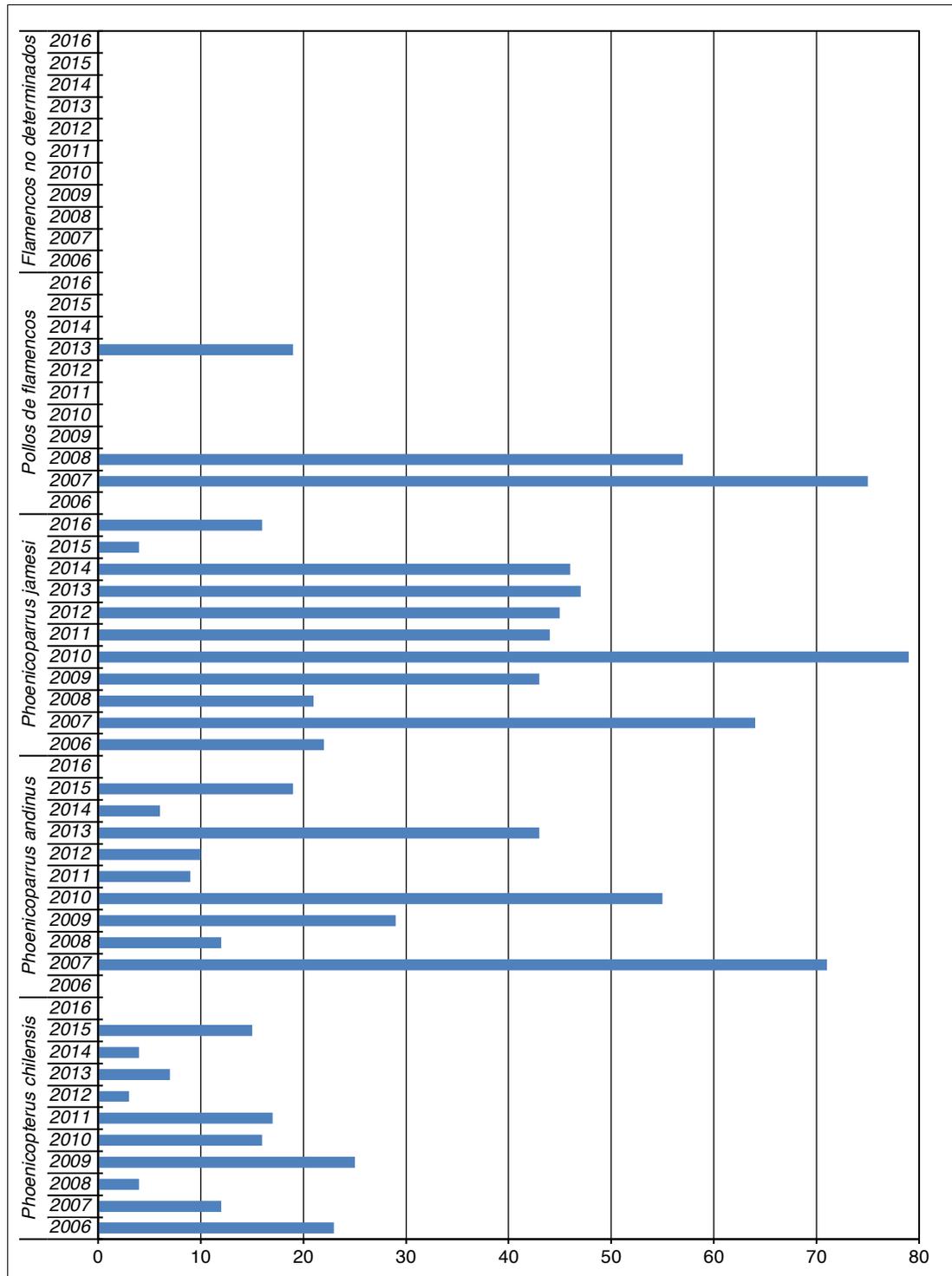
Figura 6-18. Abundancia de flamencos en Laguna Salada



Fuente: Elaboración propia



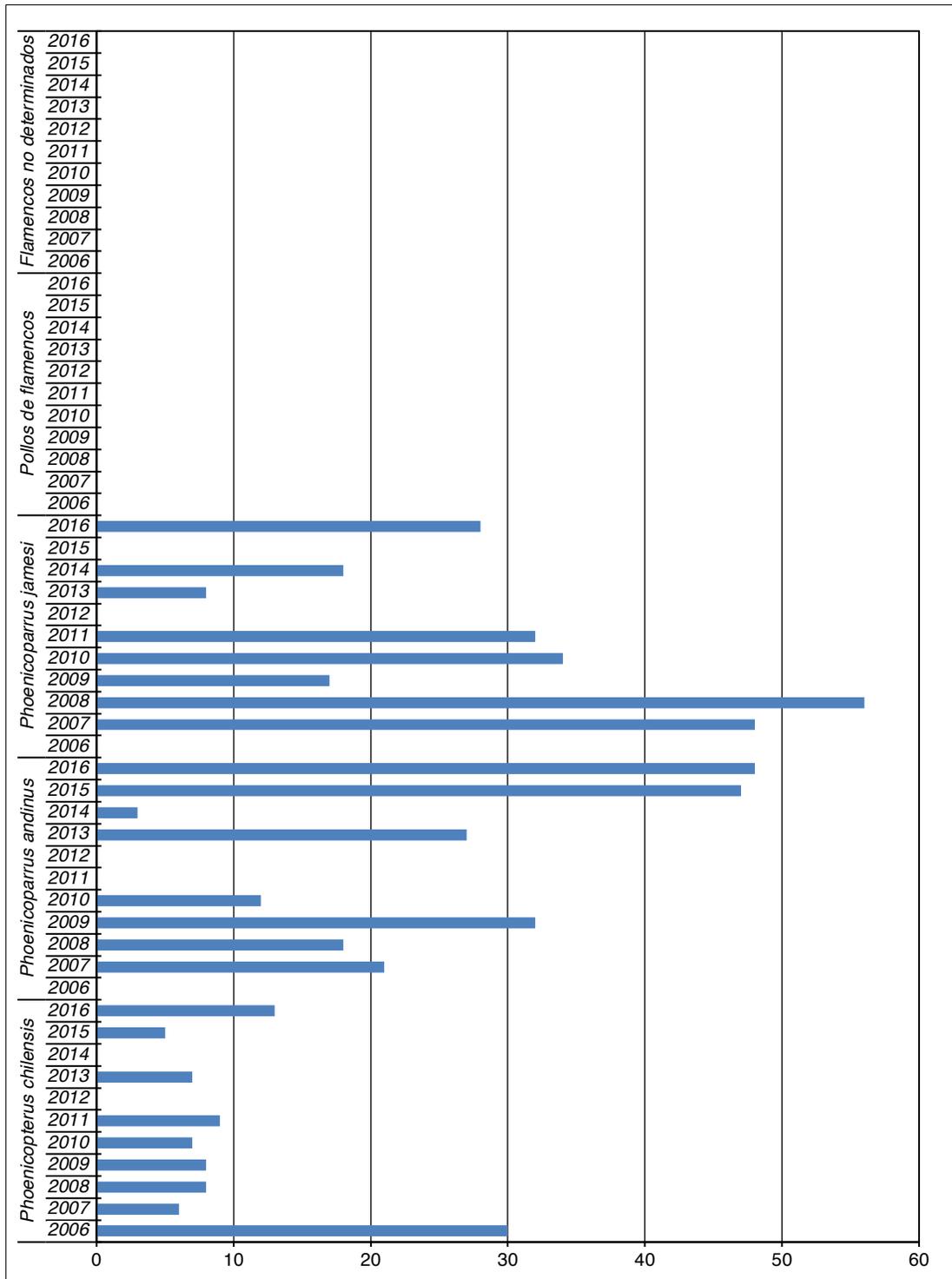
Figura 6-19. Abundancia de flamencos en Laguna Saladita



Fuente: Elaboración propia



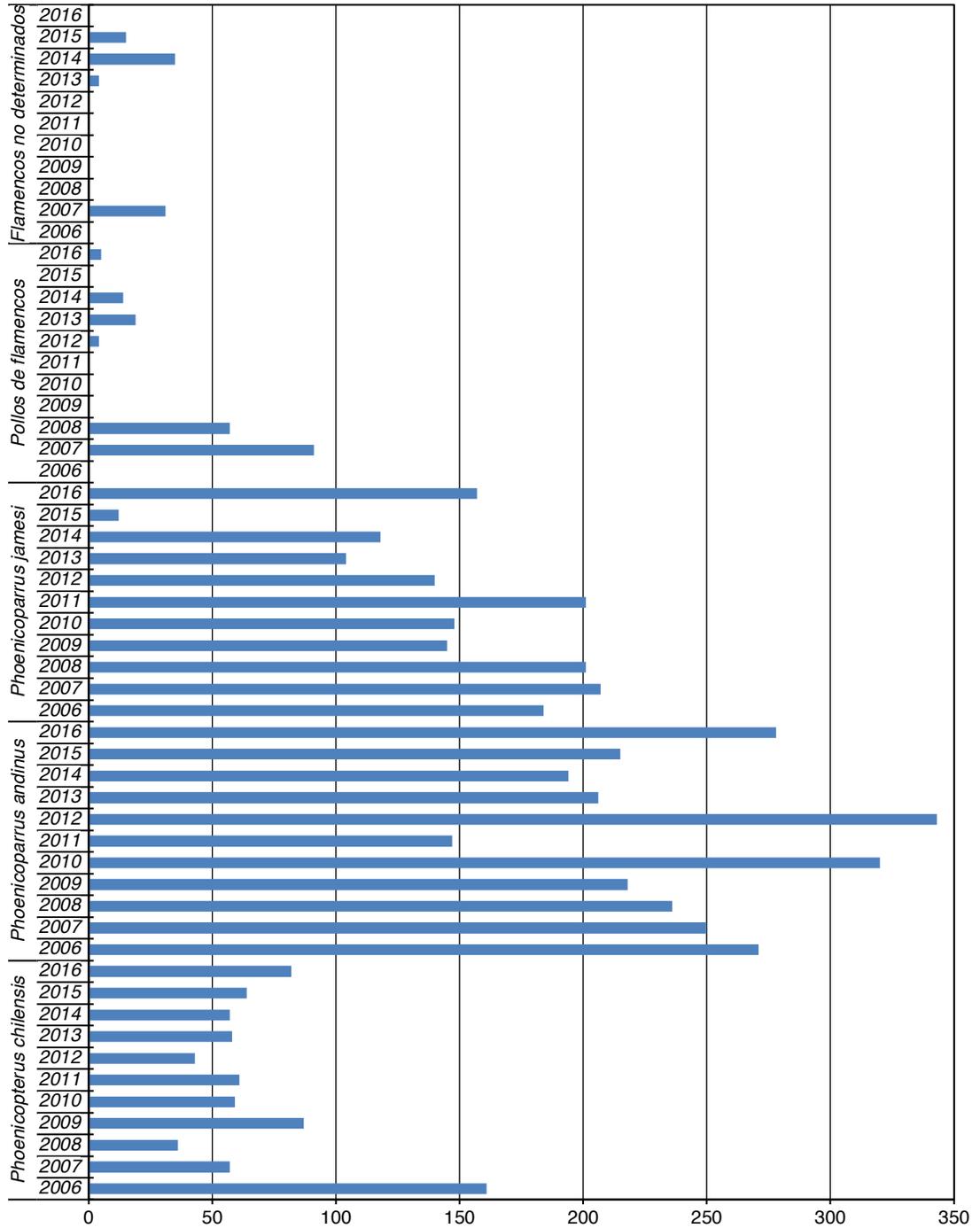
Figura 6-20. Abundancia de flamencos en Laguna Interna



Fuente: Elaboración propia



Figura 6-21. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Peine



Fuente: Elaboración propia



Tabla 6-22. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campañas 2006 a 2016

N° de ejemplares por especie															
Laguna	Año	<i>Bubulcus ibis</i>	<i>Lophonetta specularioides</i>	<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	<i>Charadrius aliticola</i>	<i>Recurvirostra andina</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Calidris bairdii</i>	<i>Calidris melanotos</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	<i>Podiceps occipitalis</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Fulica cornuta</i>	Total
Laguna Salada	2006	-	-	-	2	17	-	10	-	-	5	-	2	-	36
	2007	-	3	-	-	13	-	-	27	18	1	-	-	-	62
	2008	-	-	1	-	20	-	2	-	2	-	-	-	-	25
	2009	-	-	-	3	14	-	-	-	54	-	-	-	-	71
	2010	-	2	-	-	12	-	2	-	-	3	-	-	-	19
	2011	-	-	-	2	6	-	-	-	-	1	-	-	-	9
	2012	-	7	-	2	13	-	2	-	-	-	-	-	-	24
	2013	1	3	-	4	21	1	4	-	24	2	-	-	-	60
	2014	-	5	-	5	16	-	-	-	17	-	-	-	-	43
	2015	1	-	-	15	23	-	10	-	-	-	-	-	-	49
2016	-	4	-	1	17	-	-	-	108	1	-	-	-	131	
Laguna Saladita	2006	-	4	-	-	7	-	-	-	8	2	-	4	-	25
	2007	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	7
	2008	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2010	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	3
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	2012	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	2013	-	-	-	4	2	-	3	-	-	2	-	-	-	11
	2014	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
	2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2016	-	-	-	6	1	-	1	-	17	-	1	-	-	26	
Laguna Interna	2006	-	-	-	17	9	-	27	4	-	2	-	-	-	59
	2007	-	-	-	3	-	-	8	-	-	-	-	-	-	11
	2008	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
	2009	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	3
	2010	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	5
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	2012	-	-	-	3	-	-	5	-	-	2	-	-	-	10
	2013	-	-	-	2	1	4	6	-	-	-	-	-	-	13
	2014	-	-	-	2	-	-	2	-	5	-	-	-	-	9
	2015	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	1	13
2016	-	-	-	5	-	-	2	-	20	-	-	-	-	27	
	2006	-	4	-	19	33	-	37	4	8	9	-	6	-	120

Tabla 6-22. Abundancia de otras especies de aves acuáticas en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campañas 2006 a 2016

N° de ejemplares por especie															
Laguna	Año	<i>Bubulcus ibis</i>	<i>Lophonetta specularioides</i>	<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	<i>Charadrius aliticola</i>	<i>Recurvirostra andina</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Calidris bairdii</i>	<i>Calidris melanotos</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Larus serranus (Chroicocephalus serranus)</i>	<i>Podiceps occipitalis</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Fulica cornuta</i>	Total
Total Sistema Peine	2007	-	3	-	3	13	-	8	27	25	1	-	-	-	80
	2008	-	-	1	5	20	-	2	-	3	-	-	-	-	31
	2009	-	-	-	3	14	1	1	-	55	-	-	-	-	74
	2010	-	2	-	-	12	2	7	-	-	4	-	-	-	27
	2011	-	-	-	2	6	-	-	-	-	1	-	-	-	9
	2012	-	7	-	7	15	-	7	-	-	2	-	-	-	38
	2013	1	3	-	10	24	5	13	-	24	4	-	-	-	84
	2014	-	5	-	14	16	-	2	-	22	-	-	-	-	59
	2015	1	-	-	27	23	-	10	-	-	-	-	-	1	62
	2016	-	4	-	12	18	-	3	-	145	-	1	-	-	184

Fuente: Elaboración propia

A modo general, las variaciones detectadas en los distintos años se ven fuertemente reflejadas en el número y tipo de aves presentes. Si bien, durante las distintas campañas de monitoreo se ha apreciado la dominancia por parte de las distintas especies de flamenco, en la presente temporada se aprecia un disminución de la abundancia de ejemplares, sin embargo, no corresponde a un mínimo histórico, (año 2009). Esto se ve reflejado por una importante disminución en *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) y de pollos de flamenco. La disminución de la abundancia del flamenco chileno podría ser explicada principalmente por el desplazamiento de individuos hacia otras lagunas o salares ubicadas más al norte, ya que esta especie presenta una distribución más amplia, abarcando principalmente el sur de Perú. En términos generales, las 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 están relacionadas con los continuos desplazamientos que realizan los flamencos a lo largo del año en busca de lugares aptos para la reproducción y alimentación. Los 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). Así mismo, durante las distintas temporadas se aprecian variaciones en la riqueza y abundancia de las distintas especies residentes y/o visitantes de los distintos Sistemas Lacustres presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, detectándose incluso el reemplazo de especies en las distintas campañas de monitoreo. Estas diferencias 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.

6.3.4 Mamíferos

I. Micromamíferos

El registro de micromamíferos en comparación con el registro histórico muestra un valor sobre el promedio de especies detectadas (Tabla 6-23). Si bien hay especies que no se registraron en algunos hábitats en el presente año, tales como el *Abrothrix andinus* en el pajonal de Aguas de Quelana, este sí se registró en el mismo hábitat localizado en la Vega de Carvajal, y con una frecuencia mucho mayor a la registrada en años anteriores. Esto podría dar indicios de un leve movimiento de la especie hacia otros sectores que presenten mejores condiciones de alimentación, asociado a la dinámica poblacional de la vegetación. Junto con esto, se registran en total 10 hábitats en donde hubo reconocimiento de especies, el cual corresponde a un peak respecto del registro histórico.

Tabla 6-23. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia promedio (*)											
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	1	0,33	3,66	5,33	3,66	1,66	1,33	1	0,66	0,33	3,00	
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-	-	0,33	-	-	0,33	0,66	1,33	0,33	-	0,67	
	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Abrothrix andinus</i>	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			<i>Eligmodontia puerulus</i>	-	-	4,66	-	-	-	-	-	-	-	-	4,67
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,33	2,00	
	3	Pajonal	<i>Abrothrix andinus</i>	0,33	0,66	0,66	2,66	-	0,33	1	-	0,33	2,33	11,67	
			<i>Eligmodontia puerulus</i>	-	-	1,33	-	-	-	-	-	-	-	-	
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	
	Aguas de Quelana	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Thylamys pallidior</i>	-	0,66	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-	-
<i>Abrothrix andinus</i>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	
<i>Eligmodontia puerulus</i>				-	3,33	2,66	1,66	0,33	-	2	0,66	1	-	0,33	
<i>Phyllotis xanthopygus</i>				-	0,66	-	-	-	-	0,33	1,33	-	-	-	
2		Brea-Cachiyuyo	<i>Thylamys pallidior</i>	-	0,66	-	0,33	-	0,33	-	-	-	-	-	
			<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-	-	-	0,66	-	0,33	1,66	1	-	-	1,67	
			<i>Abrothrix andinus</i>	-	-	-	-	0,66	0,33	0,33	-	-	-	-	
3		Pajonal	<i>Phyllotis xanthopygus</i>	-	2,33	-	-	-	1,66	1	-	0,33	-	0,67	
			<i>Abrothrix andinus</i>	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,33	-	-	
N° de Especies Registradas				2	4	4	4	2	4	3	2	3	3	3	
N° de Sectores con registro de especies				4	7	7	6	3	8	7	6	6	3	10	

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

Fuente: Elaboración propia.

II. Macromamíferos

Como se menciona en el capítulo anterior, las trampas olfativas registraron solamente en una estación la presencia de *Pseudalopex culpaeus* (zorro culpeo), mientras que en las otras tres estaciones se registraron aves y micromamíferos. A pesar de esto, se registró indirectamente, a través de huellas y fecha, la presencia de esta especie en los otros hábitats del sector.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en los años anteriores (Tabla 6-24), se puede observar que, si bien, el registro actual es bajo en comparación con los otros años, en donde hay campañas donde se detecta en 2 o 3 trampas olfativas, existen años en donde no hubo registro alguno (2010). Esto coincide con lo observado en la Tabla 6-23, el cual muestra que para los micromamíferos el año 2010 se registro un mínimo de especies (2) y de sectores con registros (3).

Tabla 6-24. Índice de visitas de *Pseudalopex culpaeus* (zorro culpeo) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campañas 2007 a 2016

Sector	Transecto	Hábitat	% Visitas (<i>Pseudalopex culpaeus</i>)										Observaciones de improntas (varías)									
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	33	0	0	0	0	0	0	33	100	100	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	SV	SV	SV	SV	SV	SV	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por zorro y <i>A. montana</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i> , roedor Cricétido y <i>C. aura</i>
	2	Brea-Cachiyuyo	0	66	33	0	66	0	100	100	0	0	Visitada por <i>P. xanthopygus</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	SV	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	SV	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i> y roedor	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	SV	Visitada por roedor Cricétido
Aguas de Quelana	1	Rica rica-Pingo pingo	33	33	0	0	33	0	0	100	67	0	Visitada por <i>P. megalopterus</i> y <i>P. xanthopygus</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	SV	SV	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por insecto y roedor	Visitada por roedor Cricétido y <i>Ctenomys</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por roedor Cricétido
	2	Brea-Cachiyuyo	66	33	0	0	0	66	33	66	33	0	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	SV	SV	SV	Dos zorros en una visita	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i>	Visitada por <i>Pseudalopex sp.</i> , reptil y roedor Cricétido	SV

SV: Sin visitas

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, y en base a los resultados de cada año, ha sido posible constatar variaciones en el ensamble de especies de fauna silvestre presente en el área de estudio, sin embargo, los resultados se ubican dentro del rango histórico de resultados. Estas diferencias pueden ser explicadas, en primer término, si se consideran los efectos a nivel de la vegetación que conforma la matriz para el componente faunístico, y que puede presentar diferencias en función de las características climáticas predominantes en el área de estudio.

Si bien, las variables climáticas ejercen una fuerte influencia sobre los componentes bióticos del sector, conjugándose con la variabilidad estacional y/o interanual, éstas pueden verse así mismo modificadas por fluctuaciones climáticas, como es el caso del invierno altiplánico o el fenómeno ENSO (Arntz & Fahrbach, 1996; Houston, 2006).

De los resultados obtenidos durante la campaña 2016, entre los aspectos metodológicos que pueden incidir en las diferencias observadas con años anteriores, se pueden mencionar las variaciones producto de la ubicación de transectos y trampas Sherman en cada temporada. Esto, considerando que los puntos seleccionados en las estaciones de muestreo son referenciales, y por tanto dependen de la existencia de recursos durante los distintos años. En este sentido, las diferencias que pueden darse producto de variaciones en los equipos GPS, se pueden considerar poco relevantes, en particular si gran parte de estas variaciones pueden verse subsanadas por la movilidad intrínseca de los distintos grupos de fauna, permitiendo homologar ambientes de similares características en cuanto a su utilización por estos taxa.

En este escenario, la existencia limitada de algunos recursos como alimento, refugio o fuentes hídricas, llevan a que algunos organismos se vean restringidos a sectores específicos dentro del área de estudio. Así mismo, la diferenciación de hábitat permite establecer variaciones importantes en cuanto a las especies predominantes en cada uno de ellos, e incluso influir a nivel de las interacciones que se conforman en estos hábitats, como la competencia o depredación, entre otras (Begon *et al.*, 2006).

Como ejemplo de lo anterior, es posible analizar la presencia de organismos altamente especialistas, como es el caso de la mayor parte de fauna de baja movilidad (i.e. reptiles y micromamíferos no fosoriales). Estas especies presentan ámbitos de hogar reducidos y, por tanto, sus actividades son realizadas en sectores específicos dentro del contexto del área de estudio. Las limitaciones espaciales presentes en los organismos mencionados, pueden explicarse a la vez como consecuencia de restricciones fisiológicas y/o ecológicas (Vidal & Labra, 2008).

Este tipo de especializaciones es posible verificarlas en la utilización de ambientes por parte de la lagartija *Liolaemus fabiani*, la que se encuentra presente en ambientes de borde del salar (Marginal de Salar), o asociados en forma secundaria a formaciones adyacentes, como es el caso del hábitat de Pajonal. En este último ambiente se puede mencionar también al roedor *Abrothrix andinus*, restringido exclusivamente a los pajonales, donde los recursos necesarios para su actividad son más abundantes. Estas características permiten establecer un mayor grado de sensibilidad para las especies consideradas, en relación a las perturbaciones.

Por el contrario, en especies con hábitos generalistas, como es el caso de *Pseudalopex sp.* (zorro) y *Ctenomys fulvus* (tuco-tuco), se ha observado un uso amplio de los distintos ambientes durante los distintos años de monitoreo, encontrándose en gran parte de los hábitat y sectores prospectados. Cabe señalar que, si ambas son especies generalistas en cuanto a la utilización del espacio, en el caso del tuco-tuco, su actividad siempre se ve restringida por la presencia de galerías en parches adecuados a su actividad, y en las que hay disponibilidad de alimento como bulbos y raíces (Iriarte, 2008). Por el contrario, en el caso de los zorros, su amplio ámbito de hogar en conjunto con su flexibilidad en cuanto al consumo de alimento, les permite ocupar prácticamente todos los ambientes presentes en el área de estudio, pudiendo desplazarse incluso fuera de este sector en busca de recursos. En este mismo contexto destaca el hallazgo de un ejemplar muerto de *Leopardus colocolo* (gato colocolo), cuyos registros son muy poco frecuentes.

6.4 Biota acuática

A continuación, se discuten los resultados obtenidos en el monitoreo de biota acuática realizado en abril de 2016. 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 diferencias entre sí (comparación múltiple).

6.4.1 Medio Abiótico

6.4.1.1 Temperatura.

La Figura 6-22, Figura 6-23, Figura 6-24 y Figura 6-25, muestran gráficamente la evolución temporal de la temperatura en los sistemas lagunares para el periodo 2006 - 2016. La estadística descriptiva de esta variable se presenta en la Tabla 6-25, Tabla 6-26, Tabla 6-27 y Tabla 6-28.

La temperatura en los sistemas lacustres estudiados presenta una alta variabilidad diaria, por ende no es posible efectuar interpretaciones concluyentes basadas en 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 Puillar.

En el sistema hidrológico Puillar se han registrado temperaturas promedio entre 7,4 °C (2014) y 27,0 °C (2013). 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 6-25**.

La evolución temporal de la temperatura monitoreada desde el año 2006 hasta el año 2016 se presenta en la Figura 6-22. 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.

Tabla 6-25. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	17,1	2,96	17,3	13,7	21,7	14,65	17,2	19,6
2007	5	24,6	1,73	7,02	23,0	27,4	23,35	23,9	26,3
2008	5	15,5	2,67	17,2	11,6	18,2	13,00	15,7	18,0
2009	5	13,8	3,44	25,0	10,0	17,5	10,10	15,4	16,6
2010	5	13,5	2,04	15,1	11,1	16,7	11,90	13,6	15,2
2011	5	21,1	3,36	15,9	15,7	24,0	18,15	21,4	23,9
2012	5	26,5	1,73	6,5	23,5	27,8	25,15	27,2	27,6
2013	2	27,0	2,83	10,5	25,0	29,0	*	27,0	*
2014	4	7,45	2,47	33,2	4,20	10,2	5,03	7,70	9,63
2015	4	16,8	3,30	19,6	12,4	20,1	13,40	17,4	19,7

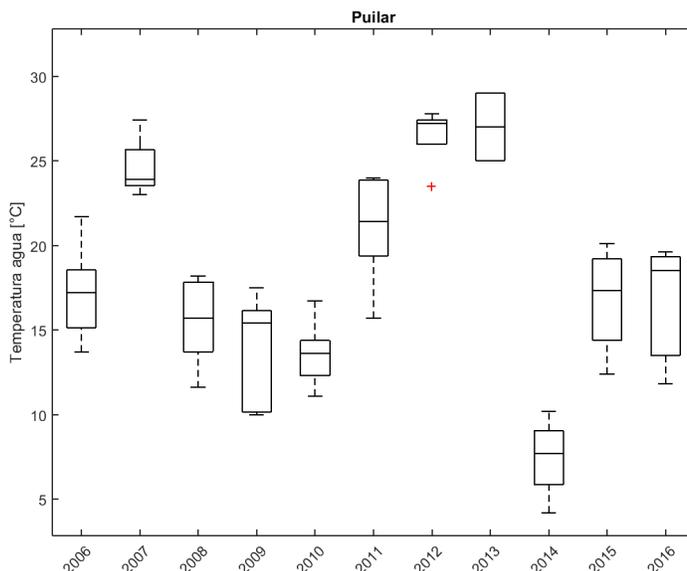
Tabla 6-25. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2016	3	16,6	4,22	25,4	11,8	19,6	11,80	18,5	19,6

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 6-22. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016. 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 6-26.

La prueba de *Kruskal-Wallis* para el sistema Soncor, muestra que hay diferencias significativas entre las mediciones anuales lo que también pueden apreciarse gráficamente en la Figura 6-23. Al igual que en el sistema Puillar, 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.



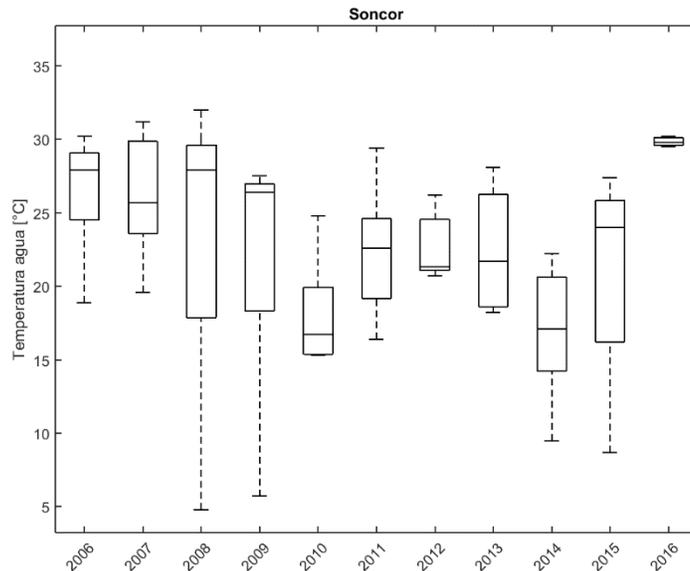
Tabla 6-26. Estadística descriptiva de la temperatura (°C) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	26,4	4,42	16,7	18,9	30,2	22,7	27,9	29,5
2007	5	26,2	4,49	17,2	19,6	31,2	22,3	25,7	30,3
2008	5	23,1	10,8	46,9	4,80	32,0	13,5	27,9	30,4
2009	5	21,8	9,20	42,2	5,70	27,5	14,1	26,4	27,2
2010	5	18,1	3,94	21,8	15,3	24,8	15,4	16,7	21,6
2011	5	22,3	4,76	21,3	16,4	29,4	18,3	22,6	26,2
2012	5	22,7	2,35	10,4	20,7	26,2	21,0	21,3	25,1
2013	4	22,4	4,68	20,9	18,2	28,1	18,4	21,7	27,2
2014	5	16,9	4,86	28,7	9,50	22,2	12,7	17,1	21,2
2015	4	21,0	8,38	39,8	8,70	27,4	12,5	24,0	26,6
2016	3	29,8	0,35	1,18	29,5	30,2	29,5	29,8	30,2

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 6-23. Evolución temporal de la temperatura registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 26,5 °C y mediana máxima de 27,7 °C



(ambos en el año 2006). La estadística descriptiva completa se presenta en la Tabla 6-27 y su expresión gráfica se ilustra en la Figura 6-24.

La prueba de *Kruskal-Wallis* entre los datos anuales en este sistema indica que no existen diferencias significativas entre ellas.

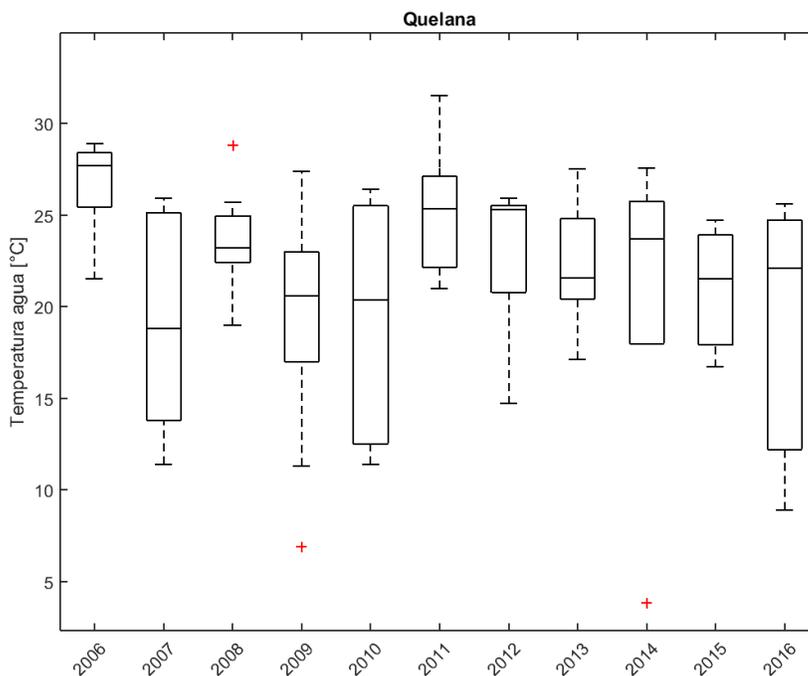
Tabla 6-27. Estadística descriptiva de la temperatura registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	26,5	2,60	9,81	21,5	28,9	25,4	27,7	28,6
2007	10	19,3	5,59	29,0	11,4	25,9	13,3	18,8	25,2
2008	9	23,7	2,72	11,5	19,0	28,8	22,3	23,2	25,2
2009	10	19,6	6,37	32,6	6,9	27,4	15,6	20,6	23,9
2010	10	19,2	6,72	35,0	11,4	26,4	12,3	20,4	25,6
2011	8	25,2	3,47	13,8	21,0	31,5	21,8	25,4	27,2
2012	5	22,8	4,70	20,6	14,7	25,9	18,8	25,3	25,7
2013	6	22,2	3,60	16,3	17,1	27,5	19,6	21,6	25,5
2014	5	20,6	9,56	46,4	3,80	27,6	13,3	23,7	26,4
2015	3	21,0	4,03	19,2	16,7	24,7	16,7	21,5	24,7
2016	3	18,9	8,81	46,7	8,90	25,6	8,90	22,1	25,6

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 6-24. Evolución temporal de la temperatura en el Sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 6-28.

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 6-25. Al igual que en los sistemas Puillar y Soncor, la existencia de diferencias estadísticamente significativas probablemente se deba a las amplias fluctuaciones diarias que experimenta este parámetro en el sector y no se observa un comportamiento de tendencia.

Tabla 6-28. Estadística descriptiva de temperaturas registradas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	15,6	2,10	13,5	13,3	18,7	13,7	15,7	17,4
2007	5	20,3	0,51	2,5	19,7	21,0	19,9	20,2	20,8
2008	4	12,7	4,29	33,9	7,90	18,0	8,7	12,4	17,0
2009	5	16,7	4,40	26,3	11,8	21,8	12,3	17,4	20,9



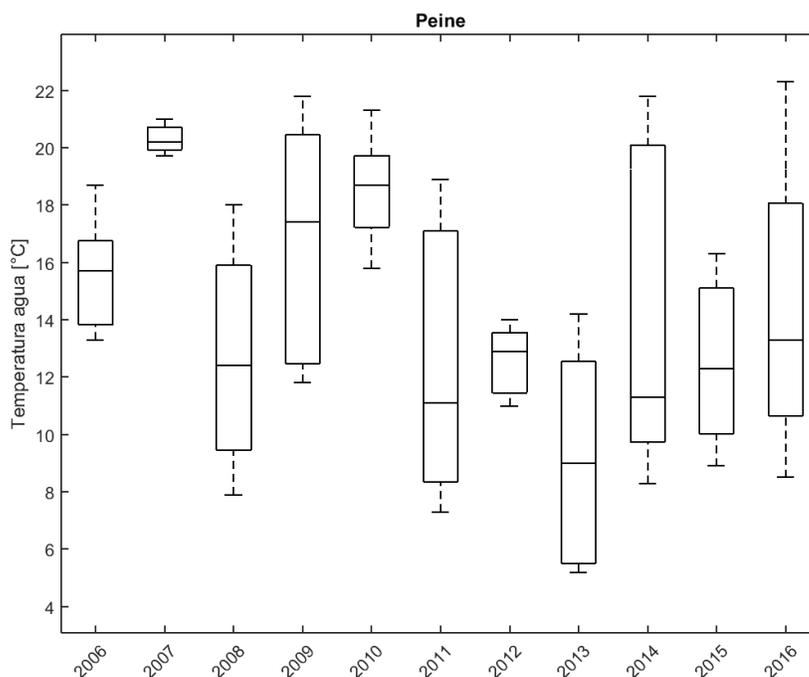
Tabla 6-28. Estadística descriptiva de temperaturas registradas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

2010	5	18,5	2,02	10,9	15,8	21,3	16,8	18,7	20,3
2011	5	12,5	5,01	40,1	7,30	18,9	8,00	11,1	17,7
2012	5	12,6	1,25	9,93	11,0	14,0	11,3	12,9	13,7
2013	5	9,20	3,93	42,7	5,20	14,2	5,40	9,00	13,1
2014	5	14,2	6,02	42,4	8,30	21,8	9,25	11,3	20,7
2015	5	12,5	3,03	24,2	8,90	16,3	9,65	12,3	15,5
2016	4	14,4	5,78	40,3	8,50	22,3	9,58	13,3	20,2

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 6-25. Evolución temporal de la temperatura en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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.

6.4.1.2 pH



La Figura 6-26, Figura 6-27, Figura 6-28 y Figura 6-29 muestran gráficamente cómo se expresó la variable pH en cada sistema del Salar, registrada como medición puntual en cada estación durante cada campaña

de terreno, entre los años 2006 y 2016. La estadística descriptiva de esta variable se muestra en la Tabla 6-29, Tabla 6-30, Tabla 6-31 y Tabla 6-32.

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 7,5 y 8,3, 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 – 2016, en todas las estaciones y sistemas se han encontrado dentro del rango aceptable para la vida acuática. El mínimo registrado para todas las campañas corresponde a 6,21 y el máximo a 8,94. Ambos fueron registrados en el sistema Peine, en el año 2016 y 2012, respectivamente. 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 2016 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 6-29).

La gráfica de la Figura 6-26 ilustra la evolución temporal del pH durante el periodo 2006-2016. 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 2006-2016, 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 6-29. Estadística descriptiva de los valores de pH registrados en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

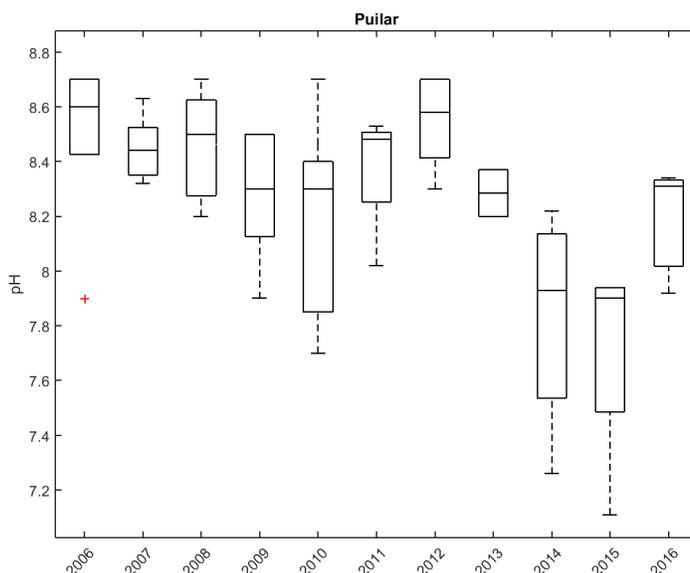
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	8,50	0,34	3,99	7,90	8,70	8,25	8,60	8,70
2007	5	8,45	0,12	1,44	8,32	8,63	8,34	8,44	8,56
2008	5	8,46	0,21	2,45	8,20	8,70	8,25	8,50	8,65
2009	5	8,28	0,25	3,01	7,90	8,50	8,05	8,30	8,50
2010	5	8,18	0,39	4,77	7,70	8,70	7,80	8,30	8,50
2011	5	8,37	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

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 6-26. Evolución temporal del pH en el Sistema Puilar, entre los años 2006 y 2016. 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 estadísticamente el pH a través del tiempo en el sistema hidrológico de Soncor se muestran en la Tabla 6-30. Los promedios mínimos y máximos, con sus respectivas medianas fueron: Promedio= 6,65; mediana= 6,71 durante el año 2014, y promedio= 8,08; mediana= 8,15, en el año 2012.

La Figura 6-27 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 2007 y 2012. Esto puede apreciarse en la Figura 6-27, 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. No obstante, y si bien la diferencia es significativa, todos los registros para este año estuvieron sobre el valor de pH crítico para los organismos (pH mínimo =6,52), encontrándose dentro del rango aceptable para el desarrollo de la vida acuática.

Tabla 6-30. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	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



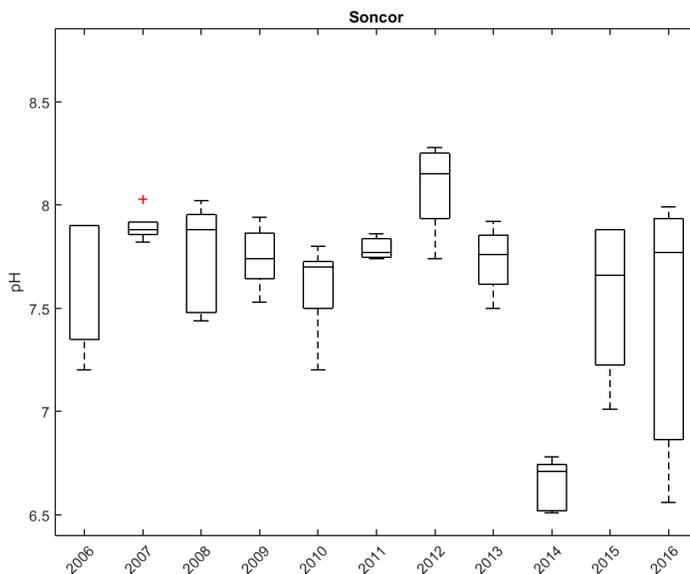
Tabla 6-30. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

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

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 6-27. Evolución temporal del pH en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-31. 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 6-28 muestra la evolución temporal del pH en este sistema. 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 los años 2008 y 2011. Esto puede observarse gráficamente



en la Figura 6-28, donde similar a lo observado en los sistemas Puilar y Soncor, el año 2014 fue el que presentó el menor valor de pH de todo el periodo.

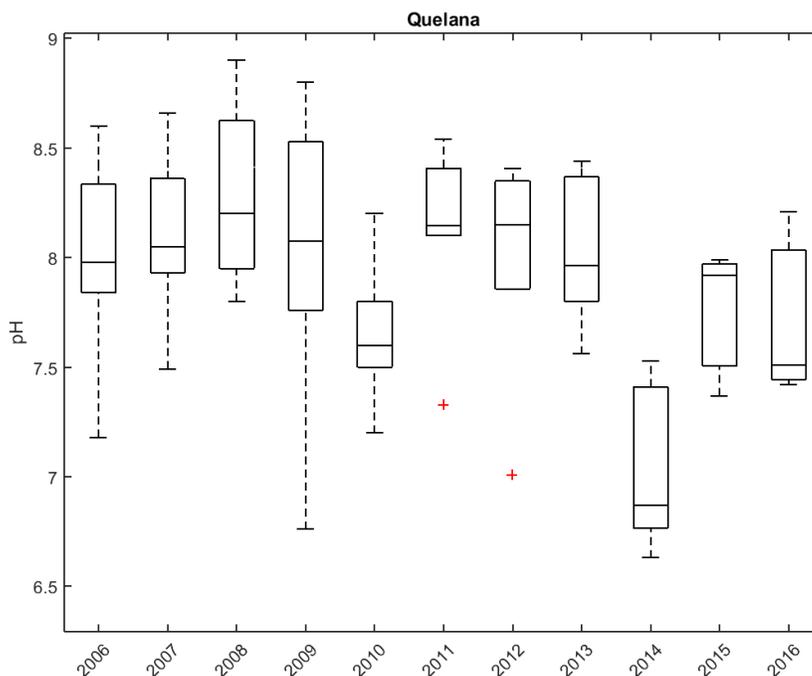
Tabla 6-31. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

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

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 6-28. Evolución temporal del pH en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 6-32. 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 6-29 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 2016, 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 2014 y los años 2012 y 2013; y entre el año 2012 y los años 2010, 2014 y 2015. Si bien esta variable es relativamente estable en el tiempo en estos dos años se observan la ocurrencia de un evento de alcalinización (2012) y uno de acidificación (2014; Figura 6-29).

Tabla 6-32. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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



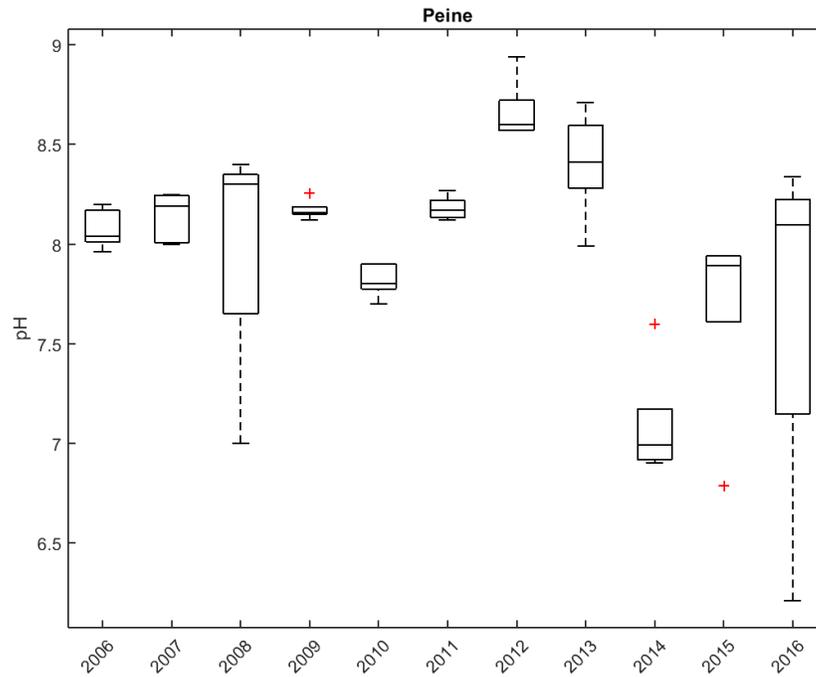
Tabla 6-32. Estadística descriptiva de valores de pH registrados en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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

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

Fuente:UCN

Figura 6-29. Evolución temporal del pH en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2016. 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 (ej. variaciones naturales) o metodológico, y no a factores locales.



6.4.1.3 Conductividad Eléctrica (mS/cm) del Agua

La Figura 6-30, Figura 6-31, Figura 6-32 y Figura 6-33 muestran gráficamente cómo se expresó la variable CE en cada sistema hidrológico monitoreado del Salar, registradas como medición puntual durante cada campaña de terreno, entre los años 2006 y 2016. La estadística descriptiva de esta variable se muestra en la Tabla 6-33, Tabla 6-34, Tabla 6-35 y Tabla 6-36.

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 5-29).

I. Conductividad eléctrica: Sistema Puilar.

Los estadígrafos para la CE registrada en el sistema Puilar durante el periodo 2006- 2016 se muestran en la Tabla 6-33 y su expresión gráfica se expone en la Figura 6-30.

Los valores de los promedios de la serie de tiempo, presentaron un mínimo de 25 mS/cm (año 2013) y un máximo de 55 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 6-30.

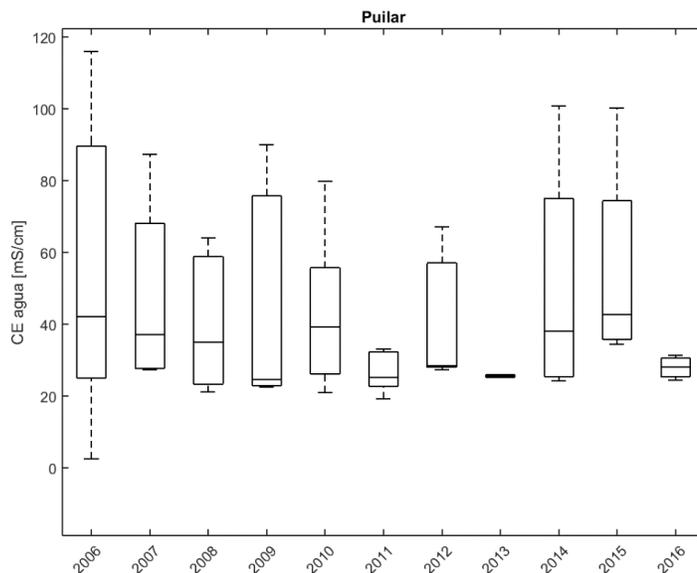
Tabla 6-33. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	54,7	44,1	80,7	2,5	116	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	0,57	2,22	25,1	25,9	*	25,5	*
2014	4	50,2	35,5	70,8	24,1	101	24,7	38,0	87,8
2015	4	55,0	30,8	55,9	34,3	100	35,0	42,7	87,2
2016	3	27,9	3,5	12,6	24,3	31,3	24,3	28,1	31,3

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 6-30. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 poca dispersión de la CE entre los años de monitoreo. Los promedios mínimos y máximos fueron 97,2 mS/cm (año 2011) y 142 mS/cm (año 2008), en tanto que las medianas mínima y máxima fueron de 99,4 mS/cm (año 2011) y 138 mScm (año 2009) (Tabla 6-34).

La evolución temporal de la CE en este sistema muestra valores estables en el tiempo (Figura 6-31), lo que se ve reflejado en la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas según la prueba de *Kruskal – Wallis* ($p < 0,05$).

Tabla 6-34. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	151	60,1	39,8	95,2	221	101	120	216
2007	5	124	25,5	20,5	98	165	105	116	147
2008	5	142	60,1	42,4	94,8	210	96	101	208
2009	5	126	36,4	28,9	84,7	168	88	138	158
2010	5	138	55,4	40,2	90,2	199	94,5	103	198
2011	5	97,2	7,23	7,45	84,2	101	91,6	99,4	101
2012	5	130	33,9	26,1	99,4	174	100	119	165
2013	4	133	30,8	23,2	97,3	163	102	136	160

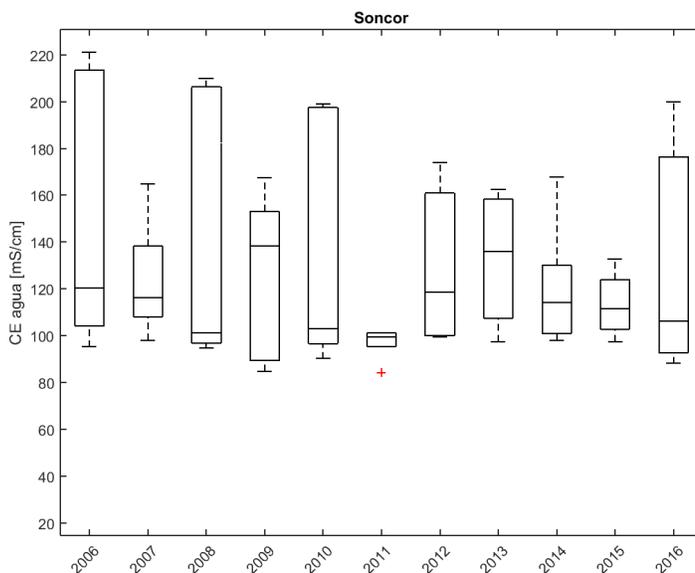


Tabla 6-34. Estadística descriptiva de los registros de CE del agua (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2014	5	120	28	23,4	98	168	100	114	143
2015	4	113	14,9	13,1	97,4	133	100	112	128
2016	3	131	60	45,7	88,1	200	88,1	106	200

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 6-31. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 – 2016 presentaron un promedio que va desde 40,8 mS/cm (mediana= 23 mS/cm), registrado el año 2008, a un promedio máximo de 162 mS/cm (mediana=197,0 mS/cm), registrado en el monitoreo del año 2016 (Tabla 6-35).

La evolución temporal de la CE en este sistema se presenta en la Figura 6-32. 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 significativamente. Esto se explica debido a que no fue posible monitorear las estaciones Q-6 a Q-9 durante el periodo 2013-2016. 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 IX). 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 a partir del año 2013 (Tabla 6-35).

A pesar de las diferencias observadas y discutidas en el párrafo anterior, ellas no son estadísticamente significativas según la prueba de *Kruskal – Wallis*.

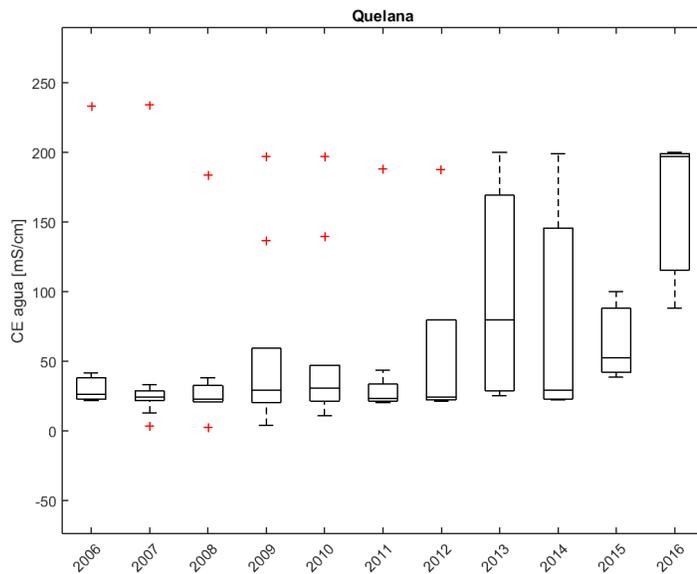
Tabla 6-35. Estadística descriptiva de la CE (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	7	57,0	77,9	137	22,0	233	22,0	26,2	41,9
2007	10	43,1	67,6	157	3,66	234	19,5	24,3	30,0
2008	9	40,8	54,5	134	3,00	184	21,0	23,0	34,5
2009	10	55,2	62,4	113	3,90	197	18,5	29,1	78,9
2010	10	56,1	61,8	110	11,0	197	19,9	30,8	70,3
2011	8	45,7	58,0	127	20,4	188	21,4	23,2	38,9
2012	5	59,9	72,1	120	21,3	188	21,9	24,4	116
2013	6	97,1	77,1	79,4	25,5	200	28,1	79,6	177
2014	5	80,3	80,0	99,6	22,3	199	22,8	29,1	164
2015	3	63,7	32,4	50,9	38,5	100	38,5	52,3	100
2016	3	162	63,7	39,4	88,1	200	88,1	197	200

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 6-32. Evolución temporal de la CE del agua en el Sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2016. 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 6-36. Puede observarse que el menor promedio de la serie de tiempo fue de 32,3 mS/cm (mediana= 36,3 mS/cm), el año 2011. 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 6-33).

Al realizar la comparación múltiple se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los años 2011 y 2015 (correspondientes a los años de mayor y menor 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 6-36. Estadística descriptiva de la CE del agua (mS/cm) registrada en el sistema Peine.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	63,0	31,1	49,4	34,5	104	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	116	31,0	231	32,5	38,0	183
2009	5	41,2	4,97	12,1	34,3	46,7	36,2	42,3	45,6
2010	5	48,5	8,21	16,9	37,2	54,8	39,7	53,9	54,6



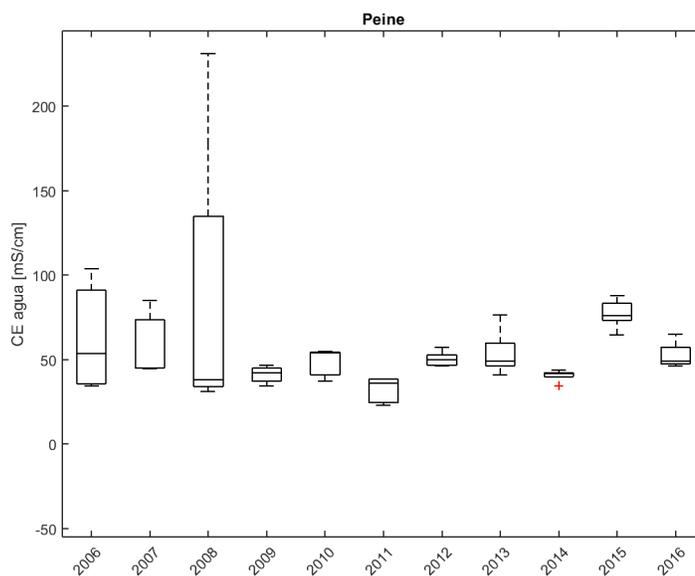
Tabla 6-36. Estadística descriptiva de la CE del agua (mS/cm) registrada en el sistema Peine.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2011	5	32,3	7,65	23,7	23,0	38,6	24,0	36,3	38,6
2012	5	50,3	4,44	8,82	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	3,51	8,64	34,6	43,7	38,2	41,7	42,8
2015	5	77,3	8,63	11,2	64,5	87,9	70,3	76,2	84,8
2016	4	52,4	8,51	16,2	46,5	65,0	46,9	49,1	61,2

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 6-33. Evolución temporal de la CE del agua en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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.

6.4.1.4 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 Oxígeno Disuelto en el agua, entre los efectos más relevantes que tienen relación con la presencia de organismos en los sistemas ecológicos acuáticos.



I. Salinidad: Sistema Pular.

Los estadígrafos de las mediciones de salinidad realizadas en el periodo 2006-2016 se presentan en la Tabla 6-37. Se observa un promedio mínimo de 14,6 g/L (mediana= 14,5 g/L) registrados en el monitoreo del año 2016. El promedio máximo fue de 42,5 g/L (mediana= 20 g/L) registrados en el monitoreo del año 2009.

Tabla 6-37. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrados en el sistema Puillar, entre los años 2006 y 2016.

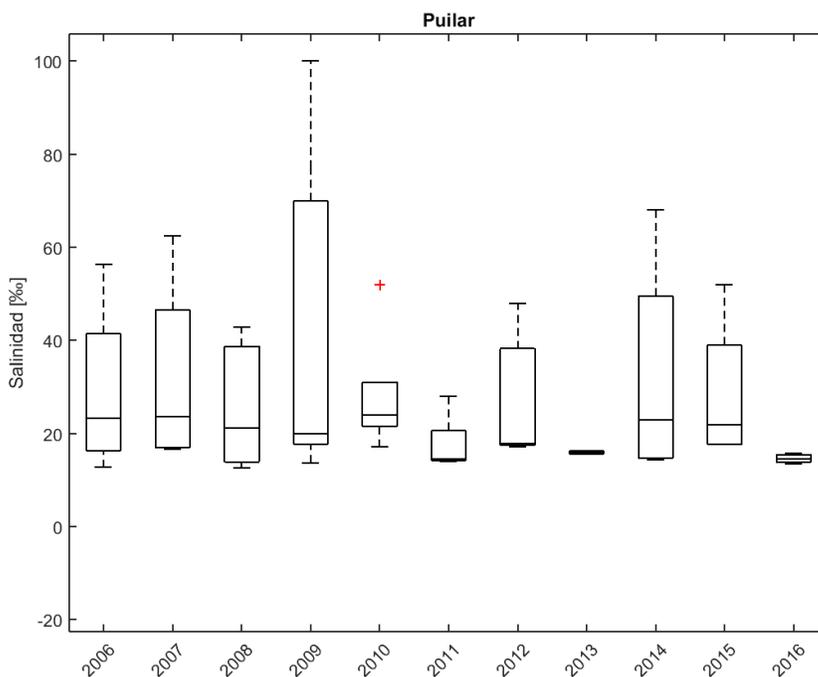
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	4	28,9	19,2	66,4	12,7	56,3	14,5	23,2	48,9
2007	5	32,2	19,6	60,9	16,7	62,4	16,9	23,6	51,9
2008	5	25,6	13,7	53,5	12,6	42,9	13,5	21,1	40,1
2009	5	42,5	37,1	87,2	13,7	100	16,4	20,0	80,0
2010	5	28,0	13,7	48,9	17,1	52,0	20,1	24,0	38,0
2011	5	17,8	5,97	33,6	14,00	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	0,49	3,10	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	1,15	7,90	13,5	15,8	13,5	14,5	15,8

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.

La Figura 6-34 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 poco dispersas ($CV < 20\%$). Al comparar las distintas campañas entre sí mediante el test de *Kruskal-Wallis*, las diferencias no son estadísticamente significativas.

Figura 6-34. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Puilar, entre los años 2006 y 2016. 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 6-38. 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 del comportamiento de este parámetro.

El menor valor promedio de la serie de tiempo (2009 – 2016) 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 164 g/L (año 2010), en tanto que el valor máximo de mediana registrado fue de 126 g/L (año 2009).



Tabla 6-38. Estadística descriptiva de la salinidad (g/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

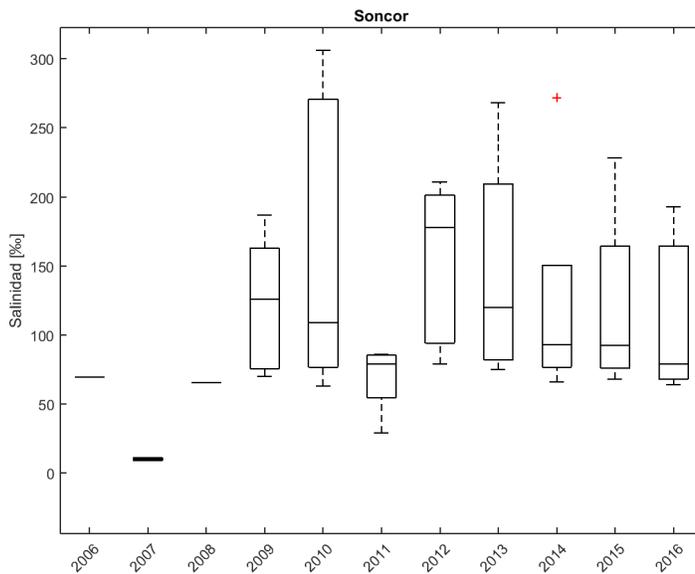
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Min.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	1	69,3	0	0	69,3	69,3	*	69	*
2007	2	9,85	1,63	16,5	8,70	11,0	*	9,9	*
2008	1	65,5	0	0	65,5	65,5	*	66	*
2009	5	123	50,1	40,8	70,0	187	73,5	126	171
2010	5	164	111	67,9	63,0	306	72,0	109	283
2011	5	68,4	23,9	34,9	29,0	86,0	46,0	79	85,5
2012	5	153	60,0	39,2	79,0	211	89,0	178	205
2013	4	146	87,9	60,3	75,0	268	78,5	120	239
2014	5	124	84,2	67,8	66,0	272	73,0	93,0	191
2015	4	120	73,1	60,8	68,0	228	72,0	92,5	196
2016	3	112	70,5	63,0	64,0	193	64,0	79,0	193

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.

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*.

Figura 6-35. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 se muestran en la Tabla 6-39. Puede observarse que el menor promedio de la serie fue 11,9 g/L (año 2007), mientras que el mayor fue 174 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 6-36).

Al igual que en la CE, se observa un incremento de las tendencias centrales a través del tiempo (Figura 6-36). Esto se explica por los puntos de monitoreo considerados en cada campaña. Como se explicó 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 periodo 2012-2016 (ver Anexo IX) lo que explica el aumento registrado en la salinidad para dicho sistema.

Tabla 6-39. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	6	17,1	5,01	29,3	13,2	26,8	13,3	16,1	19,5
2007	10	11,9	6,59	55,3	0,70	20,8	5,93	13,7	16,0
2008	8	14,1	6,45	45,8	1,60	24,5	12,7	13,7	17,8
2009	10	63,5	99,6	157	0,70	329	11,2	29,0	63,5
2010	10	48,7	71,3	146	4,45	232	10,6	21,4	53,0



Tabla 6-39. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

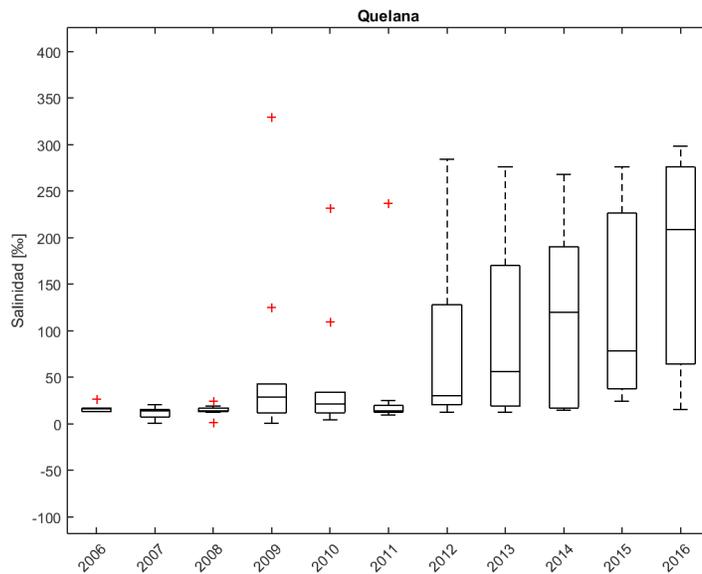
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2011	8	42,3	78,8	186	9,51	237	12,1	14,1	22,1
2012	5	85,1	114	134	12,7	284	17,9	30,0	180
2013	6	98,2	106	108	12,6	276	17,3	56,0	197
2014	5	117	106	91,0	14,9	268	16,4	120	216
2015	3	126	133	105	24,0	276	24,0	78,0	276
2016	3	174	144	82,9	15,5	298	15,5	209	298

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.

Al comparar las campañas entre sí, la prueba de *Kruskal-Wallis* arroja que existen diferencias significativas entre ellas, sin embargo el test de Dunn no identifica pares específicos.

Figura 6-36. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2006 y 2016. 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 6-40 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). El mayor valor promedio se registró en el monitoreo de 2015 con 43,6 g/L, coincidente con el mayor valor de Mediana (43 g/L).

La Figura 6-37 muestra la expresión grafica 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. En este sistema se observó que el año 2015 la CE también fue significativamente mayor a otras campañas. De todas formas, no se observan tendencias temporales en este parámetro para el sistema Peine.

Tabla 6-40. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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	2,32	10,6	19,3	23,7	19,3	22,8	23,7
2009	5	37,4	6,19	16,5	27,0	42,0	32,0	39,0	42,0
2010	5	35,0	9,41	26,9	25,0	49,0	26,5	35,0	43,5
2011	5	22,8	0,45	1,96	22,0	23,0	22,5	23,0	23,0



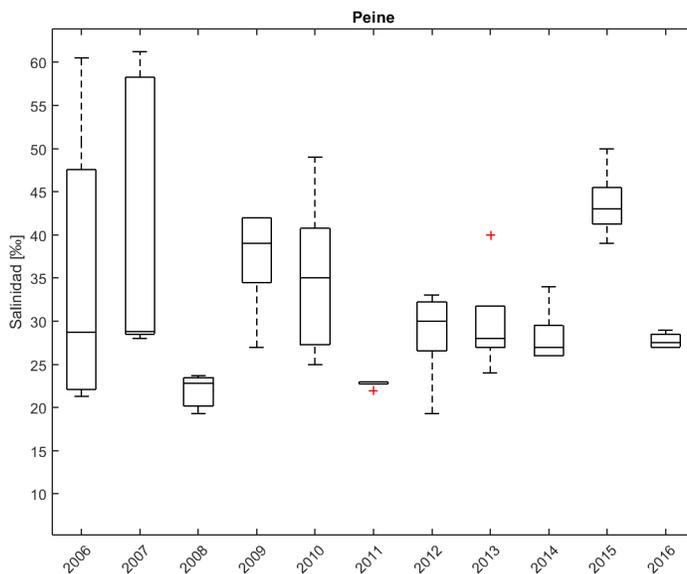
Tabla 6-40. Estadística descriptiva de la salinidad registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2012	5	28,7	5,47	19,1	19,3	33,0	24,2	30,0	32,5
2013	5	29,8	6,02	20,2	24,0	40,0	26,0	28,0	34,5
2014	5	28,2	3,35	11,9	26,0	34,0	26,0	27,0	31,0
2015	5	43,6	4,04	9,26	39,0	50,0	40,5	43,0	47,0
2016	4	27,8	0,96	3,45	27,0	29,0	27,0	27,5	28,8

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 6-37. Evolución temporal de la salinidad del agua en el sistema Peine, entre los años 2006 y 2016. 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.

6.4.1.5 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 de ese momento. 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, 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 6-38, Figura 6-39, Figura 6-40 y Figura 6-41 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 campaña de terreno, entre los años 2006 y 2016. En ellos puede observarse la dispersión entre años de monitoreo producto de lo indicado en el párrafo anterior. Adicionalmente, la estadística descriptiva de esta variable se presenta en la Tabla 6-41, Tabla 6-42, Tabla 6-43 y Tabla 6-44.

I. OD: Sistema Puillar

Los estadígrafos del OD en el sistema hidrológico de Puillar presentaron durante el periodo analizado un valor promedio mínimo de 2,62 mg/L (año 2006) y un máximo de 9,8 mg/L (año 2008). Por su parte, las medianas presentaron valores extremos de 2,56 mg/L (año 2006) y 9,22 mg/L (año 2016) (ver Tabla 6-41).

La Figura 6-38 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 y 2015. 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 y 2007. 2008; 2007 y 2015; 2008 y 2014, 2015; 2015 y 2016. Las grandes diferencias pueden estar explicadas por las oscilaciones diarias que experimenta este parámetro producto de la fluctuación en las condiciones ambientales como temperatura y velocidad del viento.

Tabla 6-41. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016.

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	12,4
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



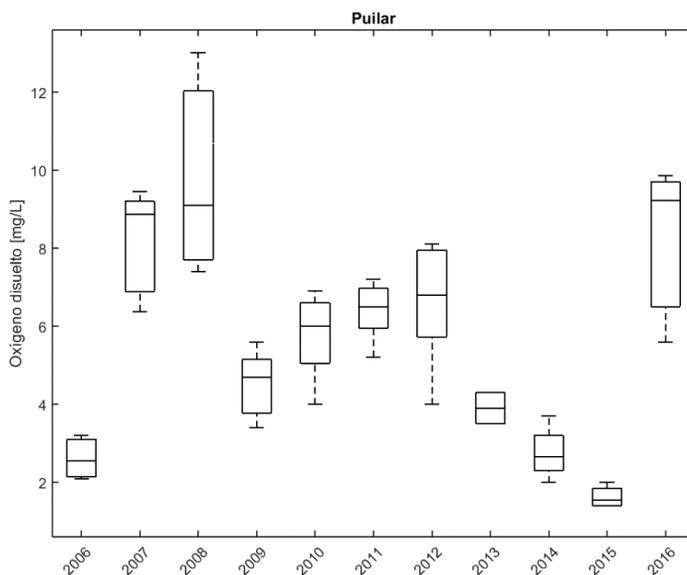
Tabla 6-41. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2016	3	8,22	2,29	27,89	5,60	9,85	5,60	9,22	9,85

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 6-38. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 6-42. En general, la concentración de OD de las muestras de agua obtenidas en cada muestreo de cada sitio durante el período analizado (2006 – 2016) correspondiente a una muestra por año en cada punto muestreal 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, existen 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.



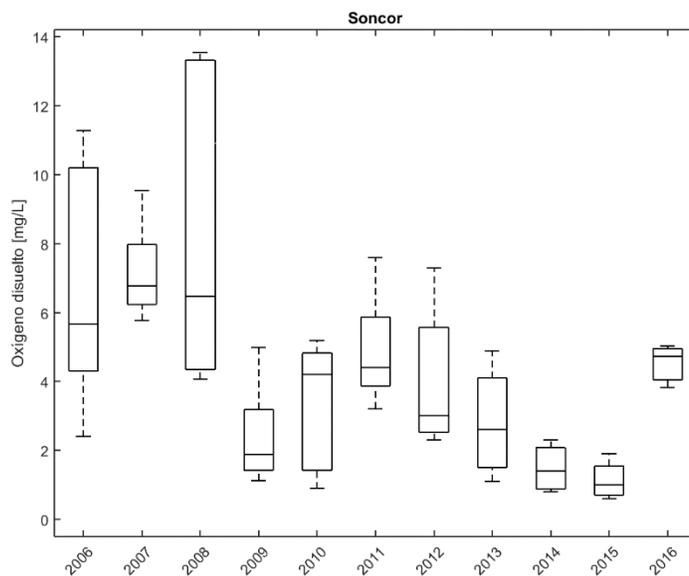
Tabla 6-42. Estadística descriptiva la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	6,83	3,66	53,5	2,40	11,3	3,67	5,67	10,6
2007	5	7,19	1,45	20,1	5,77	9,53	6,09	6,78	8,50
2008	5	8,35	4,69	56,2	4,07	13,5	4,26	6,47	13,4
2009	5	2,42	1,54	63,5	1,13	5,00	1,32	1,89	3,79
2010	5	3,32	1,94	58,4	0,90	5,20	1,25	4,20	4,95
2011	5	4,92	1,68	34,1	3,20	7,60	3,65	4,40	6,45
2012	5	4,04	2,11	52,1	2,30	7,30	2,45	3,00	6,15
2013	4	2,80	1,67	59,6	1,10	4,90	1,30	2,60	4,50
2014	5	1,48	0,66	44,7	0,80	2,30	0,85	1,40	2,15
2015	4	1,13	0,57	51,0	0,60	1,90	0,65	1,00	1,73
2016	3	4,53	0,62	13,8	3,83	5,03	3,83	4,73	5,03

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 de la concentración de OD en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 (Tabla 6-43) muestran que el rango de valores se presentó entre 0,5 mg/L (2014) y 13,9 mg/L (2008). Los valores extremos de las medianas de estas distribuciones son mínimo de 1,8 mg/L (2015), y máximo de 11,0 mg/L (2008).

El gráfico de la Figura 6-40 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 bajos, con un incremento el año 2016. La comparación entre campañas reafirma este hecho, indicando que hay diferencias significativas entre ambos periodos. Éstas existen específicamente entre los años 2006 y 2013; entre los años 2007 y 2009, 2013, 2014 y 2015; y entre los años 2008 y 2009, 2010, 2013, 2014 y 2015.

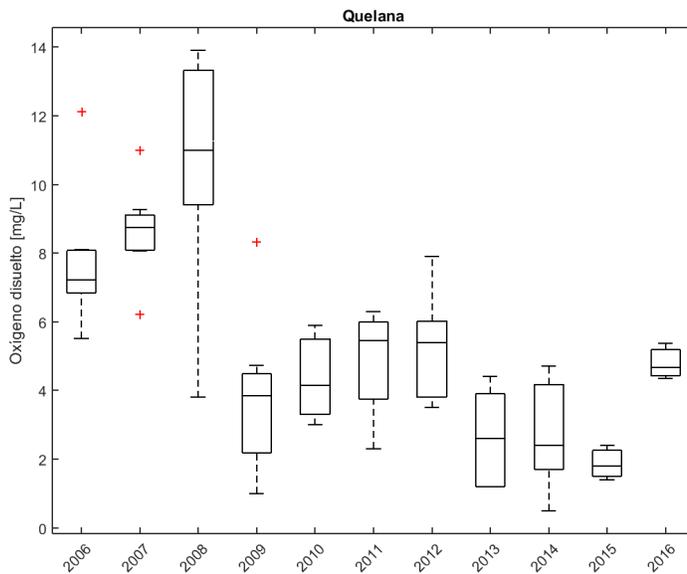
Tabla 6-43. Estadística descriptiva de la concentración de OD (mg/L) registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	7,81	2,08	26,6	5,52	12,1	6,82	7,23	8,10
2007	10	8,68	1,20	13,8	6,22	11,0	8,08	8,75	9,14
2008	9	10,6	3,23	30,4	3,80	13,9	8,80	11,0	13,4
2009	10	3,70	2,05	55,2	0,99	8,33	2,13	3,84	4,55
2010	10	4,32	1,10	25,5	3,00	5,90	3,28	4,15	5,58
2011	8	4,88	1,54	31,6	2,30	6,30	3,23	5,45	6,05
2012	5	5,22	1,73	33,1	3,50	7,90	3,70	5,40	6,65
2013	6	2,65	1,45	54,6	1,20	4,40	1,20	2,60	4,03
2014	5	2,74	1,66	60,4	0,50	4,70	1,30	2,40	4,35
2015	3	1,87	0,50	27,0	1,40	2,40	1,40	1,80	2,40
2016	3	4,79	0,53	11,0	4,34	5,37	4,34	4,66	5,37

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 6-40. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 – 2016 se muestran en la Tabla 6-44. 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 11,9 mg/L, respectivamente.

Tabla 6-44. Estadística descriptiva de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	11,3	0,96	8,52	10,2	11,9	10,2	11,9	11,9
2007	5	8,64	0,44	5,05	8,02	8,99	8,19	8,90	8,98
2008	4	7,00	3,37	48,1	2,00	9,00	3,50	8,50	9,00
2009	5	3,48	0,42	12,1	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	17,1	4,30	6,20	4,35	5,30	6,15
2012	5	4,46	1,06	23,7	2,60	5,20	3,65	4,80	5,10
2013	5	4,14	1,13	27,4	2,70	5,80	3,25	3,90	5,15
2014	5	2,62	1,26	47,9	1,10	3,90	1,30	3,00	3,75



Tabla 6-44. Estadística descriptiva de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

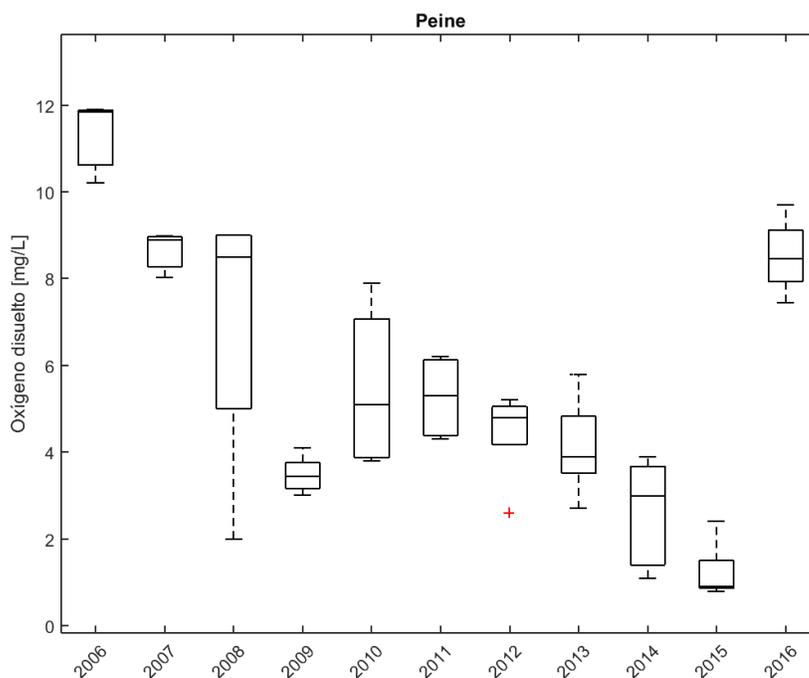
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2015	5	1,24	0,67	53,7	0,80	2,40	0,85	0,90	1,80
2016	4	8,52	0,92	10,8	7,45	9,70	7,69	8,47	9,41

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.

La Figura 6-41 muestra la expresión gráfica de lo expuesto en la Tabla 6-44. Se observan distribuciones 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. Los valores registrados en el monitoreo del 2016 muestran niveles altos, similares a los registrados al inicio de la serie de tiempo. Sin embargo, cabe señalar las mediciones efectuadas el año 2016 no fueron realizadas *in situ* (ver Certificado en Anexo IX) por lo que su representatividad es limitada. Los monitoreos que presentaron diferencias estadísticamente significativas fueron los efectuados los años 2006 y 2007 con los reazliados los años 2014 y 2015. Los años 2015 y 2016 también difieren significativamente.

Figura 6-41. Evolución temporal de la concentración de OD en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 probable 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 hidrológico. Es probable que estas apreciaciones se observen más claramente expuestas en los valores dispersos que presentan los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana en contraposición a los sistemas de Puilar y Peine (ver Figura 6-42, Figura 6-43, Figura 6-44 y Figura 6-45).

I. Conductividad Eléctrica de Sedimentos: Sistema Puilar

La estadística descriptiva del sistema de Puilar se muestra en la Tabla 6-45, en la que se pueden observar los rangos que se han presentado en el conjunto de estaciones durante los años monitoreados (2009 – 2016). Los valores inferiores del rango de promedios y medianas fueron 14,3 mS/cm y 13,1 mS/cm, respectivamente y se observaron 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 6-42 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 2016, y no se observan tendencias evidentes al alza o a la baja.

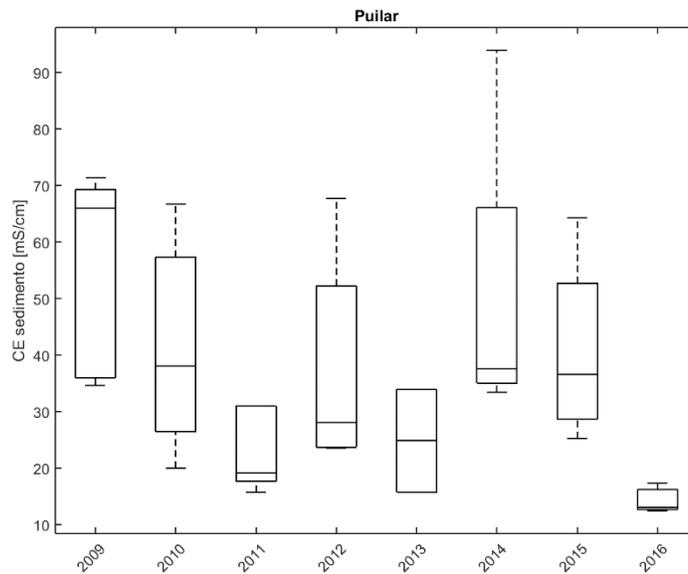
Tabla 6-45. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2016.

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	7,33	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	2,62	18,3	12,5	17,3	12,5	13,1	17,3

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 de los sedimentos en el sistema Puilar entre los años 2009 y 2016. 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 – 2016 se presenta en la Tabla 6-46. 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 151 mS/cm y 159 mS/cm (año 2012). Como se ha observado este sistema hidrológico difiere significativamente de los otros por su concentración de solutos.

La Figura 6-43 muestra la expresión gráfica de la comparación en el tiempo (2009 – 2016) de los monitoreos de esta variable. Se aprecia un comportamiento estable en el tiempo, a excepción del año 2009, cuyos estadígrafos se alejan del resto de las campañas. Consecuentemente, los análisis estadísticos indicaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el año 2009 y los años 2010 y 2012.

Tabla 6-46. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2009 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	13,2	8,1	61,2	4,9	23,7	6,30	10,0	21,7
2010	5	140	53,6	38,2	84,5	198	95,9	114	198
2011	5	85,2	17,8	20,9	60,4	102	67,1	90,0	101
2012	5	151	27,0	17,9	106	178	129	159	168
2013	4	130	39,7	30,5	73,1	160	88,3	144	159
2014	5	117	18,5	15,7	98,6	147	104	110	134



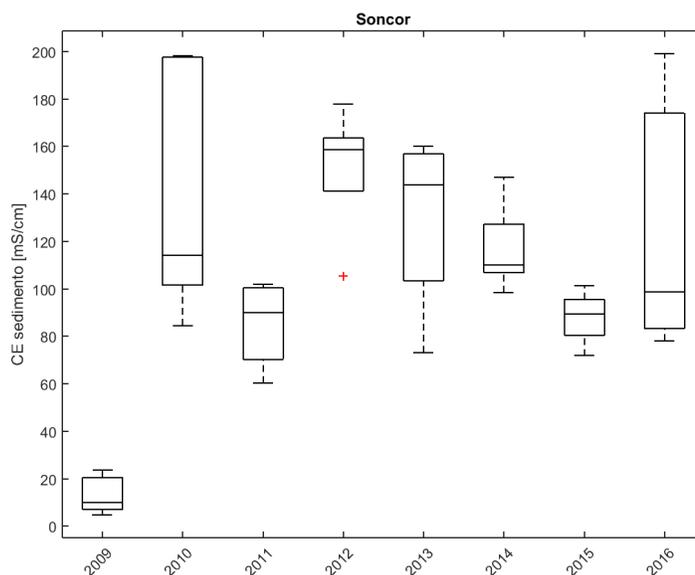
Tabla 6-46. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Soncor entre los años 2009 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Min.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2015	4	88,0	12,1	13,8	71,9	101	76,2	89,5	98,5
2016	3	125	64,7	51,6	78,0	199	78,0	98,8	199

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 de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2016. 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 6-47, 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 – 2016). El promedio mínimo de la serie de tiempo fue de 32,7 mS/cm (año 2009), mientras el máximo fue de 155 mS/cm (año 2016), los extremos de las medianas fueron: mínimo 15,3 mS/cm (año 2009) y máximo 169 mS/cm (año 2016). No obstante lo anterior, no se evidencia una tendencia de incremento en la CE en el sistema.

La Figura 6-44 muestra gráficamente estas distribuciones las que se caracterizan en general por presentar altas dispersiones y en los monitoreos de 2009 y 2011, valores extremos considerados fuera del rango. 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.



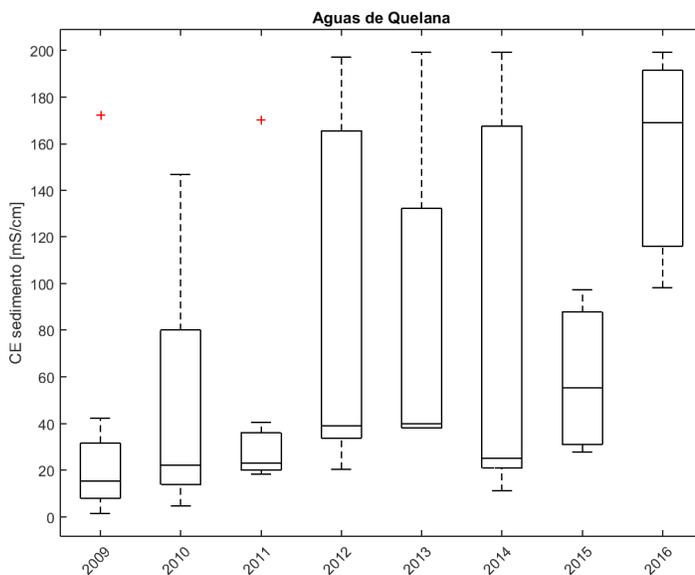
Tabla 6-47. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	10	32,7	50,6	155	1,5	172	6,8	15,3	34,3
2010	10	46,4	50,6	109	4,7	147	12,5	22,0	89,8
2011	8	43,2	51,8	120	18,2	170	19,9	23,0	38,2
2012	5	89,9	80,4	89,4	20,4	197	29,2	38,9	176
2013	6	81,2	68,7	84,7	38,0	199	38,2	39,8	149
2014	5	83,3	87,9	105	11,1	199	17,8	25,2	178
2015	5	59,4	30,9	52,1	27,8	97,2	29,9	55,3	90,9
2016	3	155	51,8	33,3	98,1	199	98,1	169	199

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 6-44. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2009 y 2016. 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 6-48, en la que se pueden observar los rangos en los que se han presentado el conjunto de estaciones muestrales en los años monitoreados (2009 – 2016).

El promedio y mediana mínimos de la serie de tiempo fueron 16,7 mS/cm y 15,2 mS/cm (año 2009). Por su parte, el promedio y mediana máximos fueron 53,2 mS/cm y 56,9 mS/cm (año 2015).



La Figura 6-45 muestra gráficamente la evolución temporal de este parámetro. Puede observarse que todo el periodo es relativamente estable a excepción de los años 2009 y 2011. El análisis de multicomparación indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los años 2009 y los años 2013 y 2015.

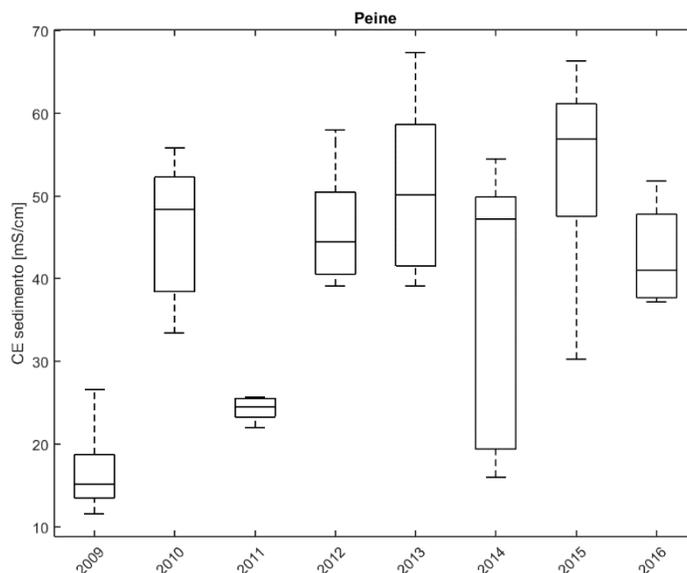
Tabla 6-48. Estadística descriptiva de la CE de los sedimentos (mS/cm) en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	16,7	5,77	34,5	11,6	26,6	12,9	15,2	21,4
2010	5	45,8	8,96	19,6	33,4	55,8	36,8	48,4	53,5
2011	5	24,3	1,51	6,21	22,0	25,7	22,9	24,5	25,6
2012	5	46,1	7,46	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	6,70	15,7	37,2	51,8	37,5	41,0	49,8

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 6-45. Evolución temporal de la CE de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016. 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, se presetan a continuación, en la Tabla 6-49, Tabla 6-50, Tabla 6-51 y Tabla 6-52 y Figura 6-46, Figura 6-47, Figura 6-48 y Figura 6-49.

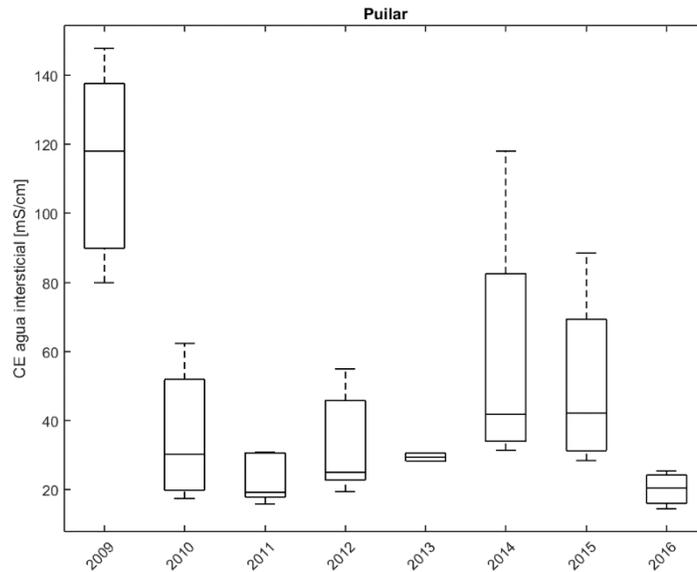
Tabla 6-49. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Puillar entre los años 2009 y 2016

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	115	28,0	24,5	80,0	148	86,6	118	141
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	32,7	41,8	100
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

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 CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Puilar, entre los años 2009 y 2016. 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 6-50. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos del sistema Soncor entre los años 2009 y 2016.

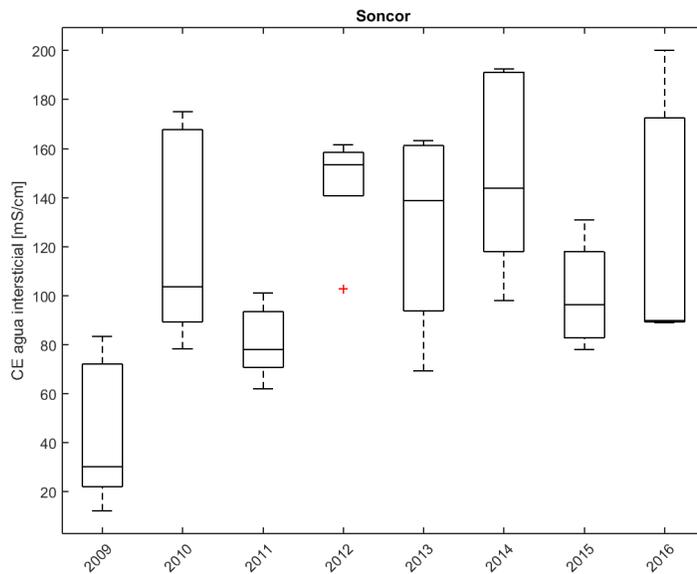
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	43,9	30,4	69,3	12,3	83,5	18,8	30,1	76,0
2010	5	123	44,1	35,8	78,4	175	86	104	170
2011	5	81,1	15,2	18,7	62,0	101	67,8	78,0	96,0
2012	5	146	24	17	103	162	128	154	160
2013	4	127	43,8	34,4	69,2	163	81	139	162
2014	5	150	41,4	27,6	98,0	193	111	144	192
2015	4	100	23,2	23,2	77,9	131	80,3	96,2	124
2016	3	126	63,8	50,5	89,0	200	89,0	89,9	200

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 CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Soncor, entre los años 2009 y 2016. 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 6-51. 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 2016

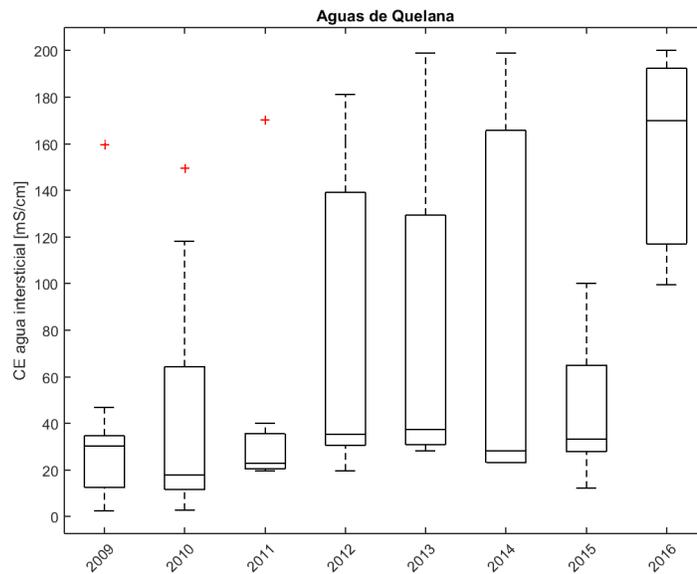
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	9	38,7	47,3	122,0	2,6	159,8	12,2	30,3	38,8
2010	10	44,0	51,0	115,8	2,8	149,6	10,8	17,9	77,9
2011	8	43,5	51,6	118,7	19,7	170,0	20,3	23,0	37,8
2012	5	79,1	70,8	89,4	19,6	181,3	27,0	35,2	153,3
2013	6	77,1	71,1	92,2	28,3	199,0	30,3	37,5	146,7
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

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

Fuente:UCN



Figura 6-48. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Aguas de Quelana, entre los años 2009 y 2016. 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 6-52. Estadígrafos descriptivos de los valores de CE (mS/cm) del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016.

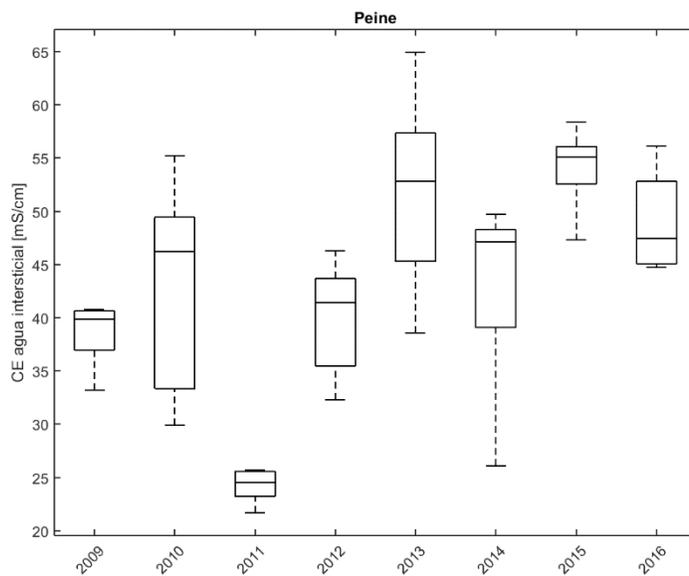
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2009	5	38,5	3,16	8,19	33,2	40,8	35,7	39,9	40,7
2010	5	42,7	10,3	24,1	29,9	55,2	32,2	46,2	51,4
2011	5	24,2	1,62	6,70	21,7	25,7	22,7	24,5	25,6
2012	5	39,9	5,50	13,8	32,3	46,3	34,4	41,4	44,6
2013	5	51,7	9,67	18,7	38,6	64,9	43,1	52,8	59,9
2014	5	42,8	9,62	22,5	26,1	49,7	34,8	47,1	48,8
2015	5	54,1	4,10	7,58	47,3	58,4	50,8	55,1	56,9
2016	4	48,9	5,23	10,7	44,7	56,1	44,9	47,5	54,5

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.



Figura 6-49. Evolución temporal de la CE del agua intersticial de los sedimentos en el sistema Peine entre los años 2009 y 2016. 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 - 2016. 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

Como se expresó en la sección Resultados, la concentración de Clorofila-a determinada en el sistema Puilar para el año 2016 fue igual a cero en los tres puntos monitoreados. Esto podría corresponder a un error de procedimiento, pues en el sistema se registró la existencia de fitoplancton. Sin embargo, esto ocurre en distintos años de monitoreo (ej año 2007, 2008, 2009 y 2010), por lo que ambas mediciones no siempre concuerdan (los registros por punto de monitoreo se presentan en Anexo X). Por lo anterior, se recomienda su análisis en conjunto con las siguientes campañas de monitoreo.

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 6-53 el año en que se produjeron los valores promedio más altos fue el 2009 (10,2 µg/L) y 2012 (10µg/L), no obstante solo 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 período (42 muestras), se produjeron en las temporadas 2007 (37,38 µg/L) y 2009 (40,95 µg/L), sin embargo, los promedios de los monitoreos se mantuvieron en el rango 0,01014 y 10,18 µg/L, relativamente bajos para los máximos registrados. La discrepancia que se observa en los datos registrados en la

secuencia debe ser analizada con precaución, como es el caso de los datos del 2009, en que habiendo un valor extremo de 40,95 µg/L y un valor Q3 de 25,46 µg/L, se informa una mediana = 0 µg/L, debido a que tres de los cinco datos del monitoreo fueron informados con valor cero.

La Figura 6-50 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 6-53. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Puñar entre los años 2006 y 2016.

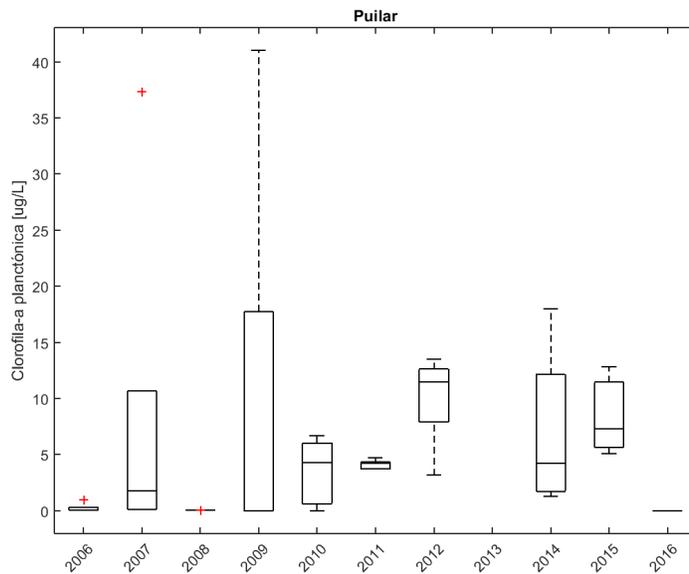
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,21	0,39	181	0,02	0,90	0,02	0,03	0,50
2007	5	8,23	16,3	198	0,10	37,4	0,10	1,78	19,6
2008	5	0,01	0,0003	3,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2009	5	10,2	17,8	174	0,00	41,0	0	0	25,5
2010	5	3,52	2,99	84,9	0,00	6,70	0,40	4,30	6,25
2011	5	4,10	0,42	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

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 6-50. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 6-54). En tanto, los valores de las medianas lo hacen dentro del rango 0,01 µg/L y 75 µg/L. Los valores extremos (máximos) del conjunto de datos acumulados durante los 11 años de monitoreo ocurren durante el 2016 y 2009 con valores de 92 µg/L y 41,6 µg/L, respectivamente.

Esta variable presenta grandes diferencias en el tiempo (Figura 6-51). 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 6-52. El análisis estadístico corrobora lo indicado, mostrando 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 y 2008, y los años 2008 y 2009.

Tabla 6-54. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

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



Tabla 6-54. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

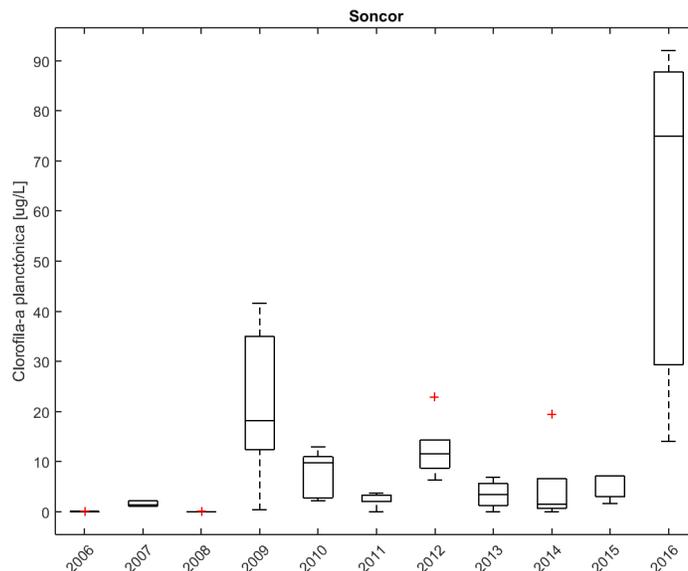
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2011	5	2,54	1,47	58,0	0,00	3,70	1,30	3,20	3,45
2012	5	12,3	6,30	51,0	6,32	23,0	7,90	11,5	17,2
2013	4	3,37	2,88	85,5	0,00	6,82	0,61	3,34	6,18
2014	5	4,79	8,24	172	0,00	19,46	0,40	1,43	10,9
2015	3	5,27	3,19	60,6	1,58	7,16	1,58	7,06	7,16
2016	3	60,3	41,0	68,0	14,0	92,0	14,0	75,0	92,0

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 6-51. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 0,014 µg/L y 158 µg/L (Tabla 6-55). 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 6-52. 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 6-55. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica ($\mu\text{g/L}$) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

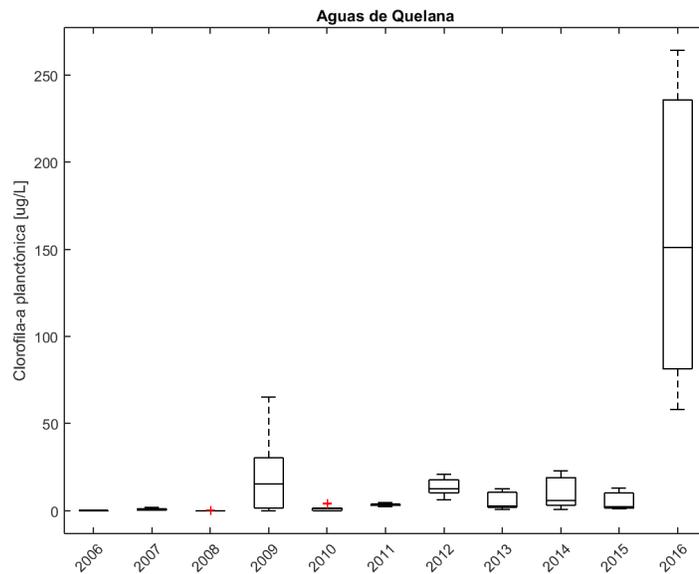
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	0,04	0,03	83,9	0,00	0,08	0,01	0,02	0,07
2007	10	0,80	0,57	70,4	0,10	1,91	0,10	0,95	1,00
2008	10	0,01	0,01	54,0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
2009	10	19,8	21,5	109	0,00	65,2	1,40	15,3	32,1
2010	10	1,35	1,49	111	0,00	4,19	0,00	1,11	2,00
2011	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

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 6-52. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 0,002 µg/L y 55,3 µg/L (Tabla 6-56). 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.

La tendencia temporal es similar a lo encontrado en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, observándose tres hitos. Los valores son bajos para el periodo 2006-2008, aumentan el año 2009, presentando cierta estabilidad hasta el año 2015 y aumentando otra vez el año 2016. El análisis estadístico indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los años de monitoreo 2006 y 2012.

Tabla 6-56. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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
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



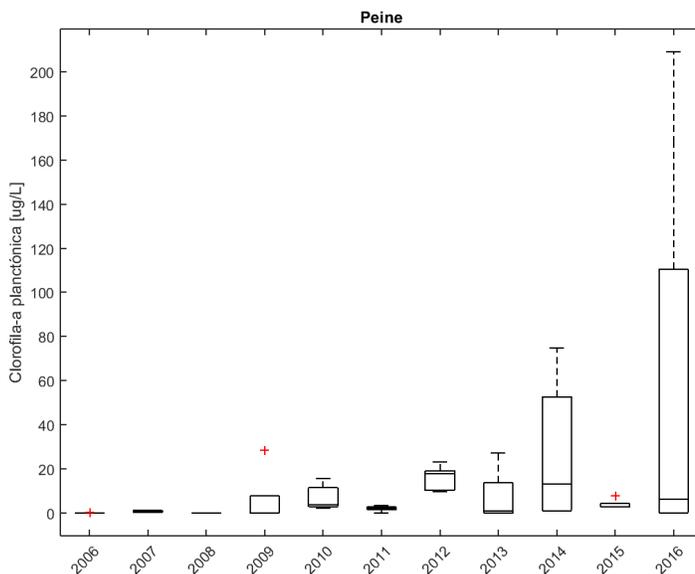
Tabla 6-56. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a planctónica (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
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

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 6-53. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del fitoplancton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 perifitos de los sistemas hidrológicos durante el periodo 2006 - 2016. 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 6-57, 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 2016 con el resto del periodo, se observa que ellas son bajas pero se encuentran dentro del rango histórico.

La Figura 6-54 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. Sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los años de monitoreo, particularmente entre el año 2011 y los años 2010 y 2014.

Tabla 6-57. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a del perifiton (µg/cm²) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

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	0,00	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

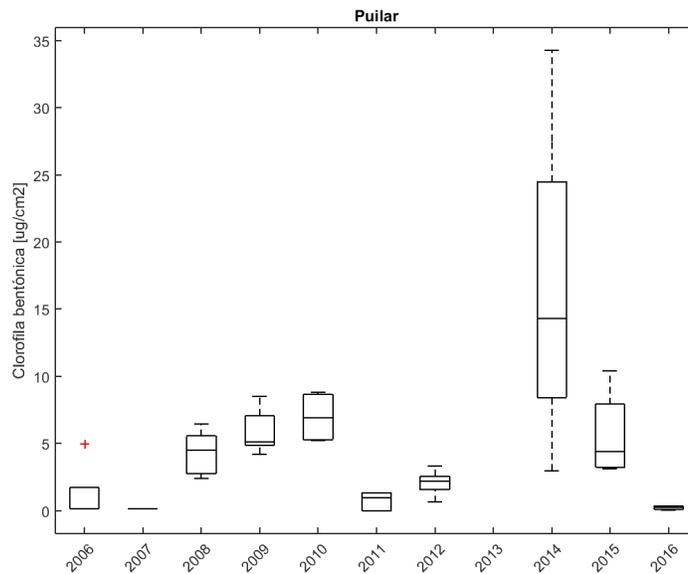
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1(25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). *

Sólo se presenta un dato porque el año 2007 presenta la mayoría de las mediciones (en 4 de las 5 estaciones) < 0,0001 µg/cm²

Fuente:UCN



Figura 6-54. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a bentónica registrada en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 6-58, 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 2016 con el resto del periodo, se observa que ellas son bajas pero se encuentran dentro del rango histórico.

La Figura 6-55 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 6-58. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a bentónica (µg/cm²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

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 6-58. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a bentónica ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

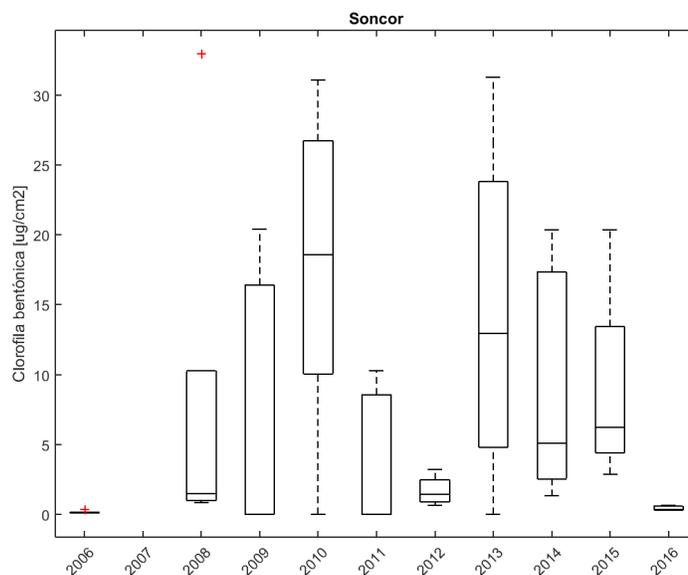
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2009	5	7,10	9,90	139	0	20,4	0,00	0,00	17,8
2010	5	17,7	11,9	67,5	0	31,1	6,70	18,6	28,2
2011	5	3,65	5,06	139	0	10,3	0,00	0,0	9,13
2012	5	1,69	1,04	61,6	0,63	3,21	0,79	1,43	2,71
2013	4	14,3	13,2	92,2	0	31,3	2,39	12,9	27,6
2014	5	9,20	8,58	93,3	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

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 6-55. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 6-59, el año en que se registraron los valores promedio y mediana más altos fue el 2013 ($22,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ y $21,6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 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 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. El valor más alto registrado durante el periodo se produjo el año 2014 (46,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) y los más bajos por su parte, se registraron los años 2007 (< LD) y 2011 (0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Al comparar las mediciones efectuadas el año 2016 con el resto del periodo, se observa que ellas son bajas pero se encuentran dentro del rango histórico.

La Figura 6-56 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.

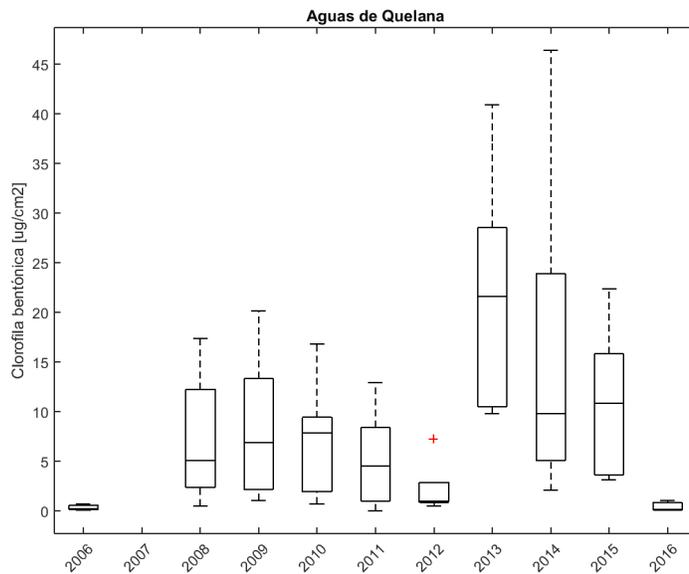
Tabla 6-59. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a bentónica ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

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

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 6-56. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 2016 con todos los registros, se observa que ellas se encuentran dentro del rango histórico (Tabla 6-60).

La Figura 6-57 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 6-60. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a del perifiton (µg/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	-
2008	4	4,31	6,18	143	0,65	13,6	0,85	1,52	10,56
2009	5	4,28	6,30	147	0,50	15,5	1,10	1,70	8,75



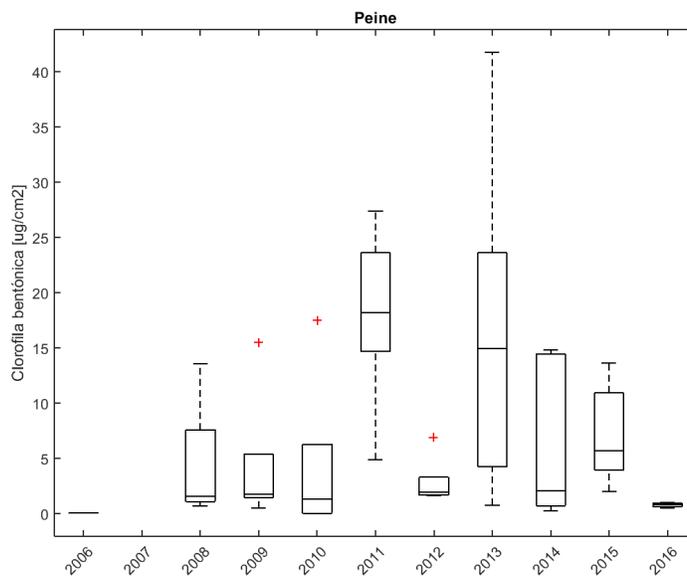
Tabla 6-60. Estadígrafos descriptivos de la concentración de clorofila-a del perifiton ($\mu\text{g/L}$) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
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

N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25% de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos). El año 2007 presenta todas las mediciones $< 0,0001 \mu\text{g/cm}^2$

Fuente:UCN

Figura 6-57. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a del perifiton registrada en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 sistemas hidrológicos monitoreados.

I. Fitoplancton: Sistema Puillar

La serie de tiempo de la abundancia de fitoplancton en el sistema hidrológico de Puillar muestra promedios anuales dentro del rango 714 cél/L (año 2012) - 233.333 cél/L (año 2015). Por su parte, las medianas se encuentran dentro del rango 490 cél/L (año 2012) - 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 varias campañas de monitoreo (Tabla 6-61), especialmente en la estación PU-5 (ver Anexo X).

La evolución histórica de la abundancia de fitoplancton se presenta en la Figura 6-58, donde se observa que no existen tendencias al alza o a la baja pero sí diferencias entre las campañas. Según el análisis estadístico, existen diferencias significativas entre el año 2011 (menor abundancia) y los años 2010 y 2015.

Por su parte, la mayor riqueza se encontró en el año 2011, con un promedio de 26 taxones y una mediana de 19. El año que presentó una menor riqueza fue el 2012, con 2,2 taxones promedio y una mediana de 2 taxones (Tabla 6-62).

Al igual que a abundancia, la riqueza no presentó tendencias temporales pero sí diferencias entre campañas (Figura 6-58). Las diferencias estadísticamente significativas se encontraron entre el año 2011 (mayor riqueza) y los años 2009, 2010 y 2012.

Tabla 6-61. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

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

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.

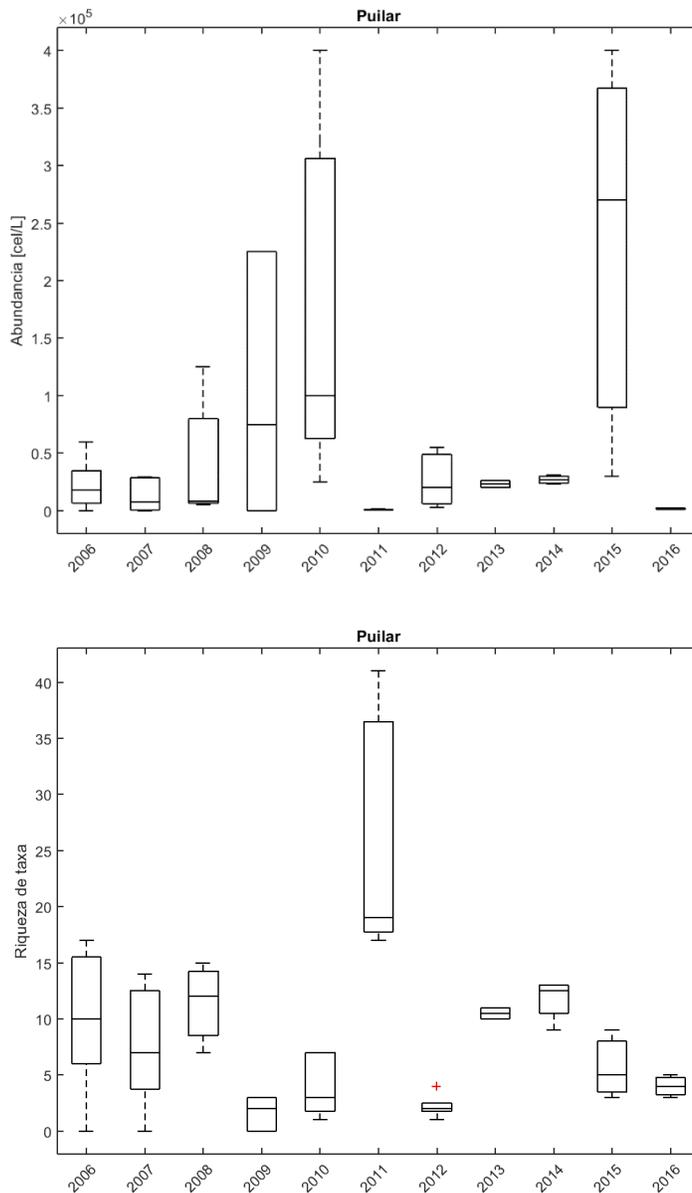
Tabla 6-62. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	10	6,67	66,7	0	17	4	10	16
2007	5	7,6	5,59	73,6	0	14	2,50	7	13
2008	5	11,4	3,36	29,5	7	15	8	12,0	14,5
2009	5	1,6	1,52	94,8	0	3	0	2	3
2010	5	4	2,83	70,7	1	7	1,5	3	7
2011	5	26	11,2	43,0	17	41	17,5	19	38
2012	5	2,2	1,10	49,8	1	4	1,5	2	3
2013	2	10,5	0,71	6,73	10	11		10,5	
2014	4	11,8	1,89	16,1	9	13	9,75	12,5	13
2015	3	5,67	3,06	53,9	3	9	3	5	9
2016	3	4	1	25,0	3	5	3	4	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 6-58. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 dentro del rango 432 cél/L (año 2011) y 1.180.000 cél/L (año 2009) durante los 11 años de monitoreos realizados hasta el año 2016. Por su parte las medianas se encontraron en rango 370 cél/L (año 2012) y 235.000 cél/L (año 2009). El valor

máximo registrado entre los 41 datos correspondió a 5.275.000 cél/L en la campaña del año 2009 (Tabla 6-63).

Como se puede observar en la Figura 6-59, la abundancia de fitoplancton es muy variable, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos efectuados los años 2011 y 2015.

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 de 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 6-59 que la riqueza no presenta una tendencia temporal, pero sí existen diferencias estadísticamente significativas entre las campañas realizadas, específicamente entre el año 2011 y 2012.

Tabla 6-63. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

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	

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.



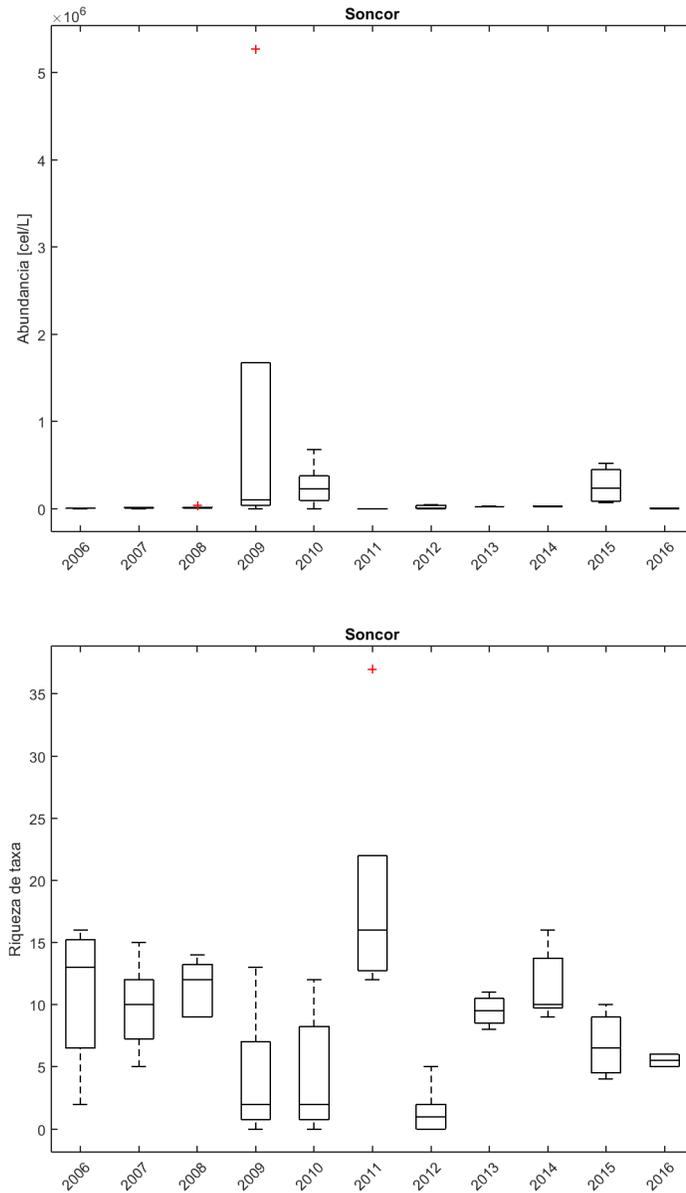
Tabla 6-64. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	10,8	5,81	53,8	2	16	5	13	15,5
2007	5	9,8	3,70	37,8	5	15	6,5	10	13
2008	5	11,4	2,30	20,2	9	14	9	12	13,5
2009	5	4,2	5,26	125	0	13	0,5	2	9
2010	5	4,4	5,03	114	0	12	0,5	2	9,5
2011	5	19	10,3	54,1	12	37	12,5	16	27
2012	5	1,4	2,07	148	0	5	0	1	3
2013	4	9,5	1,29	13,6	8	11	8,25	9,5	10,8
2014	5	11,6	2,88	24,8	9	16	9,5	10	14,5
2015	4	6,75	2,75	40,8	4	10	4,25	6,5	9,5
2016	2	5,5	0,71	12,9	5	6	*	5,5	*

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 6-59. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 analizado (2006-2016), 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 200 cél/L (año 2016) - 1.187.500 cél/L (año 2010). El valor máximo registrado fue 7.350.000 cél/L en la campaña del año 2010 (Tabla 6-65).

En la Figura 6-60 se observa que la abundancia de fitoplancton no presenta tendencias al alza o a la baja pero sí amplias fluctuaciones. 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. Esto indica que la abundancia fue máxima en 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 6-66).

No se observan tendencias temporales al incremento o disminución de la riqueza en el sistema Aguas de Quelana, siendo este parámetro altamente variable (Figura 6-60). No obstante, existen diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos. Esto se observa entre el año 2011 y los años 2010, 2012 y 2016; y 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 6-65. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

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
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

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.

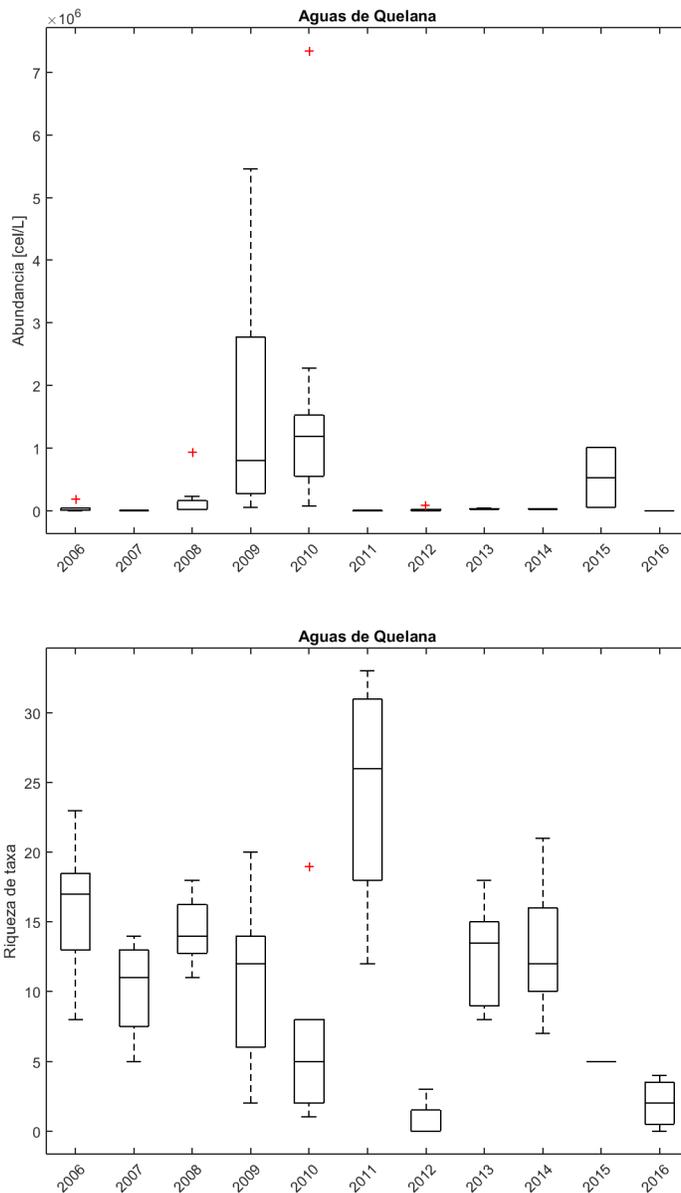
Tabla 6-66. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	7	16	4,8	30,2	8	23	12	17	19
2007	9	10,2	3,2	31,6	5	14	7	11	13
2008	9	14,4	2,3	15,9	11	18	12,5	14	16,5
2009	10	10,8	6,4	59,3	2	20	5	12	15,3
2010	10	7,1	6,8	95,2	1	19	2	5	10,8
2011	8	24,4	8,1	33,3	12	33	15,5	26	32
2012	5	0,8	1,3	163	0	3	0	0	2
2013	6	12,8	3,9	30,1	8	18	8,75	13,5	15,8
2014	6	13	4,9	38,0	7	21	9,25	12	17,3
2015	2	5	0	0	5	5	*	5	
2016	3	2	2	100	0	4	0	2	4

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 6-60. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 analizado (2006-2016), 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 2016) - 750.000 cél/L (año 2010). Los valores máximos

registrados entre los 51 datos correspondieron a 6.500.000 cél/L en la campaña del año 2009 y el mínimo 0 cél/L el año 2008 (Tabla 6-67).

No se observan tendencias temporales en la abundancia de fitoplancton en el sistema Peine (Figura 6-61), pero sí amplias diferencias. Existen diferencias estadísticamente significativas entre los años 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 6-68).

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 6-61). Existen diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos del año 2011 y 2012.

Tabla 6-67. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitoplancton (cél/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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

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 fitoplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	11	7	63,6	6	19	6	8	19
2007	5	9,6	5,68	59,2	1	16	4,5	10	14,5
2008	5	11,2	6,94	62,0	0	17	4,5	15	16
2009	5	5,6	5,98	107	1	15	1	3	11,5
2010	5	6,2	3,90	62,9	1	11	3	5	10
2011	5	29,6	17,4	58,8	17	57	17,5	19	47
2012	5	2	0,71	35,4	1	3	1,5	2	2,5
2013	5	10,2	2,17	21,3	8	13	8	11	12
2014	5	13	3	23,1	10	18	11	12	15,5
2015	5	5,2	3,03	58,3	2	10	3	4	8



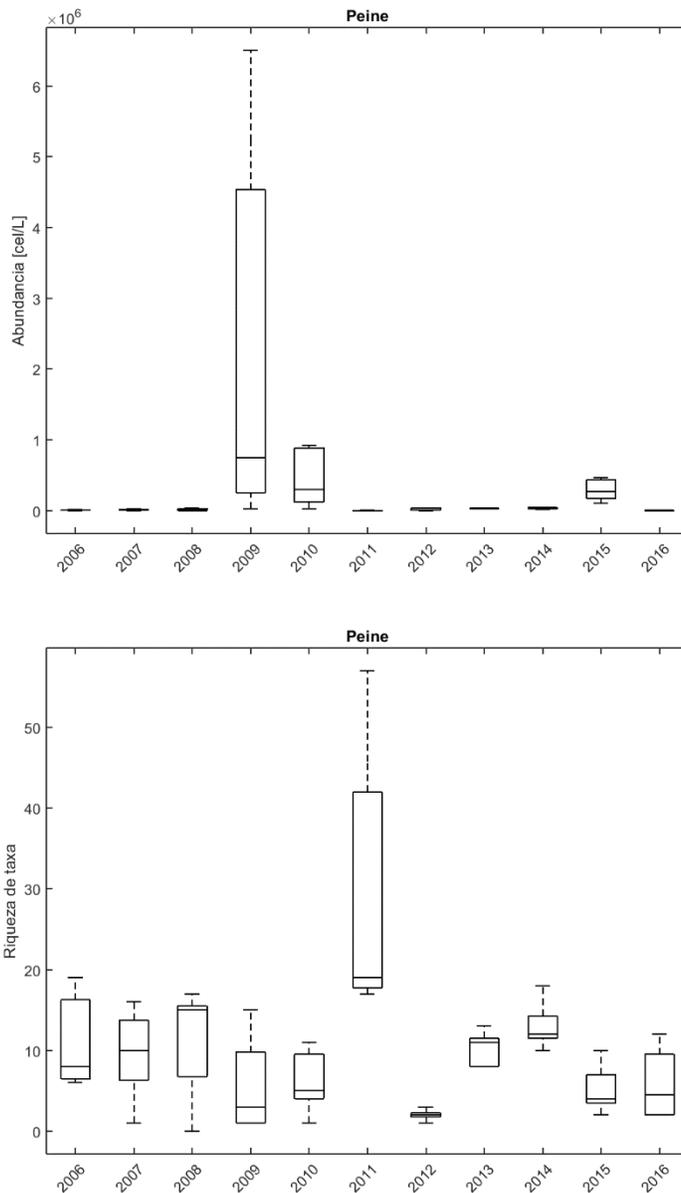
Tabla 6-68. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitoplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2016	4	5,75	4,79	83,3	2	12	2	4,5	10,8

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 6-61. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitoplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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. 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 (2006-2016), 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 71 cél/mL (año 2007) 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 6-69). 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 pero sube nuevamente el año 2016 (Figura 6-62). Este comportamiento también se observa en la riqueza, como se explica en el párrafo sub-siguiente. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia de los monitoreos efectuados en el periodo, en particular entre el 2014 y los años 2008 y 2015. 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 6-70).

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 (Figura 6-62). Existen diferencias estadísticamente significativas entre los monitoreos efectuados en el periodo, en particular entre el 2007 y los años 2011, 2012, 2013 y 2014; y entre el año 2015 y los años 2014, 2008 y 2015. De esta manera, se corrobora estadísticamente que el año 2007 fue el que evidenció una menor riqueza y el año 2014 la mayor.

Tabla 6-69. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cel/mL) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

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



Tabla 6-69. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cel/mL) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
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

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 6-70. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

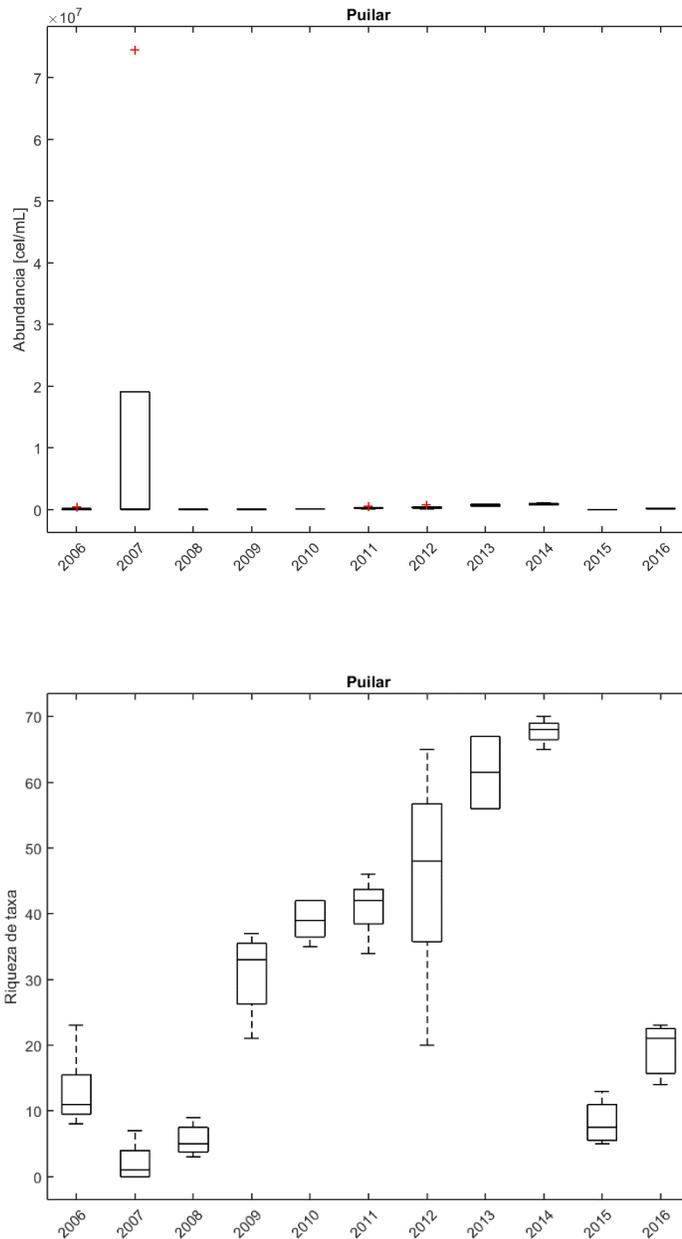
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	13	5,87	45,2	8	23	9	11	18
2007	5	2,2	2,95	134	0	7	0	1	5
2008	5	5,6	2,41	43,0	3	9	3,5	5	8
2009	5	30,8	6,42	20,8	21	37	24,5	33	36
2010	5	39	3,08	7,90	35	42	36	39	42
2011	5	41	4,47	10,9	34	46	37	42	44,5
2012	5	45,6	16,8	36,8	20	65	30,5	48	59,5
2013	2	61,5	7,78	12,6	56	67		61,5	
2014	4	67,8	2,06	3,04	65	70	65,8	68	69,5
2015	4	8,25	3,59	43,6	5	13	5,25	7,5	12
2016	3	19,3	4,73	24,4	14	23	14	21	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 6-62. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 (2006-2016), 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 2.731.000cél/mL en la campaña del año 2007 y el mínimo a 186 cél/mL el año 2007 (Tabla 6-71).

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 6-72).

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 (Figura 6-63). 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 2015.

Tabla 6-71. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.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
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

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 6-72. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	5	19,4	6,50	33,5	14	27	14,5	15	26,5
2007	5	4,4	2,51	57,0	1	8	2,5	4	6,5
2008	5	12	6,63	55,3	2	18	6	12	18
2009	5	38	11,9	31,2	25	51	25,5	42	48,5
2010	5	48,4	13,9	28,7	31	61	33,5	55	60
2011	5	49,6	7,73	15,6	41	60	43	47	57,5
2012	5	60,2	5,22	8,66	54	67	55	62	64,5



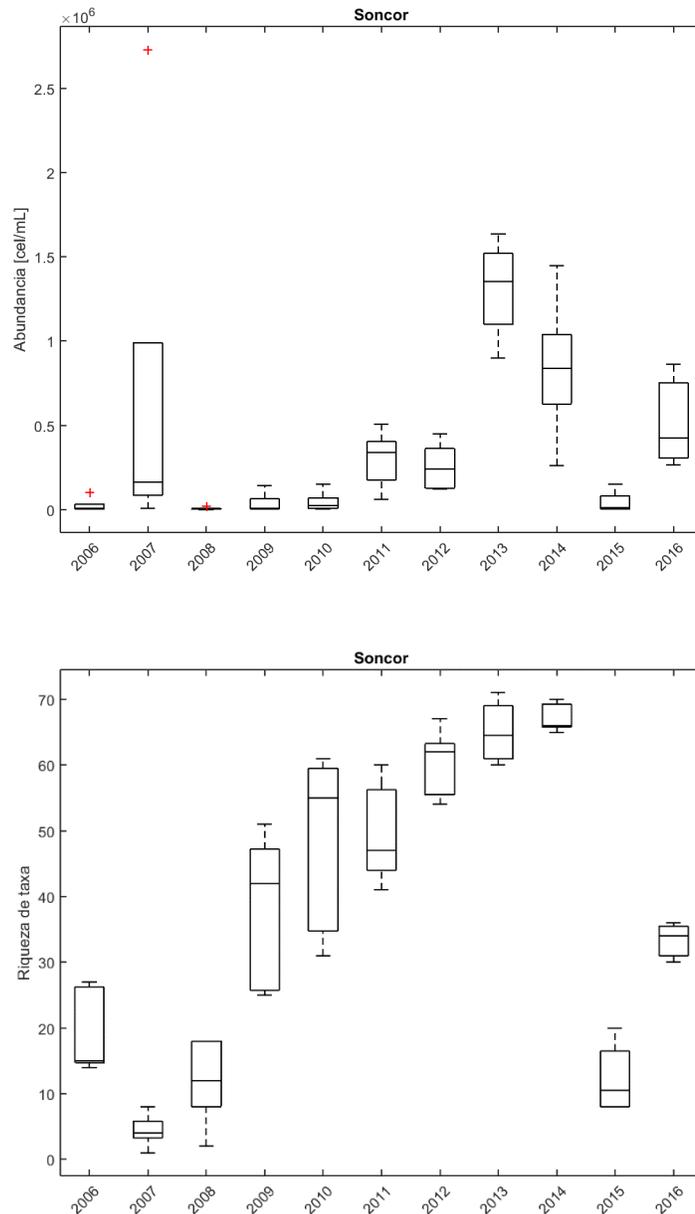
Tabla 6-72. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2013	4	65	4,97	7,64	60	71	60,5	64,5	70
2014	5	67,2	2,17	3,23	65	70	65,5	66	69,5
2015	4	12,3	5,68	46,4	8	20	8	10,5	18,3
2016	3	33,3	3,06	9,17	30	36	30	34	36

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 6-63. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 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 2014 y el mínimo a 0 cél/mL los años 2006 y 2008 (Tabla 6-73).

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 6-74).

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 y suben nuevamente el año 2016 (Figura 6-64). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre el año 2007 y los años 2006, 2008 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 el año 2014 y los años 2006 y 2015.

Tabla 6-73. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

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

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 fitobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	10	14	11,0	78,4	0	31	0	15,5	22,3
2007	10	4,8	2,39	49,9	1	8	3,5	4	7,25
2008	10	7,1	4,79	67,5	0	15	3	8,5	10
2009	10	25,7	16,0	62,1	2	46	11,3	28,5	41
2010	10	34,4	14,5	42,2	7	51	24,3	37,5	44,5
2011	10	33,5	21,8	65,2	0	55	6	43,5	49,5

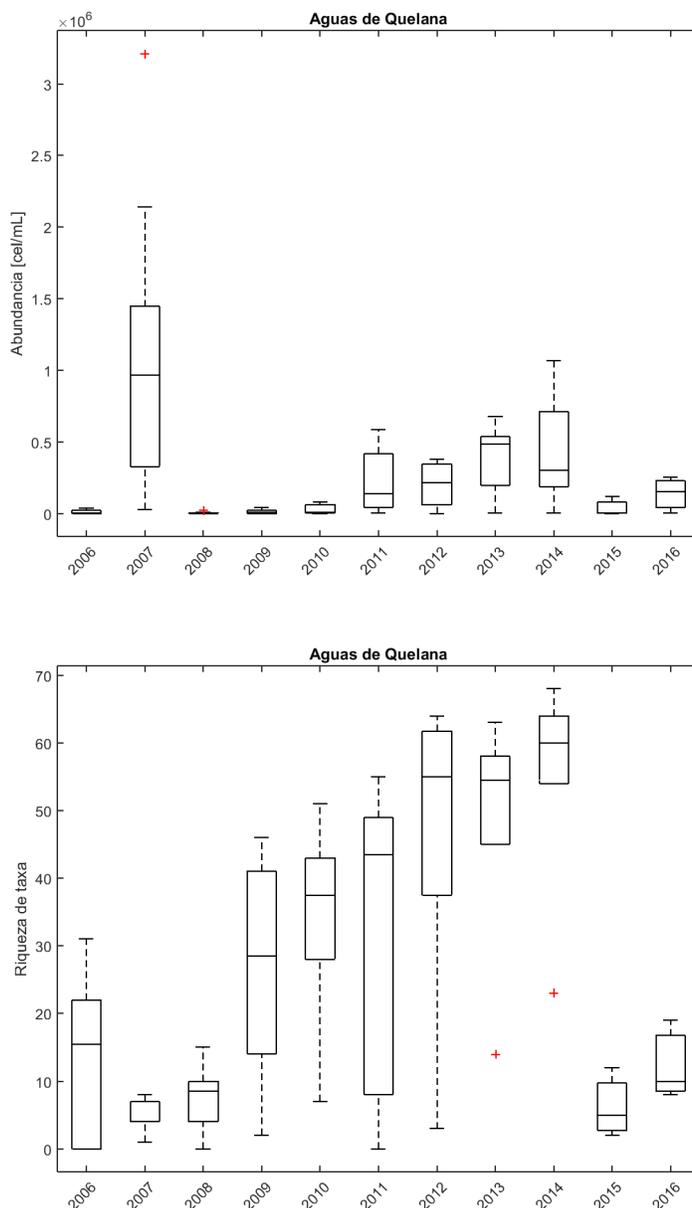
Tabla 6-74. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2012	5	46,4	24,9	53,7	3	64	26	55	62,5
2013	6	48,2	17,8	37,0	14	63	37,3	54,5	59,3
2014	6	54,8	16,3	29,7	23	68	46,3	60	65
2015	5	6,2	4,21	67,9	2	12	2,5	5	10,5
2016	3	12,3	5,86	47,5	8	19	8	10	19

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 6-64. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 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 6-75).

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 6-76).

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 (Figura 6-65). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre 2008 y los años 2012, 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 2015.

Tabla 6-75. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de fitobentos (cél/mL) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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	35,6	55.000	129.000	60.500	109.000	128000
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

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 fitobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2006	3	15	8,19	54,6	8	24	8	13	24
2007	5	3	1,87	62,4	1	6	1,5	3	4,5
2008	5	5,8	4,02	69,4	0	10	2	6	9,5
2009	5	52,4	10,8	20,7	39	65	43,5	48	63,5
2010	5	56	12,3	22,1	40	72	45,5	53	68
2011	5	58,4	8,02	13,7	49	70	51	60	65
2012	5	62,4	7,73	12,4	57	76	58	59	68,5
2013	5	65	9,06	13,9	54	79	58	64	72,5
2014	5	75,8	5,81	7,66	67	81	70,5	76	81



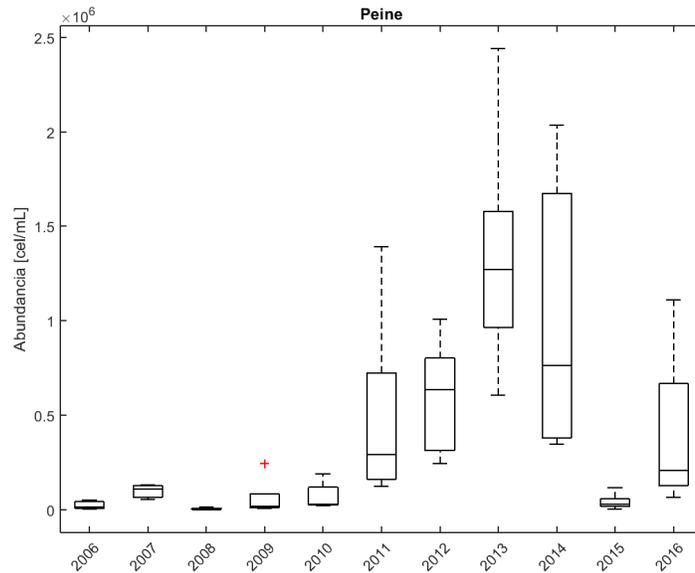
Tabla 6-76. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de fitobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

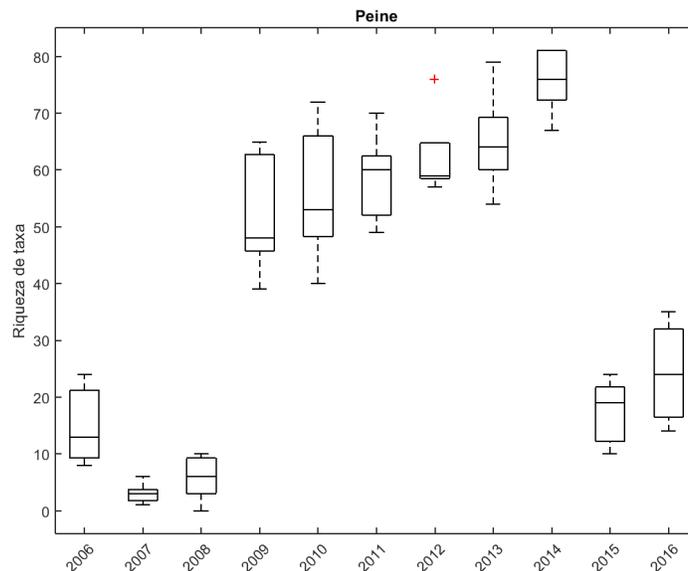
Fecha	N	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
2015	5	17,4	5,77	33,2	10	24	11,5	19	22,5
2016	4	24,3	9,50	39,2	14	35	15,3	24	33,5

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.

Figura 6-65. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de fitobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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. 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 2006-2016 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 6-77).

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 6-78).

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 (Figura 6-66). Existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre el año 2008 y los años 2012. En cuanto a la riqueza, no existen diferencias estadísticamente significativas en este periodo.



Tabla 6-77. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016.

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

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 6-78. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016.

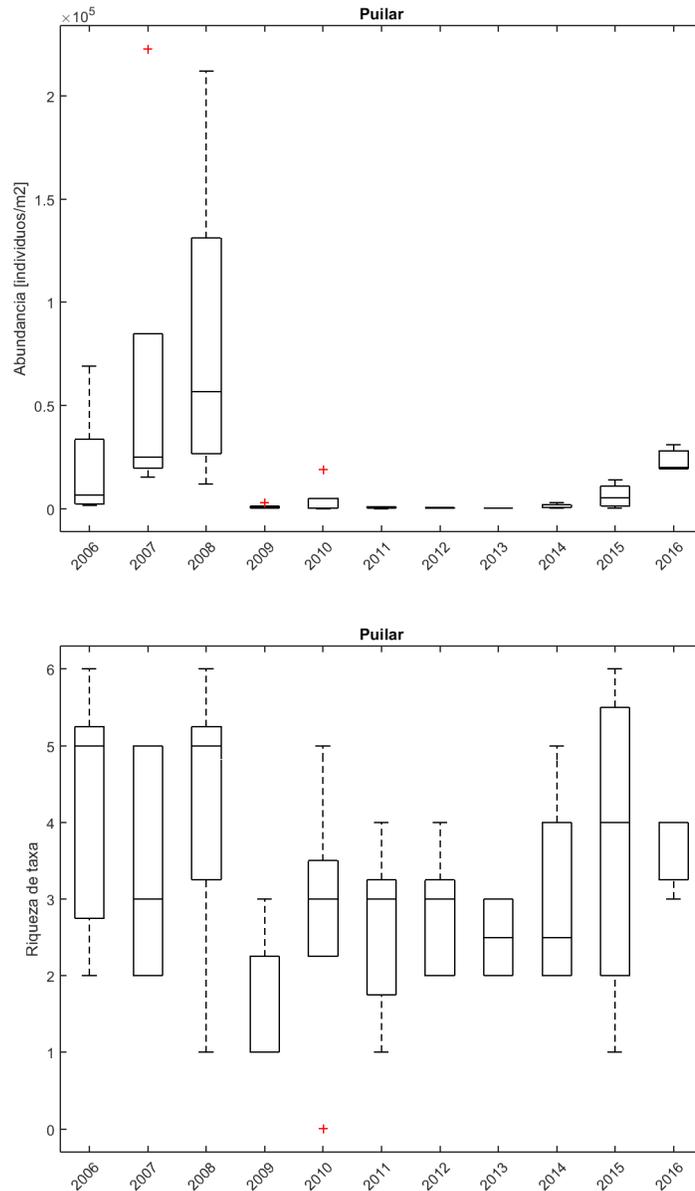
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	4,2	1,64	39,1	2	6	2,5	5	5,5
2007	5	3,4	1,52	44,6	2	5	2	3	5
2008	5	4,2	1,92	45,8	1	6	2,5	5	5,5
2009	5	1,6	0,89	55,9	1	3	1	1	2,5
2010	5	2,8	1,79	63,9	0	5	1,5	3	4
2011	5	2,6	1,14	43,9	1	4	1,5	3	3,5
2012	5	2,8	0,84	29,9	2	4	2	3	3,5
2013	2	2,5	0,71	28,3	2	3	*	2,5	*
2014	4	3	1,41	47,1	2	5	2	2,5	4,5
2015	4	3,75	2,22	59,1	1	6	1,5	4	5,75
2016	3	3,67	0,58	15,7	3	4	3	4	4

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 6-66. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 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 2011) y un mínimo de 50 ind/m² (año 2008). 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 6-79).

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 6-80).

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 (Figura 6-67). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el año 2011 (menor abundancia) y los años 2007 y 2008. La riqueza, por su parte, presenta valores bajos y un comportamiento relativamente estable durante todo el periodo, no se observan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 6-79. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

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
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

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 zoobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,6	1,52	58,33	1	5	1,5	2	4
2007	5	2	0,71	35,36	1	3	1,5	2	2,5
2008	5	1,8	0,84	46,48	1	3	1	2	2,5
2009	5	2,4	0,89	37,27	2	4	2	2	3
2010	5	2,2	1,64	74,69	0	4	0,5	3	3,5
2011	5	1,8	0,84	46,48	1	3	1	2	2,5
2012	5	1,6	0,89	55,90	1	3	1	1	2,5
2013	4	2,5	1,29	51,64	1	4	1,25	2,5	3,75
2014	5	3,2	1,30	40,75	2	5	2	3	4,5
2015	4	2,75	2,87	104	1	7	1	1,5	5,75

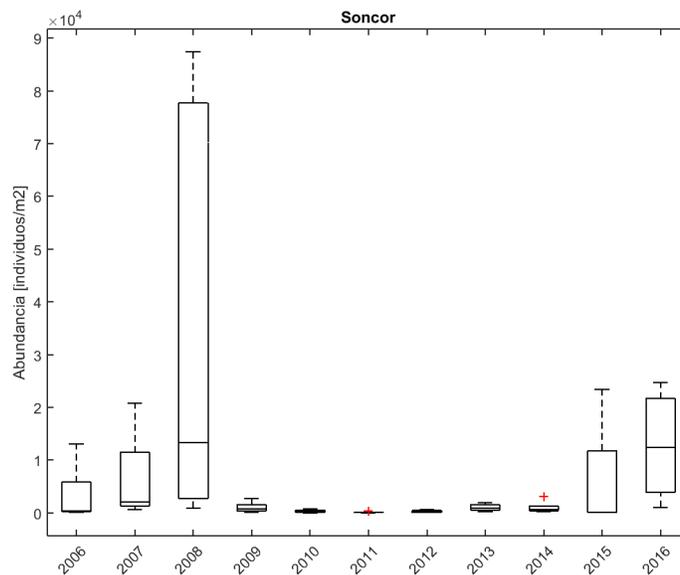
Tabla 6-80. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

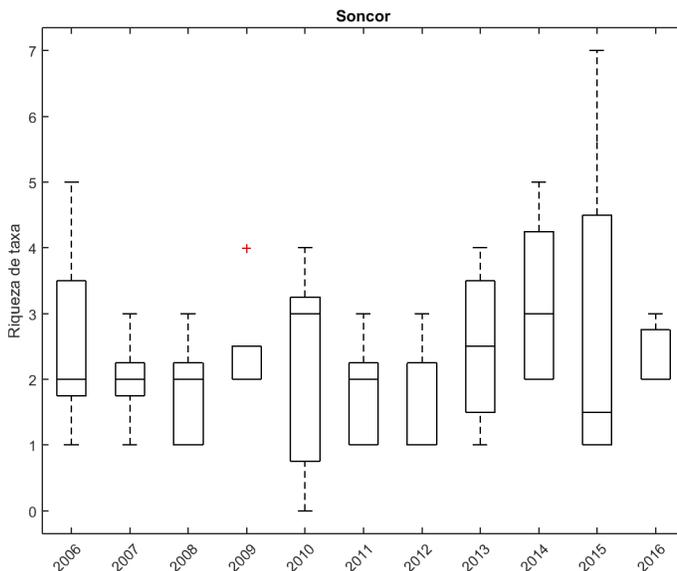
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2016	3	2,33	0,58	24,74	2	3	2	2	3

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 6-67. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 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 6-81).

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 6-82).

La evolución temporal de la abundancia muestra que durante el periodo 2006-2008 ella se mantuvo alrededor de 17.000 ind/m². El año 2009 se observa una baja abrupta (573 ind/m²), luego 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 (Figura 6-68). 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 6-81. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

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



Tabla 6-81. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
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

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.

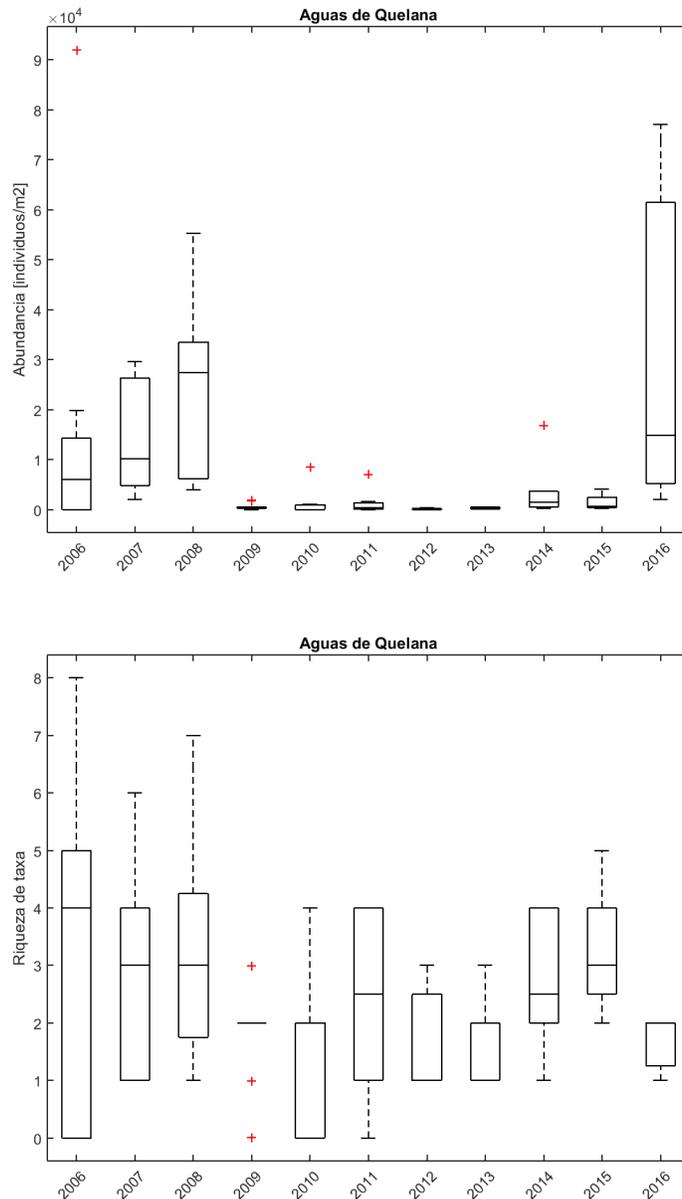
Tabla 6-82. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	3,5	2,84	81,1	0	8	0	4	5,5
2007	10	3	1,83	60,9	1	6	1	3	4,25
2008	9	3,11	1,96	63,2	1	7	1,5	3	4,5
2009	10	1,9	0,88	46,1	0	3	1,75	2	2,25
2010	10	1,1	1,52	138,5	0	4	0	0	2,25
2011	8	2,38	1,60	67,3	0	4	1	2,5	4
2012	3	1,67	1,15	69,3	1	3	1	1	3
2013	6	1,83	0,75	41,1	1	3	1	2	2,25
2014	6	2,67	1,21	45,4	1	4	1,75	2,5	4
2015	4	3,25	1,26	38,7	2	5	2,25	3	4,5
2016	3	1,67	0,58	34,6	1	2	1	2	2

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 6-68. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 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 165 ind/m² (año 2012). 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 6-83).

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 1,1 taxa (Tabla 6-84).

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 el rango observado en el periodo 2006-2008 (Figura 6-69). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo entre los años 2008 y 2011. 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 6-83. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zoobentos (individuos/m²) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

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	77,2	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	93,9	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	5,50	15,00	816
2012	5	309	308	100	0	716	55,1	165	634
2013	5	287	180	62,9	55	551	138	276	441
2014	5	727	620	85,3	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	33,7	2.020	4.293	2.146	2.651	3.914

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 zoobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,8	0,45	15,97	2	3	2,5	3	3
2007	5	1,6	0,89	55,90	1	3	1	1	2,5
2008	4	2	1,15	57,74	1	3	1	2	3
2009	5	1,6	1,14	71,26	0	3	0,5	2	2,5
2010	5	3	1	33,33	2	4	2	3	4
2011	5	2,2	1,48	67,42	0	4	1	2	3,5
2012	5	1,6	1,14	71,26	0	3	0,5	2	2,5
2013	5	2	0,71	35,36	1	3	1,5	2	2,5
2014	5	2,2	1,10	49,79	1	4	1,5	2	3



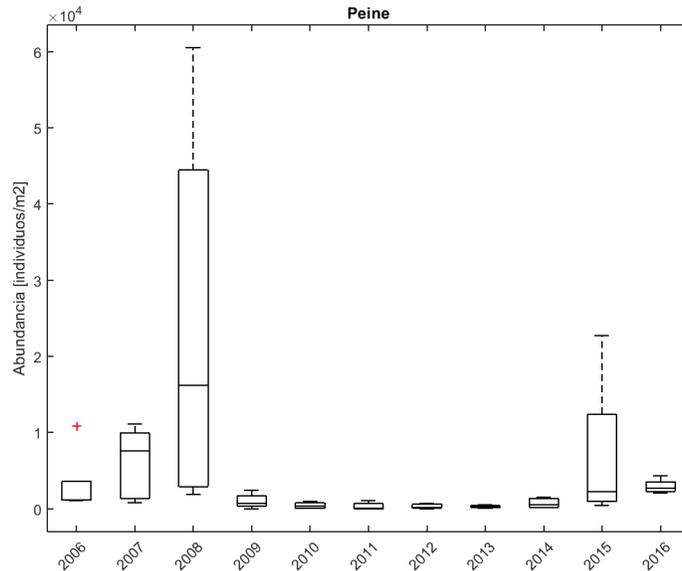
Tabla 6-84. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zoobentos (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

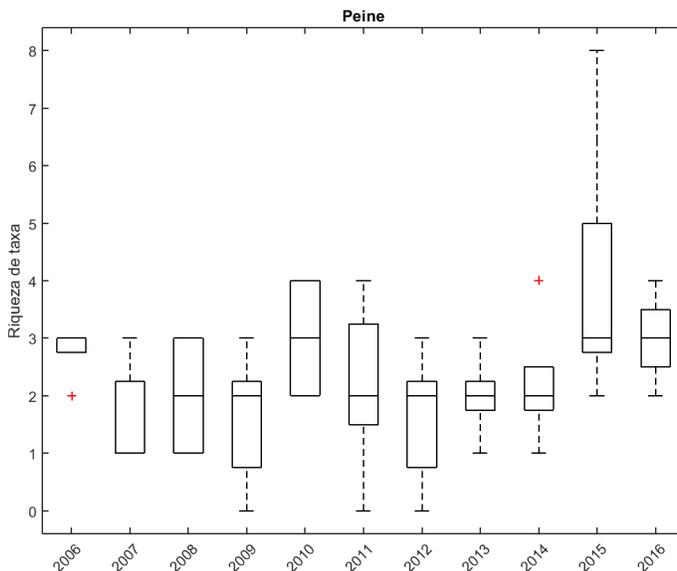
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2015	5	4	2,35	58,63	2	8	2,5	3	6
2016	4	3	0,82	27,22	2	4	2,25	3	3,75

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 6-69. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zoobentos en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 los valores registrados en el periodo 2006-2008.

6.4.2.6 Zooplancton

I. Zooplancton: Puilar

Las abundancias promedio de zooplancton en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2016 en el sistema Puilar se encontraron dentro del rango 0,44 ind/L (año 2006) y 63,4 ind/L (año 2007). Las medianas mostraron un máximo de 20 ind/L (año 2016) 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 0,16 ind/L en el año 2006 (Tabla 6-85).

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 6-86).

La abundancia de zooplancton en este sistema no presenta una tendencia temporal definida durante el periodo bajo análisis (2006-2016). 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, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre las campañas (Figura 6-70).

Tabla 6-85. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,44	0,25	56,8	0,16	0,85	0,26	0,4	0,65
2007	5	63,4	116	182	2,1	269	3,75	8,1	151
2008	5	0,48	0,26	53,9	0,2	0,9	0,3	0,4	0,7
2009	5	3,04	1,95	64,3	1,3	6,3	1,6	2,5	4,75
2010	5	14,4	7,50	52,1	6	24	7	15	21,5
2011	5	11,4	2,66	23,3	7,2	14,3	9,25	11,4	13,6
2012	5	19,1	18,5	96,6	5,7	51,4	7,15	14,3	33,6
2013	2	12,2	1,06	8,73	11,4	12,9		12,2	
2014	4	185	236	128	2,9	504	5,03	116	433
2015	3	8,57	10,01	117	1,4	20	1,4	4,3	20
2016	3	43,33	49,33	114	10	100	10	20	100

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.

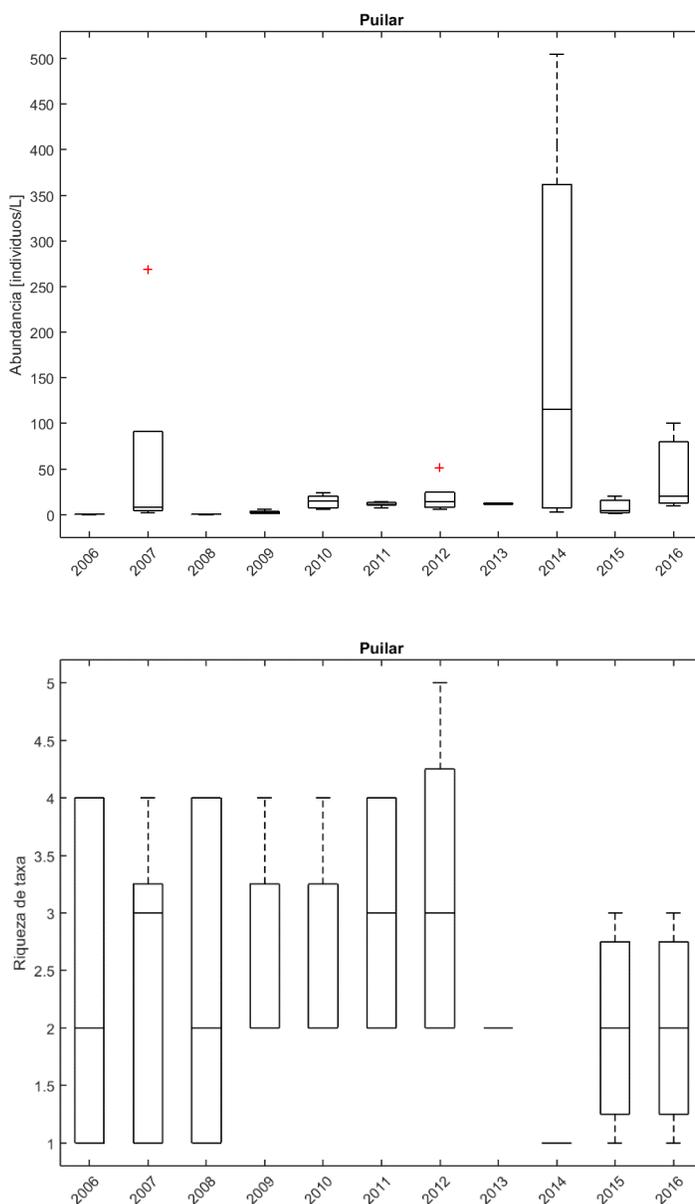
Tabla 6-86. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Puillar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2,4	1,52	63,2	1	4	1	2	4
2007	5	2,4	1,34	55,9	1	4	1	3	3,5
2008	5	2,4	1,52	63,2	1	4	1	2	4
2009	5	2,6	0,89	34,4	2	4	2	2	3,5
2010	5	2,6	0,89	34,4	2	4	2	2	3,5
2011	5	3	1	33,3	2	4	2	3	4
2012	5	3,2	1,30	40,7	2	5	2	3	4,5
2013	2	2	0	0	2	2	*	2	*
2014	4	1	0	0	1	1	1	1	1
2015	3	2	1	50	1	3	1	2	3
2016	3	2	1	50	1	3	1	2	3

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 6-70. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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: Soncor.



Las abundancias promedio de zooplancton en los monitoreos realizados durante el periodo 2006-2016 en el sistema Soncor se encontraron dentro del rango 1,12 ind/L (año 2008) y 53,3 ind/L (año 2016). Las

medianas mostraron un máximo de 90 ind/L (año 2016) y un mínimo de 0,7 ind/L (año 2007). El registro máximo del periodo fue 50 ind/L en el año 2016 y el mínimo fue 0 ind/L los años 2006, 2008, 2009, 2010, 2014 y 2015 (Tabla 6-87).

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 presentaron los años 2014 y 2015, correspondiente a 1 taxa (Tabla 6-88).

La abundancia de zooplancton en este sistema presenta una leve tendencia temporal al aumento desde el año 2009, y valores fuera del rango histórico el año 2016, los que debieran ser comparados con campañas posteriores. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las series de datos de los distintos años, particularmente entre el año 2016 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 6-71).

Tabla 6-87. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	1,13	0,98	87,0	0	2,6	0,29	1,02	2,02
2007	5	2,22	3,28	148	0,3	8	0,35	0,7	4,85
2008	5	1,12	0,98	87,1	0	2,6	0,3	1	2
2009	5	5,84	6,80	116	0	17,1	0,95	3,2	12,1
2010	5	6,8	7,79	115	0	19	1	3	14,5
2011	5	7,68	4,58	59,6	1,4	12,8	3,55	7,1	12,1
2012	5	6,58	1,93	29,3	4,3	8,6	5	5,7	8,6
2013	4	11,5	3,48	30,4	8,6	15,7	8,6	10,8	15
2014	5	7,16	7,15	100	0	18,6	1,45	5,7	13,6
2015	4	9,63	12,8	133	0	27,1	0	5,7	23,2
2016	3	53,3	35,1	65,8	20	90	20	50	90

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 6-88. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	3,2	1,92	60,1	0	5	1,5	4	4,5
2007	5	2	0,71	35,4	1	3	1,5	2	2,5
2008	5	3,2	1,92	60,1	0	5	1,5	4	4,5
2009	5	2,4	1,82	75,7	0	5	1	2	4
2010	5	1,8	1,30	72,4	0	3	0,5	2	3
2011	5	2,4	1,14	47,5	1	4	1,5	2	3,5
2012	5	2	0,71	35,4	1	3	1,5	2	2,5
2013	4	2,75	1,26	45,8	1	4	1,5	3	3,75
2014	5	1	0,71	70,7	0	2	0,5	1	1,5
2015	4	1	1,15	115	0	2	0	1	2



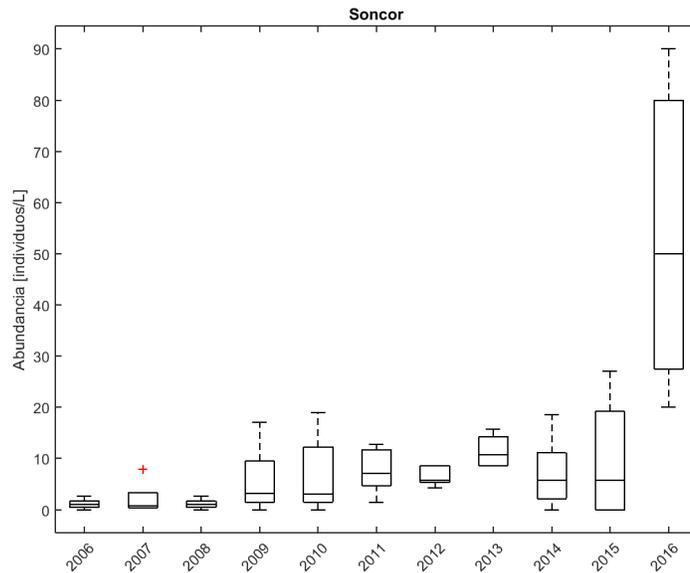
Tabla 6-88. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

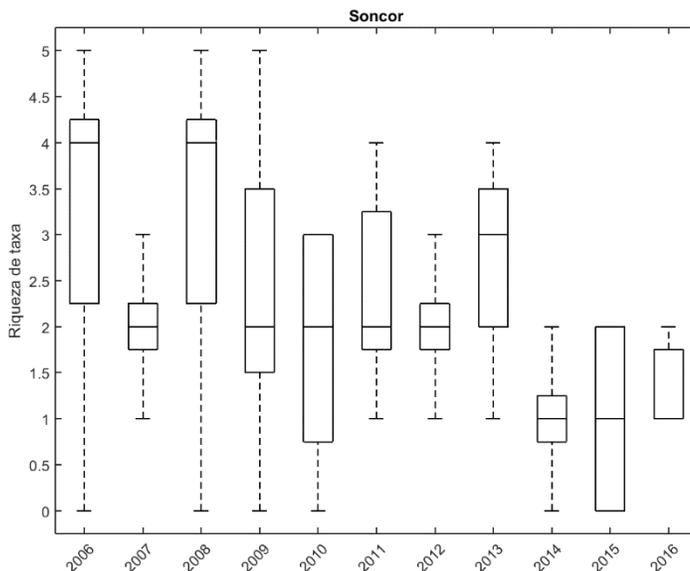
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2016	3	1,33	0,58	43,3	1	2	1	1	2

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 6-71. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 en el sistema Aguas de Quelana se encontraron dentro del rango 0,23 ind/L (año 2007) y 41,1 ind/L (año 2014). Las medianas mostraron un máximo de 30 ind/L (años 2014 y 2016) y un mínimo de 0,09 ind/L (año 2007). El registro máximo del periodo fue 121 ind/L en el año 2014 y el mínimo fue 0 ind/L los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015 (Tabla 6-89).

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, correspondiente a 1 taxa (Tabla 6-90).

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 2009-2016 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 6-72).

Tabla 6-89. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	0,443	0,53	119	0	1,77	0	0,36	0,59
2007	10	0,227	0,35	154	0	1,12	0,0075	0,09	0,32
2008	10	0,443	0,53	119	0	1,77	0	0,36	0,59
2009	10	27,6	34,1	123	0	113	0,6	17,45	41,9
2010	10	20,5	39,9	195	0	133	5,5	7,5	12,8
2011	8	7,85	4,64	59,1	0	12,9	4,3	8,55	12,5



Tabla 6-89. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2012	5	12,6	4,66	37,1	7,1	17,1	7,85	12,9	17,1
2013	6	16,4	7,61	46,3	10	30	11,1	13,55	22,5
2014	6	41,4	48,4	117	0	121	2,18	30	78,6
2015	3	24,8	32,4	131	0	61,4	0	12,9	61,4
2016	3	36,7	20,8	56,8	20	60	20	30	60

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.

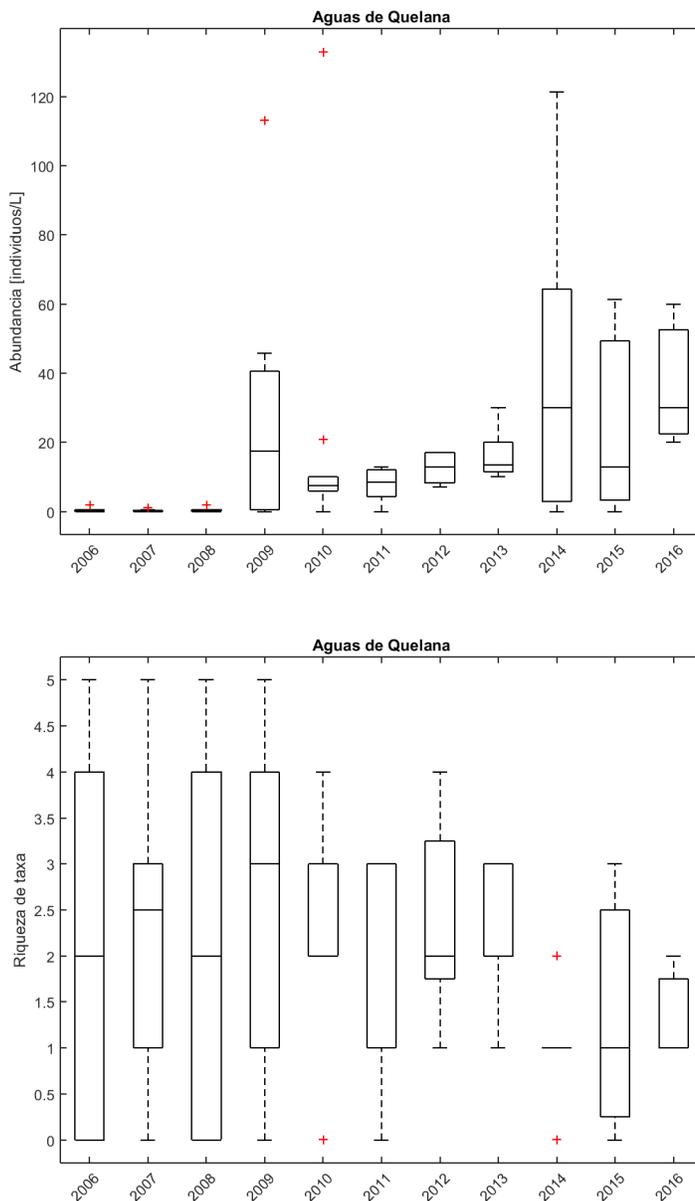
Tabla 6-90. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	2,3	1,89	82,1	0	5	0	2	4
2007	10	2,2	1,69	76,7	0	5	0,75	2,5	3,25
2008	10	2,3	1,89	82,1	0	5	0	2	4
2009	10	2,6	1,78	68,3	0	5	1	3	4,25
2010	10	2,3	1,06	46,1	0	4	2	2	3
2011	8	2,13	1,25	58,7	0	3	1	3	3
2012	5	2,4	1,14	47,5	1	4	1,5	2	3,5
2013	6	2,17	0,75	34,7	1	3	1,75	2	3
2014	6	1	0,63	63,2	0	2	0,75	1	1,25
2015	3	1,33	1,53	114,6	0	3	0	1	3
2016	3	1,33	0,58	43,3	1	2	1	1	2

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 zooplancton en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 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 0,23 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 6-91).

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 6-92).

La abundancia de zooplancton en este sistema presenta una tendencia temporal al aumento desde el año 2009, y valores mayores al rango histórico el año 2016, los que debieran ser comparados con campañas posteriores. De esta manera, al igual que los sistemas anteriores, el periodo comprendido entre los años 2009-2016 presenta abundancias promedio al menos un orden de magnitud mayores a las del periodo 2006-2008. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las series de datos de los distintos años, particularmente entre el año 2016 y los años 2006, 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 6-73).

Tabla 6-91. Estadígrafos descriptivos de la abundancia de zooplancton (individuos/L) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0,30	0,33	112	0	0,86	0,06	0,23	0,57
2007	5	3,10	4,94	159	0,1	11,8	0,15	1,1	7,05
2008	5	0,29	0,33	112	0	0,86	0,06	0,23	0,56
2009	5	5,96	4,85	81,4	0,6	11,4	1,9	3,8	11,1
2010	5	3,00	3,39	113	0	8	0,5	1	6,5
2011	5	5,12	2,62	51,2	1,4	8,6	2,8	5,7	7,15
2012	5	8,58	9,94	116	1,4	25,7	2,15	4,3	17,2
2013	5	8,58	6,62	77,1	1,4	17,1	2,15	8,6	15
2014	5	13,7	19,2	140	0	47,1	1,45	7,1	29,3
2015	5	10,8	11,6	107	0	27,1	0	10	22,1
2016	4	278	162	58,2	150	510	160	225	448

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 6-92. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	2	1,58	79,1	0	4	0,5	2	3,5
2007	5	2	0,0	0	2	2	2	2	2
2008	5	2	1,58	79,1	0	4	0,5	2	3,5
2009	5	3,2	1,92	60,1	1	6	1,5	3	5
2010	5	1,6	1,34	83,9	0	3	0,5	1	3
2011	5	2	0,71	35,4	1	3	1,5	2	2,5
2012	5	1,8	0,84	46,5	1	3	1	2	2,5
2013	5	2	0,71	35,4	1	3	1,5	2	2,5
2014	5	1,2	0,84	69,7	0	2	0,5	1	2



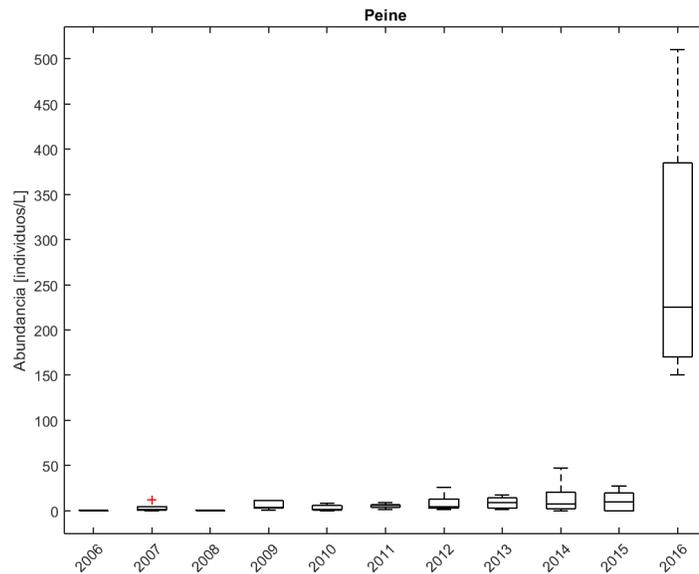
Tabla 6-92. Estadígrafos descriptivos de la riqueza de zooplancton (taxa) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

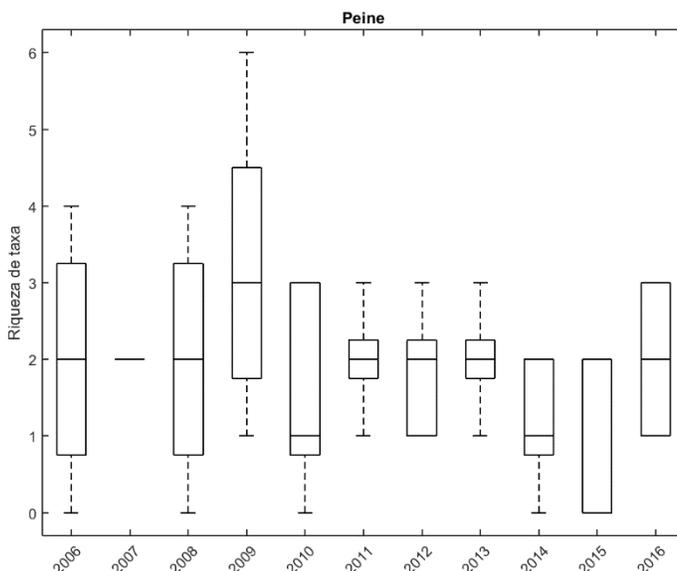
Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Max.	Q1	Mediana	Q3
2015	5	1,2	1,10	91,3	0	2	0	2	2
2016	4	2	1,15	57,7	1	3	1	2	3

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 6-73. Evolución temporal de la abundancia y riqueza de zooplancton en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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 el año 2016 que se encontró sobre lo observado históricamente, situación que debe ser contrastada con monitoreos posteriores. 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 2006-2016 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 6-93).

La cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-74), aunque existen diferencias estadísticamente significativas entre campañas. No obstante, mediante el test *post-hoc* no fue posible determinar los pares específicos.

Tabla 6-93. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2007	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2008	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2009	5	1	2,24	224	0	5	0	0	2,5
2010	5	3	4,47	149	0	10	0	0	7,5



Tabla 6-93. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2011	5	1	2,24	224	0	5	0	0	2,5
2012	5	4	5,48	137	0	10	0	0	10
2013	2	17,5	3,54	20,2	15	20	*	17,5	*
2014	5	1	2,24	224	0	5	0	0	2,5
2015	5	1	2,24	224	0	5	0	0	2,5
2016	3	3,33	2,89	86,6	0	5	0	5	5

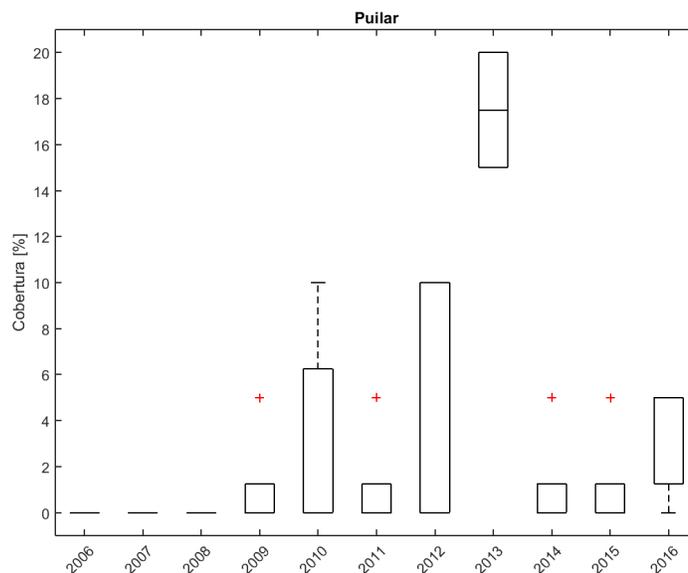
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* 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 6-74. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Puilar entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 en el sistema Soncor se encontró dentro del rango 0 % (año 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2012) y 2% (año 2014). La mediana en todos los monitoreos fue 0%. El registro máximo del periodo fue 10% (año 2014) (Tabla 6-94).



La cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-75) y tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas campañas.

Tabla 6-94. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2007	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2008	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2009	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2010	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2011	5	0,2	0,45	224	0	1	0	0	0,5
2012	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2013	4	1,25	2,5	200	0	5	0	0	3,75
2014	5	2	4,47	224	0	10	0	0	5
2015	5	1	2,24	224	0	5	0	0	2,5
2016	1	0	0	-	0	0	*	0	*

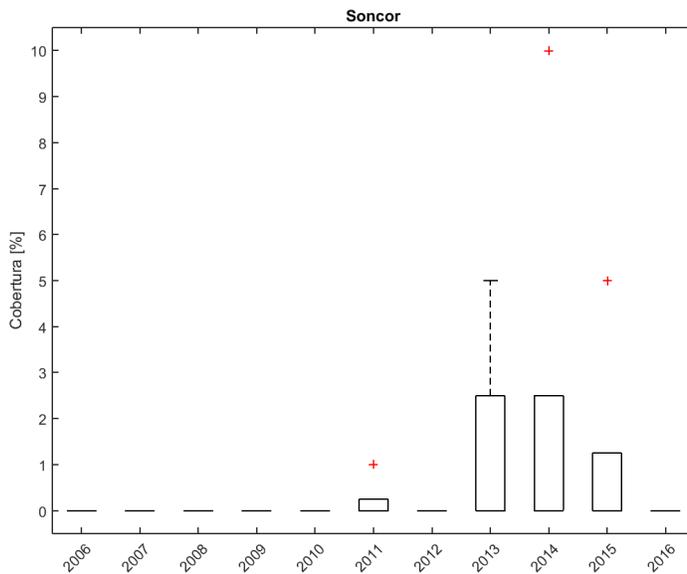
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* 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 6-75. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Soncor entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 en el sistema Aguas de Quelana se encontró dentro del rango 4 % (año 2012) 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 6-95).

La cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-76) y tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre campañas.

Tabla 6-95. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	10	8,5	13,6	159	0	40	0	2,5	13,8
2007	10	10,7	15,8	147	0	50	0	5	13,8
2008	10	8,5	18,4	217	0	60	0	2,5	6,25
2009	10	8,5	15,7	185	0	50	0	1	12
2010	10	6,5	9,44	145	0	30	0	2,5	10
2011	8	13,1	19,8	151	0	60	1,25	5	15
2012	5	4	2,24	55,9	0	5	2,5	5	5
2013	6	4,17	4,92	118	0	10	0	2,5	10



Tabla 6-95. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2014	10	4,5	6,43	143	0	15	0	0	11,3
2015	10	5	0	0	5	5	5	5	5
2016	1	5	0	0	5	5	*	5	*

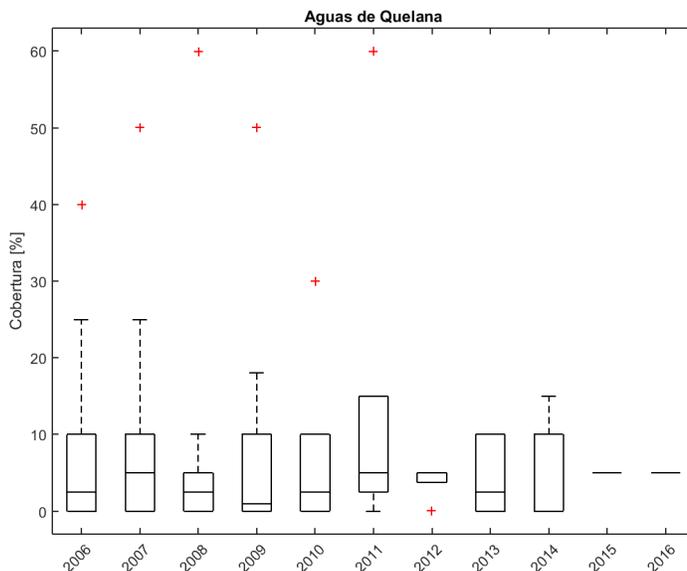
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* 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 6-76. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Aguas de Quelana entre los años 2006 y 2016. 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 2006-2016 en el sistema Peine se encontró dentro del rango 0 % (año 2006, 2008 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 6-96).

Al igual que en los sistemas anteriores, la cobertura no presenta tendencias temporales en este sistema (Figura 6-77) y tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre campañas.



Tabla 6-96. Estadígrafos descriptivos de la cobertura de plantas acuáticas (%) en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016.

Fecha	N	Media	Desv.Est.	Coef.Var.	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
2006	2	0	0	-	0	0	*	0	*
2007	2	5	0	0	5	5	*	5	*
2008	2	5	0	0	5	5	*	5	*
2009	5	2	2,74	137	0	5	0	0	5
2010	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2011	5	3	4,47	149	0	10	0	0	7,5
2012	5	0	0	-	0	0	0	0	0
2013	5	2	2,74	137	0	5	0	0	5
2014	5	6	4,18	69,7	0	10	2,5	5	10
2015	5	4	2,24	55,9	0	5	2,5	5	5
2016	3	3,33	2,89	86,6	0	5	0	5	5

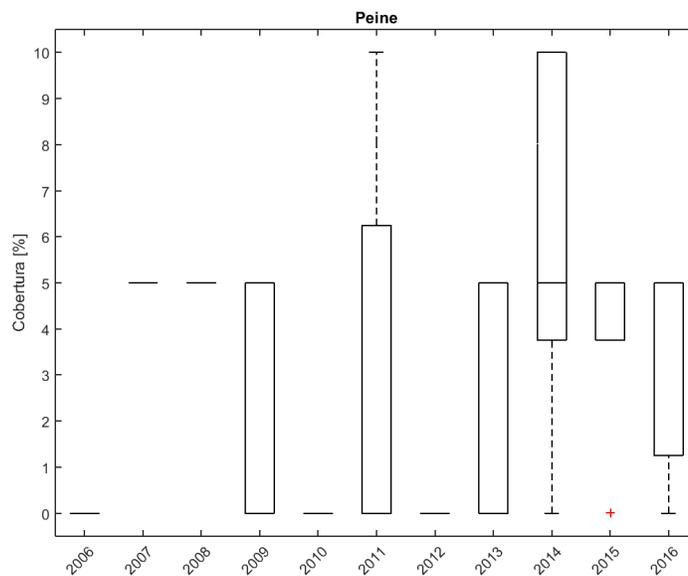
N= número de estaciones; Q1=Cuartil1 (25%de los datos); Q3=Cuartil3 (75% de los datos).

* 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 6-77. Evolución temporal de la cobertura de plantas acuáticas en el sistema Peine entre los años 2006 y 2016. 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, fauna, y biota acuática.

7.1 Vegetación

Las observaciones realizadas en abril de 2016 respecto a la vitalidad mostraron que de los 99 puntos muestreados 73,7% presentaron una vitalidad normal, un 17,2% presentó una vitalidad débil, 4,0% una vitalidad vigorosa y el 5,1% restante correspondieron a zona sin vegetación.

En comparación a la temporada anterior, 2015, se presencia un aumento de la categoría vitalidad normal, una disminución del número de observaciones en la categoría débil y la incorporación de la categoría vigorosa, interrumpiendo así una tendencia a la pérdida de vitalidad que se observaba desde el año 2009 hasta el 2015.

Respecto al follaje verde las mediciones realizadas en 2016 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 2015 muestran una disminución en la proporción de plantas con follaje verde de entre 5-25% y un aumento en el rango 25-50% (54%), llegando a ser similar al máximo histórico registrado el año 2012 con 63%.

Los resultados obtenidos de los estado fenológicos observados en la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama, muestran que la mayor parte de las unidades se encontraron en la fase final de crecimiento vegetativo combinado con la presencia de fructificación, esto se verificó en 56 de los 99 puntos muestreados (56,6%), respecto a lo presentado en el año 2015 se vislumbra un aumento en esta categoría y en la que corresponde a crecimiento vegetativo combinado con fructificación y floración en conjunto, registrando un máximo histórico de 15%.

En cuanto a la zona de conexión, la cobertura observada se encuentra dentro de los rangos históricos, así como también la vitalidad, el follaje verde y fenología

En cuanto a la superficie asociada a cada tipo vegetacional, los resultados obtenidos en 2016 indican que la superficie total cubierta sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama, alcanza 14.118 ha. Del total esta superficie la formación vegetacional con mayor representación corresponde al Matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.865 ha, equivalente al 55,7% 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 2.364 ha, equivalente al 16,7% del total. Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden a Matorral de Cachiyuyo, Pajonal y matorral de Rica rica – Pingo pingo, siendo esta última formación la que presenta menor superficie en el área de estudio con 767 ha equivalente al 5,4% de toda la superficie cubierta con vegetación. En cuanto a los registros históricos, la superficie se asemeja al máximo histórico correspondiente al año 2015 (14.121 ha). Se observa además que cada superficie asociada a cada tipo de vegetación se encuentra dentro de los rangos históricos observados.

Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en 2016 en los ejemplares de algarrobo de la quebrada de Camar mostraron que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 41 de ellos (57,7%) presentaron una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso, 30 ejemplares (42,3%) 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.

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 28 a 30 individuos. Estos resultados muestran una leve baja en relación al follaje verde de los árboles respecto de lo registrado el año anterior y también representa un máximo histórico.

A la fecha del presente informe, se encuentran en desarrollo estudios que permitan contar con un análisis causal de la disminución de vitalidad observada y, con tales resultados, adoptar un plan de acción, si corresponde.

7.2 Flora

La flora vascular en estudio corresponde los componentes halófitos y freatofitos del Desierto tropical interior con vegetación escasa y/o Matorral desértico tropical de *Atriplex atacamensis* y *Tessaria absinthioides*, cuya presencia está asociada a los salares, determinados por la presencia de una napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar la escasez de precipitaciones.

La mayor parte de las comunidades halófilas están influenciadas por el pastoreo y la extracción de leña u otras estructuras como acción antrópica (Montesinos, 2012). De acuerdo a Luebert & Pliscoff (2006) debido a su condición de estar edáficamente condicionada, no es posible reconocer comunidades zonales o intrazonales en el área de estudio. Ahumada et al. (2012) los consideran como humedales típicos que existen en la Puna, los que consideran: salar, bofedal y vega.

En relación a los resultados obtenidos en la presente campaña, estos difieren levemente con respecto al año inicial (2006), disminuyendo la riqueza entre 1 o 3 especies en los transectos 1, 2, 3 y 5, manteniéndose los valores de riqueza en los otros transectos.

Al analizar las condiciones ambientales bajo las cuales estuvo sometida la vegetación se aprecia que la precipitación acumulada entre ambos monitoreos fue de 4,2 mm registrados en la estación Chaxa y 6,0 mm registrados en la estación Salar, representando un periodo de bajas precipitaciones comparado con los años 2012 o 2015. Sumado a que no se detectan cambios en la salinidad y pH del suelo, donde se aprecian variaciones puntuales que no permiten identificar un cambio en las características históricas del sustrato. Se estima que la variabilidad de la riqueza está determinada por comportamiento natural de las especies, toda vez que gran parte de las especies ausentes corresponden a especies herbáceas, las que ante condiciones agresivas pueden eliminar su estructura aérea, reproduciéndose posteriormente de forma vegetativa.

Parte de las variaciones puede guardar relación con la diferencia que existe año a año en las parcelas, al no poseer un centro estacado y variar en función del error de gps.

7.3 Fauna

El Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) que realiza SQM Salar S.A., consigna para el componente fauna, el monitoreo de los animales silvestres terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama y de la avifauna acuática en los Sistemas Lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine. 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.

Los resultados del monitoreo 2016 permiten establecer para el grupo de fauna terrestre (reptiles, aves terrestres y mamíferos), la mayor diversidad en el hábitat de Pajonal, registrándose siete especies de aves, cinco de mamíferos y 3 especies de reptiles. Este es seguido por el hábitat de Rica rica – Pingo pingo con cinco especies tanto de aves como de mamíferos, y una especie de reptil, el hábitat de Brea – Cachiyuyo, con la presencia de tres taxa de aves, cuatro de mamíferos y dos taxa de reptiles. En el hábitat Marginal de Salar, en contraste con la temporada anterior se obtuvieron registros para los tres grupos en estudio, predominando las aves con seis taxa, dos taxa de mamíferos y tres de reptiles. Cabe señalar que en estos registros no se consideraron las aves acuáticas detectadas.

En cuanto a la avifauna acuática, el Sistema Lacustre que presentó la mayor diversidad fue el conjunto de Aguas de Quelana, con doce especies observadas, seguido por el Sistema Peine donde se identificaron diez especies, y finalmente el grupo de lagunas de Soncor, con ocho taxa registrados.

La riqueza general del componente fauna presenta un incipiente aumento en relación a los registros del año 2015, con 32 especies, alcanzando un total de 33 especies detectadas el 2016. En este sentido, 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. En contraste, el valor máximo alcanzado se obtuvo el año 2007, con 43 especies registradas.

Las 33 especies observadas durante la campaña de abril 2016 son nativas, de las cuales tres son reptiles, 24 aves y seis son mamíferos. Todas las especies de reptiles son endémicas: *Liolaemus puna* (lagartija de la Puna), *Liolaemus constanzae* (lagartija de Constanza) y *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián).

El análisis por clase taxonómica indica que para la clase Reptilia, las especies *L. puna* y *L. constanzae* presentaron un aumento en su abundancia promedio, mientras que *L. fabiani* presentó una marcada disminución respecto del año anterior, sin embargo se encuentra dentro del rango histórico.

Por su parte, las aves constituyen el grupo de mayor riqueza, con 24 especies totales registradas en el año 2016. De estas, tres taxa corresponden a aves migrantes boreales (i.e. se reproducen en el hemisferio norte y migran al sur en época no reproductiva).

En relación a las aves terrestres, estas han presentado históricamente bajas abundancias. De las 14 especies identificadas, seis están asociadas a cuerpos de agua: *Anthus correndera* (bailarín chico), *C. bairdii* (playero de Baird), *C. alticola* (chorlo puna), *P. tricolor* (pollito de mar tricolor), *P. andinus* (parina grande) y *P. jamesi* (parina chica).

Durante la presente temporada se obtuvieron registros de las especies *Muscisaxicola cinerea* (dormilona cenicienta) y *Circus cinereus* (vari), ambos en hábitat de Pajonal, y *Metriopelia aymara* (tortolita de la puna) en hábitat Pajonal, Rica-rica-Pingo-pingo y Brea-Cachiyuyo, los cuales no habían sido detectada previamente. Los resultados para el presente año muestran un alto número de especies y abundancias en comparación con años anteriores.

En tanto, la avifauna acuática de los distintos Sistemas Lacustres, presenta una disminución en su riqueza, observándose diez especies durante el presente año, en comparación a las trece especies detectadas el año anterior. Así mismo, al considerar la totalidad de las especies registradas en los censos, incluyendo las terrestres asociadas a los cuerpos de agua, la riqueza disminuyó desde 18 especies el año 2015 a 14 durante el presente año. En este mismo sentido, la abundancia total registrada en los censos disminuyó desde 4.621 individuos el 2015 a 3.849 ejemplares. Sin embargo, respecto del registro histórico, el número de especies registrado se ubica dentro del rango que existe en los años anteriores, así como también la abundancia observada en el presente año.

Los flamencos fueron la especie dominante en los Sistemas Lacustres. *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) presentó el mayor número, con 1.184 individuos, seguido de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) con 397 individuos, finalmente *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 336 individuos. En el actual censo destaca la disminución de pollos de flamenco, con un total de 709 individuos contabilizados, valor muy por debajo de los obtenidos durante los últimos dos monitoreos, en los que se contabilizaron 1.114 ejemplares en el año 2014 y 1.251 ejemplares en el año 2015, sin embargo existen otros años en donde no se han registrado menos de un centenar de polluelos e incluso ausencia de ellos.

Otras especies abundantes registradas en los censos fueron: *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor), *Calidris bairdii* (playero de Baird), *Charadrius alticola* (chorlo puna) y *Recurvirostra andina* (caítí).

Cabe mencionar el registro de un ejemplar de la especie *Podiceps occipitalis* (blaquillo) en el Sistema Lacustre Peine, y que no había sido registrada en monitoreos previos.

Para la clase Mammalia, el registro para el año 2016 fue de seis especies. Los micromamíferos presentes fueron los roedores *Abrothrix andinus* (laucha andina), *Eligmodontia puerulus* (lauchita de pie sedoso) y *Phyllotis xanthopygus* (lauchón orejudo), el cual ha sido observado casi todos los años. Este año sin

embargo se registro en mas sectores que en años previos. En tanto, el roedor fosorial *Ctenomys fulvus* (tuco-tuco) fue registrado en todos los sectores prospectados, así como en cuatro de los cinco hábitat identificados para fauna, lo que indica su amplia distribución y la diversidad de ambientes capaz de colonizar.

Durante la presente campaña también se avistó un ejemplar de *Pseudalopex culpaeus* (zorro culpeo) en el sector Vegas de Quelena, en el hábitat de Pajonal. Así mismo, y a través de evidencia indirecta (huellas y fecas), se constató la presencia del género *Pseudalopex* en todos los sectores visitados del área de estudio, situación que se repite en los monitoreos anteriores, lo que permite inferir el amplio ámbito de hogar y uso del territorio que presentan las especies de este género, desplazándose en todo el Borde Este del Salar de Atacama y sus Sistemas Lacustres.

Por último, en el hábitat Marginal de Salar, sector Agua de Quelena, se obtuvo un nuevo registro para la taxa de mamíferos, correspondiente a un ejemplar muerto de *Leopardus colocolo* (gato colocolo).

De los 33 taxa indicados en el monitoreo del año 2016, once presentan categoría de conservación de acuerdo a la legislación vigente: seis especies citadas en el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) y cinco taxa en el Reglamento de Ley de Caza (D.S. N° 05/98). La especie *L. fabiani* se encuentra clasificadas “En Peligro” la RCE, y la especie *L. constanzae* en categoría “Rara” según el Reglamento de Ley de Caza. Los tres reptiles registrados son endémicos de la Región de Antofagasta, los que además presentan poblaciones reducidas y de baja movilidad. Las especies de flamenco *Phoenicopterus chilensis* y *Phoenicoparrus jamesi* se encuentran clasificadas como “Vulnerable” en el Reglamento de Ley de Caza, y *Phoenicoparrus andinus* se encuentra como “Vulnerable” en la RCE, las tres especies presentan un Índice de Riesgo “Alto” (IR 50 a 15%), ya que sus poblaciones son reducidas y corresponden a especialistas de hábitat propios del Salar de Atacama, lo que las convierte en especies sensibles a las perturbaciones. El roedor fosorial *C. fulvus* se encuentra clasificado como “Vulnerable” de acuerdo al Reglamento de Ley de Caza y presenta un Índice de Riesgo “Alto”, siendo sensible a las perturbaciones, principalmente por presentar poblaciones reducidas y agregadas, además de ser un organismo de baja movilidad. Los mamíferos *P. culpaeus* y *E. puerulus* se encuentra clasificado como “Preocupación menor” en el Reglamento de Clasificación de Especies. Por su parte la especie de mamífero *L. colocolo* presenta categoría “Casi amenazada” de acuerdo a la RCE.

7.4 Biota acuática

7.4.1 Medio abiótico

La Temperatura registrada durante el trabajo de campo y como un dato del momento del 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 muestran condiciones neutro-alcalinas de las aguas de los sistemas monitoreados, siendo esta condición más notoria para el sistema hidrológico de Puilar. Los resultados obtenidos el año 2016 se comportan de acuerdo a los registros históricos disponibles.

La CE y Salinidad muestran nuevamente dos grupos diferenciables: Puilar – Peine y Soncor – Aguas de Quelana, denotándose en el primer grupo, especialmente Peine, una menor salinidad (Conductividad) de las aguas. Respecto a la salinidad, el único sistema que presenta alguna tendencia corresponde a Aguas de Quelana donde se observa un continuo 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-5 a Q-9 no han sido monitoreadas, lo que aumenta la CE promedio al ser ellas estaciones de baja CE y salinidad.

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 2016, en relación a la data histórica de las mismas, se observa que, en general, están todas dentro del rango de variabilidad evidenciada en la serie de tiempo de cada una.

7.4.2 Medio biótico

Las mediciones realizadas el año 2016 en su mayoría se encontraron dentro del rango histórico de los parámetros bióticos a excepción de abundancia de zooplancton y concentración de clorofila planctónica, que se encontraron sobre el rango histórico en algunos sistemas.

Como es de esperar, las variables bióticas presentan una importante dispersión a través del tiempo monitoreado (2006 – 2016). 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 se recuperaron el año 2016. Por otra parte, la abundancia de zooplancton tuvo una tendencia sostenida al aumento en el periodo 2009-2016. En contraste, la abundancia de zoobentos disminuyó en el periodo 2009-2013 y aumentó nuevamente el año 2014-2015.

8. REFERENCIAS

8.1 Vegetación y Flora

Ahumada, M. & L. Faundez. 2009. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión Altiplánica (SVAHT). SAG. 114pp.

Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras M, &A. Figueroa 2012. Guía para la Conservación y seguimiento ambiental de ecosistemas andinos. SAG.

Gajardo R (1994) La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

Gastó, J. & Gallardo,S. (1995). Ecorregiones de Chile. Superficies de pastizales, existencia de ganado y productividad. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 22(1-2). 25-39.

Luebert, F. & R. Gajardo. 2000. Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130.

Luzio W.; Casanova M. y Seguel O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. 346 p.

Luzio y Casanova, 2006. Avances en el conocimiento de los suelos de Chile. Universidad de Chile- Servicio Agrícola y Ganadero. 393 p.

Martínez, E. 2001. Esquema sintaxonómico de la vegetación de regiones salinas de Argentina. Multequina 10: 67-74.

Montesinos-Tubée, D. 2012. Vegetación halófila de tres localidades andinas en la vertiente pacífica del sur de Perú. Chloris Chilensis: año 15 N° 2. URL://http://www.chlorischile.cl

Ramírez, C., C. San Martín, D. Contreras. & J. San Martín. 1989. Flora de las marismas del centro-sur de Chile. Medio Ambiente 10: 11-24.

Salisbury, F. y Ross, C. 1985. Plant physiology. Wadsworth, California, 1985.

Schoeneberger, P. J.; Wysocki, D. A.; Benham E. C. and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 300 p. Díaz y Wright, 1965

TEILLIER, S. 1998. Flora y vegetación alto-andina del área de Collaguasi - Salar de Coposa, Andes del norte de Chile. Revista Chilena Hist. Nat. 71: 313-329.

TEILLIER, S. & P. BECERRA. 2003. Flora y vegetación del Salar de Ascotán, Andes del norte de Chile. Gayana Bot. 60: 114-122.

Villagran, C. & V. Castro. 2004. Ciencia Indígena de Los Andes del Norte de Chile. Editorial Universitaria. 362 pp.

8.2 Fauna

Araya B. & G. Millie. 1998. Guía de campo de las aves de Chile. Octava edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 406 p.

Araya B., M. Bernal, R. Schlatter y M. Salaberry. 1995. Lista Patrón de las aves Chilenas. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 35 p.

Arntz, W. and Fahrbach, E. (1996): El Niño Experimento climático de la naturaleza Causas físicas y efectos biológicos. Trad. de C. Wosnitza-Mendo, J. Mendo. Fondo de Cultura Económica, México, 312 p.

Blanco, D. y M. Carbonell. 2001. El censo neotropical de aves acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires & Ducks Unlimited, Memphis, 96pp.

Begon, M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems, 4th ed. Malden, M.A: Blackwell Publishing.

Bibby, C.J., N.D. Burgess y D.A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, London.

Campos H. 1986. Mamíferos terrestres de Chile. Colección Naturaleza de Chile. Volumen 5, Corporación Nacional Forestal & María Cúneo Ediciones. Valdivia 248 pp.

Caziani, SM. y EJ. Derlindati, 1996. *Fulica cornuta* en la Laguna de Pululos y otras cercanas, Puna árida del noroeste de Argentina. Threatened Waterfowl Specialist Group Newsletter 9:34-39.

Cei JM. 1962. Los Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile 240 pp.

CONAF. 2005. Flamencos altoandinos *Phoenicopterus andinus* (Philippi, 1854), *Phoenicopterus jamesi* (Sclater, 1886) y *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Rodríguez, E. (Ed.). Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.

CONAMA. 2009. Convenio sobre diversidad biológica. Cuarto informe nacional de biodiversidad. Chile. 137 pp.

Decreto Supremo N° 5/1998 Reglamento de Ley de Caza, Servicio Agrícola Ganadero.

Decreto Supremo N° 75/2005 Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres.

Decreto Supremo N° 151/2007. Chile. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 24 de marzo de 2007.

Decreto Supremo N° 50/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de junio de 2008.

Decreto Supremo N° 51/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de junio de 2008.

Decreto Supremo N° 23/2009. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 7 de mayo de 2009.

Decreto Supremo N° 33/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 27 de febrero de 2012.

Decreto Supremo N° 41/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo N° 42/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo N° 19/2012. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de febrero de 2013.

Decreto Supremo N° 13/2013. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 25 de julio de 2013.

Decreto Supremo N° 52/2014. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 29 de agosto de 2014.



- Decreto Supremo N° 38/2015. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, undécimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 04 de septiembre de 2015
- Delany, S. 2005. Guidelines for participants in the International Waterbird Census (IWC). Wetlands International, Wageningen, 15pp.
- Demangel D. 2016. Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones, 619 pp.
- Díaz-Páez H. & J.C. Ortiz. 2003. Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 76 (3): 509 - 525.
- Donoso-Barros R. 1966. Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, 458 pp.
- Espinosa, L. 1998. Censo Neotropical de aves acuáticas 1997. Boletín Chileno de Ornitología 5: 34-40.
- Gallardo OP y E. Rodríguez, 1992. Hábitos alimentarios y etología de flamencos en el Salar de Surire. Tesis de grado. Universidad Arturo Prat, 89 pp
- Houston, J. 2006. The great Atacama flood of 2001 and implications for Andean hydrology. Hydrol. Process. 20, 591-610.
- Iriarte JA. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.
- Jaksic, F. M. 1996. Ecología de los vertebrados de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 262 pp.
- Jaramillo A. 2005. Aves de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 240 pp.
- Johnson, A.W. 1965. The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Peru. Vol. I. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, 398 pp.
- Johnson, A.W. 1967. The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Peru. Vol. II. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, 447 pp.
- Ley N° 19.473 de Caza de 27.09.96 del Ministerio de Agricultura.
- López-Lanús, B. y D. E. Blanco (Eds.). 2005. El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004. Global Series No. 17. Wetlands International. Buenos Aires, 114pp.
- Mann G. 1958. Clave de determinación para las especies de mamíferos silvestres de Chile. Trabajos del Centro de Investigaciones Zoológicas 4: 1-38.
- Mann G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40:1-342.
- Marquet, P. F. Bozinovic, G. Bradshaw, C. Cornelius, H. González, J. Gutierrez, E. Hajek, J. Lagos, F. López-Cortéz, L. Núñez, E. Rosello, C. Santoro, H. Samaniego, V. Standen, J. Torres-Mura y F. Jaksic. 1998. Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71:593-617.
- Martínez, D. y G. González. 2005. Aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista, Santiago, 620 pp.
- Memorandum DJ N° 387/2008. Minuta prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna silvestre. Comisión Nacional del Medio Ambiente. División Jurídica.
- Mills J.N., J.E. Childs, T.G. Ksiazek y C.J. Peters. 1998. Métodos para trampeo y muestreo de pequeños mamíferos para estudios virológicos. Organización Panamericana de la Salud. 64 pp.
- Miller S. & J. Rottmann 1976. Guía para el reconocimiento de mamíferos chilenos. Editorial Nacional Gabriela Mistral, Santiago, Chile.
- Muñoz-Pedrerros A. 2008. Huellas y signos de mamíferos de Chile. Cea Ediciones.

- Muñoz-Pedrerros A. & JL. Yañez. 2000. Mamíferos de Chile. Ediciones CEA, Valdivia Chile. 464 pp.
- Muñoz-Pedrerros A., J. Rau, J. Yañez. 2004. Aves rapaces de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros A., J. R. Rau, M. Valdebenito, V. Quintana & D. R. Martínez. 1995. Densidad relativa de pumas (*Felis concolor*) en un ecosistema forestal del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 501-507.
- Núñez H. & F. Jaksic. 1992. Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 43: 63-91.
- Osgood WH. 1943. The Mammals of Chile. Field Museum of Natural History. Zoological Series 30: 1-268.
- Parada, M. 1990a. Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. Pp. 52-66 en *Actas I Taller Internacional de Especialistas en Flamencos Sudamericanos*. Corporación Nacional Forestal, 217pp.
- Parada, M. 1990b. Flamencos en el norte de Chile; decrementos invernales y proposición de movimientos migratorios. Pp. 148-153 en *Actas I Taller Internacional de Especialistas en Flamencos Sudamericanos*. Corporación Nacional Forestal, 217pp.
- Pearson, D. y L. Ruggiero. 2003. Transect versus grid trapping arrangements for sampling small-mammal communities. *Wildlife Society Bulletin*. Vol. 31 (2): 454- 459 pp.
- Pincheira-Donoso D. y H. Nuñez. 2005. Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann 1843 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). *Taxonomía, sistemática y evolución*. Publicación ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 59: 1-486.
- Rau, J., C. Zuleta, A. Gantz, F. Sáiz, A. Cortés, L. Yates, A. Spotorno y E. Couve. 1998. Biodiversidad de artrópodos y vertebrados del Norte Grande de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71:527-554.
- Reise D. 1973. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. *Gayana Zoológica*. Universidad de Concepción.
- Reynolds, R.T., J.M. Scott y R.A.1980. Nussbaum. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* Vol. 82: 290-313 pp.
- Rodríguez, E., y Contreras, JP. 1998. Conservación de Flamencos en el Norte de Chile. En: *La Conservación de la Fauna Nativa de Chile. Logros y Perspectivas*. Víctor Valverde (Ed.), Corporación Nacional Forestal. Chile.
- Rottmann J. 1995. Guía de identificación de aves de ambientes acuáticos. Unión de Ornitólogos de Chile. 78 p.
- SAG. 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Servicio Agrícola y Ganadero. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Subdepartamento de Gestión Ambiental. Santiago de Chile. 180 pp.
- Santoro, A. 1990. Situación de los flamencos y su relación con los proyectos de áreas silvestres protegidas en los Andes de Antofagasta. Pp. 185-212 en *Actas I Taller Internacional de Especialistas en Flamencos Sudamericanos*. Corporación Nacional Forestal, 217pp.
- Skewes, O. 2009. Manual de huellas de mamíferos silvestres de Chile. Chillán, Chile. Imprenta La Discusión. 100 pp.
- Squeo, FA., Estades, C., Bahamonde, N., Cavieres, LA., Rojas, G., Benoit, I., Parada, E., Fuentes, A., Avilés, R., Palma, A., Solís, R., Guerrero, S., Montenegro, G., y Torres-Mura, JC. 2010. Revisión de la clasificación de especies en categorías de amenaza en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 83(4), 511-529.
- Stotz, D., J. Fitzpatrick, T. Parker III, & D. Moskovits. 1997. Neotropical birds, ecology and conservation. The University of Chicago Press, Chicago, 478pp.

Tala, C. 2006. Qué hacen aquí esas gaviotas, qué hacen aquí, tan lejos de su lugar natal. Boletín Veterinario Oficial N° 5, I semestre 2006. Servicio Agrícola y Ganadero.

Tellería, J.L. 1986. Manual para el censo de los vertebrados terrestres. Madrid, España, Ed. Raíces. 279 pp.

Veloso A. & J. Navarro. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino 6: 481-539.

Vidal M. & A. Labra. 2008. Herpetología de Chile. Science Verlag, Santiago.

8.3 Biota acuática

R.K. Jain, L.V. Urban and G.S. Stacey. 1981. Environmental Impact Analysis: A New Dimension in Decision Making. 2ª Edition. Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series. New York. USA. 393 pp.

Clair, N. Sawyer & Perry L. McCarty. 1978. Chemistry for Environmental Engineering. 3rd. Edition. McGraw-Hill. The University of Michigan. 532 pp.