Campaña de Monitoreo N°12 – abril de 2018

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

geobiota

Preparado para SQM Salar S.A
Enero 2019

Informe de Seguimiento Ambiental N°12
Plan de Seguimiento Ambiental – Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama
GEOB.SQM513.INF001

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
A	Nombre	CA-SD-GA-ES-RP	VB-JG		Para revisión interna
	Fecha	23/07/2018	24/07/2018		
B	Nombre	VB	XA		Para Aprobación del Cliente
	Fecha	27/08/2018	28/09/2018		
0	Nombre	CA-ES-RP	VB		Para Aprobación del Cliente
	Fecha	22/10/2018	14/12/2018		
1	Nombre	VB	VB		Para entregar a la Autoridad.
	Fecha	22/01/2018	22/01/2018		

CONTENIDO

1. RESUMEN 1
1.1 Vegetación 1
1.1.1 Vegetación Borde Este 1
1.1.2 Vegetación zona de conexión con acuífero 2
1.1.3 Algarrobos sector Camar 2 2
1.2 Flora 2
1.3 Fauna 3
1.3.1 Reptiles 3
1.3.2 Aves 3
1.3.3 Mamíferos 4
1.4 Biota Acuática 4
1.4.1 Medio Abiótico 4
1.4.2 Medio Biótico 4
2. INTRODUCCIÓN 6
3. OBJETIVOS 9
4. MATERIALES Y MÉTODOS 10
4.1 Área de estudio 10
4.2 Vegetación 12
4.2.1 Ubicación de los puntos de monitoreo 12
4.2.1.1 Monitoreo en Borde Este del Salar 12
4.2.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación - acuífero 13
4.2.1.3 Monitoreo de algarrobos (Prosopis flexuosa) 15
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 20
4.2.5 Fechas de muestreo de cada parámetro 20
4.3 Flora 20
4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo 20
4.3.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales 22
4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis 22
4.3.4 Materiales y equipos utilizados 23
4.3.5 Fechas de muestreo de cada parámetro 24
4.4 Fauna 24
4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo 24
4.4.1.1 Monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos 24
4.4.1.2 Monitoreo de aves en ambientes acuáticos 28

4.4.2 Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....30
4.4.3 Metodología de muestreo, medición y análisis.....30
4.4.3.1 Solicitud del Permiso Sectorial de Captura de Fauna Silvestre 30
4.4.3.2 Técnicas de muestreo aplicadas.....30
4.4.3.3 Reptiles.....31
4.4.3.4 Aves en ambientes terrestres 31
4.4.3.5 Aves en ambientes acuáticos 31
4.4.3.6 Micromamíferos 32
4.4.3.7 Macromamiferos 32
4.4.3.8 Identificación, origen biogeográfico y singularidad de las especies. 33
4.4.4 Materiales y equipos utilizados.....34
4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro.....34
4.5 Biota Acuática.....35
4.5.1 Ubicación de los puntos de monitoreo 35
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.....40
4.5.4 Materiales y equipos utilizados.....41
4.5.4.1 Medio Abiotico 41
4.5.4.2 Medio biótico.....42
4.5.5 Fechas de muestreo de cada parámetro.....43
5. RESULTADOS 44
5.1 Vegetación.....44
5.1.1 Monitoreo en Borde Este.....45
5.1.1.1 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales ...45
5.1.1.2 Estado vital 47
5.1.1.3 Follaje verde 48
5.1.1.4 Fenología.....49
5.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación- acuífero.....50
5.1.2.1 Cobertura de la unidad de vegetación 50
5.1.2.2 Estado vital 51
5.1.2.3 Follaje verde 52
5.1.2.4 Estado fenológico.....53
5.1.3 Monitoreo de algarrobos (Prosopis flexuosa).....54
5.1.3.1 Estado vital 55
5.1.3.2 Porcentaje de Copa Viva 56
5.1.3.3 Daño 57
5.1.3.4 Fenología.....58

5.2 Flora 59
5.2.1 Riqueza florística 59
5.2.2 Frecuencia y abundancia de la flora 60
5.2.3 Caracterización del pH del sustrato 61
5.2.3.1 ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA) 61
5.2.3.2 Agroanálisis UC 62
5.2.4 Caracterización de la salinidad del sustrato 64
5.2.4.1 ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA) 64
5.2.4.2 Análisis complementarios: Agroanálisis UC 65
5.3 Fauna 66
5.3.1 Riqueza y caracterización de especies 66
5.3.2 Abundancia de Reptiles 66
5.3.3 Abundancia de avifauna 68
5.3.3.1 Abundancia de aves en ambientes terrestres 68
5.3.3.2 Abundancia de aves en ambientes acuáticos 69
5.3.4 Abundancia de mamíferos 74
5.3.4.1 Abundancia de micromamíferos 74
5.3.4.2 Abundancia de macromamíferos 75
5.4 Biota acuática 77
5.4.1 Medio Abiótico 77
5.4.1.1 Temperatura 79
5.4.1.2 pH 80
5.4.1.3 Conductividad del agua 81
5.4.1.4 Salinidad 83
5.4.1.5 Oxígeno Disuelto 85
5.4.1.6 Conductividad del Sedimento y del Agua intersticial 86
5.4.2 Medio Biótico 89
5.4.2.1 Clorofilla-a 89
5.4.2.2 Fitobentos 93
5.4.2.3 Fitoplancton 100
5.4.2.4 Zoobentos 108
5.4.2.5 Zooplancton 118
5.4.2.6 Plantas Acuáticas (Macrófitas) 126
6. DISCUSIONES 128
6.1 Antecedentes 128
6.2 Vegetación 130
6.2.1 Monitoreo en Borde Este 130
6.2.1.1 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales 130
6.2.1.2 Estado vital 135

6.2.1.3 Follaje verde 136
6.2.1.4 Fenología 137
6.2.2 Monitoreo en Zona de Conexión 138
6.2.2.1 Estado vital 138
6.2.2.2 Follaje verde 140
6.2.2.3 Fenología 141
6.2.3 Monitoreo de Algarrobos 143
6.2.3.1 Estado vital 143
6.2.3.2 Porcentaje de Copa Viva 145
6.2.3.3 Fenología 149
6.2.3.1 Daño 151
6.3 Flora 152
6.3.1 Riqueza florística 152
6.3.2 Frecuencia y abundancia de la flora 156
6.3.3 pH del sustrato 161
6.3.4 Conductividad eléctrica del sustrato 163
6.3.5 Comparación de resultados entre laboratorios 165
6.4 Fauna 167
6.4.1 Reptiles 167
6.4.2 Aves en ambientes terrestres 170
6.4.3 Aves en ambientes acuáticos 175
6.4.3.1 Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Borde Este del Salar de Atacama 175
6.4.3.2 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Soncor 180
6.4.3.3 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Aguas de Quelana 184
6.4.3.4 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Peine 187
6.4.4 Mamiferos 190
6.4.4.1 Micromamíferos 190
6.4.4.2 Macromamiferos 193
6.5 Biota acuática 195
6.5.1 Medio Abiótico 195
6.5.1.1 Temperatura 195
6.5.1.2 pH 201
6.5.1.3 Conductividad eléctrica del agua 207
6.5.1.4 Salinidad 214
6.5.1.5 Oxígeno disuelto 220
6.5.1.6 Conductividad eléctrica del sedimento 227
6.5.1.7 Conductividad del Agua intersticial en Sedimentos 233
6.5.2 Medio Biótico 239
6.5.2.1 Clorofila-a del Fitoplancton 239

6.5.2.2 Clorofila-a del Fitobentos 246
6.5.2.3 Fitoplancton 252
6.5.2.4 Fitobentos 265
6.5.2.5 Zooplancton 277
6.5.2.6 Zoobentos 289
7. CONCLUSIONES 302
7.1 Vegetación 302
7.2 Flora 303
7.3 Fauna 304
7.4 Biota Acuática 306
7.4.1 Medio Abiótico 306
7.4.2 Medio Biótico 307

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. 10
Tabla 4-2: Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el borde este del Salar de Atacama (Datum WGS84, 19S). 12
Tabla 4-3: Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión (Datum WGS84, 19 S). 14
Tabla 4-4: Ubicación de los individuos de *P. flexuosa* monitoreados (Datum WGS84 19S). 15
Tabla 4-5: Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas 17
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. 18
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). 25
Tabla 4-10: Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (Datum WGS84 19S). 28
Tabla 4-11: Sectores evaluado en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2018 (Datum WGS84,19K). 35
Tabla 4-12: Parámetros utilizados en la caracterización y evolución de las variables ambientales. 39
Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018. 46
Tabla 5-2: Total de puntos de monitoreo por categoría de cobertura de la unidad de vegetación. Zona de conexión vegetación-acuífero. Mediciones de enero y abril de 2018. 51
Tabla 5-3: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. 52
Tabla 5-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas enero-abril de 2018. 53
Tabla 5-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2018. 54
Tabla 5-6. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 55
Tabla 5-7. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018. 56
Tabla 5-8. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 57
Tabla 5-9. Fenología en ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 58
Tabla 5-10. Frecuencia de las especies durante la campaña 2018 59
Tabla 5-11: Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama 60
Tabla 5-12. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama 60
Tabla 5-13. Frecuencia de las especies durante la campaña 2018 61
Tabla 5-14. Rangos de pH del suelo obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018 62

Tabla 5-15. Distribución de rangos de pH obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018. 62
Tabla 5-16. Rangos de pH del suelo obtenida del Laboratorio Agroanálisis UC en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018 63
Tabla 5-17. Distribución de rangos de pH obtenida del Laboratorio Agroanálisis UC en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018. 63
Tabla 5-18. Rangos de conductividad eléctrica obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018 64
Tabla 5-19. Conductividad eléctrica (dS/m) obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en cada transecto de muestreo de flora. Campaña abril de 2018 65
Tabla 5-20. Rangos de conductividad eléctrica del suelo obtenida del Laboratorio Agroanálisis en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018 65
Tabla 5-21. Conductividad eléctrica (dS/m) obtenida del Laboratorio Agroanálisis en cada transecto de muestreo de flora. Campaña abril de 2018 66
Tabla 5-22. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018 67
Tabla 5-23. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama. Campaña 208. 68
Tabla 5-24. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campaña 2018....70
Tabla 5-25. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama Campaña 2018....71
Tabla 5-26. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2018 72
Tabla 5-27. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2018....72
Tabla 5-28. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2018....73
Tabla 5-29. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2018....73
Tabla 5-30. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2018....74
Tabla 5-31. Abundancia de otras especies de aves en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2018....74
Tabla 5-32. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018 ...75
Tabla 5-33. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* (zorro) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2018 76
Tabla 5-34. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* (zorro) mediante uso de Trampas Cámara.y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2018....76
Tabla 5-35: Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua de importancia limnológica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 77
Tabla 5-36: Estadígrafos de la Temperatura medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 79
Tabla 5-37: Estadígrafos de la variable pH medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 81
Tabla 5-38: Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 82
Tabla 5-39: Estadígrafos de la Salinidad del agua medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 84
Tabla 5-40: Estadígrafos de la Oxígeno disuelto del agua medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018....85

Tabla 5-41: Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del sedimento medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 87
Tabla 5-42: Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 88
Tabla 5-43: Estadígrafos de la concentraión de Clorofila-a de la fracción planctónica medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 90
Tabla 5-44: Estadígrafos de la concentraión de Clorofila-a de la fracción bentónica medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 92
Tabla 5-45: Estadígrafos de la Abundancia total del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 93
Tabla 5-46: Estadígrafos de la Riqueza total del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.....99
Tabla 5-47: Estadígrafos de la Abundancia total del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 101
Tabla 5-48: Estadígrafos de la Riqueza total del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 107
Tabla 5-49: Estadígrafos de la Abundancia total del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 109
Tabla 5-50: Estadígrafos de la Riqueza total del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 115
Tabla 5-51: Estadígrafos de la variación de los valores del indice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 117
Tabla 5-52: Estadígrafos de la variación de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 119
Tabla 5-53: Estadígrafos de la variación de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 125
Tabla 5-54: Presencia de Vegetación acuatica (Macrófitas) presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.....126
Tabla 6-1. Precipitaciones mensuales (mm) registradas en la estación meteorológica Camar (DGA). 129
Tabla 6-2: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018 130
Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018 según cada informe de monitoreo. 133

Tabla 6-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018. 138
Tabla 6-5: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017. 140
Tabla 6-6: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018. 142
Tabla 6-7. Vitalidad de los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006-2018. 144
Tabla 6-8. Proporción de Copa verde de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018. 146
Tabla 6-9. Fenología de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006-2011. 150
Tabla 6-10. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017- 2018. 151
Tabla 6-11. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. 154
Tabla 6-12. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2018 para los transectos 1,2 y 3. 159
Tabla 6-13. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para los transectos 4,5 y 6. 160
Tabla 6-14. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2018 para el transecto 7. 161
Tabla 6-15: Abundancia total de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018 168
Tabla 6-16: Abundancia total de aves en ambientes terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018. 171
Tabla 6-17: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2018. 173
Tabla 6-18: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2018 175
Tabla 6-19: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campañas 2006-2018. 178
Tabla 6-20. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Soncor. Campañas 2006-2018 183
Tabla 6-21: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006-2018 187
Tabla 6-22. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Peine. Campañas 2006-2018 190
Tabla 6-23. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 195
Tabla 6-24. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 197
Tabla 6-25. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 198
Tabla 6-26. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 200
Tabla 6-27. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 201

Tabla 6-28. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 203
Tabla 6-29. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 204
Tabla 6-30. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 206
Tabla 6-31. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 208
Tabla 6-32. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .210
Tabla 6-33. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 211
Tabla 6-34. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 213
Tabla 6-35. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 215
Tabla 6-36. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 216
Tabla 6-37. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 218
Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 219
Tabla 6-39. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registraos entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 221
Tabla 6-40. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 223
Tabla 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 224
Tabla 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 226
Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 228
Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .229
Tabla 6-45. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 231
Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 232
Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 234
Tabla 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 235

Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 237
Tabla 6-50. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 238
Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a del Fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 240
Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de clorofila-a planctónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.....242
Tabla 6-53. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. ..243
Tabla 6-54. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 245
Tabla 6-55. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 247
Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 248
Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 250
Tabla 6-58. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 251
Tabla 6-59. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 253
Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .255
Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 256
Tabla 6-62. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 258
Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 259
Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .261
Tabla 6-65. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 262
Tabla 6-66. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 264
Tabla 6-67. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 265
Tabla 6-68. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .267

Tabla 6-69. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 268
Tabla 6-70. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 270
Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 271
Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 273
Tabla 6-73. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. ..274
Tabla 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 276
Tabla 6-75. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 277
Tabla 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .279
Tabla 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 280
Tabla 6-78. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 282
Tabla 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 283
Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .285
Tabla 6-81. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 286
Tabla 6-82. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 288
Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 290
Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. .291
Tabla 6-85. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. 293
Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 294
Tabla 6-87. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. 296
Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. 297
Tabla 6-89. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. ..299

Tabla 6-90. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. 300
Tabla 7-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2017-2018.....302

FIGURAS

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio y sus vértices. 11
Figura 4-2. Ubicación de puntos de monitoreo de vegetación en el borde este del Salar de Atacama. 13
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. 16
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. Toma de muestras de suelo de la empresa ALGORITMOS SPA 23
Figura 4-8. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. 26
Figura 4-9. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Soncor. 29
Figura 4-10. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Aguas de Quelana. 29
Figura 4-11. Ubicación de puntos de observación de aves acuáticas Sistema Peine. 30
Figura 4-12. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Soncor y Peine. 36
Figura 4-13. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Aguas de Quelana. 37
Figura 4-14. Ubicación Puntos de Muestreo de Biota Acuática. Sistema Peine. 38
Figura 4-15. Instrumentos y muestreo monitoreo biota acuática. Campaña abril 2018. 43
Figura 5-1. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018. 47
Figura 5-2. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama. Campaña 2018. 48
Figura 5-3. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2018. 49
Figura 5-4. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2018. 50
Figura 5-5. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetación. Campañas de enero y abril de 2018. 51
Figura 5-6. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de vitalidad de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2018. 52
Figura 5-7. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de follaje verde de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2018. 53
Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de fenología de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2018. 54
Figura 5-9. Vitalidad de los ejemplares de *Prosopis flexuosa* en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 55
Figura 5-10. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 56
Figura 5-11. Presencia de daño en los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 57
Figura 5-12. Fenología en los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018 58
Figura 5-13. Representación gráfica de los valores de Temperatura medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 80

Figura 5-14. Representación gráfica de la variación de los valores de pH medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 81
Figura 5-15. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 83
Figura 5-16. Representación gráfica de la variación de los valores de Salinidad del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 84
Figura 5-17. Representación gráfica de la variacion de los valores de Oxígeno disuelto medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 86
Figura 5-18. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 87
Figura 5-19. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 89
Figura 5-20. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 91
Figura 5-21. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción bentónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 92
Figura 5-22. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia total del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 94
Figura 5-23. Abundancia total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 94

Figura 5-24. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 95
Figura 5-25. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 96
Figura 5-26. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 97
Figura 5-27. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 98
Figura 5-28. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 99
Figura 5-29. Riqueza total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 100
Figura 5-30. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 101
Figura 5-31. Densidad total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 102
Figura 5-32. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 103
Figura 5-33. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 104
Figura 5-34. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 105
Figura 5-35. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 106
Figura 5-36. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 107
Figura 5-37. Riqueza total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 108

Figura 5-38. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 109
Figura 5-39. Densidad total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 110
Figura 5-40. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 111
Figura 5-41. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 112
Figura 5-42. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 113
Figura 5-43. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 114
Figura 5-44. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 115
Figura 5-45. Riqueza total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 116
Figura 5-46. Representación gráfica de la variación de los valores del índice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 117
Figura 5-47. Índice de Shannon Weiner determinado en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 118
Figura 5-48. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 119
Figura 5-49. Densidad total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 120
Figura 5-50. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 121
Figura 5-51. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 122

Figura 5-52. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 123
Figura 5-53. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 124
Figura 5-54. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 125
Figura 5-55. Riqueza total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. 126
Figura 6-1. Precipitaciones acumuladas anuales en estación Camar (DGA)....128
Figura 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018....131
Figura 6-3. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006-2018....135
Figura 6-4. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 - 2017....136
Figura 6-5. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos....137
Figura 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018....139
Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de follaje verde verde. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018....141
Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018....143
Figura 6-9. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018....145
Figura 6-10. Tendencia de la Copa verde de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018....147
Figura 6-11. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018....148
Figura 6-12. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) según % de copa verde en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018....149
Figura 6-13. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo (*Prosopis flexuosa*) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018....150
Figura 6-14. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo para la campaña 2018....152
Figura 6-15. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Plan de Seguimiento Ambiental Salar de Atacama....158
Figura 6-16. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores....162
Figura 6-17. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores. 164
Figura 6-18. Comparación del pH obtenida entre laboratorios. 165
Figura 6-19. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios....166

Figura 6-20. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 al 2018.....168
Figura 6-21. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 al 2018.....169
Figura 6-22. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 al 2018.....170
Figura 6-23. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2018.....176
Figura 6-24. Abundancia de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2018.....179
Figura 6-25. Abundancia de pollos de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2018.....179
Figura 6-26. Abundancia de aves registradas en el Sistema Soncor (sin flamencos). Campañas 2006 al 2018.....181
Figura 6-27. Abundancia de pollos de flamencos registrados en el Sistema Soncor. Campañas 2006 al 2018.....182
Figura 6-28. Abundancia de flamencos registrados en el Sistema Soncor (sin pollos). Campañas 2006 al 2018.....183
Figura 6-29. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 al 2018.....185
Figura 6-30. Abundancia de especies de aves en Sistema Aguas de Quelana (sin flamencos). Campañas 2006 al 2018.....186
Figura 6-31. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 al 2018.....188
Figura 6-32. Abundancia de flamencos por laguna en el Sistema Peine. Campañas 2006 al 2018.....188
Figura 6-33. Abundancia de especies de aves en Sistema Peine (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2018.....189
Figura 6-34. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2018.....191
Figura 6-35. Abundancia de micromamíferos por ambiente en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2018.....192
Figura 6-36. Abundancia de micromamíferos por especie en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2018.....192
Figura 6-37. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 al 2018.....193
Figura 6-38. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 al 2018.....194
Figura 6-39. Índice de visitas de *Pseudalopex sp* en estaciones olfativas. Campañas 2007 al 2018.....194
Figura 6-40. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....196
Figura 6-41. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....197
Figura 6-42. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....199
Figura 6-43. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....200

Figura 6-44. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 202
Figura 6-45. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 203
Figura 6-46. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 205
Figura 6-47. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 206
Figura 6-48. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 209
Figura 6-49. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 210
Figura 6-50. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 212
Figura 6-51. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 213
Figura 6-52. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 215
Figura 6-53. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 217
Figura 6-54. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 218
Figura 6-55. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en

la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 220
Figura 6-56. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 222
Figura 6-57. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 223
Figura 6-58. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 225
Figura 6-59. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 226
Figura 6-60. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....228
Figura 6-61. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....230
Figura 6-62. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 231
Figura 6-63. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....233
Figura 6-64. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....234
Figura 6-65. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....236
Figura 6-66. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....237

Figura 6-67. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....239
Figura 6-68. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 241
Figura 6-69. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 242
Figura 6-70. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 244
Figura 6-71. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 245
Figura 6-72. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 247
Figura 6-73. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 249
Figura 6-74. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 250
Figura 6-75. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 252
Figura 6-76. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....254
Figura 6-77. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....255
Figura 6-78. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana

está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....257
Figura 6-79. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....258
Figura 6-80. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 260
Figura 6-81. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 261
Figura 6-82. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....263
Figura 6-83. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....264
Figura 6-84. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 265
Figura 6-85. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....267
Figura 6-86. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....269
Figura 6-87. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....270
Figura 6-88. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 272
Figura 6-89. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 273

Figura 6-90. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....275
Figura 6-91. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 276
Figura 6-92. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....278
Figura 6-93. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....279
Figura 6-94. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....281
Figura 6-95. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....282
Figura 6-96. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 284
Figura 6-97. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 285
Figura 6-98. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....287
Figura 6-99. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....288
Figura 6-100. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....290
Figura 6-101. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está

representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....292
Figura 6-102. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....293
Figura 6-103. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....295
Figura 6-104. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 296
Figura 6-105. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo). 298
Figura 6-106. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....299
Figura 6-107. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).....301

ANEXOS

Anexo I – Cartografía de la vegetación 2018.

Anexo II - Base de datos vegetacional Borde Este 2018.

Anexo III - Base de datos vegetacional Zona de conexión vegetación-acuífero 2018.

Anexo IV - Base de datos florística 2018.

Anexo V - Base de datos monitoreo *Prosopis flexuosa* 2018.

Anexo VI - Registro Fotográfico *Prosopis flexuosa* 2018.

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

Anexo VIII- Fotografías de fauna silvestre 2018.

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

Anexo X – Abundancia de Flamencos en Sistemas Lacustres

Anexo XI – Certificados de análisis en Laboratorios, Monitoreo de flora.

Anexo XII – Registro fotográfico de los sitios de muestreo de biota acuática.

Anexo XIII – Composición taxonómica y Clorofila-a. Biota acuática.

Anexo XIV – Certificados de Laboratorios de análisis y acreditación, monitoreo biota acuática

Anexo XV - Bibliografía

Anexo XVI – Responsables y participantes Seguimiento Ambiental – Campaña enero - abril 2018.

1. RESUMEN

El presente informe expone los resultados de la campaña N° 12 de monitoreo de los componentes Vegetación, Flora vascular, Fauna y Biota Acuática del Plan de Seguimiento Ambiental establecido en la RCA N°226/2006, correspondiente al Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama presentado por SQM Salar S.A, y según lo modificado en la Resolución Nº 056/2008.

El Plan de Seguimiento Ambiental tiene por objetivo dar cuenta del estado ambiental de las componentes Vegetación, Flora Vascular, 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

1.1.1 Vegetación Borde Este

Los resultados obtenidos en 2018 indican que la superficie total cubierta con vegetación en el área de estudio es de 14.817,1 ha. El matorral de *T. absinthioides* (Brea), abarca una superficie de 7.820,2 ha, equivalente al 52,7% de toda la vegetación presente en el área de estudio y es seguida por la pradera de grama salada y los matorrales de cachiyuyo-ojalar que presentan superficies similares de ocupación con 2.235,1 y 2.074,0 ha respectivamente.

La variación en la superficie de los tipos vegetacionales muestra una disminución en las superficies cubiertas por matorral de *Aloysa deserticola – Ephedra multiflora* (Rica rica-Pingo pingo), pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada) y pajonal de *Juncus balticus – Schoenoplectus americanus – Baccharis juncea* (Junquillo – Totora - Suncho) y un aumento en la superficie de los tipos vegetacionales matorral de *Tessaria absinthioides (*Brea), matorral de *Atriplex atacamensis – Atriplex imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar), y matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal), que fue el tipo con mayor variación de aumentando de 34,3 ha en 2017 a 811,8 ha en 2018.

El monitoreo de la vitalidad de la vegetación de Borde Este señala que un 69,7% de un total de 99 puntos de muestreo es clasificado en la categoría normal, por otra parte, el 21,2% de los puntos presentó una vitalidad débil un 5,1% una vitalidad muy débil y el 4,0% restante correspondieron a zonas sin vegetación. Los resultados generales, considerando los distintos años de monitoreo, muestran que la vitalidad de la vegetación mayoritariamente se ha mantenido en la categoría definida como normal, con una menor proporción de situaciones donde la vegetación ha mostrado una vitalidad considerada débil. Históricamente, una baja proporción de puntos de monitoreo ha presentado una vitalidad vigorosa o muy débil.

Respecto al follaje verde las mediciones realizadas en 2018 en Borde Este mostraron que los puntos de monitoreo presentaron una menor proporción de follaje verde respecto del observado el año anterior. Los cambios más importantes respecto de lo registrado en 2017 muestran un incremento de 8,1% en la categoría entre 25-50%, en desmedro de las categorías 50-75% y 75-100% que disminuyeron 3,0% y 5,1% respectivamente. A nivel histórico, no se reconocen tendencias que indiquen una variación sostenida en la proporción de follaje verde.

Por último, el estado fenológico de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama en 2018, mantiene los estados de fructificación y vegetativo como los más importantes durante la evaluación de abril.

1.1.2 Vegetación zona de conexión con acuífero

En el presente año, los puntos de muestreo ubicados en la zona de conexión vegetación-acuífero indican que la cobertura vegetacional no varía considerablemente entre los meses de enero y abril. En el mes de enero, se describe una mayor proporción de follaje verde en las descripciones, relacionado con un final extendido del periodo de receso invernal, lo cual se demuestra con una mayor concentración follaje verde en las categorías sobre 50% de recubrimiento.

Respecto de la vitalidad de la Zona de Conexión, los registros obtenidos en enero y abril de 2018 se distribuyen sólo entre las categorías débil o normal. En enero de 2018, un 89,5% de los puntos de monitoreo fueron clasificados con vitalidad en la categoría normal; posteriormente, en abril se clasificó al 78,9% de los puntos dentro de la misma categoría.

1.1.3 Algarrobos sector Camar 2

Las mediciones realizadas en 2018 indican que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 38 de ellos presentaron una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso y 33 ejemplares se encontraron secos. Cabe destacar que, en esta última categoría, 9 ejemplares han sido removidos por escorrentías o animales, lo que representa 1 más en relación con el año anterior

En relación con la proporción de copa viva, se observó que el número de ejemplares sin follaje verde aumentó en un individuo con respecto a la campaña anterior (33 individuos), lo que corresponde a la máxima anual histórica.

Respecto de la ocurrencia de daños a las plantas, se identificó que el 78,8% de los individuos sufrió ramoneo, mientras que sólo el 8,5% no tuvo ningún tipo de daño. La proporción restante corresponde a ejemplares desprendidos en los cuales no es posible evaluar este parámetro.

1.2 Flora

La riqueza florística identificadas durante las prospecciones de terreno en el Borde Este del Salar de Atacama, realizadas entre 2006 a 2018 se han mostrado muy estables, con un registro un total de 34 especies vasculares dentro de toda el área.

La especie Tessaria absinthioides es la especie más frecuentemente observada, registrada en el 46,7% (35 parcelas) de los 75 puntos de muestreo. En los transectos realizados en general la riqueza de especies es baja, variando entre 2 y 9 especies. Las especies más frecuentes son Tessaria absinthioides, presente en todos los transectos, y Distichlis spicata presentes en 6 de los 7 transectos.

Si bien existen transectos que alcanzan un mínimo histórico en su riqueza, las especies no observadas en dichos transectos se han observado en otros transectos y fuera de los puntos de muestreo. Para la caracterización química del sustrato, la campaña consideró la toma de muestras en terreno mediante la ETFA Algoritmos SpA y el análisis de las muestras con el laboratorio ETFA ALS Life Sciences S.A. En forma complementaria, se envió muestras al laboratorio que se ha utilizado para los informes de monitoreo anteriores, correspondiente a Agroanálisis UC.

La caracterización química del sustrato, indica que el pH en los puntos de muestreo varía entre las categorías ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino, con mayor frecuencia en el rango moderadamente alcalino. En cuanto a la salinidad, se observan suelos no salinos hasta suelos fuertemente salinos. Las variaciones puntuales observadas no permiten concluir que sea un efecto de las actividades del Proyecto, sino más bien sería causado por condiciones de micrositio

1.3 Fauna

El Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) realizado por SQM Salar S.A., consigna para el componente fauna, el monitoreo de los animales silvestres terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama y de la avifauna acuática en los Sistemas Lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine. Para cada taxón, 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 los siguientes: hábitat de Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo, Pajonal, Marginal Salar y Salar, mientras que para las aves acuáticas se consideraron 25 puntos de censo en los distintos cuerpos de agua existentes en los Sistemas Lacustres mencionados anteriormente.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la duodécima campaña anual del PSA, cuyo objetivo es evaluar el comportamiento y la dinámica de la fauna terrestre y avifauna acuática asociada al Borde Este del Salar de Atacama y Sistemas Lacustres, 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, el valor máximo alcanzado fue en el año 2007 en el cual se registraron 43 especies. Estas diferencias dan cuenta de la dinámica comunitaria existente en este tipo de ambiente.

Los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) realizado durante el periodo 2018 muestran una reducción de la riqueza general del componente fauna con 24 especies detectadas, en comparación con las 27 especies detectadas el año 2017.

En cuanto a las singularidades observadas, de las 24 especies detectadas durante el presente monitoreo, diez se encuentran en alguna categoría de conservación, siendo dos de ellas endémicas de la Región de Antofagasta.

1.3.1 Reptiles

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

1.3.2 Aves

En cuanto a las aves de ambientes terrestres, estas revelan un registro de siete especies identificadas a nivel de especie durante el 2018, mostrando una reducción considerando las campañas previas. En cuanto a la avifauna acuática en los distintos Sistemas Lacustres prospectados, se detectaron 14 especies. De la misma forma que en monitoreos previos, existe un predominio en dos de las tres especies de flamenco, observándose una disminución respecto al año anterior en las dos parinas presentes: *Phoenicoparrus*

andinus (parina grande) y *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica). Así mismo, se aprecia una reducción en el número de pollos de estas especies en la presente temporada, con solo ocho registros.

1.3.3 Mamíferos

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

1.4 Biota Acuática

1.4.1 Medio Abiótico

Respecto a los parámetros físicos y químicos de importancia limnológica de la columna de agua y del sedimento determinados en la actual campaña de monitoreo (abril 2018) se puede indicar que la temperatura registrada de manera puntual mostró diferencias entre los distintos sistemas muestreados, mostrando una mayor homogeneidad de los valores de Temperatura en los Sectores de Aguas de Quelana y Peine, mientras que en los Sectores de Soncor y Puilar existe una mayor variación y mayor heterogeneidad de los valores de Temperatura en las estaciones de muestreo. Los valores más bajos de temperatura se registraron en Peine.

Para el parámetro pH medido en abril de 2018 se determinó una baja variabilidad en los valores medidos en cada sistema hidrológico y no se detectaron variaciones significativas en los valores de pH medidos en los distintos sectores del área de estudio, indicando homogeneidad en el área de estudio en términos de este parámetro.

La Conductividad y Salinidad muestran que el sector de Soncor se diferencia significativamente de los sectores de Puilar, Aguas de Quelana y Peine, mostrando mayores niveles de concentración de sales y minerales disueltos presentes en el agua.

Finalmente, en cuanto al parámetro Oxígeno disuelto se determinó que existe poca variabilidad de la concentración de oxígeno en los sectores de Puilar, Aguas de Quelana y Peine, mientras que en el sector de Soncor existe una mayor variación. Además, se detectaron diferencias de los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos, principalmente entre los sectores de Puilar - Soncor respecto a los otros sectores, ya que presentaron los menores valores de concentración de Oxígeno disuelto.

1.4.2 Medio Biótico

Respecto a la variable clorofila-a durante la campaña de abril de 2018, la fracción planctónica muestra una alta variabilidad entre los valores medidos en cada sector de monitoreo indicando una heterogeneidad en el sistema respecto a la biomasa. Además, no existen diferencias significativas en la productividad primaria en los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio. Por otro lado, la clorofila-a de la fracción bentónica presentó mayor variabilidad en el sector de Aguas de Quelana, y una marcada diferencia entre ese sector y los sistemas Soncor y Peine, los cuales presentaron más bajos valores de concentración de clorofila-a respecto a Aguas de Quelena, indicando que existe una mayor productividad en términos de biomasa bentónica en Aguas de Quelana en comparación al resto del área de estudio.

En términos del Fitobentos, Zooplancton y Zoobentos, no existen diferencias en los niveles de Abundancia y Riqueza determinados entre los distintos sistemas y en general, existe una baja variabilidad de estos parámetros entre las estaciones de muestreo de cada sistema hidrológico del área de estudio, presentando una homogeneidad de estos parámetros en toda el área de estudio.

Respecto al Fitoplancton, durante la campaña de abril de 2018 se determinó que existe variabilidad espacial respecto a la abundancia, pero no respecto a la riqueza. La variabilidad de la abundancia se detectó principalmente por la significativamente mayor cantidad de organismos fitoplanctónicos detectada en los sistemas hidrológicos de Peine y Aguas de Quelana respecto a los sistemas de Soncor y Puilar. La baja variabilidad y escasa diferencia en los valores de Riqueza entre los sistemas de estudio, indican un ambiente homogéneo respecto a este parámetro.

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

2. INTRODUCCIÓN

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

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

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

Tabla 2-1: Parámetros establecidos 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 Extracción de muestra en terreno: Algoritmos Spa. Análisis de Laboratorio: Laboratorio de Servicios Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal (Universidad Católica).

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
					Laboratorio de ALS Life Sciences Chile
		Ejemplares algarrobo (*Prosopis flexuosa*)	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	AquaExpert
		Medio biótico	Fitobentos: Composición y abundancia. Fitoplancton: Riqueza y abundancia. Zoobentos: Composición y abundancia. Zooplancton: Composición y abundancia. Plantas acuáticas: Cobertura absoluta.	Anual	AquaExpert

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

Cabe mencionar que el texto original de la RCA 226/2006 establecía en su Resuelvo 1.3 "*un monitoreo de la evolución de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a fin de evaluar la condición del suelo y su relación con la extracción de agua*", monitoreo que fue eliminado a través de los Resuelvos 9 y 11 de la Resolución Nº 056/2008.[1]

[1] La medición de las propiedades señaladas se presentó por única vez en el Informe de Monitoreo N°1 correspondiente a la campaña de abril del año 2007.

Los resultados expuestos en este informe corresponden a los obtenidos en las campañas de muestreo ejecutadas en enero y abril, según corresponda, del año 2018, campaña de monitoreo número 12.

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

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

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 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.

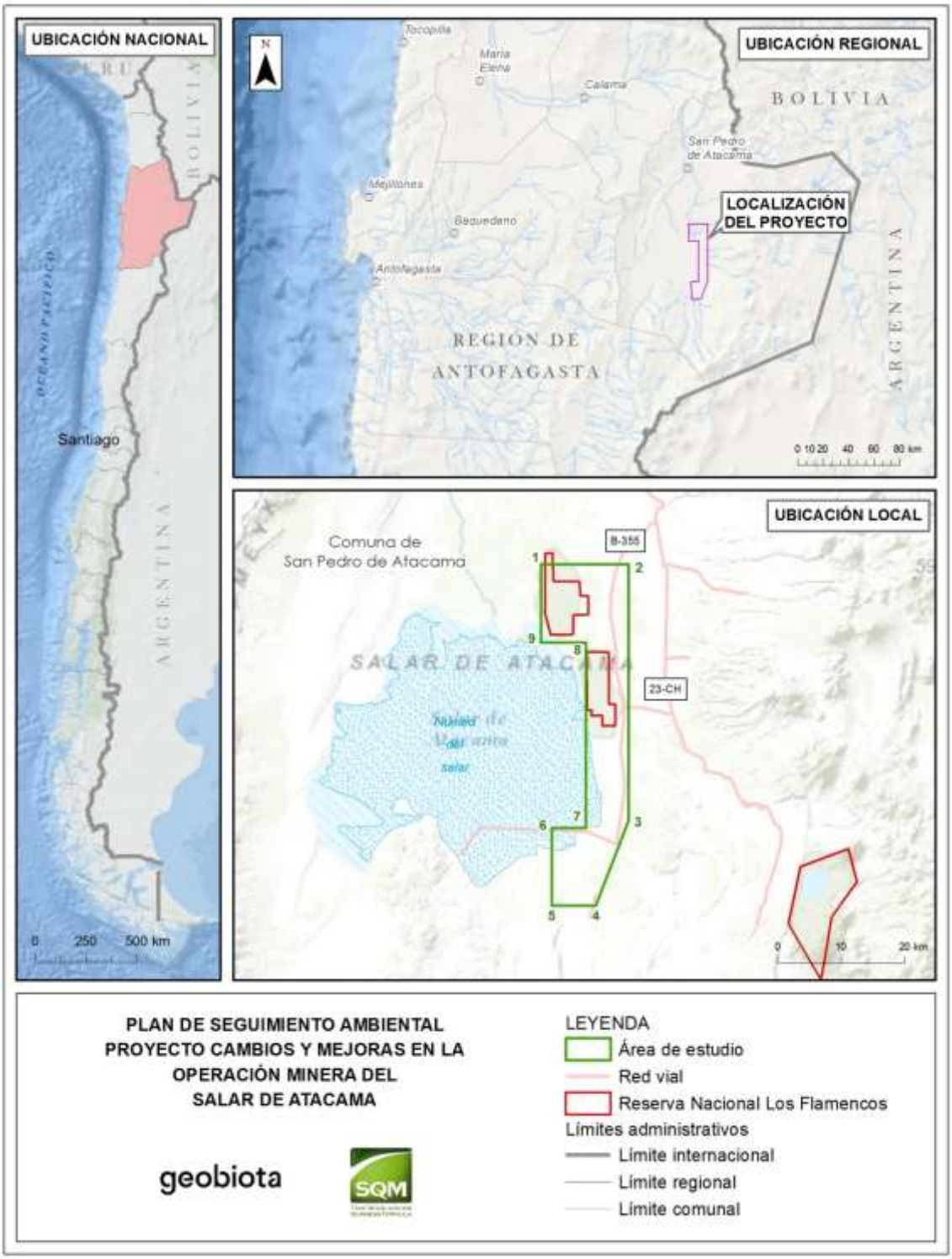
El sector está delimitado por los vértices que se muestran en la Tabla 4-1 y se representan espacialmente en la Figura 4-1.

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).

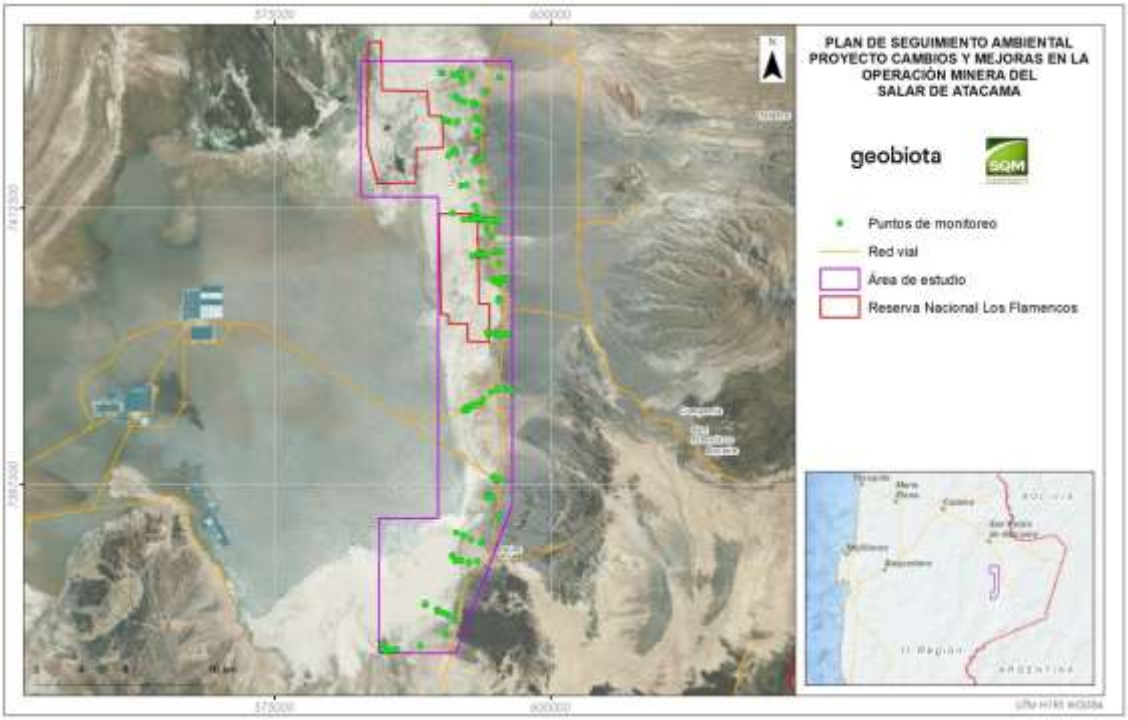
Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM		Parcela	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-01	590.161	7.424.778	**N-34**	595.130	7.396.082	**N-67**	590.570	7.373.893
N-02	591.798	7.424.803	**N-35**	595.838	7.396.132	**V-01**	590.057	7.424.786
N-03	595.369	7.424.392	**N-36**	596.454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

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-27	595.339	7.401.013	**N-60**	584.875	7.373.209	**V-63**	593.872	7.395.243
N-28	592.133	7.394.229	**N-61**	584.826	7.372.866	**V-65**	593.059	7.394.688
N-29	592.275	7.394.370	**N-62**	584.812	7.372.573	**V-66**	592.772	7.394.651
N-30	592.431	7.394.509	**N-63**	585.228	7.372.439	**V-69**	592.127	7.394.296
N-31	592.488	7.394.246	**N-64**	585.613	7.372.525	**V-70**	594.183	7.386.339
N-32	593.595	7.394.894	**N-65**	586.030	7.372.590	**V-71**	594.475	7.386.324
N-33	594.548	7.395.853	**N-66**	588.189	7.372.910	**V-75**	591.901	7.380.615

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación - acuífero

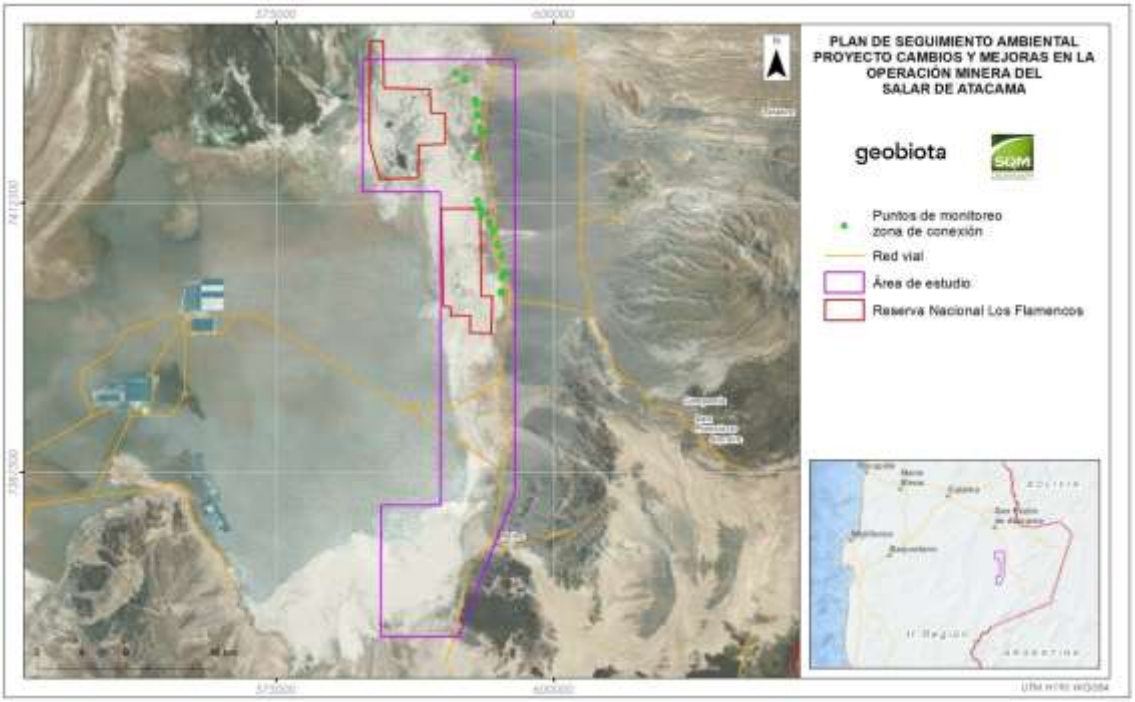
En la Tabla 4-3 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo donde se efectuó la evaluación de la vegetación ubicada en la zona en donde se presume que ocurre la conexión entre las raíces de la vegetación y la napa de agua subterránea. La distribución de los puntos presentados a continuación se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

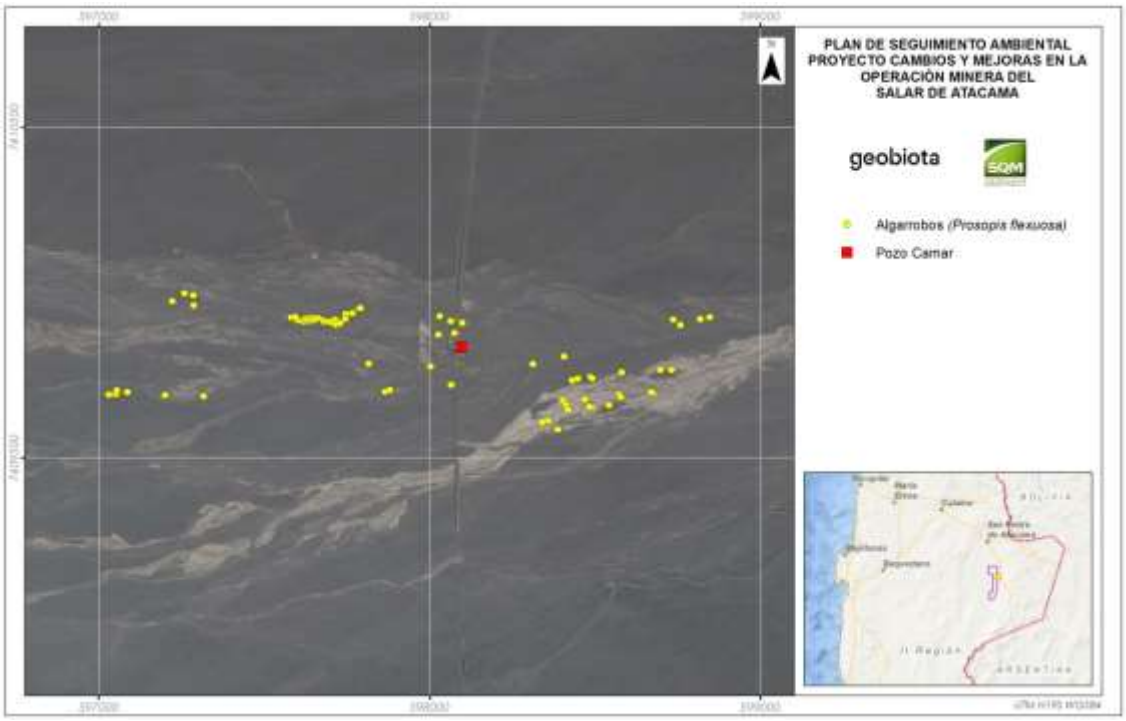
El monitoreo de algarrobos (*P. flexuosa*) se realiza en 71 ejemplares correspondientes a los presentados en la Figura I.5.3 y el Anexo V.IV, ambos correspondientes a la Adenda III del EIA. En virtud del monitoreo, cada ejemplar ha sido rotulado con un código identificador, los que se Tabla 4-4 y su 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
A-11	597.201	7.409.691	**A-35**	598.848	7.409.926	**A-59**	597.880	7.409.705
A-12	597.223	7.409.975	**A-36**	598.732	7.409.766	**A-60**	597.318	7.409.687
A-13	597.288	7.409.962	**A-37**	598.698	7.409.766	**A-61**	597.595	7.409.927
A-14	597.286	7.409.993	**A-38**	598.677	7.409.695	**A-62**	597.697	7.409.914
A-15	597.260	7.409.999	**A-39**	598.670	7.409.699	**A-63**	597.715	7.409.919
A-16	597.582	7.409.925	**A-40**	598.574	7.409.693	**A-64**	597.703	7.409.910
A-17	597.603	7.409.916	**A-41**	598.469	7.409.677	**A-65**	597.718	7.409.904
A-18	597.621	7.409.920	**A-42**	598.403	7.409.674	**A-66**	597.731	7.409.907
A-19	597.621	7.409.913	**A-43**	598.432	7.409.734	**A-67**	597.746	7.409.922
A-20	597.627	7.409.921	**A-44**	598.449	7.409.740	**A-68**	597.767	7.409.938
A-21	597.632	7.409.915	**A-45**	598.488	7.409.746	**A-69**	598.076	7.409.878
A-22	597.634	7.409.921	**A-46**	598.492	7.409.741	**A-70**	598.028	7.409.873
A-23	597.645	7.409.915	**A-47**	598.581	7.409.758	**A-71**	597.817	7.409.786
A-24	597.649	7.409.924	**A-48**	598.314	7.409.784	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

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

El monitoreo de la vegetación en Borde Este y en Zona de Conexión considera la estimación de la cobertura de la vegetación para la detección de posibles variaciones en las formaciones vegetales identificadas en el área de estudio. Para ello, se considera que para el seguimiento se debe utilizar una imagen satelital de alta resolución, compuesta por bandas y capturada en el mes de abril de cada año, con la finalidad de identificar si existen variaciones en la cobertura de las unidades vegetacionales.

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

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

4.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

4.2.3.1 Monitoreo en Borde Este y Zona de Conexión

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

a) Prospección vegetacional de terreno

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

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

Tabla 4-5: Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas

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

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

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

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

Código	Follaje verde (%)
0	0%
1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%

Fuente: Elaboración propia

En forma complementaria a lo establecido en la RCA 226/2006, se considera el registro del estado fenológico de las especies que constituyen la formación, de acuerdo con las categorías que se presentan en la Tabla 4-7. La fenología se refiere a los fenómenos de aparición de tallos y hojas, floración y producción de frutos y semillas. Su ocurrencia guarda relación con las condiciones ambientales y estado vital de la planta.

Tabla 4-7: Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico.

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

Fuente: Elaboración propia

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

b) Imagen satelital

La imagen satelital utilizada fue captada por el sensor Geoeye-I en el mes de abril de 2018, en paralelo a la ejecución de la campaña de terreno de monitoreo de la vegetación. La imagen satelital se constituye de una imagen pancromática de resolución 50 cm y una imagen multiespectral de 4 bandas con una resolución espacial de 2 m.

Actualmente el proceso de orto-rectificación no es ejecutado, debido a que la imagen utilizada se recibe georreferenciada, y corregida por sensor, geométrica y radiamétricamente 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.

Previo al uso de imágenes, se procedió a ejecutar el preprocesamiento de la imagen ocupando el método de corrección atmosférica Quick Atmospheric Correction (QUAC).

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

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

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

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

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

d) Escala de trabajo

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

e) Mosaicos de vegetación

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

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

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información se utilizaron formularios en tablet, cámaras fotográficas, GPS marca Garmin modelo MAP62.

Respecto a la imagen satelital utilizada para el monitoreo de vegetación, la fecha de captura corresponde al 04 de abril de 2018.

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 16 y 18 de enero de 2018 y la segunda se realizó en conjunto con los otros monitoreos en el mes de abril.

El segundo monitoreo se ejecutó entre el 17 y el 27 de abril de 2018, y abarcó las campañas de monitoreo de vegetación, flora, fauna y biota acuática.

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).

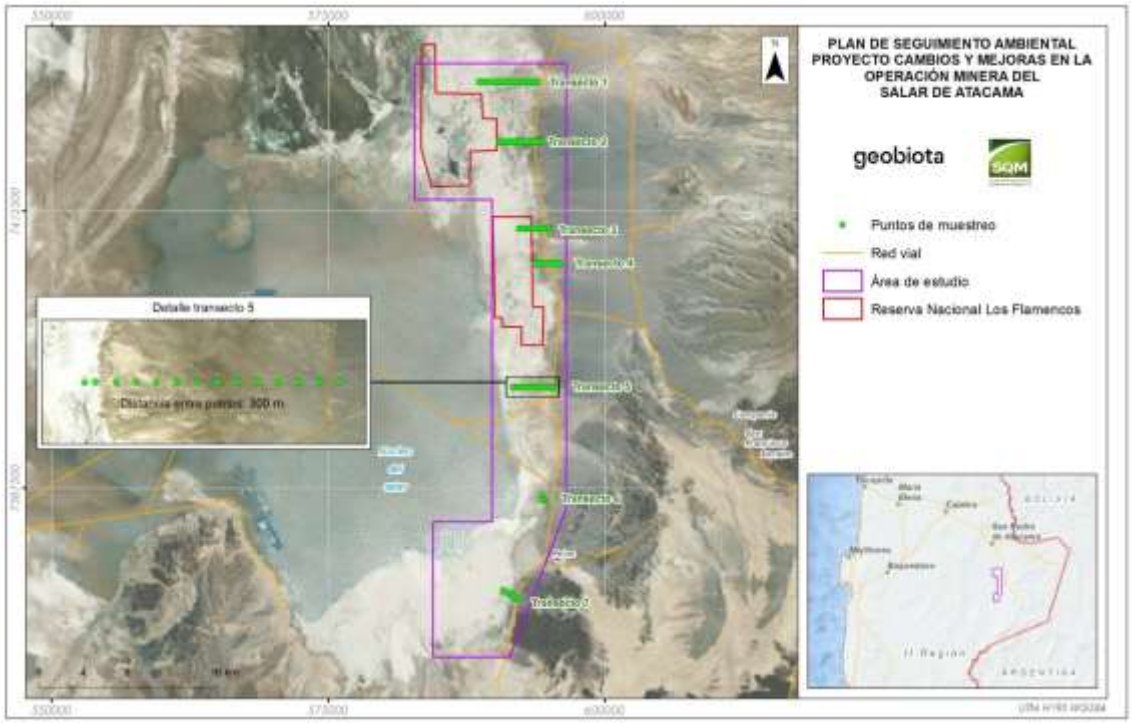
Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM		Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
TF-1-01	593.950	7.424.205	**TF-2-07**	592.388	7.418.785	**TF-4-08**	593.973	7.407.801
TF-1-02	593.660	7.424.201	**TF-2-08**	592.088	7.418.785	**TF-4-FIN**	593.673	7.407.801
TF-1-03	593.358	7.424.201	**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

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-1-16	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 punto de muestreo, el registro de las especies de flora vascular y su cobertura por sub-parcela, de acuerdo con la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1979). Esto permite construir el catálogo de riqueza florística, determinar la frecuencia y evaluar su variación en el tiempo.

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

4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

Los puntos de muestreo corresponden a un conglomerado compuesto por cinco sub-parcelas de 4 m^2, determinando un total de 375 sub-parcelas. Las sub-parcelas se encuentran separadas entre sí por una distancia de 10 m, y dispuestas en forma de "X". La disposición de los puntos de muestreo permite capturar la variación de la riqueza de especies y su cobertura.

De forma complementaria se registran las especies vegetales observadas entre los puntos de muestreo que conforman los transectos, con el objetivo de completar el catálogo florístico para el área de estudio en su conjunto. Cabe señalar que su cobertura no se registra en los puntos de muestreo.

Aquellas especies cuya identificación no fue posible en terreno, se colectaron como 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/) y el "Catálogo de las plantas vasculares de Chile" (Rodríguez et al., (2018).

En cada punto de muestreo, en la sub-parcela central, se realizó la extracción de muestras de suelo por parte de la empresa Algoritmos SPA, la cual cuenta con certificación ETFA para la toma de muestras según la Resolución Exenta N° 22/ 2017. Las muestran son representativas de la zona de mayor acumulación de raíces (suelo mineral superficial). Se realizaron tres perforaciones por punto de muestreo de aproximadamente 60 cm, y posteriormente se tomaron las muestras a 45 cm de profundidad. El tamaño de cada muestra es de 500 gramos aproximadamente.

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

TF-1-16	TF-4-03
Ubicación WGS84 H19S	Ubicación WGS84 H19S
589.458 - 7.424.200	595.473 – 7.407.802
22-04-18	21-04-18

Fuente: Algoritmos Spa.

Las muestras colectadas en terreno fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticas y debidamente rotuladas, para luego ser enviadas para su análisis al Laboratorio certificado ETFA ALS Life Sciences Chile según la Resolución Exenta N° 899/2016 de la Superintendencia de Medio Ambiente y al laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Agroanálisis UC).

El laboratorio de ALS Life Sciences Chile utiliza el procedimiento derivado de la literatura Soil and Land Survey Handbook, Method 3A, Method 4A. 4.2.4. Materiales y equipos utilizados

El laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile, corresponde a la entidad que ha ejecutado los análisis históricamente de las muestras de suelo y se ha solicitado nuevamente con la finalidad de mantener la trazabilidad de los datos. Este laboratorio utiliza los métodos expuestos en el documento técnico "Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos de Chile" publicado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el año 2006 y preparado por la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.

4.3.4 Materiales y equipos utilizados

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

Para la extracción de las muestras de suelo se utilizó un barreno a motor de 2 tiempos, pala de plástico, flexómetro, guantes de látex 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 17 y el 27 de abril de 2018.

4.4 Fauna

4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

4.4.1.1 Monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos

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

La ubicación de los transectos de monitoreo para la fauna terrestre, y que comprende a las clases reptiles, aves terrestres y mamíferos, fueron establecidos en función de los hábitats definidos por la RCA 266/2006. Se hace el alcance que el muestreo de mamíferos se realiza sólo en los sectores de Aguas de Quelana y Vega de Carvajal, en los tres hábitats considerados relevantes para este grupo: hábitat de Rica rica – Pingo pingo; hábitat de Brea – Cachiyuyo y hábitat de Pajonal (Transectos 1, 2, 3, 9, 10 y 11). Las coordenadas con la ubicación de todos los transectos prospectados se presentan en la Tabla 4-9, y la ubicación espacial de los mismos se presenta en la Figura 4-8.

Cabe mencionar que a partir de la campaña realizada el año 2015, en el sector de Aguas de Quelana el transecto definido para el hábitat de Rica rica – Pingo pingo (Transecto N°9), fue desplazado al mismo sitio donde se realizan las capturas de micromamíferos mediante trampas Sherman. De esta forma, se homologó este ambiente de fauna con la definición de ambientes para la vegetación, realizando la prospección mediante las distintas metodologías en el ambiente definido como hábitat de Rica rica – Pingo pingo. El desplazamiento de este punto no conlleva mayores diferencias en cuanto a la composición de especies, en especial cuando se considera que la caracterización busca contrastar la fauna existente en los distintos ambientes definidos. De esta forma, el mantener el hábitat de Rica rica – Pingo pingo, hace comparables los resultados obtenidos en campañas previas.

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

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM		Fin Coordenada UTM	
			Norte	Este	Norte	Este
Vega de Carvajal	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	1	7.419.114	594.403	7.419.402	594.289
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	2	7.417.442	593.604	7.417.142	593.604
	Hábitat de Pajonal	3	7.417.741	591.552	7.417.441	591.552
	Hábitat marginal de salar	4	7.417.761	590.390	7.417.461	590.390
Cruce Camar	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	5	7.411.582	594.795	7.411.282	594.795
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	6	7.411.444	593.336	7.411.144	593.336
	Hábitat de Pajonal	7	7.411.838	592.801	7.411.538	592.801
	Hábitat marginal de salar	8	7.411.612	592.572	7.411.312	592.572
Aguas de Quelana	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	9	7.407.056*	595.919*	7.406.756*	595.921*
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	10	7.403.528	595.236	7.403.228	595.236
	Hábitat de Pajonal	11	7.403.523	594.436	7.403.223	594.436
	Hábitat marginal de salar	12	7.403.528	593.865	7.403.228	593.865
Cruce SQM	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	13	7.396.234	595.743	7.396.390	596.059
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	14	7.395.270	593.999	7.394.970	593.999
	Hábitat de Pajonal	15	7.394.176	592.019	7.393.876	592.019
	Hábitat marginal de salar	16	7.394.039	591.566	7.393.739	591.566
Laguna Interna	Hábitat de salar	17	7.383.148	586.152	7.383.264	585.962

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

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

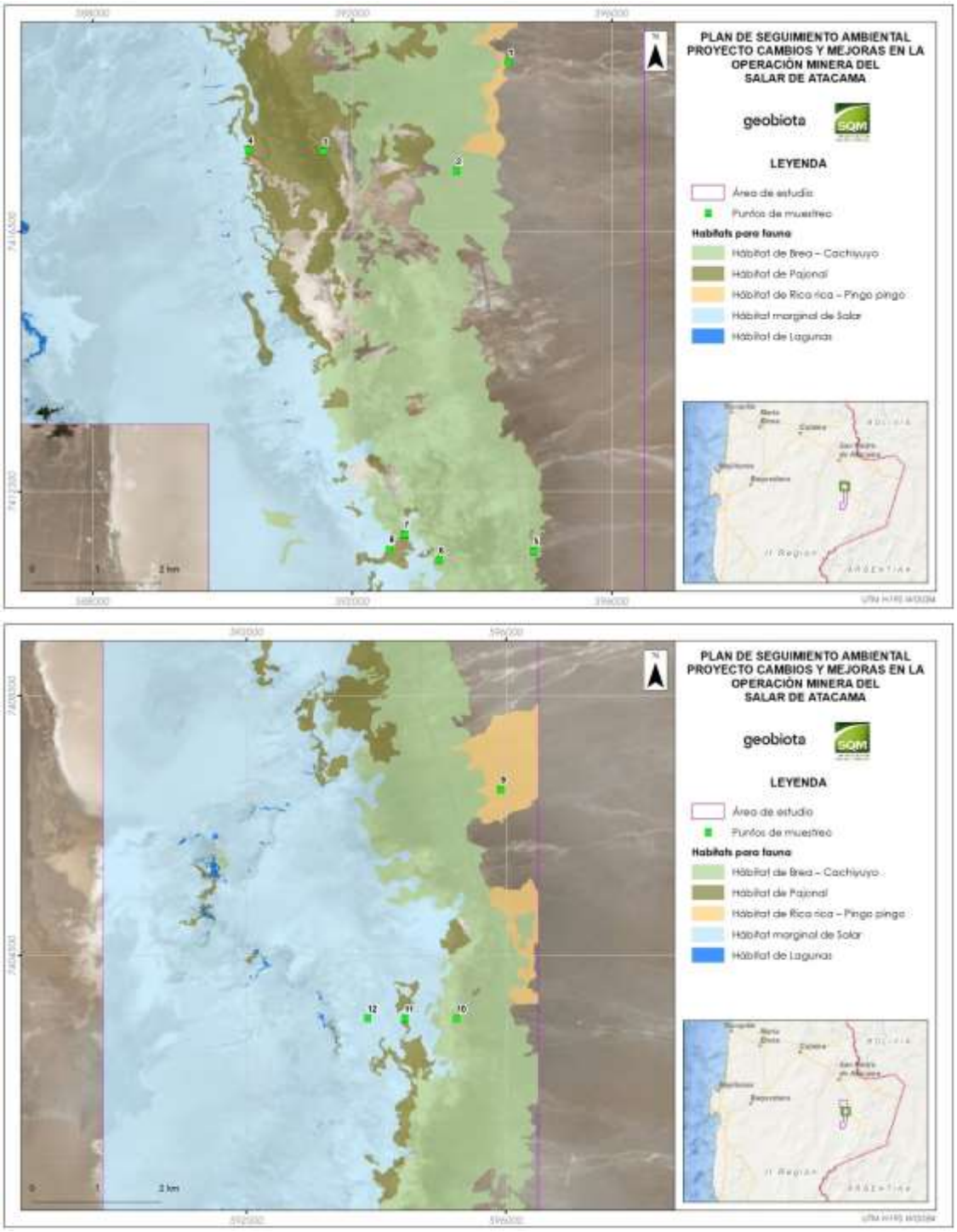
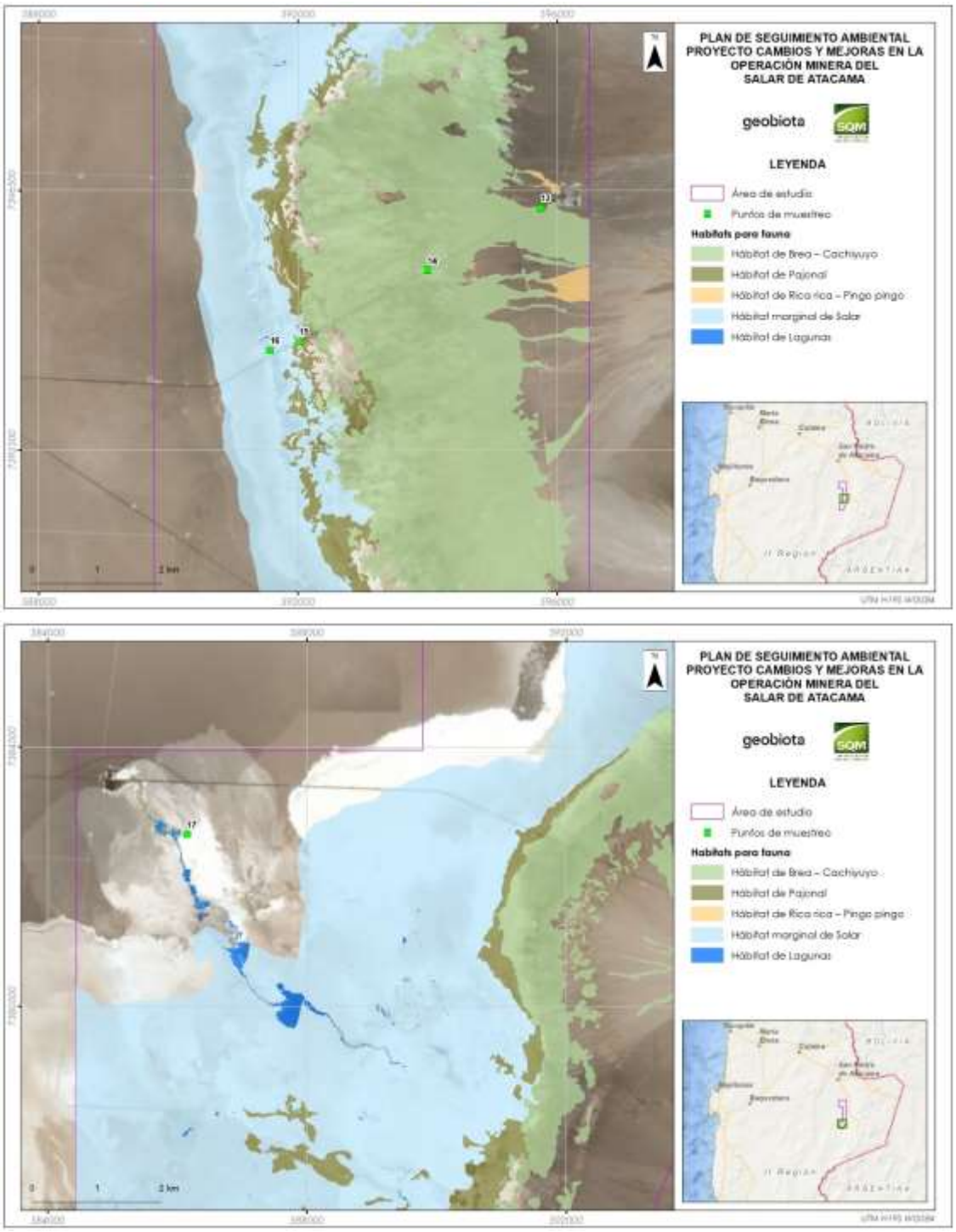


Figura 4-8. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2 Monitoreo de aves en ambientes acuáticos

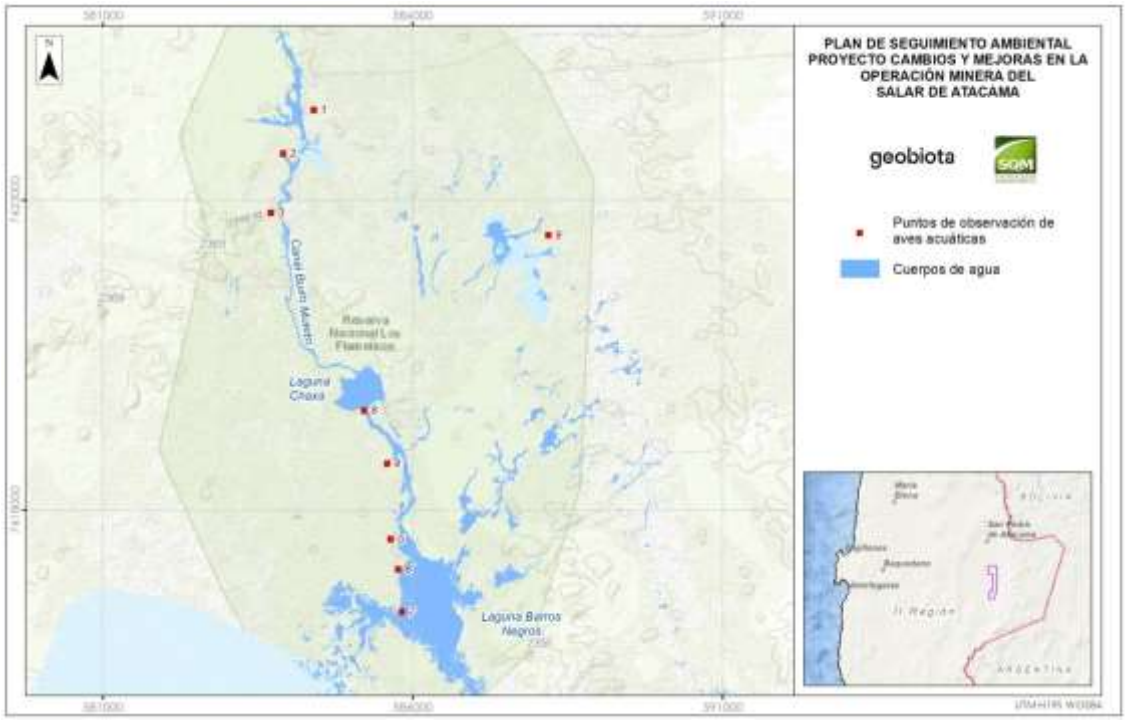
El censo de aves acuáticas asociado a los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine, considera 25 puntos de observación de aves, los cuales se definieron en el Informe de Monitoreo Anual N°1. Las coordenadas de los puntos se presentan en la Tabla 4-10, y su distribución respecto de las lagunas se presenta en la Figura 4-9 (Sistema Soncor), Figura 4-10 (Sistema Aguas de Quelana) y Figura 4-11 (Sistema Peine). Debido a la cercanía del sector Canal Chaxa-Barros Negros con la Laguna Chaxa, los datos obtenidos en el transecto 4, son analizados junto con los registros de Laguna Chaxa.

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

Sistema	Sector	Punto N°	Coordenadas UTM	
			Norte	Este
Soncor	Canal Burro Muerto	1	7.424.456	584.405
		2	7.423.749	583.914
		3	7.422.793	583.717
	Canal Chaxa – Barros Negros*	4	7.418.750	585.593
	Laguna Barros Negros	5	7.417.536	585.649
		6	7.417.048	585.771
		7	7.416.359	585.828
	Laguna Chaxa	8	7.419.607	585.220
	Laguna Puilar	9	7.422.435	588.193
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	10	7.408.202	593.032
		11	7.407.472	592.994
		12	7.406.950	593.389
		13	7.406.680	592.665
		14	7.405.651	591.360
		15	7.405.479	591.361
		16	7.404.770	591.924
		17	7.404.358	592.395
		18	7.403.591	593.496
Peine	Laguna Salada	19	7.380.813	587.562
		20	7.380.721	587.592
		21	7.380.535	587.581
	Laguna Saladita	22	7.381.486	587.101
		23	7.381.285	587.094
	Laguna Interna	24	7.382.395	586.196
		25	7.382.105	586.614

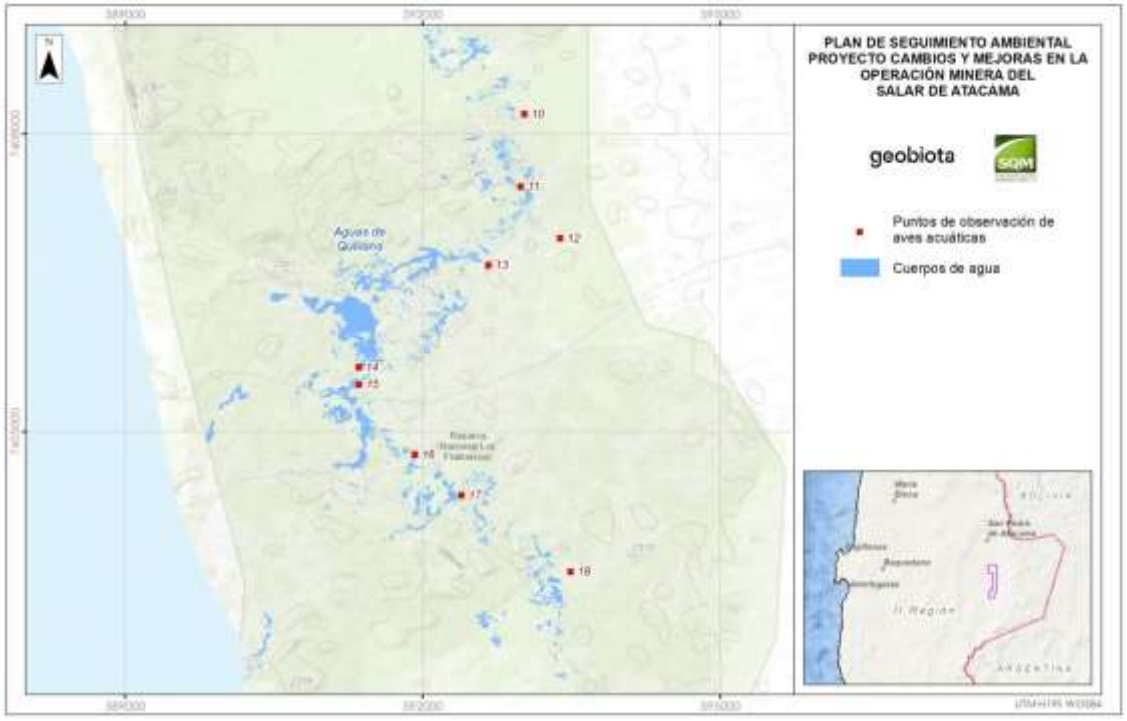
*En el análisis de Abundancia, los registros obtenidos en el punto de observación 4 son incluidos en la Laguna Chaxa
Fuente: Elaboración propia

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



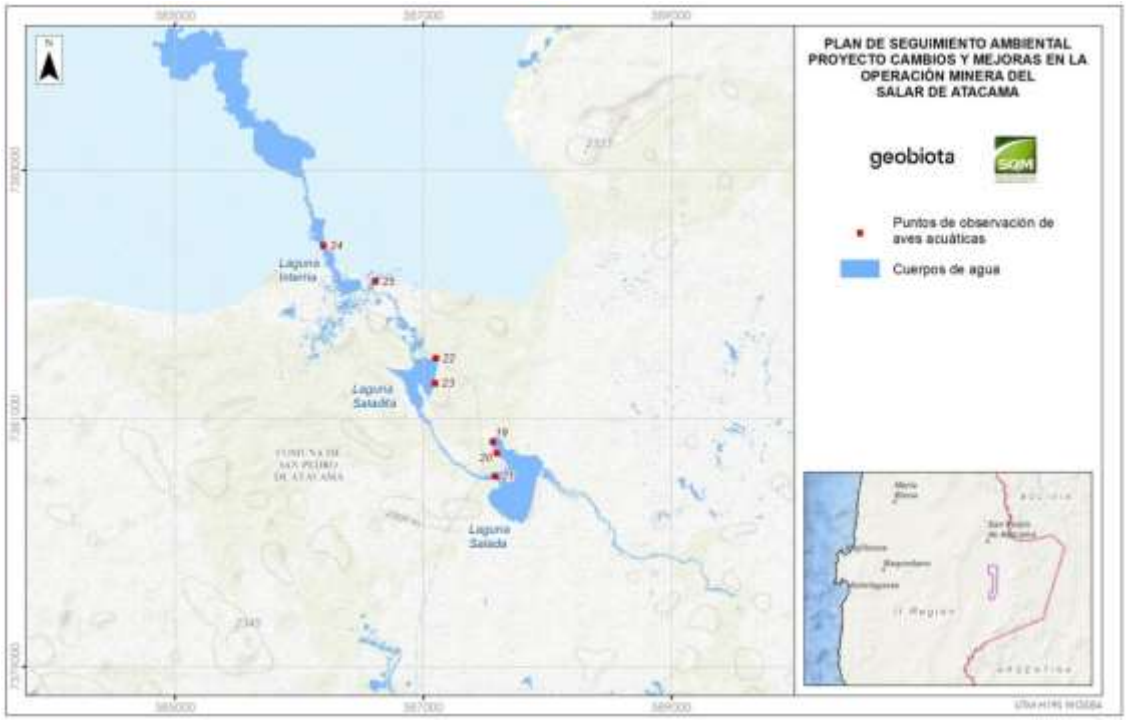
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

Los monitoreos de reptiles, aves de ambientes terrestres y mamíferos registrarán el número de ejemplares de cada especie presente en los transectos evaluados, clasificándolos por hábitats. Este parámetro permitirá identificar la evolución de la variable a partir de la abundancia promedio.

El monitoreo de aves de ambientes acuáticos considera el registro del número de ejemplares de las distintas especies presentes en los sistemas lacustres mediante censos, permitiendo identificar 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 obtuvieron los Permisos Sectoriales para la Captura de Animales de Especies Protegidas de Fauna Silvestre (reptiles y micromamíferos), los que fueron autorizados por la Dirección Regional de Antofagasta y la Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPRREN) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), mediante Resolución Exenta N°192/2018, con validez hasta el 4 de abril de 2019, y cuyo inicio fue comunicado mediante carta Geo288/18 (Anexo VII).

4.4.3.2 Técnicas de muestreo aplicadas

Para el seguimiento se realizó un muestreo estratificado, considerando los tipos de hábitat definidos anteriormente para fauna, utilizando metodologías específicas para la caracterización de cada grupo

faunístico, y determinando los parámetros de riqueza y abundancia registradas en el Borde Este del Salar de Atacama.

4.4.3.3 Reptiles

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

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

4.4.3.4 Aves en ambientes terrestres

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

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

Puesto 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 solo fueron consideradas como presentes o ausentes.

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

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

4.4.3.5 Aves en ambientes acuáticos

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

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

Los censos se realizaron en 25 puntos de observación (Tabla 4-10). Su distribución en el perímetro de los Sistemas Lacustres mencionados se muestran en las Figura 4-9, Figura 4-10 y Figura 4-11. En cada punto

se seleccionaron estaciones de observación, las que permitieron abarcar mediante un barrido visual, toda el área de interés, manteniendo una distancia que facilitó la identificación de las especies y el conteo de los individuos, sin interferir en sus actividades. Se realizaron conteos dobles repetitivos, en forma independiente, aceptándose el censo cuando la diferencia entre ambos no sobrepasó el 5%.

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

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

4.4.3.6 Micromamíferos

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

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

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

4.4.3.7 Macromamiferos

En el caso de los macromamíferos, el muestreo fue realizado mediante la implementación de estaciones de atracción olfativa. 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-Pedreros, 2008; Skewes, 2009).

El diseño muestral consideró la instalación de cuatro estaciones olfativas, en los hábitats de Rica rica - Pingo pingo y Brea – Cachiyuyo, presentes en cada uno de los sectores definidos para el estudio de mamíferos (i.e. Aguas de Quelana y Vegas de Carvajal). El muestreo mediante trampas de huellas no se llevó a cabo en el hábitat de pajonal, debido a las dificultades metódológicas y de registro para su implementación en este ambiente, considerando la alta densidad y altura de la vegetación. Sin embargo, a partir de la presente campaña, con el objeto de complementar los resultados obtenidos y realizar el seguimiento de macromamíferos en el ambiente de pajonal, se implementó el uso de cámaras trampa en cada estación.

Como índice se utilizó la proporción de visitas a cada estación por parte de macromamíferos, en función del número de estaciones en operación, expresado en porcentaje (Muñoz-Pedreros *et al.*, 1995; Rau &

Muñoz-Pedreros, 2009). Las estaciones fueron monitoreadas durante un período de tres días. Así mismo, durante las prospecciones en el Borde Este del Salar de Atacama se registraron los avistamientos directos y evidencia indirecta de carnívoros y macromamíferos (fecas, huellas, madrigueras, etc.) para determinar el uso y preferencias de hábitat de este grupo.

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

4.4.3.8 Identificación, origen biogeográfico 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), Mella (2017).
- Aves: Araya y Millie (1995), Bibby et al. (1992), Espinosa (1998), Blanco y Carbonell (2001), López-Lanús y Blanco (2005), Delany (2005) y Couve et al, (2016).
- Mamíferos: Osgood (1943), Mann (1958), Reise (1973), Muñoz-Pedreros y Yañez (2000) y Iriarte (2008)

a) Fauna singular

La identificación de especies de fauna singular se realizó sobre la base las características de sensibilidad de las especies presentes en el área de estudio, considerando factores como el endemismo, el origen biogeográfico, categoría de conservación y criterios de protección según la Ley de Caza (criterios BSE).

b) Estado de conservación de las especies

Para establecer el estado de conservación de las especies de Fauna, se utilizaron los listados oficiales de especies en categoría de conservación de acuerdo con el Decreto Supremo Nº 29 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que reemplaza al DS N°75/2004 MINSEGPRES y corresponde al actual Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE). A la fecha existen 14 procesos de clasificación publicados en el diario oficial, incluidos en diferentes cuerpos legales, y el listado del Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98). Estas referencias contienen una clasificación de los vertebrados terrestres de Chile y sus estados de conservación por zonas del país.

Las referencias señaladas se consideran excluyentes, prevaleciendo el criterio asignado por los decretos aprobados por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, en adelante RCE (D.S. N° 75/05). Cuando alguna especie no se encuentra clasificada en dichos decretos, se utiliza la clasificación del Reglamento de la Ley de Caza. En forma complementaria se consultó la literatura especializada para

cada grupo, según establece la "Minuta Prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna silvestres" (CONAMA, 2008).

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

I. Criterio BSE

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

4.4.4 Materiales y equipos utilizados

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

En cuanto a los materiales utilizados en terreno, estos fueron: un trípode, guías de campo y libreta de apuntes específicas por grupo taxonómico. Para el caso de micromamíferos, se utilizaron trampas de captura viva tipo Sherman (90). Para la implementación de estaciones de atracción olfativa para macromamíferos (i.e. trampas huella), se usaron materiales como harnero, pala y brochas, además de un atractor olfativo.

4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Los trabajos de prospección para el componente de fauna se realizaron entre el 18 y el 24 de abril de 2018, iniciándose las actividades de captura el día 19 de abril, según lo señalado en carta Geo288/18 (Anexo VII).

4.5 Biota Acuática

4.5.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El seguimiento de las variables relevantes comprometidas para este componente ambiental se realizó de acuerdo con el Plan de Monitoreo, respetando los mismos puntos muestréales de la serie de tiempo, con el fin de asegurar la robustez de los análisis comparativos, tanto espaciales como temporales.

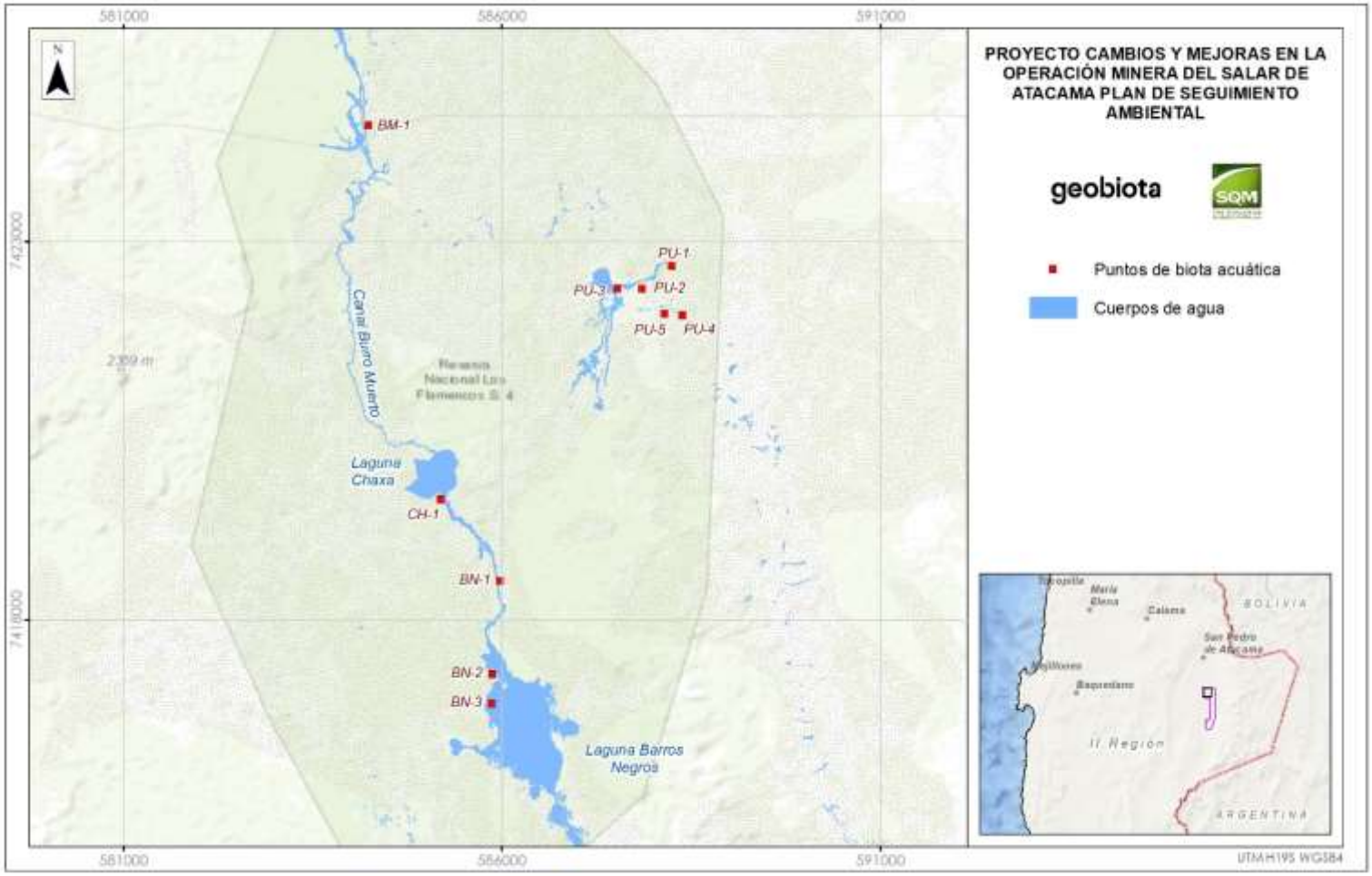
Siguiendo con la cantidad y distribución de estaciones de la serie de tiempo, se consideró el total de 25 estaciones de muestreo distribuidas en los sistemas lacustres anteriormente señalados, cuya ubicación se entrega en la Tabla 4-11 y Figura 4-14, ,y que corresponden a puntos de medición fijos.

Tabla 4-11: Sectores evaluado en monitoreo biota acuática borde este del Salar de Atacama – Campaña abril 2018 (Datum WGS84,19K).

Sector	Estación de Muestreo	Descripción	UTM - E	UTM - N
Aguas de Quelana	Q-0	Quelana 0	593.353	7.403.585
	Q-1	Quelana 1	592.556	7.401.179
	Q-2	Quelana 2	592.176	7.406.940
	Q-3	Quelana 3	593.079	7.407.517
	Q-4	Quelana 4	592.948	7.407.289
	Q-5	Quelana 5	592.919	7.408.165
	Q-6	Quelana 6	592.882	7.408.228
	Q-7	Quelana 7	594.149	7.411.865
	Q-8	Quelana 8	592.810	7.411.863
	Q-9	Quelana 9	592.482	7.411.802
Puilar	PU-1	Puilar vertiente	588.187	7.422.739
	PU-2	Puilar canal 2	587.968	7.422.499
	PU-3	Puilar laguna 2	587.476	7.422.307
	PU-4	Puilar canal 1	588.591	7.4223.92
	PU-5	Puilar laguna 1	588.107	7.4221.57
Soncor	BN-1	Barros Negros laguna	585.921	7.4186.03
	BN-2	Barros Negros entrada laguna	585.885	7.4172.92
	BN-3	Barros Negros canal	585.800	7.4169.73
	CH-1	Laguna Chaxa	585.356	7.4202.13
	BM-1	Canal Burro Muerto	584.178	7.4249.13
Peine	PE-1	Laguna Interna	586.442	7.3818.93
	PE-2		586.278	7.3820.19
	PE-3		585.912	7.3818.50
	SA-1	Laguna Salada	586.814	7.3812.85
	SA-2	Laguna Saladita	587.604	7.3804.83

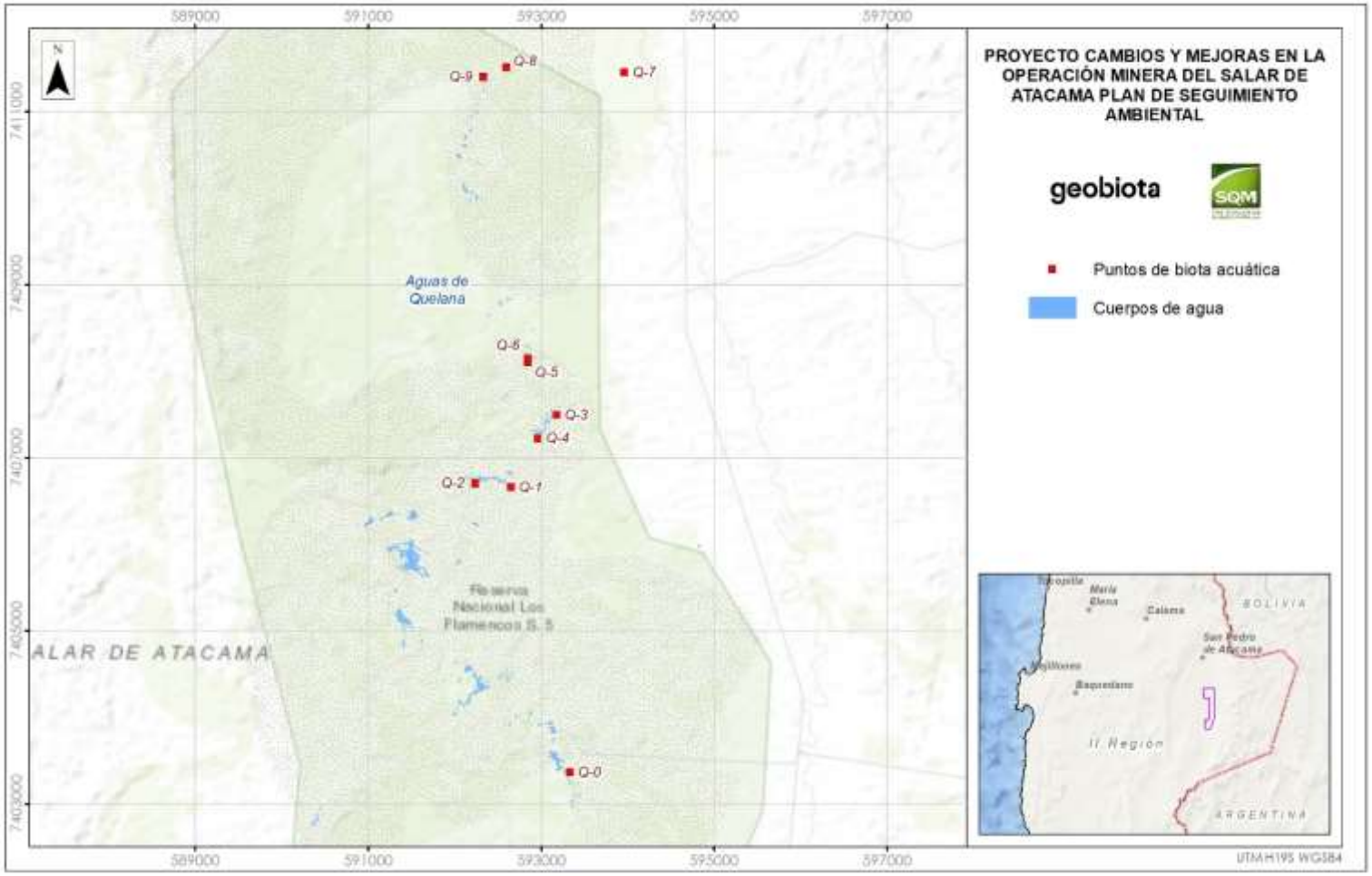
Fuente: Elaboración propia, RCA 226/2006.

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



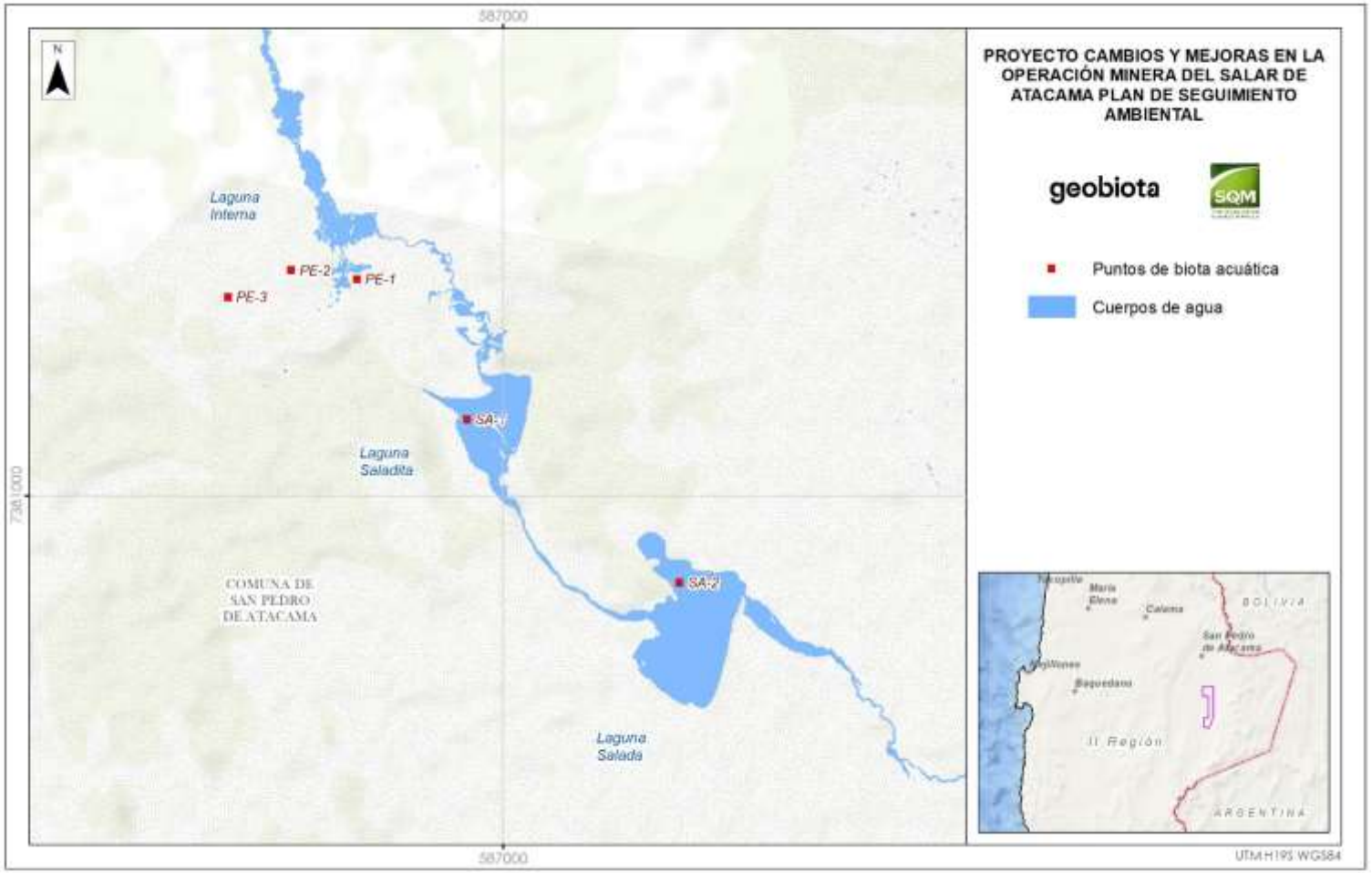
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

De acuerdo con Plan de Seguimiento de Biota Acuática expuesto en el considerando 10.5 de la RCA N°226/2006, Se recolectaron muestras para la caracterizaron de los ensambles biológicos del fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton, macrófitas y caracterización de hábitat incluyendo parámetros abióticos in situ en la columna de agua y sedimentos los cuales se indican en la Tabla 4-12.

Tabla 4-12: Parámetros utilizados en la caracterización y evolución de las variables ambientales.

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetros
Agua	Agua superficial	Calidad del agua	pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y salinidad (parámetro adicional a los exigidos por RCA)
Suelo	Sedimento	Calidad del sedimento	Temperatura y conductividad eléctrica
Biota	Fitobentos	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) y Biomasa (contenido de clorofila).
	Fitoplancton	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) y Biomasa (contenido de clorofila)
	Zoobentos	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S) e índice de Shannon Weiner (H)
	Zooplancton	composición y diversidad	Abundancia Total, Riqueza total (S)
	Plantas acuáticas	composición y diversidad	Porcentaje de cobertura absoluta (%)

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3 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.

4.5.3.1 Medio abiótico

a) Parámetros físicos y químicos del agua

I. Toma de muestras de aguas y procedimientos analíticos

La toma de muestras y las mediciones in situ realizadas en la columna de agua y en el sedimento fueron ejecutadas por un inspector ambiental y se basaron en las metodologías analíticas señaladas en el Anexo XIV, basadas en APHA, AWWA y WEF (2005 y 2012), respondiendo a las metodologías establecidas por el laboratorio Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA el cual se encuentra acreditado por A2LA bajo los estándares de competencia establecidos en la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, certificado 4235.01 y el cual además corresponde a la Entidad técnica Fiscalizador Ambiental (ETFA) N° 015-01 Res. Ex. 22/2017 SMA.

4.5.3.2 Medio biótico

a. Fitobentos

Para la estimación de la composición y abundancia de los organismos fitobentónicos se obtuvieron dos muestras desde cada estación de monitoreo, las cuales fueron extraídas mediante un core de plexiglass (diámetro 1 cm), estas muestras fueron fijadas in situ con una solución de lugol, para su posterior análisis em laboratorio. Para el análisis de las muestras se realizó un recuento en microscopía de acuerdo con el método de recuentos de células o colonias en Cámara Sedgwick-Rafter. En este análisis sólo se consideraron los individuos vivos (con cloroplastos o remanentes). La identificación se realizó utilizando literatura lo más actualizada posible con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los resultados fueron expresados en número de células por centímetro cuadrado (cel/cm^2).

a) Fitoplancton

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

b) Zoobentos

Los organismos asociados al sustrato de los sistemas fueron colectados con un core de 0,0085 m^{2}con el cual se tomaron 2 muestras por estación de monitoreo, las muestras fueron fijadas con etanol in situ para su posterior revisión en el laboratorio. Las muestras en laboratorio fueron cernidas en un juego de tamices de 0,25 y 0,5 mm de apertura de malla, la fauna retenida en los respectivos tamices fue separada y analizada. La identificación taxonómica se realizó de acuerdo con la información sistemática más reciente con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Las muestras fueron cuantificadas bajo microscopio estereoscópico (lupa) marca Nikon SMZ 645. Los resultados fueron expresados en número de organismos por metro cuadrado (ind/m^2).

c) Zooplancton

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

d) Clorofila-a en fracción Planctónica y Bentónica

Para determinar la clorofila-a en la fracción planctónica y bentónica las muestras fueron colectadas por duplicado por el Inspector Ambiental del laboratorio Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA el cual se encuentra acreditado por A2LA bajo los estándares de competencia técnica de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, con certificado N° 4235.01 (Anexo XIV) y el cual además corresponde a la Entidad Técnica Fiscalizador Ambiental (ETFA) N° 015-01 Res. Ex. 22/2017 SMA. Las muestras fueron analizadas de acuerdo a los establecido en Standard Methods 10.200 Plankton (H). 2012 por el laboratorio Plancton Andino SpA el cual también se encuentra acreditado bajo los estándares de competencia técnica de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, con certificado LE1345 (Anexo XIV). Los resultados fueron expresados como µg/L y mg/m^2 de Clorofila a total.

e) Plantas acuáticas (macrófitas)

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

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

4.5.4 Materiales y equipos utilizados

4.5.4.1 Medio Abiotico

La toma de muestras (parámetros analizados en laboratorio) y las mediciones *in situ* de los parámetros utilizados para caracterizar la calidad de agua y de los sedimentos estuvo a cargo del laboratorio Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA (Figura 4-15**A**) el cual se encuentra acreditado por A2LA bajo los estándares de competencia técnica de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, con certificado N° 4235.01 (Anexo XIV) y el cual además corresponde a la entidad técnica fiscalizador ambiental (ETFA) N° 015-01 Res. Ex. 22/2017 SMA. (en Anexo XIV se presentan certificados de acreditación). Cabe destacar que cada envase utilizado para la toma de muestras contenía los preservantes y fijadores correspondientes para cada tipo de análisis según lo establecido en las normas NCH-ISO 5667/1 of2017, nch411/3: 2014 guía sobre la preservación y manejo de muestras y NCH-ISO 5667/6:2015 calidad del agua. Muestreo parte 6: guía para el muestreo de ríos y cursos de agua. Los parámetros de calidad de agua e importancia limnológica medidos in situ fueron determinados mediante una sonda Multiparámetro Professional Plus marca YSI, la cual fue previamente calibrada (Anexo XIV).

4.5.4.2 Medio biótico

a) Fitobentos

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

b) Fitoplancton

Se utilizó una red de 60 µm de apertura de malla (Figura 4-15**C**). La identificación y el recuento de individuos fue realizado utilizando una cámara de conteo Sedgwick-Rafter y microscopía óptica (Motic AE31, 200X).

c) Zoobentos

Se utilizó un core de 0.011 m^2 de área (Figura 4-15**D**). Para la identificación y recuento se utilizó un microscopio del tipo estereomicroscopio (lupa) marca Nikkon modelo SMZ con aumento 45 x

d) Zooplancton

Se utilizó una red de 110 µm de apertura de malla (Figura 4-15**E**). En el laboratorio para la identificación y recuento de organismos se utilizó una cámara de conteo zigzagueante de 10 ml (cámara bogorov) y una lupa marca Nikkon modelo SMZ con aumento 45 x.

e) Plantas acuáticas

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

f) Clorofila-a total en la fracción planctónica y bentónica

Para la toma de muestras de la fracción planctónica se utilizó un en un envase plástico previamente ambientado y para la fracción bentónica se utilizo un sacatestigo de 10 cm^2. El análisis de la concentración de clorofila a en la fracción planctónica se realizó de acuerdo con el procedimiento establecido en el Standard Methods 10200 H (APHA, AWWA & WEF 2012).

Figura 4-15. Instrumentos y muestreo monitoreo biota acuática. Campaña abril 2018.

A

PU-3	UTM - E 587.476	UTM - N 7.422.307

B

PU-3	UTM - E 587.476	UTM - N 7.422.307

C

PU-2	UTM - E 587.968	UTM - N 7.422.499

C

PU-3	UTM - E 587.476	UTM - N 7.422.307

E

BN-3	UTM - E 585.800	UTM - N 7.4169.73

D

Q-5	UTM - E 592.919	UTM - N 7.408.165

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

4.5.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

Con el fin de cumplir con el objetivo Plan de Seguimiento de Biota Acuática expuesto en el considerando 10.5 de la RCA N°226/2006, se realizó la campaña anual de monitoreo de componentes bióticos y físicos N° 12 del Proyecto "Cambios y mejoras de la Operación minera en el Salar de Atacama" la cual se llevó a cabo entre los días 17 y 22 de abril de 2018. Las fechas de análisis de los parámetros fisicoquímicos se presentan en el Anexo XIV.

5. RESULTADOS

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

5.1 Vegetación

La vegetación del Borde Este se constituye de seis formaciones vegetacionales, con diferentes variaciones de cobertura. La distribución de los tipos vegetacionales en el Borde Este del Salar se presentan en el Anexo I, a saber:

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

A partir del monitoreo realizado el año anterior (abril 2017), se incorpora una formación vegetal correspondiente al matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*). Esta especie es procumbente o semi-erecta de hábito subarbustivo o sufrútice (Rodríguez, 2018), es decir, una planta similar a un arbusto, generalmente pequeña y que sólo se lignifica en la base y sus extremos son de consistencia herbácea (Squeo *et. Al.*, 2008). Según Richardson (1977) las especies del género *Tiquilia* son todas especies xerofíticas perennes, algunas de ellas pueden florecer y fructificar el primer año y funcionar como anuales si son eliminadas por condiciones adversas posteriores. De acuerdo con lo observado en terreno *Tiquilia atacamensis* parece ajustarse a estas características, dado que su aparición y densidad de individuos se asocia con precipitaciones abundantes como las ocurridas entre los meses de enero y febrero de 2017 en la zona.

Las observaciones en terreno desde la elaboración de la Línea Base (2006) y las campañas posteriores de monitoreo permiten corroborar que la mayor parte de las formaciones vegetales del Borde Este presentan un receso vegetativo invernal. Dos de las especies más representativas del área de estudio, Brea (*Tessaria absinthioides*) y Grama Salada (*Distichlis spicata*), disminuyen su biomasa aérea durante el periodo invernal, pudiendo presentar su follaje completamente seco dadas las condiciones ambientales imperantes. 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.

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 2018, el que incluye:

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

5.1.1 Monitoreo en Borde Este

5.1.1.1 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales

En esta sección se presentan los resultados de la clasificación de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Esta clasificación se realizó sobre la base de la interpretación y análisis de imágenes satelitales obtenidas para el área de estudio en el mes de abril de 2018. 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.

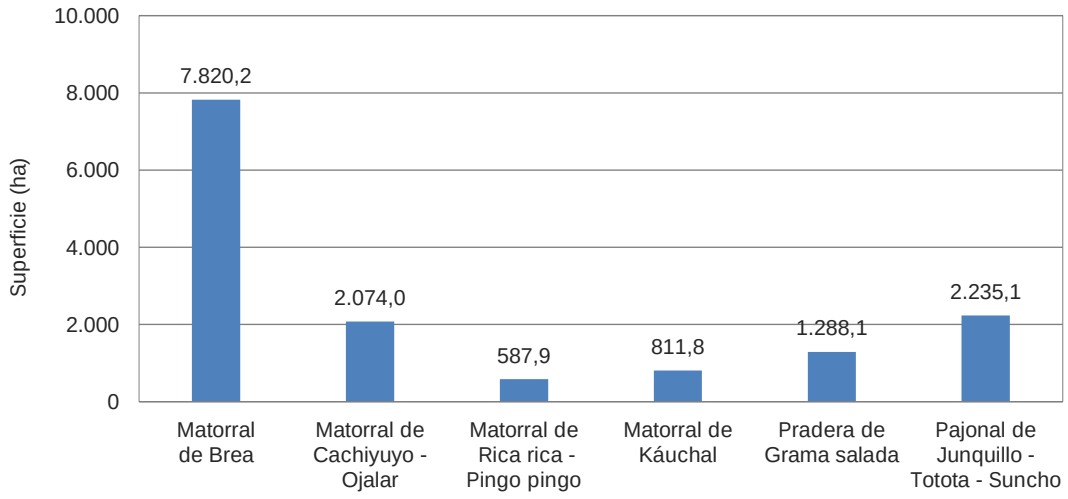
Los resultados obtenidos en 2018 (Tabla 5-1 y Figura 5-1) indican que la superficie total cubierta con vegetación sobre toda el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama alcanza 14.817,1 ha. Del total de esta superficie, la formación vegetacional con mayor representación corresponde al matorral de Brea que cubre una superficie de 7.820,2 ha, equivalente al 52,7% de toda la vegetación presente en el área. Las praderas de grama salada y los matorrales de Cachiyuyo presentan superficies similares de ocupación con 2.235,1 ha y 2.074,0 ha respectivamente, con porcentajes de 15,1% y 14,0% cada uno. Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden a matorral de Rica rica – Pingo pingo, Pajonal y Matorral de Káuchal.

Tabla 5-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018.

Nº	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)
1	Matorral de *Aloysia deserticola - Ephedra multiflora* (Rica rica-Pingo pingo)	Semidenso	50-75	-
		Abierto	25-50	185,4
		Muy abierto	10-25	173,9
		Ralo	5-10%	228,6
	Subtotal			**587,9**
2	Matorral de *Atriplex atacamensis – Atriplex imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar)	Semidenso	50-75	17,6
		Abierto	25-50	447,6
		Muy abierto	10-25	783,5
		Ralo	5-10%	825,3
	Subtotal			2.074,0
3	Matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea)	Denso	75-100	79,4
		Semidenso	50-75	526,5
		Abierto	25-50	2.226,3
		Muy abierto	10-25	2.660,6
		Ralo*	5-10%	2.327,4
	Subtotal			**7.820,2**
4	**Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Malva)**	Muy abierto	10-25	811,8
		Ralo	5-10%	-
	Subtotal			**811,8**
5	Pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada)	Denso	75-100	145,0
		Semidenso	50-75	190,0
		Abierto	25-50	438,3
		Muy abierto	10-25	670,7
		Ralo	5-10%	791,1
	Subtotal			**2.235,1**
6	Pajonal de *Juncus balticus - Schoenoplectus americanus - Baccharis juncea (Junquillo -* Totora – Suncho)	Denso	75-100	258,8
		Semidenso	50-75	226,9
		Abierto	25-50	276,4
		Muy abierto	10-25	310,9
		Ralo	5-10%	215,1
	Subtotal			**1.288,1**
Total				**14.817,1**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-1. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018.

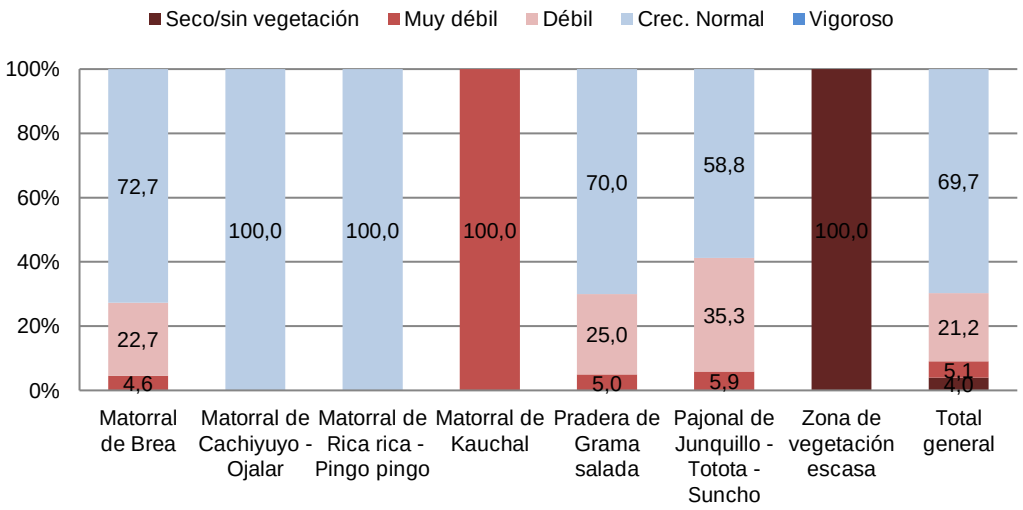


Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Estado vital

El monitoreo de la vitalidad de la vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama, se basó en el seguimiento realizado sobre 99 puntos distribuidos sobre las formaciones vegetacionales de esta área. Del total de observaciones realizadas en abril de 2018, un 69,7% (69 puntos de muestreo) presentaron una vitalidad normal, un 21,2% (21 puntos de muestreo) mostraron una vitalidad débil, un 5,1% (5 puntos de muestreo) mostró una vitalidad muy débil y el 4,0% restante de las observaciones (4 puntos de muestreo) correspondieron a zonas sin vegetación. Las zonas sin vegetación se registran desde 2013, cuando tuvo lugar la actualización del mapa (Figura 5-2).

Figura 5-2. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde este del Salar de Atacama. Campaña 2018.



Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en la Figura 5-2, dentro de las formaciones dominadas por arbustos, los matorrales de *Tessaria absinthioides* (Brea) presentaron mayoritariamente una vitalidad normal, lo que se verificó en 32 de los 44 puntos de monitoreo (72,7%), en 10 puntos se presenta una vitalidad débil (22,7%) y en dos se presenta una vitalidad muy débil (4,6%). Los matorrales de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar) y los matorrales de *Aloysia deserticola* - *Ephedra multiflora* (Rica rica - Pingo pingo) presentaron en la totalidad de los registros una vitalidad normal. Para el punto correspondiente al Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal), se registró una vitalidad muy débil, lo que corresponde a un proceso natural en este matorral, cuya aparición esta relacionado con episodios de precipitaciones y su ciclo de vida se describe como bi-anual.

La pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada) presentó en 14 de 20 registros (70,0%) una vitalidad normal, 5 registros (25,0%) en la categoría de vitalidad débil y un registro muy débil (5,0%). Para el pajonal de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totora - Suncho) la proporción de observaciones en la categoría de vitalidad normal alcanzó el 58,8% (10 de 17 puntos de muestreo), 6 registros presentaron vitalidad débil (35,3%) y uno se registró como muy débil (5,9%). El detalle de las descripciones vegetacionales de terreno se entregan en el Anexo II.

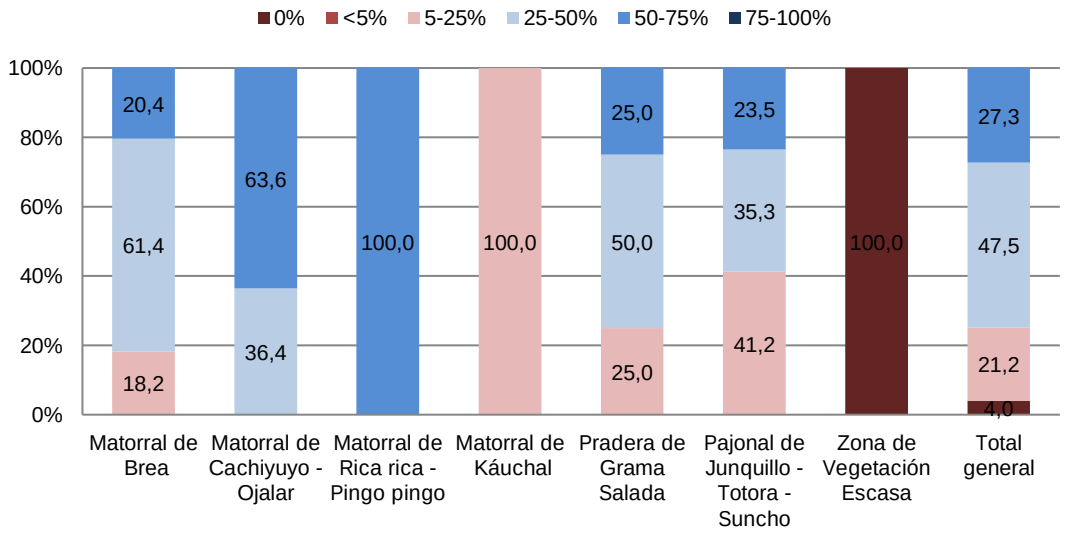
5.1.1.3 Follaje verde

Los resultados obtenidos de las mediciones de follaje verde realizadas en abril de 2018 se presentan en la Figura 5-3 y los resultados específicos para cada punto se observan en el Anexo II. Las evaluaciones realizadas en 2018 mostraron que:

- A nivel general, los puntos de muestreos se concentraron en mayor cantidad, correspondiendo a un 47,5% (47 de 99 descripciones), en la categoría de follaje verde 25-50%.
- El matorral de Brea concentró la mayor cantidad de descripciones (27 de 44), correspondientes al 61,4%, en la categoría 25 a 50% de follaje verde.

- El matorral de Cachiyuyo – Ojalar tuvo la mayor concentración de descripciones (7 de 11) en la categoría 50-75%.
- El matorral de Rica rica – Pingo Pingo reporta el 100% de sus puntos en la categoría de copa verde 50-75%.
- En el punto correspondiente al matorral de Káuchal se presenta un porcentaje de follaje verde de 5-25%.
- La pradera de Grama salada presenta la mayor parte de sus registros, 10 de 20 descripciones correspondientes al 50%, dentro de la categoría 25 a 50% de follaje verde.
- El pajonal concentra una mayor proporción de registros, 7 de 17 correspondientes al 41,2%, en la categoría de follaje verde 5-25%.
- Hubo 4 descripciones realizadas en zonas de vegetación escasa. Las zonas sin vegetación se se registran desde 2013 cuando tuvo lugar la actualización del mapa.

Figura 5-3. Proporción de follaje verde de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia

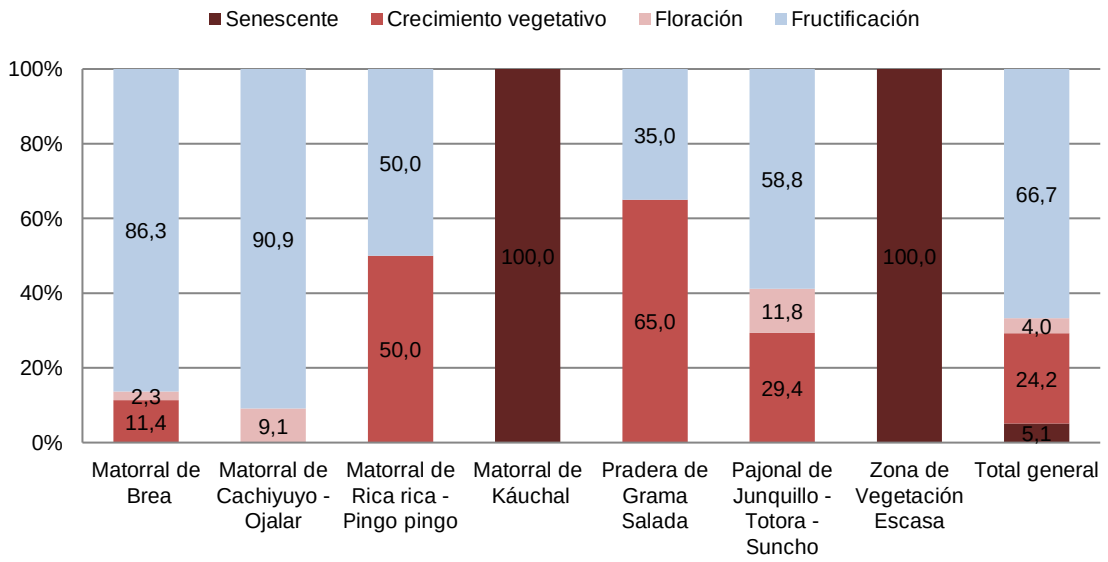
5.1.1.4 Fenología

Los resultados obtenidos de los estados fenológicos observados en la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama se presentan en la Figura 5-4 y en el Anexo II. Al respecto se identifica que:

- El 66,7% de las descripciones, equivalentes a 66 de 99 descripciones, se identificaron en estado fenológico de fructificación.
- Las descripciones ejecutadas en matorral de Brea, Cachiyuyo-Ojalar y pajonal de Junquillo-Totora-Suncho reportaron dominancia de fructificación.
- El matorral de Rica rica – Pingo pingo presenta la misma proporción de registros en fructificación y crecimiento vegetativo.
- El matorral de Káuchal se encontraba en estado fenológico de senescencia (Figura 5-4).

- Por último, la Pradera de Grama salada presenta la mayor parte de los registros sólo con crecimiento vegetativo (65,0%).

Figura 5-4. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia

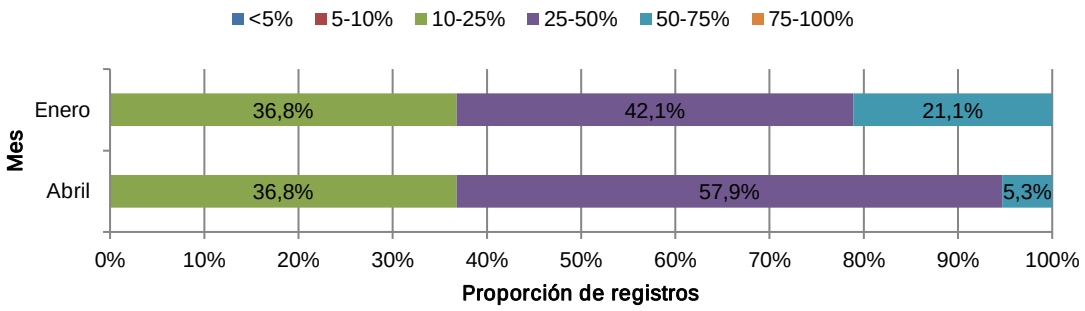
5.1.2 Monitoreo en Zona de Conexión vegetación- acuífero

5.1.2.1 Cobertura de la unidad de vegetación

La Figura 5-5 y Tabla 5-2 muestran los resultados obtenidos de las mediciones de cobertura de la unidad de vegetación realizadas en enero y abril de 2018 en la zona de conexión vegetación-acuífero. El detalle de las descripciones vegetacionales se entregan en el Anexo III.

Los resultados muestran que en ambas evaluaciones la mayor parte de los registros identificó unidades de vegetación con coberturas que oscilaban entre 25% y 50%. En el mes de enero un 42% de las descripciones tuvo la cobertura antes mencionada, mientras que en el mes de abril, se identifica un 57,9% de las descripciones de unidades de vegetación. El porcentaje de registros con cobertura entre 10% y 25% se mantuvo en ambas evaluaciones (7 descripciones) (Figura 5-5).

Figura 5-5. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetación. Campañas de enero y abril de 2018.



Valor señalado corresponde a la proporción (%) sobre la base de un total de 19 descripciones.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-2: Total de puntos de monitoreo por categoría de cobertura de la unidad de vegetación. Zona de conexión vegetación-acuífero. Mediciones de enero y abril de 2018.

Cobertura de la unidad de vegetación	Enero		Abril	
	Puntos de monitoreo	(%)	Puntos de monitoreo	(%)
<5%	-	-	-	-
5-10%	-	-	-	-
10-25%	7	36,8	7	36,8
25-50%	8	42,1	11	57,9
50-75%	4	21,1	1	5,3
75-100%	-	-	-	-
Total	**19**	**100,0**	**19**	**100,0**

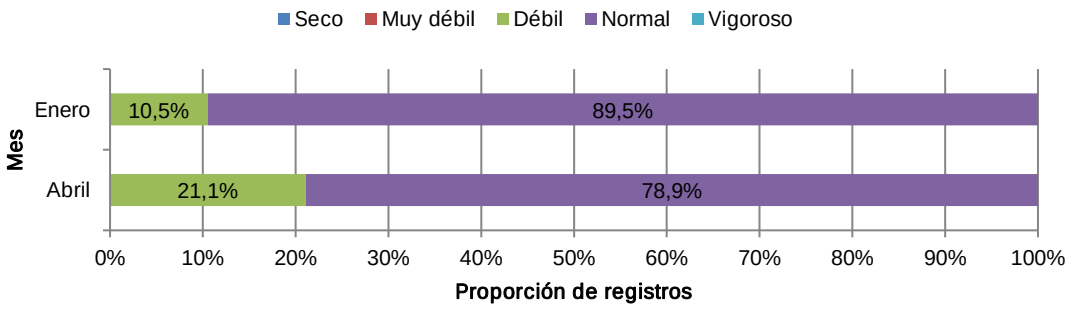
Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 Estado vital

La Figura 5-6 y Tabla 5-3 muestra los resultados obtenidos en cuanto a la vitalidad de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año.

Con relación a la vitalidad de la vegetación, los registros obtenidos en enero y abril de 2018 se distribuyen sólo entre la categoría débil o normal. En enero de 2018, un 89,5% (17 de los 19 puntos de muestreo) presentaron una vitalidad considerada normal y el 10,5% restante (2 registros) presentó vitalidad débil. Por su parte, las mediciones realizadas en abril de 2018 mostraron que el 78,9% (15 de 19 puntos de muestreo) presentó una vitalidad normal, en tanto que el 21,1% restante (4 registros) presentaron una vitalidad catalogada como débil.

Figura 5-6. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de vitalidad de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2018.



Fuente: Elaboración propia

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

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad					Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	
2018	Enero	0	0	2	17	0	19
	Abril	0	0	4	15	0	19

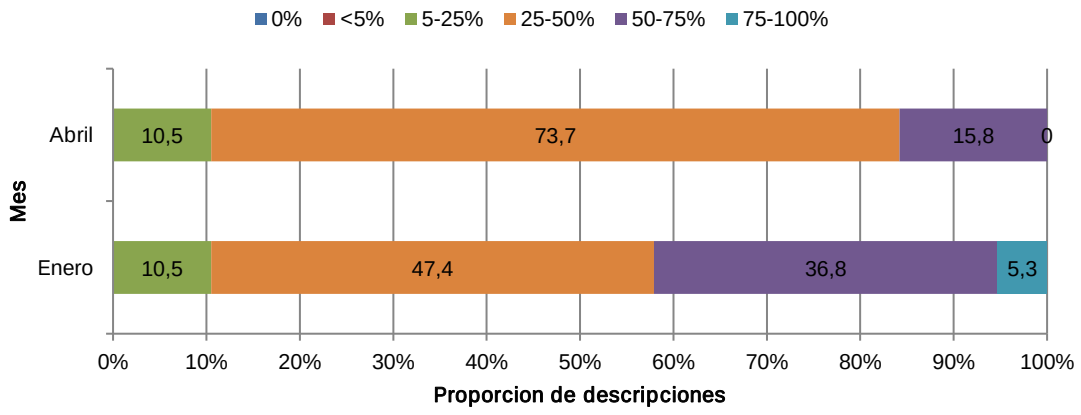
Fuente: Elaboración propia

5.1.2.3 Follaje verde

La Figura 5-7 y Tabla 5-4 muestra los resultados obtenidos en cuanto al follaje verde de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año.

En cuanto al porcentaje de follaje verde, los resultados obtenidos en enero muestran que los registros se concentran en las categorías de 25-50% y 50-75%, con 9 y 7 registros respectivamente. En tanto que, los resultados de abril el follaje verde se reduce, esto se puede observar porque aumentan los registros con follaje en la categoría 25-50%. En abril, comparado con enero, se observa que disminuyen los registros con porcentaje de follaje verde entre 50- 75% y 75-100%.

Figura 5-7. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de follaje verde de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2018.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas enero-abril de 2018.

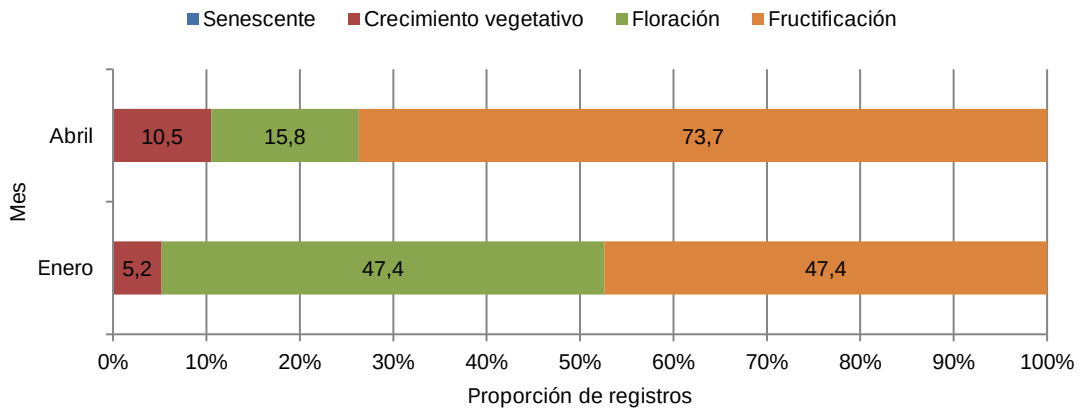
Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Proporción de follaje verde						Total
		0	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
2018	Enero	0	0	2	9	7	1	19
	Abril	0	0	2	14	3	0	19

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.4 Estado fenológico

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

Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por categorías de fenología de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2018.



Fuente: Elaboración propia

En el monitoreo ejecutado en el mes de enero se identifica las plantas se encuentran en desarrollo de sus procesos reproductivos, donde las fases fenológicas de floración y fructificación son las más abundantes. Para el mes de abril, se identifica el final del proceso reproductivo, donde 14 de los 19 puntos (73,7%) se identificaron en la fase fenológica de fructificación.

Tabla 5-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2018.

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica				Total
		Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	
2018	Enero	0	1	9	9	19
	Abril	0	2	3	14	19

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Monitoreo de algarrobos (*Prosopis flexuosa*)

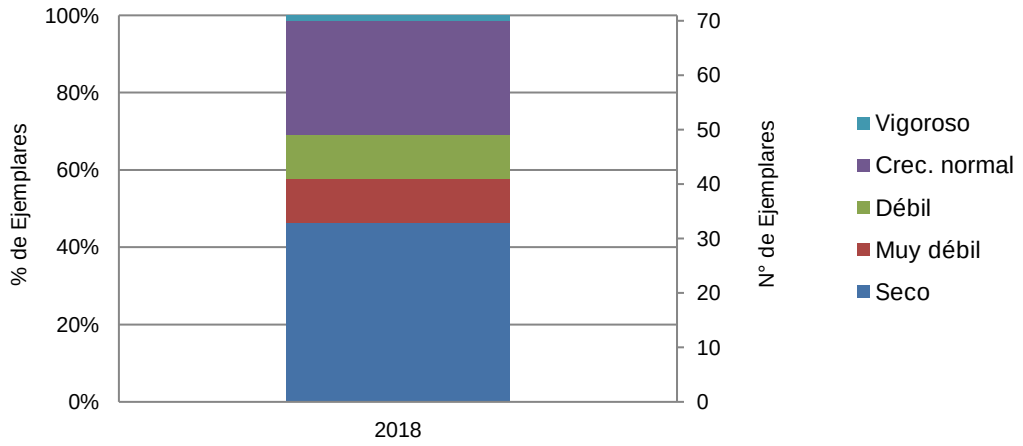
En esta sección se exponen los resultados de las mediciones de Vitalidad, Porcentaje de copa viva (%), daño y fenología, efectuadas durante abril de 2018 en la población de Algarrobos (*Prosopis flexuosa*) ubicada en las inmediaciones del pozo Camar 2. El Anexo V y VI contiene los datos y registros fotográficos de cada ejemplar evaluado durante la presente campaña de terreno.

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

5.1.3.1 Estado vital

Los resultados obtenidos de las mediciones de vitalidad en los ejemplares realizados durante abril de 2018, se presentan en la Figura 5-9 y Tabla 5-6. Los resultados muestran que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 38 de ellos (53,6%) presentan una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso y 33 ejemplares (46,4%) se encuentran con vitalidad seca. En esta última categoría se incluyen 9 individuos reportados como desprendidos o que desaparecieron del área de estudios producto de escorrentías que se han producido en los últimos años[2].

Figura 5-9. Vitalidad de los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-6. Vitalidad de los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018

Estado Vital	Nº de árboles	% de Individuos
Ejemplar seco	33*	46,4
Ejemplar muy débil	8	11,3
Ejemplar débil	8	11,3
Ejemplar de crecimiento normal	21	29,6
Ejemplar excepcionalmente vigoroso	1	1,4
Total	**71**	**100**

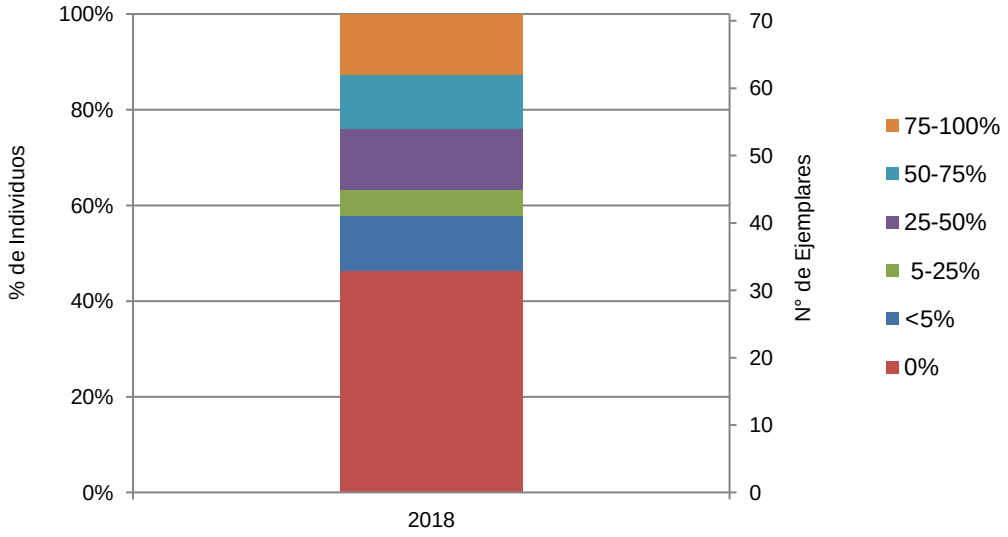
*: Valor incluye los 9 ejemplares que han sido identificados como desprendidos o desaparecidos
Fuente: Elaboración propia.

[2] A20 : Ejemplar registrado como desprendido a partir del año 2014; A24: Ejemplar registrado como desaparecido a partir del año 2014; A56: Ejemplar registrado como desaparecido a partir de abril 2018 por efecto de alud de barro que descendió desde Camar; A57: Ejemplar registrado como desaparecido a partir de abril 2017; A65: Ejemplar registrado como desprendido a partir de diciembre 2017; A66: Ejemplar registrado como desprendido a partir del año 2008; A68: Ejemplar registrado como desaparecido a partir de 2012; A69 Ejemplar registrado como desaparecido a partir de 2012; A71: Ejemplar registrado como desprendido a partir del año 2012.

5.1.3.2 Porcentaje de Copa Viva

Los resultados de las mediciones de copa viva realizadas sobre los Algarrobos en 2018 se muestran en la Figura 5-10 y en la Tabla 5-7. En ellas se observa que el mayor número de ejemplares presenta la clasificación 0% o sin copa viva, con 33 individuos, (46,4% de individuos). Por otra parte, en las categorías 75 a 100% y 25 a 50 % de copa verde se registran 9 ejemplares respectivamente (12,7% de individuos). Situación similar se observa en dos de las categorías restantes (50 a 75% y <5% de copa verde), registrándose 8 ejemplares para cada una de las categorías (11,3% de individuos). Por último, la categoría 5-25% de copa verde presenta el número de individuos más bajo, con 4 ejemplares en la presente campaña (5,6% de individuos).

Figura 5-10. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-7. Proporción (%) de follaje verde de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018.

% Follaje verde	Nº de árboles	% de Individuos
0	33*	46,4
<5	8	11,3
5-25	4	5,6
25-50	9	12,7
50-75	11	11,3
75-100	9	12,7
Total	**71**	**100,0**

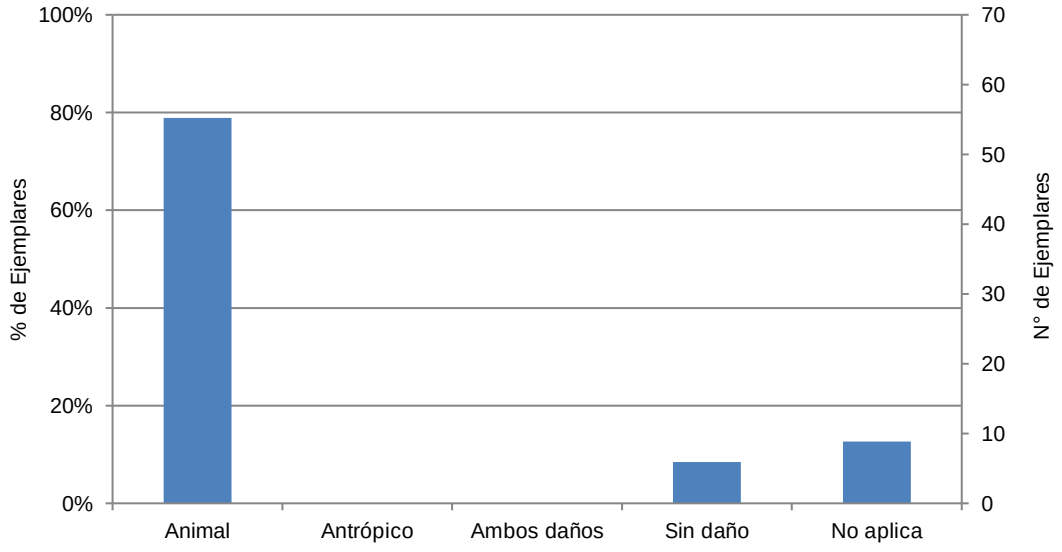
*: Valor incluye los 9 ejemplares que han sido identificados como desprendidos o desaparecidos.
Fuente: Elaboración propia

5.1.3.3 Daño

En la campaña de monitoreo abril de 2018 se tomó por segundo año consecutivo datos sobre el tipo de daño que presentan los individuos. Se aclara que el daño registrado no es acumulativo y corresponde únicamente a daños registrados entre abril 2017 y la presente campaña, dado que es posible diferenciar el momento en el cual ocurrió en relación con el año anterior. Los resultados se muestran a continuación en la Figura 5-11 y Tabla 5-8.

Las mediciones muestran que el mayor número de ejemplares (56) presentaron ramoneo (78,8% de individuos). Por otra parte 6 individuos (8,5% de individuos) no presentaron ningún daño. No existen ejemplares con presencia de daño antrópico. Por último, existen 9 ejemplares (12,7% de individuos) no evaluados en este parámetro ya que han sido desprendidos o desaparecieron del área de estudio (Véase nota al pie 2).

Figura 5-11. Presencia de daño en los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-8. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018

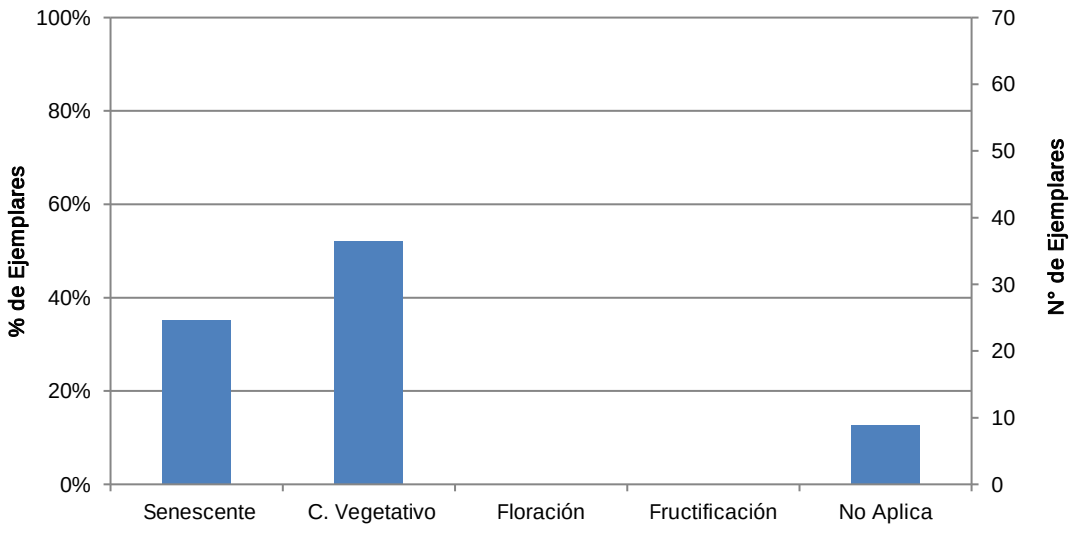
Daño	N° de árboles	% de individuos
Ambos daños	0	0,0
Daño animal	56	78,8
Daño antrópico	0	0,0
Sin daño	6	8,5
No aplica	9*	12,7
Total	**71**	**100,0**

*: Valor incluye los 9 ejemplares que han sido identificados como desprendidos o desaparecidos.
Fuente: Elaboración propia

5.1.3.4 Fenología

Los resultados de las mediciones de Fenología realizadas en abril de 2018 se muestran en la Figura 5-12 y en la Tabla 5-9. La mayor cantidad de ejemplares presenta Crecimiento vegetativo que corresponden a 37 individuos (52,1% del total), entre los restantes, 25 ejemplares (35,2% del total) fueron clasificados como senescentes y 9 ejemplares (12,7%) no aplicaron a clasificación, ya que fueron desprendidos o desaparecieron del área de estudio (Véase nota al pie 2). La categoría Floración y Fructificación no registra ejemplares.

Figura 5-12. Fenología en los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-9. Fenología en ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2018

Fenología	N° de árboles	% de individuos
Senescente	25	35,2
Crecimiento vegetativo	37	52,1
Floración	0	0,0
Fructificación	0	0,0
No aplica	9	12,7
Total	**71**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia

5.2 Flora

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo del componente flora efectuado en abril de 2018, el que comprende el seguimiento de la riqueza y abundancia de especies presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Además, se evalúa el pH y salinidad del suelo en la zona de mayor desarrollo radicular de las plantas (suelo mineral superficial).

5.2.1 Riqueza florística

La riqueza florística registrada en el monitoreo del año 2018 fue de 13 taxa. Estos se agruparon en 8 familias, donde *Chenopodiaceae* fue la más representadas con 4 taxa (Tabla 5-13). Se registraron 4 taxa fuera de los puntos de muestreo (FP).

Tabla 5-10. Frecuencia de las especies durante la campaña 2018

Tipo de registro	División	Familia	Especie
Punto de muestreo	Magnoliophyta	Verbenaceae	*Aloysia deserticola*
	Magnoliophyta	Chenopodiaceae	*Atriplex atacamensis*
	Magnoliophyta		*Atriplex imbricata*
	Magnoliophyta		*Nitrophila atacamensis*
	Magnoliophyta		*Sarcocornia andina*
	Magnoliophyta	Asteraceae	*Baccharis juncea*
	Magnoliophyta		*Tessaria absinthioides*
	Magnoliophyta	Poaceae	*Distichlis spicata*
	Magnoliophyta		*Festuca hypsophila*
	Magnoliophyta	Juncaceae	*Juncus balticus*
	Magnoliophyta	Solanaceae	*Lycium humile*
	Magnoliophyta	Cyperaceae	*Schoenoplectus americanus*
	Magnoliophyta	Juncaginaceae	*Triglochin concinna*
Fuera de punto de muestreo	Magnoliophyta	Solanaceae	*Exodeconus integrifolius*
	Pinophyta	Ephedraceae	*Ephedra multiflora*
	Magnoliophyta	Fabaceae	*Hoffmannseggia doellii ssp. doellii*
	Magnoliophyta	Boraginaceae	*Tiquilia atacamensis*

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5-11 expone la clasificación de las taxa según hábito de crecimiento. Se observa que para los taxa registrados en los puntos de muestreo, el hábito hierba perenne tuvo la mayor incidencia con 6 especies (46,2% del total de taxa). Las especies con hábito arbustivo también fueron 6 (46,2% del total de taxa), mientras que, sólo se registró 1 taxa con hábito de hierba anual (7,6% del total de taxa). El hábito suculento no presentó participación para el 2018.

Para los registros fuera de punto de muestreo (FP), las hierbas perennes registraron 2 taxa (50,0% del total de taxa), los hábitos arbustivos y hierbas anuales sólo registraron 1 taxa cada uno (25% del total de taxa cada uno). Tampoco se observaron taxa con hábito suculento (Tabla 5-11).

Tabla 5-11: Hábito de crecimiento de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Hábito de crecimiento	Puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo		Total
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación	
Arbusto	6	46,2	1	25,0	7
Hierba perenne	6	46,2	2	50,0	8
Hierba anual	1	7,6	1	25,0	2
Suculento	0	0,0	0	0,0	0
Total	**13**	**100,0**	**4**	**100,0**	**17**

Fuente: Elaboración propia

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

Por otro lado, de las taxa registradas fuera de los puntos de muestreo, 2 correspondieron a Endémicas y 2 especies Nativas (50,0% del total de taxa). Tampoco se registran especies introducidas e indeterminadas (Tabla 5-12).

Tabla 5-12. Origen biogeográfico de la flora del Borde Este del Salar de Atacama

Origen biogeográfico	Puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo		Total
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación	
Nativo	11	84,6	2	50,0	13
Endémico	2	15,4	2	50,0	4
Introducido	0	0	0	0,0	0
Indeterminado	0	0	0	0,0	0
Total	**13**	**100,0**	**4**	**100,0**	**17**

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Frecuencia y abundancia de la flora

En la Tabla 5-13 se presenta la frecuencia de las 13 especies registradas en los 75 puntos de muestreo correspondientes a la campaña de monitoreo abril de 2018. La especie más frecuente corresponde a *Tessaria absinthioides* que fue registrada en 35 puntos de muestreo (46,7% del total de puntos de muestreo). En segundo lugar, se encuentra *Distichlis spicata*, presente en 21 puntos de muestreo (el 28% del total de puntos de muestreo), seguido por *Nitrophila atacamensis* en 7 puntos de muestreo (9,3% del total de puntos de muestreo), *Juncus balticus* y *Atriplex atacamensis* se observan en 5 puntos de muestreo cada una (8,0% del total de puntos de muestreo).

Tabla 5-13. Frecuencia de las especies durante la campaña 2018

Especie	N° de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
Aloysia deserticola	2	2,7
Atriplex atacamensis	5	6,7
Atriplex imbricata	1	1,3
Baccharis juncea	1	1,3
Distichlis spicata	21	28,0
Festuca hypsophila	1	1,3
Juncus balticus	5	6,7
Lycium humile	2	2,7
Nitrophila atacamensis	7	9,3
Sarcocornia andina	1	1,3
Schoenoplectus americanus	1	1,3
Tessaria absinthioides	35	46,7
Triglochin concinna	2	2,7

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo IV se entrega el detalle de cobertura por especie registrado en la campaña 2018.

5.2.3 Caracterización del pH del sustrato

En la presente sección se presentan los resultados de la caracterización del pH del sustrato reportada para el año 2018. De acuerdo con la legislación actual, los ensayos de pH se deben realizar a través de una ETFA con certificación vigente según lo dispuesto por la Resolución Exenta N° 986/2016. A raíz de esto, se enviaron las muestras al laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A.

Junto con esto, se enviaron muestras tomadas desde los mismos puntos a la empresa Agroanálisis UC, conforme se ha realizado desde el año 2012 en adelante. Las metodologías que emplean los laboratorios señalados para la determinación del pH son distintas, y por lo tanto no son comparables. En este sentido, enviar las muestras a la empresa Agroanálisis UC se justifica en la medida que permite mantener la trazabilidad histórica del monitoreo.

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

El pH reportado por el Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A. varió entre las categorías ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino para los 75 puntos de muestreo (Tabla 5-14). El sustrato registró en 46 puntos de muestreo (61,3%) un pH moderadamente alcalino, en 26 puntos de muestreo (34,7%) registró un pH fuertemente alcalino, en 2 puntos de muestreo (2,7%) fue un pH ligeramente alcalino y en 1 punto de muestreo (1,3%) se detectó un pH muy fuertemente alcalino.

Tabla 5-14. Rangos de pH del suelo obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
Extremadamente ácido	3,5 – 4,4		-	-
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0		-	-
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5		-	-
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0		-	-
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5		-	-
Neutro	6,6 – 7,3		-	-
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		2	2,7
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		46	61,3
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		26	34,7
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		1	1,3
Total			**75**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-15 presenta el valor de pH obtenido en el laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A para los transectos de muestreo de flora, desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha).

Tabla 5-15. Distribución de rangos de pH obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018.

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

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2 Agroanálisis UC

Los resultados de pH desarrollados por el Laboratorio Agroanálisis están presentados en la Tabla 5-16. Las muestras de suelo variaron su pH entre las categorías ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino. El sustrato registró en 57 puntos de muestreo (76,0%) un pH moderadamente alcalino, en 14 puntos de

muestreo (18,7%) se obtuvo un pH fuertemente alcalino y en 4 puntos de muestreo (5,3%) fue ligeramente alcalino

Tabla 5-16. Rangos de pH del suelo obtenida del Laboratorio Agroanálisis UC en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
Extremadamente ácido	3,5 – 4,4		-	-
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0		-	-
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5		-	-
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0		-	-
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5		-	-
Neutro	6,6 – 7,3		-	-
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		4	5,3
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		57	76,0
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		14	18,7
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		-	-
Total			**75**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-17 presentan los valores de pH obtenidos del laboratorio Agroanálisis UC para los transectos de muestreo de flora, estos se presentan desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha).

Tabla 5-17. Distribución de rangos de pH obtenida del Laboratorio Agroanálisis UC en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018.

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

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Caracterización de la salinidad del sustrato

Del mismo modo que para la caracterización del pH del sustrato, los ensayos de salinidad se deben realizar a través de una ETFA con certificación vigente según lo dispuesto por la Resolución Exenta N° 986/2016. A raíz de esto, se enviaron las muestras al laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A.

Junto con esto, se enviaron muestras tomadas desde los mismos puntos a la empresa Agroanálisis UC conforme se ha realizado desde el año 2012 en adelante. Esto debido a que las metodologías que emplean ambos laboratorios para la determinación de la salinidad son distintas, y por lo tanto no son comparables. También tienen por objetivo mantener la trazabilidad de los datos.

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

En la Tabla 5-18 se resumen los resultados obtenidos para la salinidad medidos por el Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A, para el muestreo de abril de 2018. Los resultados indican que los puntos de muestreo registran sustratos fuertemente salinos. En 48 puntos de muestreo (64,0% del total de puntos de muestreo) se aprecia que tuvieron una salinidad superior a 6,07 dS/m. Le sigue la categoría moderadamente salina con 15 puntos de muestreo, luego el suelo ligeramente salino con 6 puntos de muestreo y finalmente el suelo ligeramente salino, con 5 puntos de muestreo. Solamente 1 punto registrado presenta suelo no salino.

Tabla 5-18. Rangos de conductividad eléctrica obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	Nº de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
No salino	0 – 0,98		1	1,3
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71		6	8,0
Ligeramente salino	1,71 – 3,16		5	6,7
Moderadamente salino	3,16 – 6,07		15	20,0
Fuertemente salino	> 6,07		48	64,0
Total			**75**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-19 presenta los valores obtenidos en el Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A para la medición de C.E. en cada uno de los transectos de muestreo de flora. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal (Este) hacia el núcleo del Salar (Oeste).

Tabla 5-19. Conductividad eléctrica (dS/m) obtenida del Laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A en cada transecto de muestreo de flora. Campaña abril de 2018

Transecto	Margen del salar (Este)																		Núcleo del salar (Oeste)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	1,39	8,12	9,33	14,64	8,48	9,52	4,21	3,42	6,41	8,39	4,30	1,79	2,35	10,61	3,22	3,07	16,64	18,61	19,33
TF2	1,18	10,56	27,40	14,35	10,32	4,92	3,34	7,45	3,16	1,32	7,70	1,35	1,34	1,0					
TF3	10,71	6,64	6,62	7,86	5,21	3,33	6,40	4,65	3,88	8,61									
TF4	0,63	3,46	18,84	13,11	8,31	7,54	14,63	13,43	13,79										
TF5	6,16	11,26	9,50	3,11	22,30	43,60	23,50	17,54	20,04	2,88	7,26	20,4	5,90	5,58					
TF6	12,67	8,95	9,17																
TF7	36,90	6,07	6,53	7,36	3,80	7,46													

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.2 Análisis complementarios: Agroanálisis UC

En la Tabla 5-20 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 2018. Los resultados del laboratorio Agroanálisis UC indican que la flora se desarrolla en un sustrato fuertemente salino, presentando 60 puntos de muestreo (80,0%) con una salinidad superior a 6,07 dS/m. El suelo moderadamente salino presentó 10 puntos de muestreo, seguido del suelo ligeramente salino y muy ligeramente salino, con 2 puntos de muestreo cada uno. Solamente 1 punto registro suelo no salino.

Tabla 5-20. Rangos de conductividad eléctrica del suelo obtenida del Laboratorio Agroanálisis en transectos de muestreo de flora. Campaña abril de 2018

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	Nº de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
No salino	0 – 0,98		1	1,3
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71		2	2,7
Ligeramente salino	1,71 – 3,16		2	2,7
Moderadamente salino	3,16 – 6,07		10	13,3
Fuertemente salino	> 6,07		60	80,0
Total			**75**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-21 presenta los valores obtenidos en el Laboratorio Agroanálisis para la medición de C.E. en cada uno de los transectos de muestreo de flora. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal (Este) hacia el núcleo del Salar (Oeste).

Tabla 5-21. Conductividad eléctrica (dS/m) obtenida del Laboratorio Agroanálisis en cada transecto de muestreo de flora. Campaña abril de 2018

Transecto	Margen del salar (Este)																		Núcleo del salar (Oeste)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	1,28	14,40	16,10	19,60	9,31	13,00	5,77	10,20	10,90	11,00	29,40	7,01	8,62	14,60	5,99	6,55	12,50	11,60	5,94
TF2	1,56	13,20	36,90	7,81	21,80	6,07	8,12	1,95	5,00	4,57	8,50	3,65	5,46	4,20					
TF3	18,50	22,10	14,80	8,00	10,30	6,36	10,20	6,70	28,40	32,90									
TF4	0,33	2,72	20,90	15,10	11,30	11,90	24,80	32,30	20,30										
TF5	17,30	16,20	19,30	4,75	29,00	51,80	34,10	40,00	29,80	4,58	31,50	15,30	9,59	11,60					
TF6	34,30	8,10	16,80																
TF7	48,50	14,00	19,90	10,20	7,48	12,10													

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Fauna

5.3.1 Riqueza y caracterización de especies

En la campaña de abril 2018 se registraron 24 especies: tres reptiles, quince aves y seis mamíferos (Anexo IX). Todas las especies consideradas son nativas, donde dos de ellas son endémicas, las cuales pertenecen a la clase Reptilia (*Liolaemus constanzae* y *L. fabiani*). Por su parte, diez especies se encuentran clasificadas en categoría de conservación; seis por el Reglamento de Clasificación de Especies y cinco de acuerdo con el Reglamento de Ley de Caza (D.S. N° 05/98).

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 catastro de fauna.

5.3.2 Abundancia de Reptiles

La abundancia de reptiles se presenta en la Tabla 5-22. La especie con mayor abundancia fue *Liolaemus fabiani* (lagartija de Fabián), seguido de *Liolaemus constanzae* (lagartija de Constanza). Por otra parte, la especie que fue detectada en un mayor número de transectos fue *L. constanzae*.

En el caso de *L. constanzae* sólo fue registrada en los sectores de Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM, y en los hábitats en los cuales se constató su presencia durante la presente temporada fueron los ambientes de Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal, siendo registrada en 6 de los 17 transectos prospectados. La abundancia promedio para *L. constanzae* varió entre 0,3 y 2,0 individuos/transecto.

Por su parte, *L. fabiani* fue registrada en 5 de los 17 transectos realizados, detectándose en tres sectores: Vega de Carvajal, Cruce Camar y Laguna Interna. Esta especie fue observada en los ambientes de Brea-Cachiyuyo, Pajonal, Marginal Salar y Salar. Al igual que en temporadas anteriores, su presencia en estos

últimos tres hábitats, indican que su actividad se encuentra asociada principalmente a los bordes de cuerpos de agua (lagunas) y/o a costras salinas. La abundancia promedio para *L. fabiani* varió entre 0,3 y 2,7 individuos/transecto.

Por su parte, *Liolaemus puna* (lagartija de la Puna) se encontró sólo en 1 de los 17 transectos prospectados, observándose sólo en el sector Cruce Camar, en el hábitat de Pajonal. La abundancia promedio para *Liolaemus puna* fue de 0,3 individuos/transecto (un ejemplar registrado). En este mismo sector y ambiente, se encontró compartiendo con las especies *L. constanzae* y *L. fabiani* (hábitat de Pajonal).

En el presente monitoreo, la especie con mayor abundancia correspondió a *L. fabiani*, con una abundancia promedio de 1,4 ind/transecto, seguida por *Liolaemus constanzae* con una abundancia promedio de 0,8 ind/transecto. Por último, *Liolaemus puna* mostró el menor valor de abundancia promedio con 0,3 ind/transecto.

Tabla 5-22. Abundancias de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	0
	2	Brea–Cachiyuyo	Sin registros	0
	3	Pajonal	*L. fabiani*	2,7(**)
	4	Marginal Salar	*L. fabiani*	1,7
Cruce Camar	5	Rica rica–Pingo pingo	*L. constanzae*	0,3
	6	Brea–Cachiyuyo	*L. fabiani*	0,3
	7	Pajonal	*L. constanzae*	0,3
			L. fabiani	1,7
			L. puna	0,3
	8	Marginal de Salar	Sin registros	0
Aguas de Quelana	9	Rica rica–Pingo pingo	*L. constanzae*	1,3(**)
	10	Brea–Cachiyuyo	*L. constanzae*	0,3
	11	Pajonal	Sin registros	0
	12	Marginal de Salar	Sin registros	0
Cruce SQM	13	Rica rica–Pingo pingo	*L. constanzae*	2,0
	14	Brea–Cachiyuyo	*L. constanzae*	0,3
	15	Pajonal	Sin registros	0
	16	Marginal de Salar	Sin registros	0
Laguna Interna	17	Salar	*L. fabiani*	0,7

(*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m. (un transecto por tres días).
(**) Al menos un ejemplar registrado fuera del tiempo de recorrido (fuera de transecto). Estos ejemplares no son incluidos en el cálculo de Abundancia.
Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Abundancia de avifauna

5.3.3.1 Abundancia de aves en ambientes terrestres

Durante la temporada de abril de 2018, a partir de evidencia directa (avistamiento) e indirecta (huellas), se obtuvieron registros para aves en 7 de los 17 transectos. Los avistamientos corresponden a cinco especies (Tabla 5-23), entre las que se incluye la presencia de un grupo de flamencos en vuelo en el sector Vega de Carvajal en el ambiente Marginal de Salar.

De las siete especies avistadas en los transectos, tres corresponden a aves acuáticas (*Phoenicoparrus jamesi, Charadrius alticola* y *Calidris bairdii*) y dos especies son terrestres (*Metriopelia aymara y Lessonia oreas).* Las especies acuáticas fueron registradas en los ambientes Marginal de Salar (Vegas de Carvajal, Cruce Camar y Cruce SQM) y Rica rica – Pingo pingo (Cruce SQM), en tanto que las especies terrestres fueron avistadas en los ambientes de Rica rica – Pingo pingo de Cruce Camar y Cruce SQM, y en ambiente de Pajonal ubicado en el Cruce Camar (Tabla 5-23). Las abundancias de aves en ambientes terrestres variaron entre los 0,3 y 14,0 individuos/transecto, contabilizando un total de 49 ejemplares avistados en los transectos.

Tabla 5-23. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama. Campaña 208.

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	0,0
	2	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	0,0
	3	Pajonal	Sin registros	0,0
	4	Marginal de Salar	*Phoenicoparrus jamesi*	14,0(**)
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	*Metriopelia aymara*	0,3
	6	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	0,0
	7	Pajonal	*Lessonia oreas*	0,3
	8	Marginal de Salar	*Calidris bairdii*	0,3
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	Sin registros	0,0
	10	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	0,0
	11	Pajonal	Sin registros	0,0
	12	Marginal de Salar	Sin registros	0,0
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	*Charadrius alticola*	0,3
			Metriopelia aymara	0,7
	14	Brea-Cachiyuyo	Sin registros	0,0
	15	Pajonal	Sin registros	0,0
	16	Marginal de Salar	*Calidris bairdii*	0,3
Laguna Interna	17	Salar	Sin registros	0,0

(*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m. (un transecto por tres días).
(**) Al menos un ejemplar registrado fuera del tiempo de recorrido (fuera de transecto). Estos ejemplares no son incluidos en el cálculo de Abundancia.
Fuente: Elaboración propia

5.3.3.2 Abundancia de aves en ambientes acuáticos

A continuación, se presentan los resultados generales de abundancia de aves en ambientes acuáticos obtenidos durante las campañas de monitoreo realizadas en abril de 2018. 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 en ambientes acuáticos en el Borde Este del Salar de Atacama

Para la presente temporada (2018), se avistó un total de 1.859 individuos pertenecientes a 14 especies, incluyendo dos Passeriformes: *Lessonia oreas* (colegial del norte), el que usualmente se encuentra asociado a cuerpos de agua, y *Pygochelidon cyanoleuca* (golondrina de dorso negro), ambas detectadas en la franja de vegetación palustre (i.e. juncal) (Tabla 5-24).

En términos de riqueza de especies en los distintos sistemas lacustres prospectados, el Sistema de Soncor presenta once especies, siendo seguido por el Sistema de Aguas de Quelana con nueve especies, mientras que el Sistema Peine registró seis especies durante la presente temporada. Por su parte, considerando la riqueza en los distintos cuerpos de agua dentro de los sistemas, la Laguna Chaxa en el sistema Soncor presenta ocho especies, un cuerpo de agua del Sistema Aguas de Quelana presentó cinco especies, mientras que en la Laguna Salada y Laguna Interna pertenecientes al Sistema Peine, se observaron tres especies (Tabla 5-25).

Las especies más abundantes corresponden a *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) con 921 individuos,*Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 350 individuos, *Tringa flavipes* (pitotoy chico) con 190 individuos, *Recurvirostra andina* (caití) con 178 individuos, y *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 90 individuos. Por su parte, las especies con menor abundancia corresponden a *Fulica ardesiaca* (Tagua andina), *Lessonia oreas* (colegial del norte) *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor), cada una con un individuo registrado (Tabla 5-25).

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

Tabla 5-24. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campaña 2018

Especie	Ejemplares
*Calidris bairdii**	90
Charadrius alticola	23
Charadrius sp.	6
Chroicocephalus serranus (Larus serranus)	19
Fulica ardesiaca	1
Lessonia oreas	1
*Phalaropus tricolor**	1
Phoenicoparrus andinus	921
Phoenicoparrus jamesi	37
Phoenicopterus chilensis	350
Pollos de flamencos	8
Pygochelidon cyanoleuca	30
Recurvirostra andina	178
*Tringa flavipes**	190
*Tringa melanoleuca**	4
N° especies	**14**
N° individuos	**1.859**

* 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 5-25. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama Campaña 2018

Especies	Soncor				Aguas de Quelana	Peine		
	Puilar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto		Salada	Saladita	Interna
Calidris bairdii		11	12	49	16			2
Charadrius alticola	2	1	5		15			
Charadrius sp.					3			3
Chroicocephalus serranus (Larus serranus)		14	2	3				
Fulica ardesiaca				1				
Lessonia oreas					1			
Phalaropus tricolor		1						
Phoenicoparrus andinus	262	401	39	78	21	102	15	3
Phoenicoparrus jamesi	7	18			7		5	
Phoenicopterus chilensis	116	18	40	24	3	149		
Pollos de flamencos		8						
Pygochelidon cyanoleuca		30						
Recurvirostra andina			12	114	24	28		
Tringa flavipes				190				
Tringa melanoleuca					4			
N° de especies por laguna	**4**	**8**	**6**	**7**	**9**	**3**	**2**	**3**
N° de especies por sistema	**11**				**9**	**6**		
N° de individuos	**387**	**502**	**110**	**459**	**94**	**279**	**20**	**8**

Fuente: Elaboración propia

ii. Abundancia de aves en el Sistema Lacustre Soncor

Considerando los cuatro sectores que conforman el Sistema Lacustre Soncor se registraron once especies de aves, con un total de 1.458 individuos. Este sistema presenta cierta heterogeneidad en cuanto a la riqueza y abundancia en las lagunas que lo conforman, pese a la cercanía entre los diferentes cuerpos de agua. De esta forma, en Laguna Chaxa se contabilizaron ocho especies, seguido por Canal Burro Muerto con siete especies, Laguna Barros Negros con seis especies, y finalmente Laguna Puilar con cuatro especies.

Al considerar el conjunto de cuerpos de aguas que conforman el Sistema Lacustre Soncor, la especie más abundante fue *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) con 780 ejemplares, seguida por *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 198 ejemplares, *Tringa flavipes* (pitotoy chico) con 190 ejemplares y *Recurvirostra andina* (caití) con 126 ejemplares. Entre los flamencos, *Phoenicoparrus jamesi (*parina chica) presentó solo 25 ejemplares; siendo en este sistema, específicamente en la laguna Chaxa, el único lugar donde se detectaron pollos de flamenco durante la presente campaña.

La Tabla 5-26 y Tabla 5-27 muestra los ejemplares registrados en el sector

Tabla 5-26. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2018

Especie	Ejemplares
Phoenicopterus chilensis	198
Phoenicoparrus andinus	780
Phoenicoparrus jamesi	25
Pollos de flamencos	8
Flamencos no determinados	0
Total	**1.011**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-27. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Soncor. Campaña 2018

Especie	Ejemplares
Calidris bairdii	72
Charadrius alticola	8
Chroicocephalus serranus (Larus serranus)	19
Fulica ardesiaca	1
Phalaropus tricolor	1
Pygochelidon cyanoleuca	30
Recurvirostra andina	126
Tringa flavipes	190
Total	**447**

Fuente: Elaboración propia

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

El Sistema Aguas de Quelana presentó una riqueza de nueve especies y un total de 94 ejemplares de aves. A nivel de especies, *Recurvirostra andina* (caití) fue la más abundante con 24 individuos, seguida de *Phoenicoparrus andinus* (parina grande) con 21 individuos, *Calidris bairdii* (playero de Baird) con 16 individuos, y *Charadrius alticola* (chorlo puna) con 15 individuos.

En el caso de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) y *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno), sólo fue posible registrar siete y tres ejemplares respectivamente, durante la presente temporada.

La Tabla 5-28 y Tabla 5-29 muestra los ejemplares registrados en el sector

Tabla 5-28. Abundancia de flamencos en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2018

Especie	Ejemplares
Phoenicopterus chilensis	3
Phoenicoparrus andinus	21
Phoenicoparrus jamesi	7
Pollos de flamencos	0
Flamencos no determinados	0
Total	**31**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-29. Abundancia de otras especies de aves en Sistema Lacustre Aguas de Quelana. Campaña 2018

Especie	Ejemplares
Calidris bairdii	16
Charadrius alticola	15
Charadrius sp.	3
Lessonia oreas	1
Recurvirostra andina	24
Tringa melanoleuca	4
Total	**63**

Fuente: Elaboración propia

iv. Abundancias de aves en el Sistema Lacustre Peine

El Sistema Lacustre de Peine presentó una riqueza total de seis especies de aves durante la temporada 2018. No se apreciaron grandes diferencias en cuanto a riqueza de especies entre las distintas lagunas de este sistema, con tres especies en Laguna Salada y Laguna Interna, mientras que Laguna saladita presentó dos especies.

Sin embargo, la mayor abundancia se evidenció en Laguna Salada, con 279 ejemplares avistados, representados principalmente por flamenco chileno y parina grande. Por su parte, en Laguna Saladita se detectaron 20 aves y en Laguna Interna solo ocho individuos (Tabla 5-25).

A nivel de especies se observó una mayor abundancia de *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno) con 149 ejemplares, seguido por *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), con 120 individuos y *Recurvirostra andina* (caití) con 28 ejemplares. Cabe mencionar que, al igual que en el año 2017, en la Laguna Saladita sólo hubo avistamientos de flamencos, no registrándose otras especies de aves.

Los resultados para el sector se muestran en la Tabla 5-30 y Tabla 5-31

Tabla 5-30. Abundancia de flamencos en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2018

N° de ejemplares por especie						
Laguna	Phoenicopterus chilensis	Phoenicoparrus andinus	Phoenicoparrus jamesi	Pollos de flamencos	Flamencos no determinados	Total
Salada	149	102				251
Saladita		15	5			20
Interna		3				3
Total Sist. Peine	149	120	5	0	0	274

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-31. Abundancia de otras especies de aves en las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Campaña 2018

N° de ejemplares por especie				
Laguna	Charadrius sp.	Recurvirostra andina	Calidris bairdii	Total
Laguna Salada		28		**28**
Laguna Saladita				**0**
Laguna Interna	3		2	**5**
Total Sistema Peine	**3**	**28**	**2**	**33**

Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Abundancia de mamíferos

5.3.4.1 Abundancia de micromamíferos

Los resultados para las capturas de micromamíferos se presentan en la Tabla 5-32. En la temporada 2018 se capturaron micromamíferos no fosoriales tanto en el sector de Vega de Carvajal como en el sector de Aguas de Quelana. En ambos sectores hubo registro de roedores en los tres hábitat muestreados: Rica rica-Pingo pingo, Brea-Cachiyuyo y Pajonal, donde las especies detectadas corresponden a *Abrothrix andinus* (laucha andina), *Eligmodontia puerulus* (lauchita de pie sedoso) y *Phyllotis xanthopygus* (lauchón orejudo) (Tabla 5-32). Destaca la aparición de un ejemplar de *Thylamis pallidior* (yaca del norte), en el sector de Aguas de Quelana, en el hábitat de Brea-Cachiyuyo.

En cuanto a las abundancias de ejemplares, en el sector de Vega de Carvajal se encontró el mayor número de ejemplares, específicamente en los ambientes de Brea-Cachiyuyo y Pajonal, donde hubo un predominio de las especies *Eligmodontia puerulus* y *P. xanthopygus* en el primero (15 y 20 individuos en los tres días de captura), mientras que en el ambiente de pajonal se observó una alta abundancia de *A. andinus*, con 19 ejemplares capturados. Cabe mencionar que en los análisis se descartaron las recapturas de ejemplares para el cálculo de abundancia promedio.

Por otra parte, la presencia y actividad del roedor fosorial *Ctenomys fulvus* (tuco-tuco) se detectó a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones, sólo en el sector de Vega de Carvajal durante la presente prospección. Con relación a la ocupación y preferencia de hábitat por parte de esta especie, fue detectado en los hábitats de Brea-Cachiyuyo y Pajonal. Cabe señalar que se registraron madrigueras inactivas de tuco-tuco en el ambiente de Brea – Cachiyuyo del sector de Vega de Carvajal y en el ambiente de Pajonal del sector de Aguas de Quelana. Esto permite corroborar su amplia distribución y la utilización de diversos ambientes por parte de sus poblaciones en el Borde Este del Salar de Atacama.

Tabla 5-32. Abundancias de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama. Campaña 2018

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	*Eligmodontia puerulus*	0,7
			Phyllotis xanthopygus	0,3
	2	Brea–Cachiyuyo	*Eligmodontia puerulus*	5,0
			Phyllotis xanthopygus	6,7
	3	Pajonal	*Abrothrix andinus*	6,3
Aguas de Quelana	9	Rica rica–Pingo pingo	*Eligmodontia puerulus*	0,3
	10	Brea–Cachiyuyo	*Abrothrix andinus*	0,3
			Phyllotis xanthopygus	0,7
			Thylamis pallidior	0,3
	11	Pajonal	*Phyllotis xanthopygus*	0,7

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

5.3.4.2 Abundancia de macromamíferos

El registro de macromamíferos obtenido mediante la identificación de improntas (huellas) en las estaciones de atracción olfativa, se presentan en la Tabla 5-33. Durante la presente temporada, se obtuvo registro en una de las cuatro estaciones olfativas instaladas, siendo visitada por *Pseudalopex sp.* (zorro). Los rastros de zorro fueron observados en el sector de Vega de Carvajal, en el hábitat de Brea-Cachiyuyo, no obteniéndose evidencia de su presencia en el sector de Aguas de Quelana. En este mismo sector se detectaron improntas pertenecientes a un ave (passeriforme).

Tabla 5-33. Índice de visitas de Pseudalopex sp (zorro) y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2018

Sector	Transecto	Hábitat	% Visitas (Pseudalopex sp)	Observaciones de improntas (varias)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	0	
	2	Brea-Cachiyuyo	33,3	huellas de Passeriformes
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	0	
	10	Brea-Cachiyuyo	0	

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, durante esta campaña se instalaron trampas cámara en estas cuatro estaciones, incorporando además dos estaciones en el hábitat de pajonal (Tabla 5-34). Con esto se logró obtener el registro de un zorro culpeo (*P. culpaeus*) en el sector de Vega de Carvajal, en el hábitat Rica rica–Pingo pingo. Además, se detectó un ejemplar de *Phyllotis xanthopygus* y un ejemplar de *Liolaemus fabiani*.

Tabla 5-34. Índice de visitas de Pseudalopex sp (zorro) mediante uso de Trampas Cámara.y observaciones de improntas en estaciones de atracción olfativa. Campaña 2018

Sector	Transecto	Hábitat	% Visitas (Pseudalopex sp)	Observaciones de otras especies
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	33,3*	
	2	Brea-Cachiyuyo	0	*Phyllotis xanthopygus*
	3	Pajonal	0	*Liolaemus fabiani*
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	0	
	10	Brea-Cachiyuyo	0	
	11	Pajonal	0	

*Identificado a nivel de especie (*Pseudalopex culpaeus*).
Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que, a partir de registros obtenidos fuera de la metodología de estaciones olfativas y trampas cámara (i.e. 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. A partir de estos registros indirectos, se pudo constatar la presencia en un 100% del hábitat de Rica rica-Pingo pingo, en el 50% de los hábitats de Brea-Cachiyuyo y Marginal de Salar, y en el 25% de Pajonal. A diferencia de la temporada anterior, también fue posible obtener registros de zorro en el hábitat de Salar en el sector de Peine.

5.4 Biota acuática

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante abril de 2018 en la campaña N°12 de muestreo del Proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama" de las variables de Biota Acuática correspondientes a los medios abiótico y biótico descritas anteriormente. Cabe señalar que la estación PU-4 del sistema Puilar, las estaciones Q-7, Q-8 y Q-9 del sistema Aguas de Quelana y la estación PE-3 del sistema Peine se encontraron secas al momento de la prospección, por lo que no se realizaron mediciones ni toma de muestras en dichos sectores.Cabe indicar que en campañas anteriores estas estaciones de monitoreo también han sido detectadas sin agua superficial (Ver capitulo 6.5). Además, cabe mencionar también que, para los parámetros de biota acuática no se establecieron límites durante la evaluación ambiental.

5.4.1 Medio Abiótico

La Tabla 5-35 presenta los resultados obtenidos durante el monitoreo correspondiente a abril de 2018. En ella, se entregan los valores de los parámetros de importancia limnológica medidos in situ en la columna de agua (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y salinidad).

Tabla 5-35: Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua de importancia limnológica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

Sector	Estación de monitoreo	Temperatura (°C)	pH (unidad)	CE (mS/cm)	Salinidad (PSU)	O_2 Disuelto (mg/L)
Puilar	PU-1	22,10	8,25	30,81	19,17	4,84
	PU-2	25,40	8,19	30,96	19,22	6,03
	PU-3	22,60	8,19	34,42	21,55	5,46
	PU-4	-	-	-	-	-
	PU-5	19,90	8,94	98,50	63,95	4,56
Soncor	BM-1	30,60	8,08	104,10	70,00	5,55
	CH-1	19,90	7,81	118,70	89,16	1,78
	BN-1	30,10	7,96	121,30	93,20	4,25
	BN-2	28,30	8,33	155,30	125,88	0,95
	BN-3	26,00	8,09	225,20	206,51	0,76
Aguas de Quelana	Q-0	21,30	8,13	26,20	16,24	8,56
	Q-1	21,00	8,25	29,77	18,35	6,50
	Q-2	21,30	8,17	27,93	17,23	9,07
	Q-3	21,90	8,01	25,26	15,41	9,70
	Q-4	22,00	7,86	25,88	15,82	5,95
	Q-5	20,20	7,60	25,89	15,89	7,96
	Q-6	20,00	7,62	25,93	15,88	7,03

Tabla 5-35: Parámetros fisicoquímicos de calidad del agua de importancia limnológica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

Sector	Estación de monitoreo	Temperatura (°C)	pH (unidad)	CE (mS/cm)	Salinidad (PSU)	O_2 Disuelto (mg/L)
	Q-7	-	-	-	-	-
	Q-8	-	-	-	-	-
	Q-9	-	-	-	-	-
Peine	PE-1	15,50	7,15	47,72	30,45	6,26
	PE-2	19,00	8,01	51,46	30,64	6,03
	PE-3	-	-	-	-	-
	SA-1	16,10	8,15	43,94	28,39	7,13
	SA-2	16,20	8,05	44,26	28,61	8,08

(-): Estación seca
Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.1 Temperatura

El parámetro Temperatura, tanto en la columna de agua como en los sedimentos ha sido medido históricamente con la finalidad de ser un indicativo referencial al momento del muestreo, ya que debido a la gran oscilación que presenta durante el transcurso del día, esta variable no representa la temperatura media del día. Sin embargo, siguiendo la metodología desarrollada a lo largo de todo el monitoreo, se evaluó la variabilidad de este parámetro entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio.

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de temperatura de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 19,90 y 25,40 °C (Tabla 5-36). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-1 y PU-5 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor la Temperatura varió entre 19,90 y 30,60°C (Tabla 5-36). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Chaxa (CH-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-1). Para el sector Aguas de Quelana la Temperatura registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2018 varió entre 20,00 y 22,00°C (Tabla 5-36). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-6 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-4. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de temperatura registrados durante abril de 2018 variaron entre 15,50 y 19,00 °C (Tabla 5-36). Ambos valores fueron medidos en la laguna Interna, el menor valor se registró en la estación de monitoreo PE-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-2.

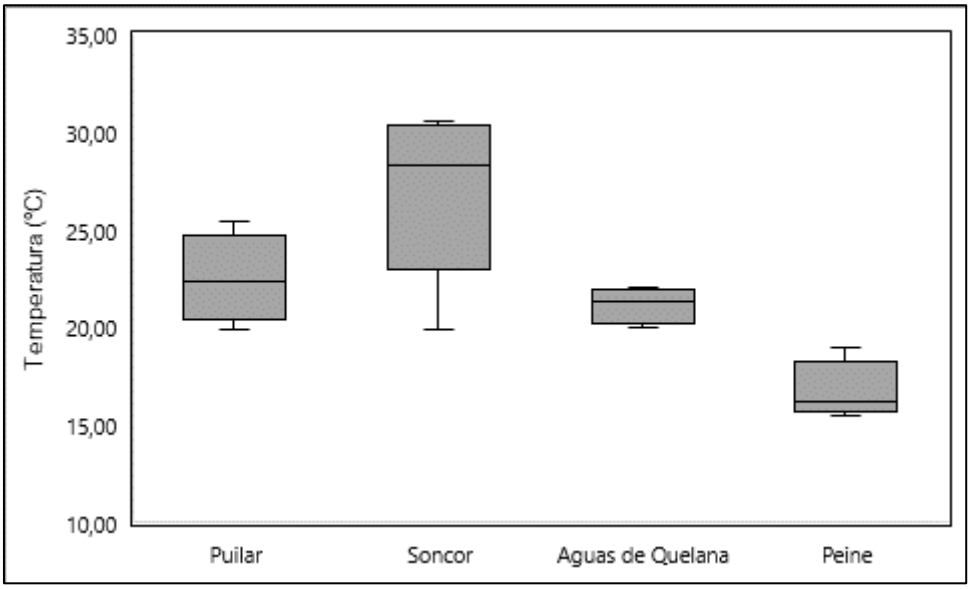
Respecto a la variación en los valores de Temperatura entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una mayor homogeneidad de los valores de Temperatura en los Sectores de Aguas de Quelana y Peine, mientras que en los Sectores de Soncor y Puilar existe una mayor variación y mayor heterogeneidad de los valores de Temperatura en las estaciones de muestreo (Tabla 5-36**,** Figura 5-13). En cuanto a la comparación entre sectores esta fue realizada mediante un análisis estadístico no paramétrico para el contraste de medias denominado Kruskal – Wallis, donde se detectaron diferencias significativas ente los valores de Temperatura medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 12,05, g.l.= 3, p= 0,007). Estas diferencias se encontraron principalmente entre el sector de Peine respecto al resto de los sectores ya que el sector de Peine presentó los menores valores de temperatura.

Tabla 5-36: Estadígrafos de la Temperatura medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

Sector	N	Temperatura (°C)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Puilar	4	19,90	25,40	22,50	22,35	2,26	10,05
Soncor	5	19,90	30,60	26,98	28,30	4,35	16,12
Quelana	7	20,00	22,00	21,10	21,30	0,77	3,65
Peine	4	15,50	19,00	16,70	16,15	1,56	9,37

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-13. Representación gráfica de los valores de Temperatura medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.2 pH

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de pH de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 8,19 y 8,94 unidades (Tabla 5-37). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-2 y PU-3, mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-5. En el sector de Soncor los valores de pH variaron entre 7,81 y 8,33 unidades (Tabla 5-37). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Chaxa (CH-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la entrada a la laguna Barros Negros (BN-2). Para el sector Aguas de Quelana los valores de pH medidos durante la campaña de monitoreo de abril de 2018 variaron entre 7,60 y 8,25 unidades (Tabla 5-37). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-5 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-1. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de pH registrados durante abril de 2018 variaron entre 7,15 y 8,15 unidades (Tabla 5-37). El menor valor se registró en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1 mientras que el mayor valor se midió en la laguna Salada (estación SA-1). En términos generales, los valores de pH obtenidos en todos los sectores monitoreados en el Salar de Atacama reflejan aguas que varian de neutras a ligeramente básicas.

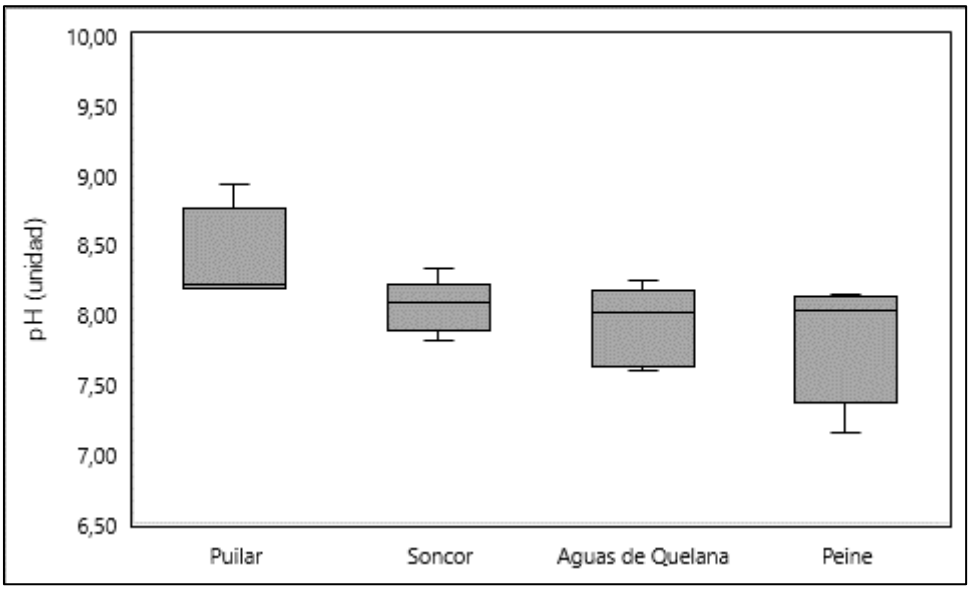
Respecto a la variación en los valores de pH entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican un bajo nivel de dispersión en los valores de pH en todas las estaciones de monitoreo del área de estudio (Tabla 5-37 **y** Figura 5-14). En cuanto a la comparación entre sectores, no se detectaron diferencias significativas ente los valores de pH medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 6,63, g.l.= 3, p= 0,083). Estos resultados indican que existe una homogeneidad en términos de pH en todos los sistemas hidrológicos muestreados.

Tabla 5-37: Estadígrafos de la variable pH medido en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	pH (unidad)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	8,19	8,94	8,39	8,22	0,37	4,36
SONCOR	5	7,81	8,33	8,05	8,08	0,19	2,38
QUELANA	7	7,60	8,25	7,95	8,01	0,26	3,30
PEINE	4	7,15	8,15	7,84	8,03	0,46	5,92

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-14. Representación gráfica de la variación de los valores de pH medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia

5.4.1.3 Conductividad del agua

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de conductividad eléctrica de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 30,81 y 98,50 mS/cm (Tabla 5-38). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-5. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica varió entre 104,1 y 225,20 mS/cm (Tabla 5-38). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el canal Burro Muerto (BM-1) mientras que el mayor valor se midió en la

estación ubicada en la entrada a la laguna Barros Negros (BN-2). Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2018 varió entre 25,26 y 29,77 mS/cm (Tabla 5-38). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-1. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Conductividad eléctrica registrados durante abril de 2018 variaron entre 43,94 y 51,46 mS/cm (Tabla 5-38). El menor valor se registró en la laguna Interna en la estación de monitoreo SA-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PE-2.

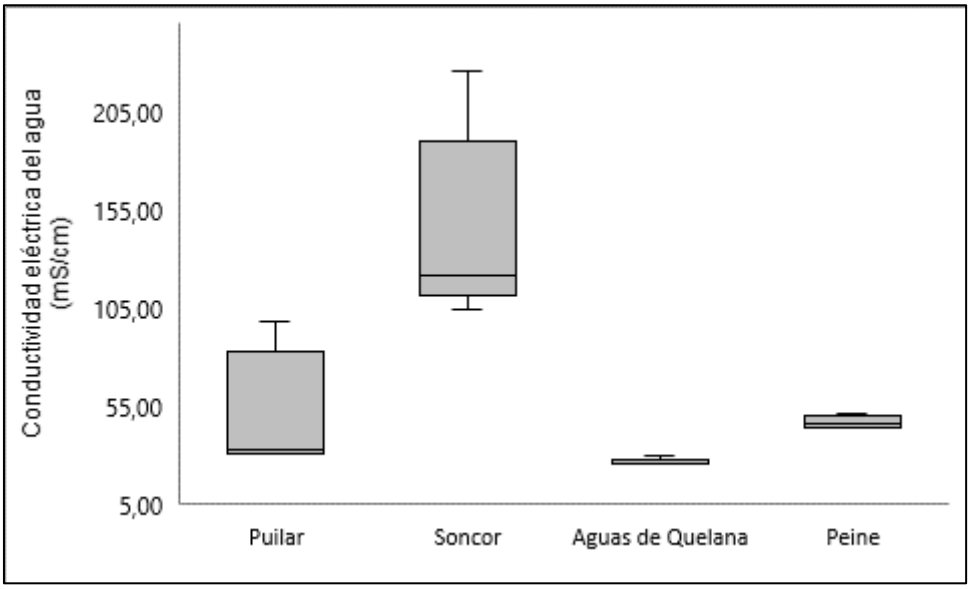
Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una mayor homogeneidad entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en los Sectores de Aguas de Quelana y Peine mientras que en los Sectores de Soncor y Puilar existe una mayor variación (Tabla 5-38 **y** Figura 5-15) lo cual indica una diferencia en las concentraciones de sales y minerales disueltas entre los distintos puntos de monitoreo de cada sistema hidrológico. En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos se detectaron diferencias significativas entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 16,94, g.l.= 3, p< 0,001). Estas diferencias se detectaron principalmente entre el sector de Soncor respecto al resto de los sectores, el cual presentó los mayores valores de Conductividad eléctrica (Promedio= 144,92 y Mediana=121,30, Tabla 5-38) y en el Sector de Aguas de Quelana que mostró diferencias significativas respecto a los demás sectores, ya que en Aguas de Quelana se midieron los menores valores de Conductividad eléctrica (Promedio= 26,69 y Mediana=25,93, Tabla 5-38). Estos resultados indican la existencia de una alta variabilidad en las concentraciones de minerales disueltos entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio. lo cual posiblemente se vería explicado por la gran variabilidad natural que presentan estos sistemas respecto a la relación de la conductividad (y salinidad) con las tasas de evaporación y por consiguente la presencia de sectores mas hipersalinos que otros que a su vez presentan mayores conductividades.

Tabla 5-38: Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Conductividad eléctrica del agua (mS/cm)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	30,81	98,50	48,67	32,69	33,26	68,33
SONCOR	5	104,10	225,20	144,92	121,30	48,64	33,56
QUELANA	7	25,26	29,77	26,69	25,93	1,59	5,96
PEINE	4	43,94	51,46	46,85	45,99	3,52	7,52

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-15. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.4 Salinidad

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de salinidad de la columna de agua en el Sector de Puilar variaron entre 19,17 y 63,65 PSU (Tabla 5-39). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-5. En el sector de Soncor la salinidad varió entre 70,00 y 206,51 PSU (Tabla 5-39). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el canal Burro Muerto (BM-1) mientras que el mayor valor se midió en la estación BN-3. Para el sector Aguas de Quelana la salinidad registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2018 varió entre 15,41 y 18,35 PSU (Tabla 5-39). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-1. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de salinidad registrados durante abril de 2018 variaron entre 28,39 y 30,64 (Tabla 5-39). El menor valor se registró en la laguna Salada (estación SA-1) mientras que el mayor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-2.

Debido a que las variables Conductividad eléctrica y salinidad están estrechamente relacionadas, igual que el patrón detectado para la variable Conductividad eléctrica, la variación en los valores de salinidad entre los distintos sistemas hidrológicos indican una mayor homogeneidad entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en los Sectores de Aguas de Quelana y Peine (C.V.=4,02 – 6,28) mientras que en los Sectores de Soncor y Puilar existe una mayor variación (C.V.=46,13 – 71,07, Tabla 5-39) lo cual indica una diferencia en las concentraciones de sales y minerales disueltas entre los distintos puntos de monitoreo de cada sistema hidrológico. En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos se detectaron diferencias significativas entre los valores de Conductividad eléctrica medidos en la actual

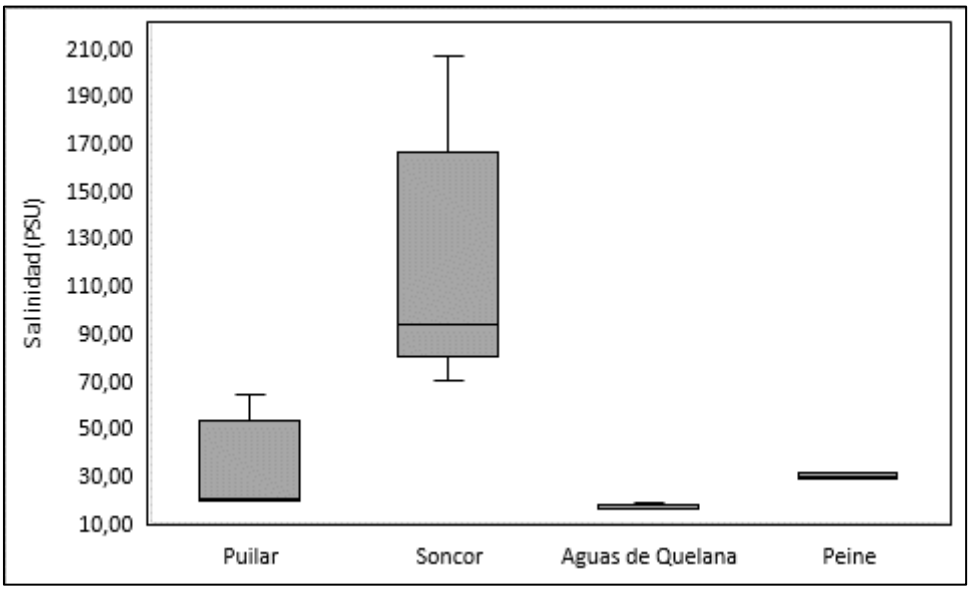
campaña de monitoreo (KW= 16,94, g.l.= 3, p< 0,001). Al igual que con la variable Conductividad eléctrica, estas diferencias se detectaron principalmente entre el sector de Soncor respecto al resto de los sectores, el cual presentó los mayores valores de salinidad (Promedio= 116,95 y Mediana=93,20, Tabla 5-39 **y** Figura 5-16) y en el Sector de Aguas de Quelana que mostró diferencias significativas respecto a los demás sectores, ya que en Aguas de Quelana se midieron los menores valores de salinidad (Promedio= 16,40 y Mediana=15,89, Tabla 5-39). Estos resultados indican la existencia de una alta variabilidad en las concentraciones de sales disueltas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio.

Tabla 5-39: Estadígrafos de la Salinidad del agua medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Salinidad (PSU)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	19,17	63,95	30,97	20,39	22,01	71,07
SONCOR	5	70,00	206,51	116,95	93,20	53,95	46,13
QUELANA	7	15,41	18,35	16,40	15,89	1,03	6,28
PEINE	4	28,39	30,64	29,52	29,53	1,19	4,02

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-16. Representación gráfica de la variación de los valores de Salinidad del agua medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.5 Oxígeno Disuelto

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de Oxígeno disuelto de la columna de agua en el sector de Puilar variaron entre 4,56 y 6,03 mg/L (Tabla 5-40). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-5 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor la concentración de Oxígeno disuelto varió entre 0,76 y 5,55 mg/L (Tabla 5-40**).** El menor valor se registró en la estación ubicada en el canal Barros Negros (BN-3) mientras que el mayor valor se midió en la estación de monitoreo ubicada en el canal Burro Muerto (BM-1). Para el sector Aguas de Quelana la concentración de Oxígeno disuelto varió entre 5,95 y 9,70 mg/L (Tabla 5-40). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-4 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Oxígeno disuelto registrados durante abril de 2018 variaron entre 6,03 y 8,08 (Tabla 5-40). El menor valor se registró en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-2 mientras que el mayor valor se midió en la laguna Salada (estación SA-2).

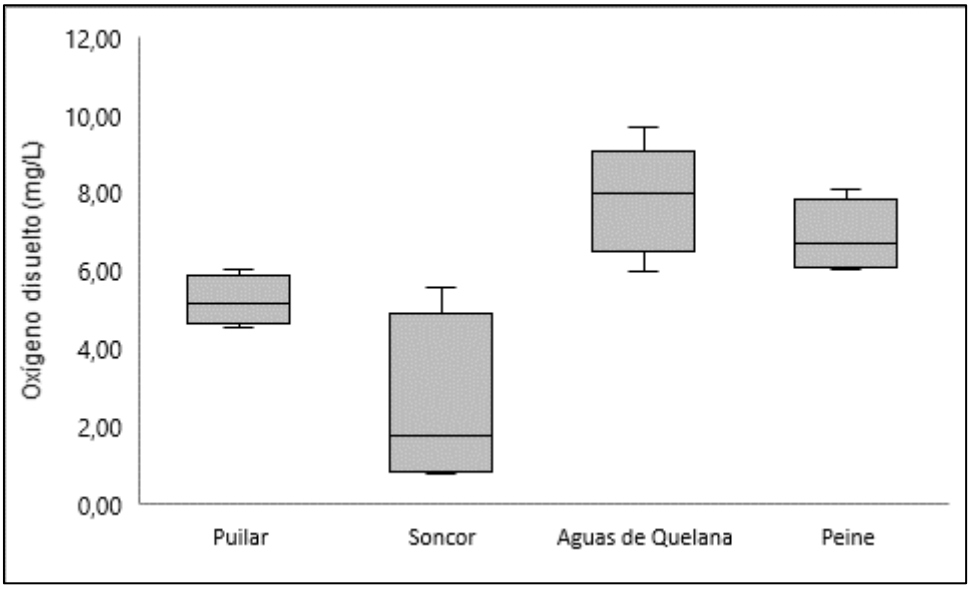
Respecto a la variación en los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos, los resultados indican que existe una homogeneidad entre los valores de Oxígeno medidos en los sectores de Puilar, Aguas de Quelana y Peine (C.V.=12,57 – 17,72) mientras que en el sector de Soncor existe una mayor variación (C.V.=80,23, Tabla 5-40 **y** Figura 5-17) lo cual indica una diferencia y alta variabilidad en las concentraciones de Oxígeno disuelto entre los distintos puntos de monitoreo dentro de Soncor. En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos se detectaron diferencias significativas entre los valores de oxígeno disuelto medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 14,36, g.l.= 3, p= 0,002). Estas diferencias se detectaron principalmente entre los sectores de Puilar y Soncor respecto al resto de los sectores, los cuales presentaron los menores valores de Oxígeno disuelto (Promedio= 2,66 – 5,22 y Mediana=1,78 – 5,15, Tabla 5-40). Estos resultados indican la existencia de una alta variabilidad en la disponibilidad de oxígeno en la columna de agua entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio, lo que podría deberse y estar estrechamente relacionado con la hora de muestreo y con las salinidades e cada sector.

Tabla 5-40: Estadígrafos de la Oxígeno disuelto del agua medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018

SECTOR	N	O2 Disuelto (mg/L)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	4,56	6,03	5,22	5,15	0,66	12,57
SONCOR	5	0,76	5,55	2,66	1,78	2,13	80,23
QUELANA	7	5,95	9,70	7,82	7,96	1,39	17,72
PEINE	4	6,03	8,08	6,88	6,70	0,93	13,57

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-17. Representación gráfica de la variacion de los valores de Oxígeno disuelto medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.6 Conductividad del Sedimento y del Agua intersticial

a) Conductividad eléctrica del sedimento

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de Conductividad eléctrica del sedimento en el Sector de Puilar variaron entre 20,06 y 20,13 mS/cm (Tabla 5-41). El menor valor se registró en las estaciones de monitoreo PU-2 y PU-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-5. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica varió entre 20,01 y 20,08 mS/cm (Tabla 5-41). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en la laguna Chaxa (CH-1) mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-1). Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica del sedimento registrada durante la campaña de monitoreo varió entre 20,02 y 20,56 mS/cm (Tabla 5-41). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-1 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-0. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Conductividad eléctrica registrados durante abril de 2018 variaron entre 20,00 y 20,08 mS/cm (Tabla 5-41). Ambos valores se registraron en la laguna Interna, el menor valor se detectó en la estación de monitoreo PE-2 mientras que el mayor valor se midió en estación PE-1.

Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica del sedimento entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación muestran uniformidad respecto a esta variable entre todos los sitios de monitoreo (Tabla 5-41 y Figura 5-18). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos no se detectaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los valores de

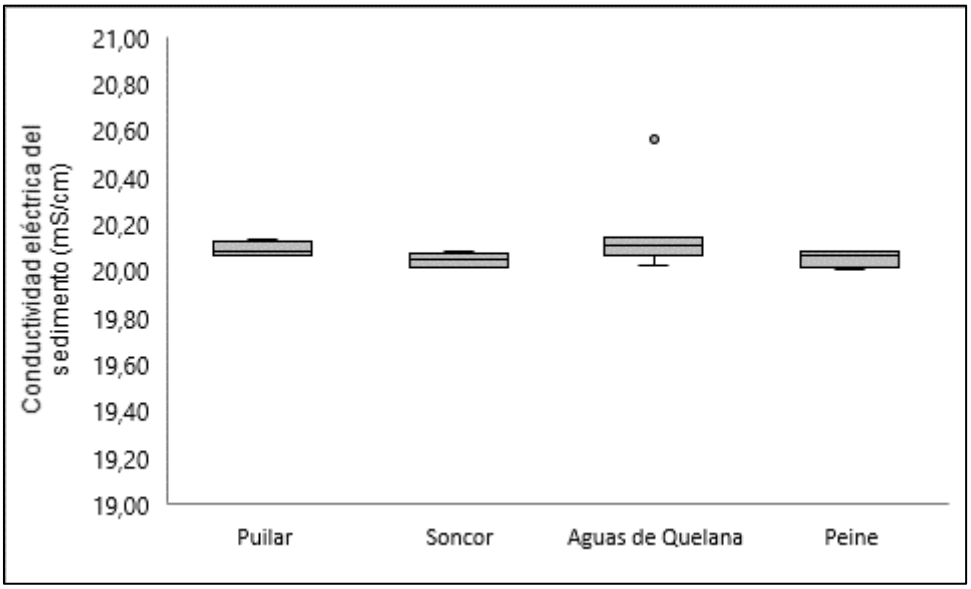
Conductividad eléctrica del sedimento medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 6,27, g.l.= 3, p= 0,094). Estos resultados indican que las concentraciones de minerales presentes en los sedimentos de los distintos puntos de monitoreo son similares entre estaciones y sectores del área de estudio, mostrando una homogeneidad en el ambiente respecto a este parámetro.

Tabla 5-41: Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del sedimento medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Conductividad eléctrica del sedimento mS/cm					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	20,06	20,13	20,09	20,09	0,04	0,18
SONCOR	5	20,01	20,08	20,04	20,05	0,03	0,14
QUELANA	7	20,02	20,56	20,16	20,11	0,18	0,90
PEINE	4	20,00	20,08	20,05	20,06	0,04	0,18

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-18. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del Sedimento medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

b) Conductividad eléctrica del Agua intersticial

Durante la actual campaña de monitoreo los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial en el Sector de Puilar variaron entre 33,80 y 147,5 mS/cm (Tabla 5-42). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-5. En el sector de Soncor la Conductividad eléctrica del agua intersticial varió entre 104,7 y 228,9 mS/cm (Tabla 5-42). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el canal Burro Muerto (BM-1) mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en el canal Barros Negros (BN-3). Para el sector Aguas de Quelana la Conductividad eléctrica del agua intersticial varió entre 25,63 y 91,78 mS/cm (Tabla 5-42). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registrados durante abril de 2018 variaron entre 42,62 y 61,32 mS/cm (Tabla 5-42). El menor valor se registró en la laguna Saladita (estación SA-2) mientras que el mayor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1.

Respecto a la variación en los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial entre los distintos sistemas hidrológicos, los coeficientes de variación indican una mayor heterogeneidad entre los valores de Conductividad eléctrica medidos los sitios de monitoreo del sector de Aguas de Quelana mientras que las estaciones de monitoreo del sistema Peine muestran una baja variabilidad en sus conductividades, lo que indica un sistema homogéneo en relación a este parámetro (Tabla 5-42 **y** Figura 5-19). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, al igual que lo ocurrido con la Conductividad eléctrica de la columna de agua, se detectaron diferencias significativas entre los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 11,67, g.l.= 3, p= 0,008).

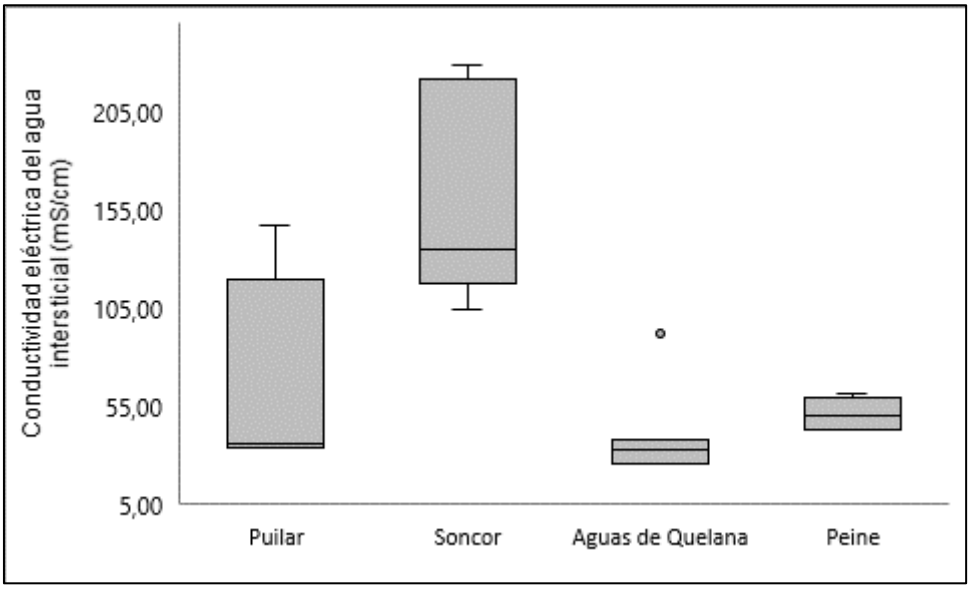
Desde el punto de vista estadístico, estas diferencias se detectaron principalmente entre el sector de Soncor respecto a los otros sistemas hidrológicos, ya que Soncor presentó los mayores valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial (Promedio= 162,8 y Mediana=134,7, Tabla 5-42). Estos resultados indican la existencia de una alta variabilidad en las concentraciones de minerales disueltos en el agua intersticial entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio.

Tabla 5-42: Estadígrafos de la Conductividad eléctrica del agua intersticial en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Conductividad eléctrica del agua intersticial mS/cm					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	33,88	147,50	63,13	35,57	56,26	89,13
SONCOR	5	104,70	228,90	162,80	134,70	55,32	33,98
QUELANA	7	15,41	18,35	16,40	32,72	23,54	143,54
PEINE	4	28,39	30,64	29,52	50,12	8,42	28,52

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-19. Representación gráfica de la variación de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Medio Biótico

5.4.2.1 Clorofilla-a

Por tratarse de un componente esencial en la bioquímica de las microalgas planctónicas y bentónicas, además de ser el pigmento fotosintético principal relacionado a la productividad primaria y a la condicíon trofica en los sitemas acuaticos, el análisis de la Clorofila-a se desarrolla en este capítulo.

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

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) los valores de concentración de Clorifila-a medidos en el Sector de Puilar variaron entre 8,29 y 34,92 µg/L (Tabla 5-43). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-2, mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-2. En el sector de Soncor la Clorofila-a varió entre 0,13 y 22,95 µg/L (Tabla 5-43). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el canal Burro Muerto (BM-1), mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Barros Negros (BN-1). Para el sector Aguas de Quelana la concentración de Clorofila-a registrada durante la campaña de monitoreo de abril de 2018 varió entre 16,41 y 68,29 µg/L (Tabla 5-43). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-2 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-3. Finalmente, para el sistema de Peine las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2018

variaron entre 0,67 y 110,47 µg/L (Tabla 5-43). El menor valor se midió en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-1 mientras que el mayor valor se registró en la laguna Saladita (estación SA-2).

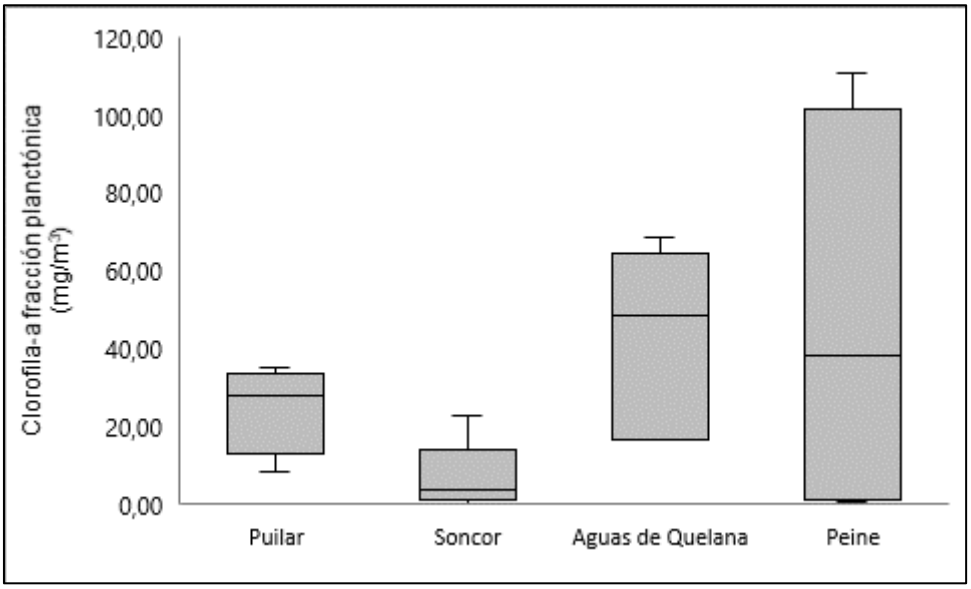
Respecto a la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio, los coeficientes de variación indican mayor heterogeneidad y mayor variabilidad en las concentraciones de Clorofila medidas en los sitios de monitoreo del los sectores de Soncor y Peine, mientras que las estaciones de monitoreo del los sistemas Puilar y Aguas de Quelana muestran una baja variabilidad en las concentraciones de Clorifila-a medidas durante abril de 2018, indicando que estos sectores corresponden a sistemas homogéneos en relación a la productividad primaria relacionadas a las microalgas planctónicas (Tabla 5-43 y Figura 5-20). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, desde el punto de vista estadisístico no se detectaron diferencias significativas entre los valores de concentración de Clorofila-a medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 6,64, g.l.= 3, p= 0,084). Sin embargo, se puede señalar que el sector de Aguas de Quelana presentó los mayores niveles de Clorifila-a de toda el área de estudio. Este resultado podría estar explicado ya que durante la actual campaña de monitoreo, fue el sector aguas de Quelana el lugar que presentó mayor abundancia de microalgas planctónicas (ver sección 5, capitulo Fitoplancton)

Tabla 5-43: Estadígrafos de la concentraión de Clorofila-a de la fracción planctónica medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Clorofila-a fracción planctónica (ug/L)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	8,29	34,92	24,79	27,98	11,49	46,35
SONCOR	5	0,13	22,95	6,72	3,82	9,26	137,91
QUELANA	7	16,41	68,29	44,43	48,28	20,76	46,72
PEINE	4	28,39	30,64	29,52	38,13	54,66	185,14

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-20. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción planctónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

b) Clorofila-a en perifiton (Fitobentos)

Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) los valores de concentración de Clorifila-a bentónica medidos en el Sector de Puilar variaron entre 27,22 y 120,99 mg/m^2 (Tabla 5-44). El menor valor se registró en la estación de monitoreo PU-5 mientras que el mayor valor se midió en la estación PU-1. En el sector de Soncor la Clorofila-a bentónica varió entre 5,19 y 46,27 mg/m^2 (Tabla 5-44). El menor valor se registró en la estación de monitoreo ubicada en el canal Burro Muerto (BM-1) mientras que el mayor valor se midió en la estación ubicada en la laguna Chaxa (CH-1). Para el sector Aguas de Quelana la concentración de Clorofila-a varió entre 43,06 y 97,14 mg/m^2 (Tabla 5-44). El menor valor se registró en la estación de monitoreo Q-3 mientras que el mayor valor se midió en la estación Q-2. Finalmente, para el sistema de Peine las concentraciones de Clorofila-a medidas durante abril de 2018 variaron entre 7,24 y 36,15 mg/m^2 (Tabla 5-44). El menor valor se midió en la laguna Saladita (estación SA-2), mientras que el mayor valor se registró en la laguna Interna en la estación de monitoreo PE-2

Respecto a la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción bentónica entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio, los coeficientes de variación indican mayor heterogeneidad y mayor variabilidad en las concentraciones de Clorofila medidas los sitios de monitoreo del los sectores de Soncor y Puilar mientras que las estaciones de monitoreo del los sistemas Peine y Aguas de Quelana muestran una baja variabilidad en las concentraciones de Clorifila-a medidas durante abril de 2018, indicando que estos sectores corresponden a sistemas mas constantes y homogéneos en relación a la productividad primaria relacionadas a las microalgas del bentos (Tabla 5-44 **y** Figura 5-21). En cuanto a la comparación entre sistemas hidrológicos, se detectaron diferencias significativas entre los valores de concentración de

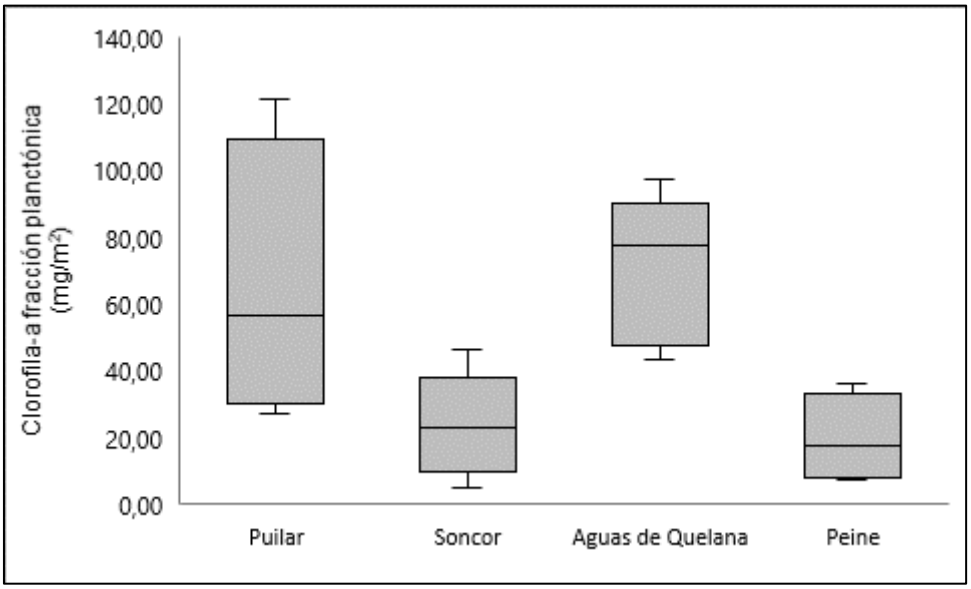
Clorofila-a medidos en la actual campaña de monitoreo (KW= 11,92, g.l.= 3, p= 0,007). Estas diferencias están dadas principalmente ya que en el sistema Aguas de Quelana se midieron los mayores valores de concentración de Clorofila-a en la fraccíon Bentónica.

Tabla 5-44: Estadígrafos de la concentraión de Clorofila-a de la fracción bentónica medida en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Clorofila-a fracción bentónica (mg/m2)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	27,22	120,99	65,29	56,47	42,10	64,48
SONCOR	5	5,19	46,27	23,83	23,21	15,62	65,53
QUELANA	7	43,06	97,14	71,61	77,53	20,67	28,87
PEINE	4	28,39	30,64	29,52	17,37	13,15	44,53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-21. Representación gráfica de la variación de los valores de Clorofila-a de la fracción bentónica medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2 Fitobentos

Los valores de abundancia total de las microalgas fitobentónicas determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 63.504 y 6.729.697 cél/cm^3 (**Tabla 5-10, Anexo XIII**). Ambos valores fueron detectados en el sector Aguas de Quelana, el menor valor se determinó en la estación de monitoreo Q-2 mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en la estación Q-6.

El sector que presento una menor dispersión de los datos de abundancia corresponde al sistema Peine (C.V.=64,9) indicando una mayor homogeneidad en los valores de abundancia de microalgas fitobentónicas presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, los sectores de Aguas de Quelana y Puilar presentaron una mayor variabilidad en las abundancias del fitobentos dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 153,6 y 139,7 respectivamente) evidenciando una mayor heterogeneidad en el sustrato en dichos sectores (Tabla 5-45 y Figura 5-22).

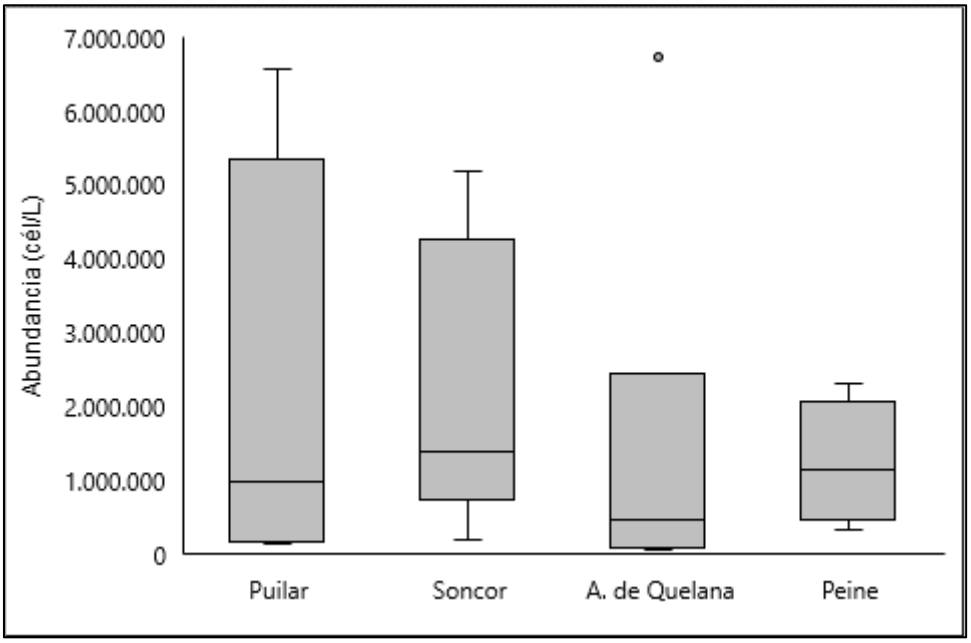
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre sectores (KW=1,51, g.l=3, p=0,679). Sin embargo, el sistema Soncor en general presentó los mayores valores de abundancia de toda el área de estudio (Tabla 5-45 y Figura 5-23).

Tabla 5-45: Estadígrafos de la Abundancia total del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Densidad total (cel/cm3)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	144.187	6.547.862	2.159.426	972.828	3.016.824,3	139,7
SONCOR	5	184.066	5.170.756	2.276.604	1.373.128	1.982.220,3	87,1
QUELANA	7	63.504	6.729.697	1.581.445	461.399	2.428.638,7	153,6
PEINE	4	320.100	2.292.742	1.221.577	1.136.733	829.247,7	67,9

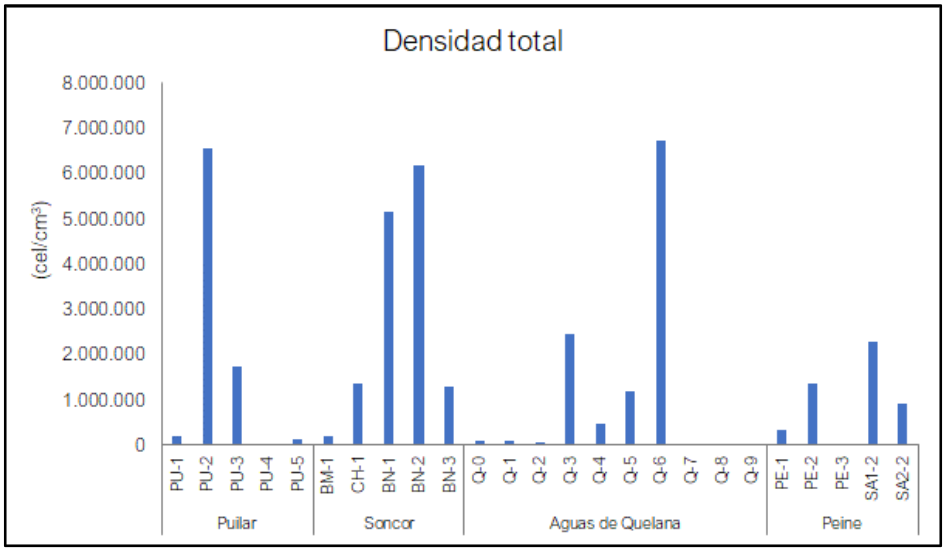
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-22. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia total del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

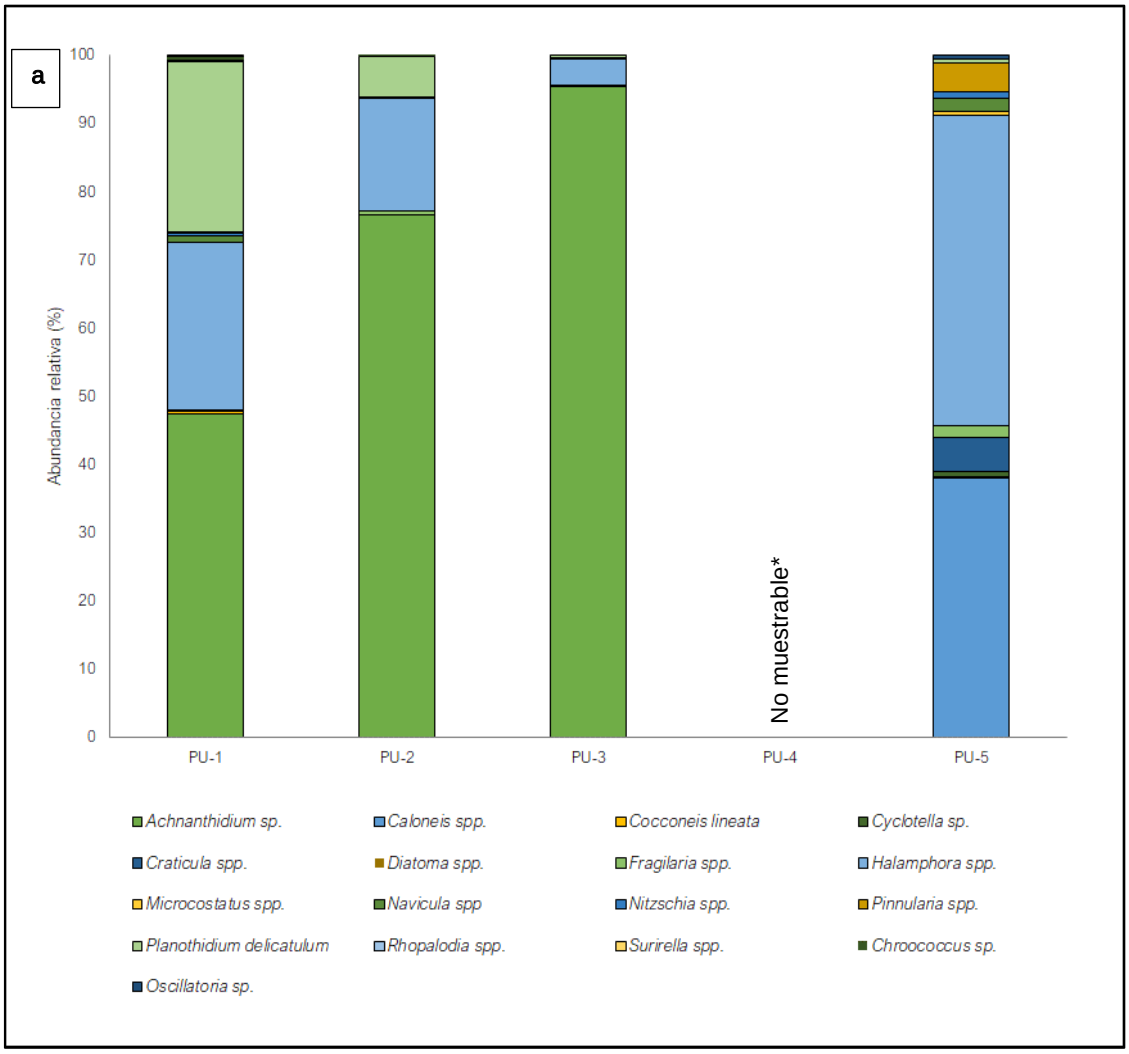
Figura 5-23. Abundancia total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

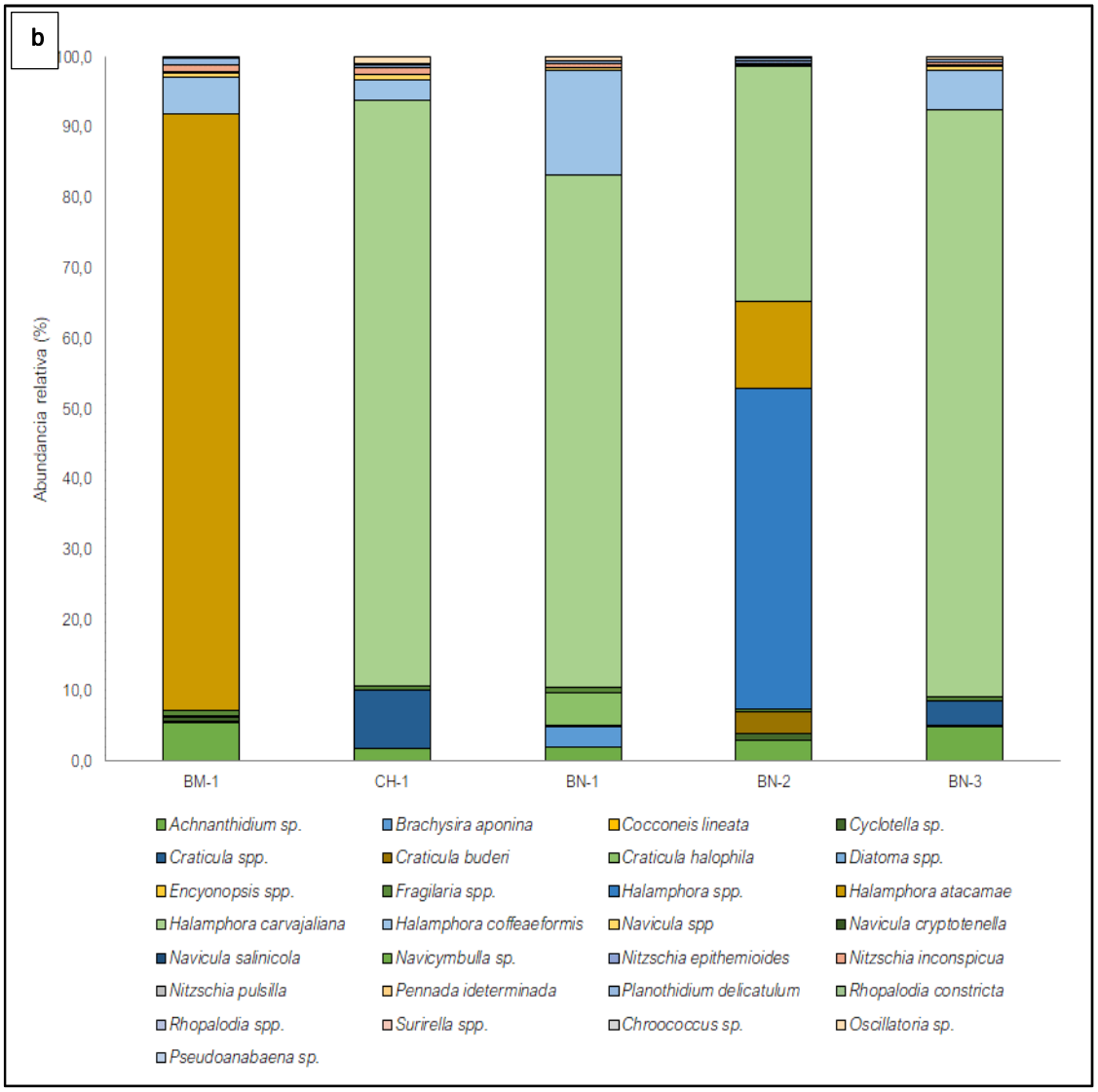
Por otro lado, las abundancias relativas de taxa por sector indican una predominancia marcada de la Clase Bacillariophyceae, para el sector de Puilar los taxa más dominantes fueron *Achnanthidium sp. y Halamphora spp* (Figura 5-24). Para el sector de Soncor los taxa más dominantes fueron *Halamphora atacamae y Halamphora carvajaliana* (Figura 5-25). En el sector Aguas de Quelana los taxa que presentaron mayor dominancia fueron *Achnanthidium sp., Halamphora carvajaliana, Chroococcus sp. y Pseudoanabaena sp.* (Figura 5-26). Finalmente, en el sector de Peine los taxa más dominantes fueron *Diatoma spp. Halamphora carvajaliana y Oscillatoria sp*. (Figura 5-27) (**Anexo XIII**).

Figura 5-24. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



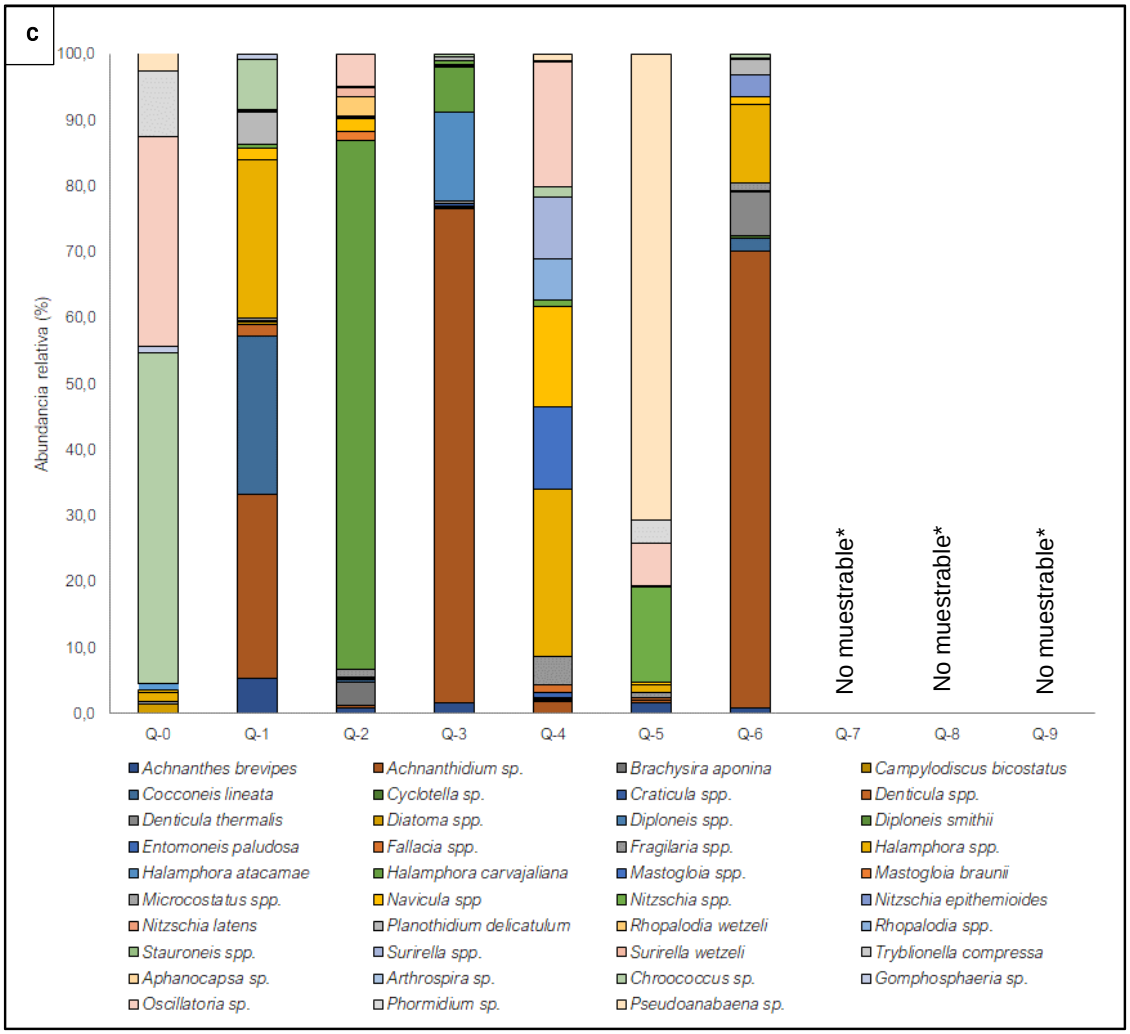
Fuente: Elaboración propia.*
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-25. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



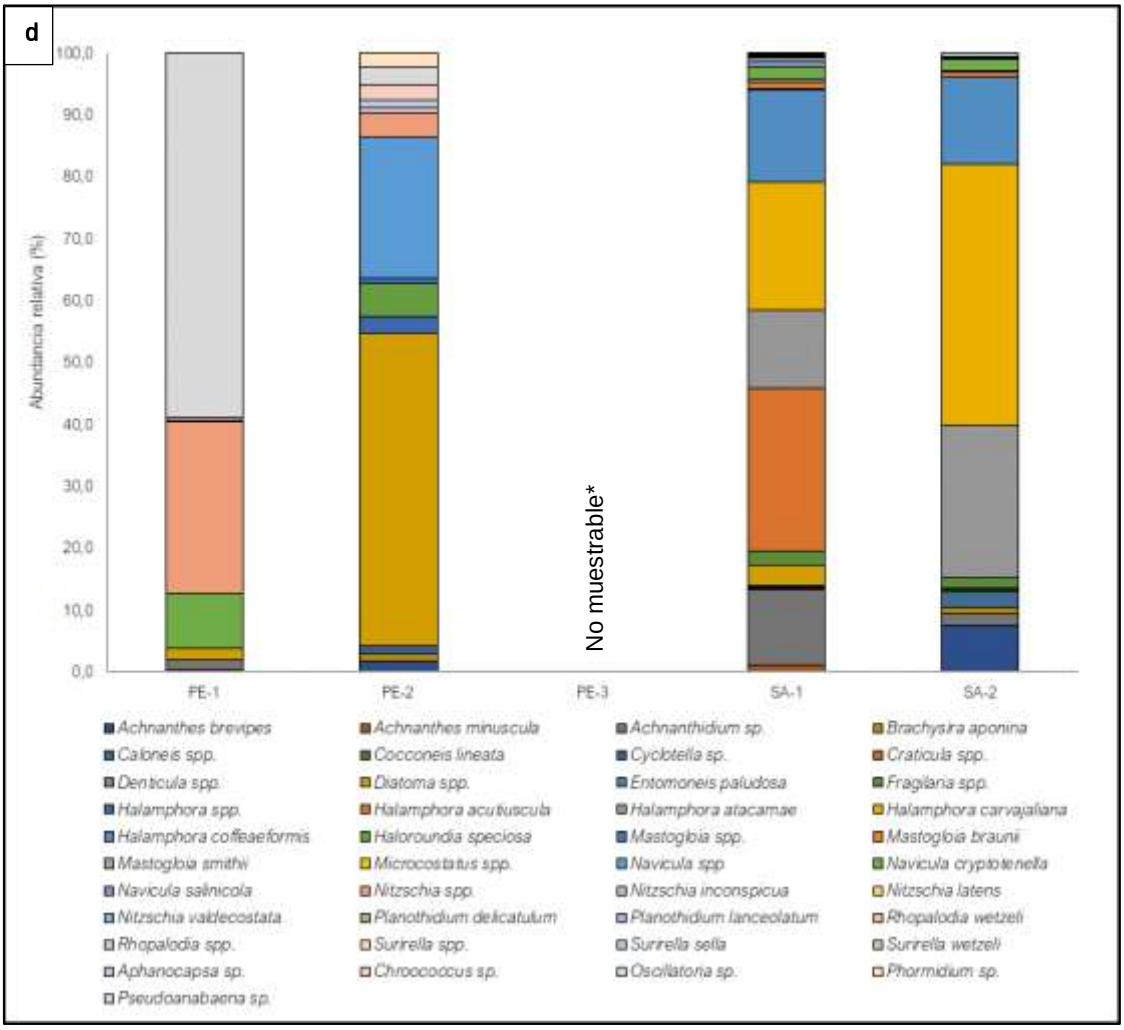
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-26. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-27. Abundancia relativa del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Respecto a la riqueza total de taxa, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 6 y 26 taxa (Tabla 5-46). El menor valor se detectó en el sector de Puilar en la estación de monitoreo PU-3,mientras que el mayor valor de riqueza se detectó en el sector de Peine en la estación de monitoreo SA-1 (Figura 5-28).

El sector que presentó una menor dispersión de los datos de Riqueza corresponde al sistema Soncor (C.V.=9,4) indicando una mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de microalgas fitobentónicas presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, los sectores de Peine, Puilar y Aguas de Quelana presentaron una mayor variabilidad en la cantidad de taxa del fitobentos dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 46,1; 36,5 y 28,0 respectivamente) (Tabla 5-46 **y** Figura 5-28).

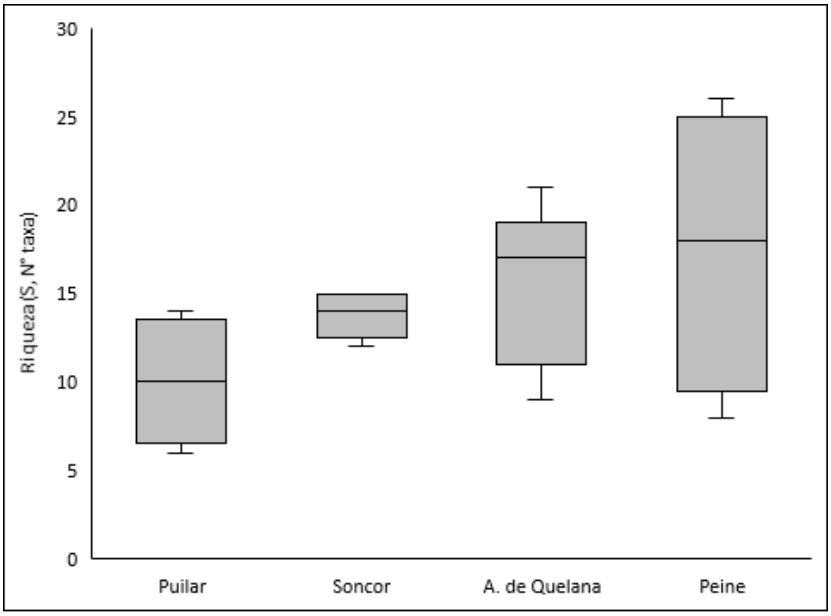
Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, al igual que lo ocurrido con la Abundancia total, desde un punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=4,60, g.l=3, p=0,198). Sin embargo, los sistemas Aguas de Quelana y Peine presentaron los mayores valores de Riqueza total de toda el área de estudio (Tabla 5-46).

Tabla 5-46: Estadígrafos de la Riqueza total del Fitobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018

SECTOR	N	Riqueza de taxa (S)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	6	14	10	10	3,7	36,5
SONCOR	5	12	15	14	14	1,3	9,4
QUELANA	7	9	21	15	17	4,3	28,0
PEINE	4	8	26	18	18	8,1	46,1

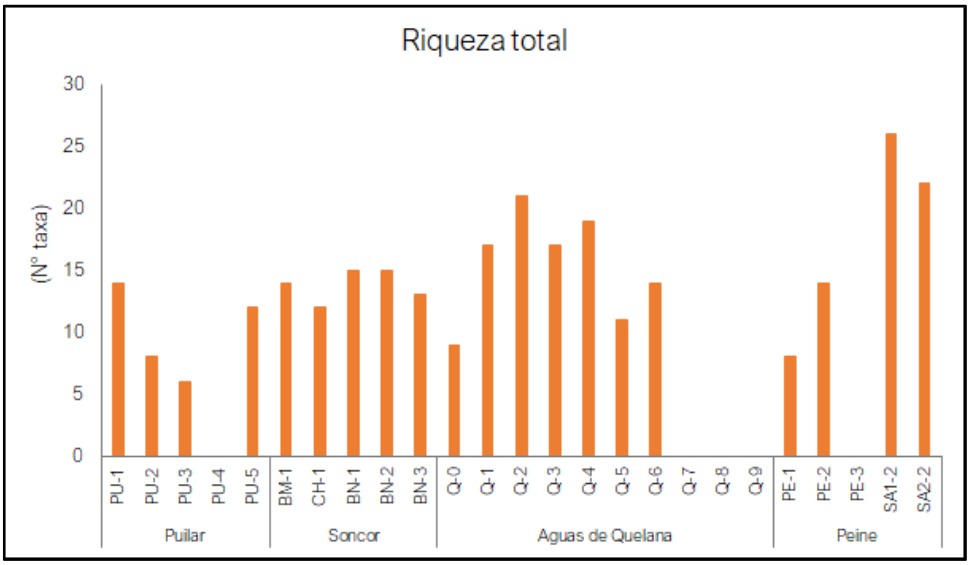
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-28. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza del Fitobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-29. Riqueza total del fitobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.3 Fitoplancton

Los valores de abundancia total de las microalgas del fitoplancton determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 41,5 y 37.049 cél/L (Tabla 5-47, **Anexo XIII**). El menor valor se determinó en el sector de Soncor la estación de monitoreo ubicada en la entrada de la laguna Barros Negros (estación BN-2) mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector Aguas de Quelana en la estación Q-6.

El sector que presentó una menor dispersión de los datos de abundancia corresponde al sistema Puilar (C.V.=59,6) indicando una mayor homogeneidad en los valores de abundancia de microalgas fitoplanctónicas presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, los sectores de Peine y Aguas de Quelana presentaron una mayor variabilidad en las abundancias del fitoplancton dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 163,4 y 118,9 respectivamente) (Tabla 5-47 **y** Figura 5-30).

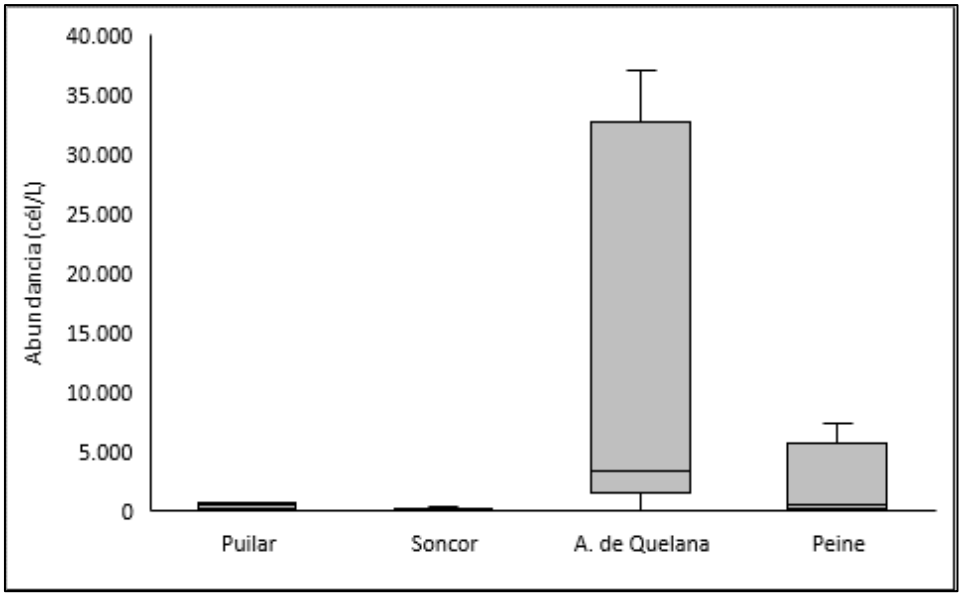
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores (KW=9,84, g.l=3, p=0,019). Estas diferencias se detectaron principalmente por la significativa mayor abundancia detectada en los sistemas hidrológicos de Peine y Aguas de Quelana respecto a Soncor y Puilar (Tabla 5-47).

Tabla 5-47: Estadígrafos de la Abundancia total del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Densidad total (cel/L)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	75	779	508	589	302,7	59,6
SONCOR	5	42	337	126	61	124,9	98,9
QUELANA	7	52	37.049	13.262	3.326	15.770,6	118,9
PEINE	4	155	7.438	2.158	520	3.525,3	163,4

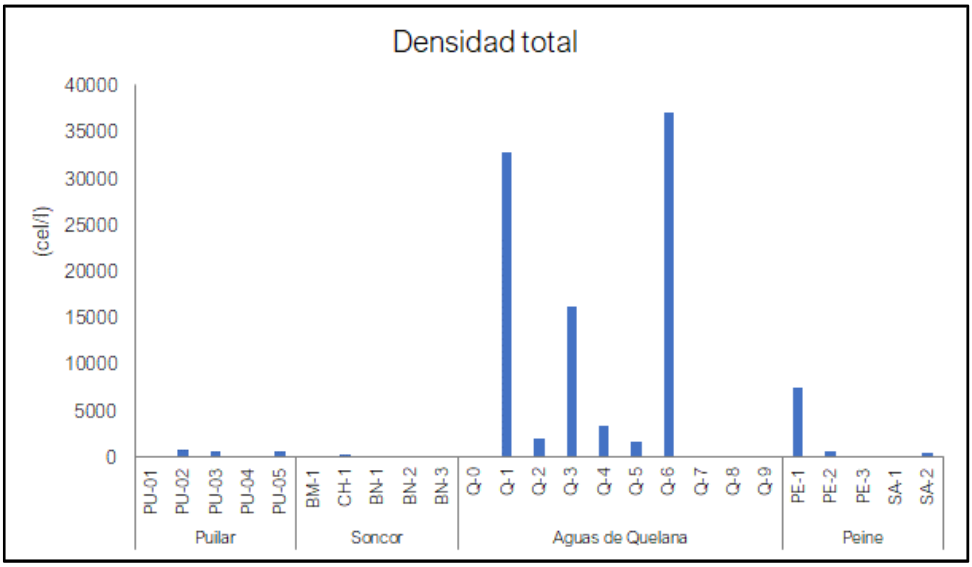
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-30. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

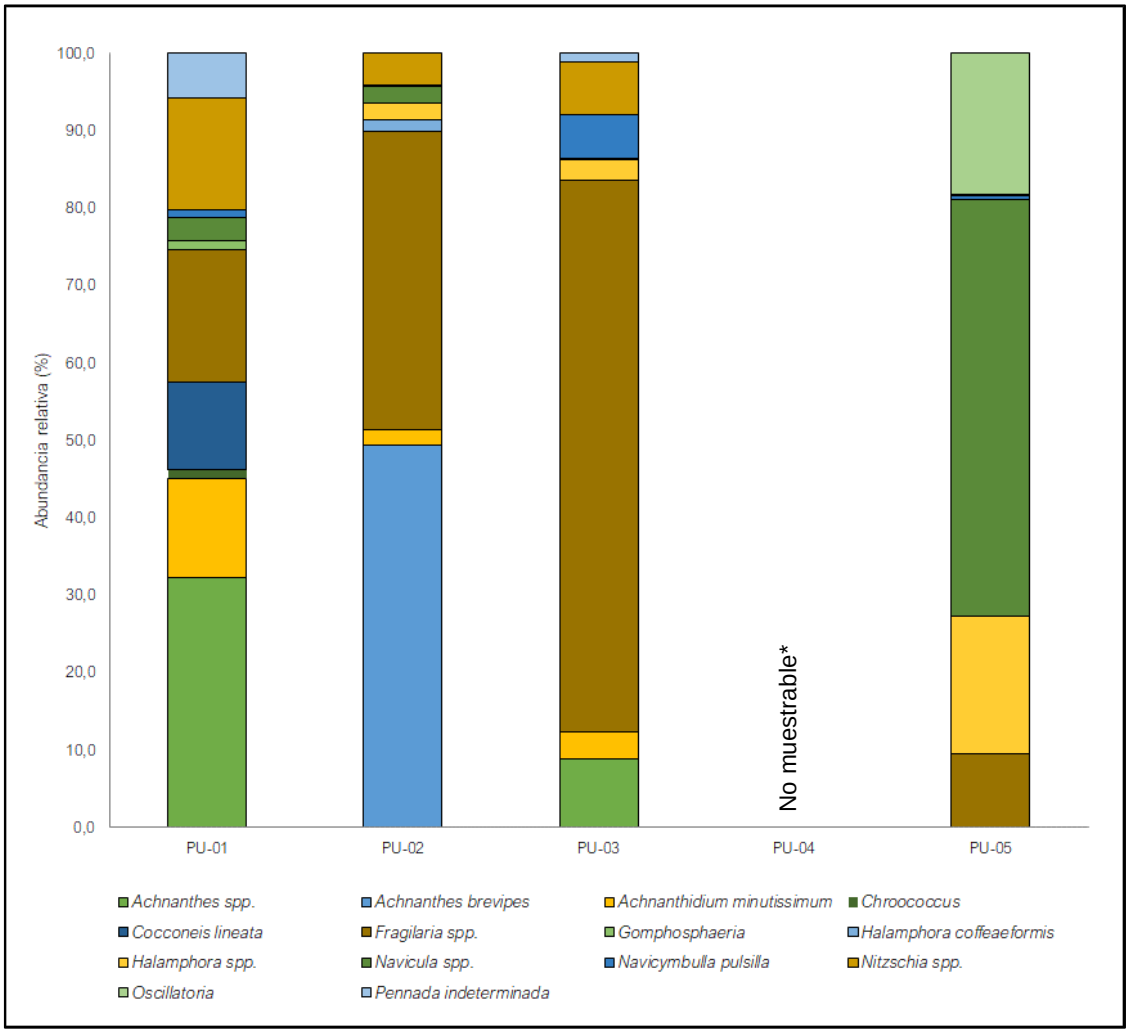
Figura 5-31. Densidad total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

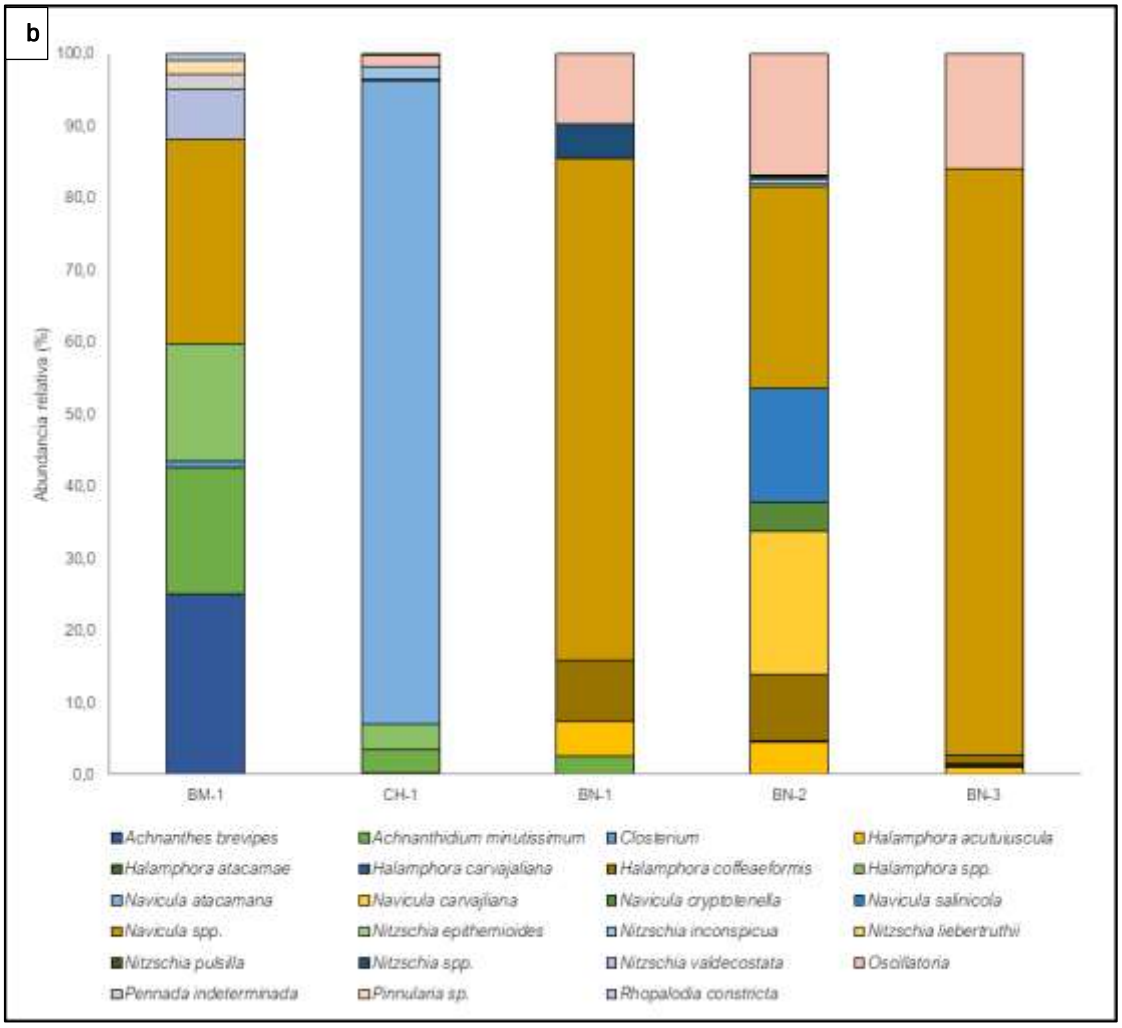
Respecto a las abundancias relativas de taxa por sector estas, al igual que lo ocurrido en el fitobentos, indican una predominancia marcada de la Clase Bacillariophyceae, para el sector de Puilar los taxa más dominantes fueron *Fragilaria spp. y Achnanthes spp.* (Figura 5-32). Para el sector de Soncor los taxa dominantes fueron *Navicula atacaman, Navicula spp y Achnanthes spp.* (Figura 5-33). En el sector Aguas de Quelana los taxa que presentaron mayor dominancia fueron *Chroococcus sp. Mastogloia braunii y Fragilaria spp.* (Figura 5-34). Finalmente, en el sector de Peine los taxa dominantes fueron *Chlamydomona sp, Nitzscha spp. y Halamphora coffeaeformis* (Figura 5-35, Anexo XIII).

Figura 5-32. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



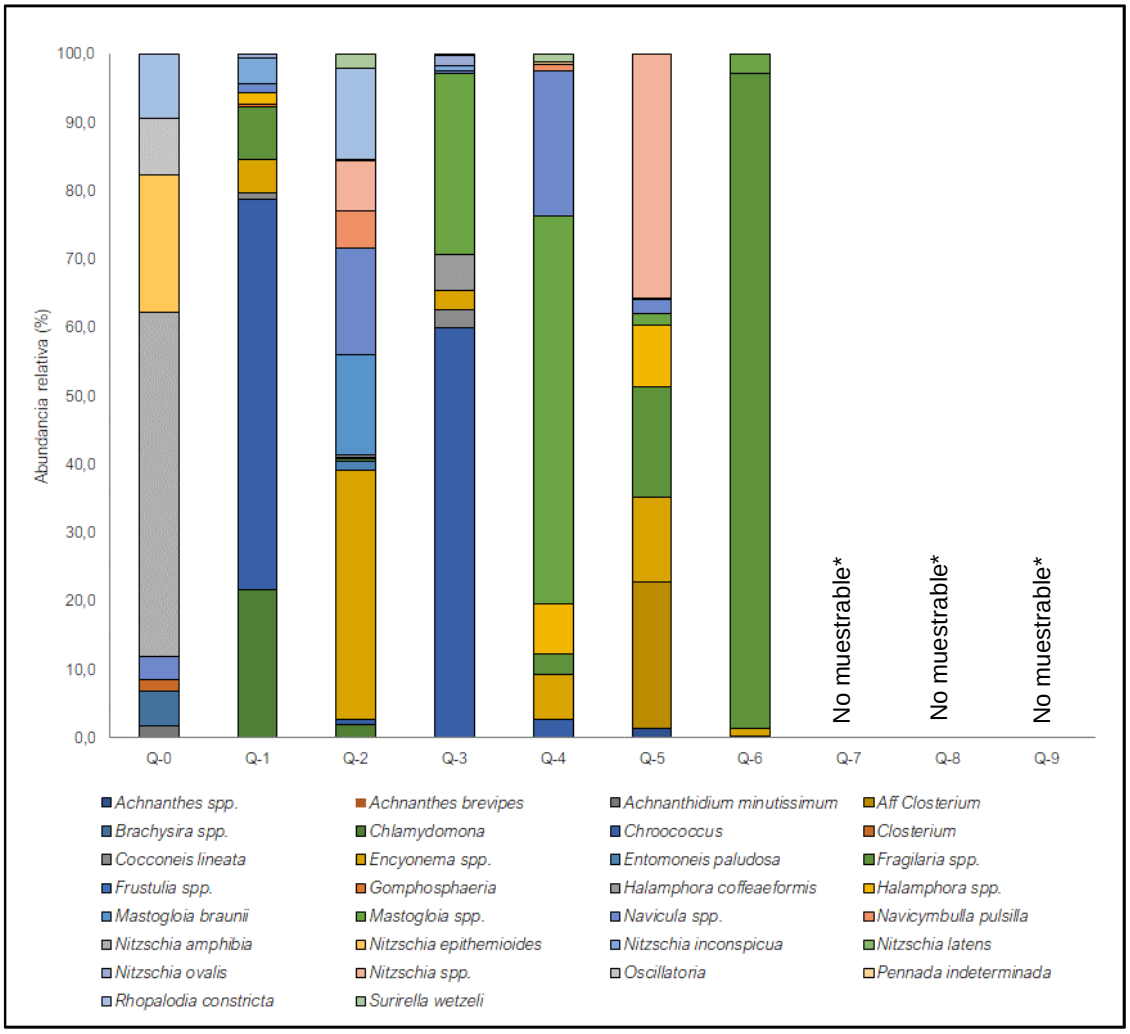
Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-33. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



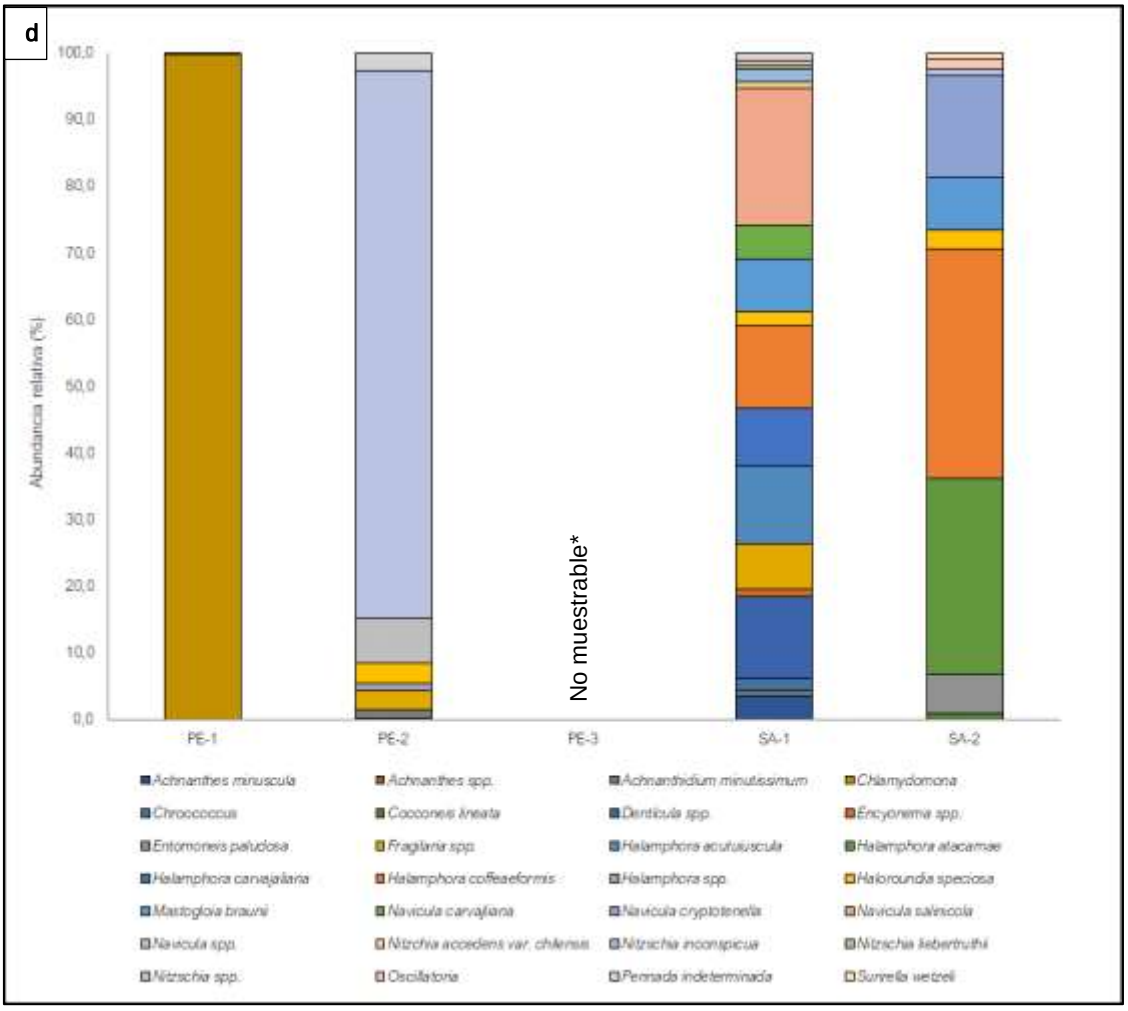
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-34. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-35. Abundancia relativa del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Respecto a la riqueza total de taxa, los valores de Riqueza total de microalgas plantónicas determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 2 y 18 taxa (Tabla 5-48, **Anexo XIII**). Ambos valores fueron detectados en el sector de Peine. El menor valor se detectó en la estación de monitoreo PE-1 ubicada en la laguna Interna mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en la laguna Saladita (estación SA-1).

La menor dispersión de los datos de Riqueza total se detectó en los sistemas Puilar y Aguas de Quelana (C.V.=20,4 y 23,6 respectivamente) indicando una mayor homogeneidad en la cantidad de taxa de microalgas fitoplanctónicas presentes en dichos sectores. Por otro lado, los sectores de Soncor y Peine presentaron una mayor variabilidad en la cantidad de taxa del fitoplancton dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 34,3 y 69,6 respectivamente) (Tabla 5-48 y Figura 5-36).

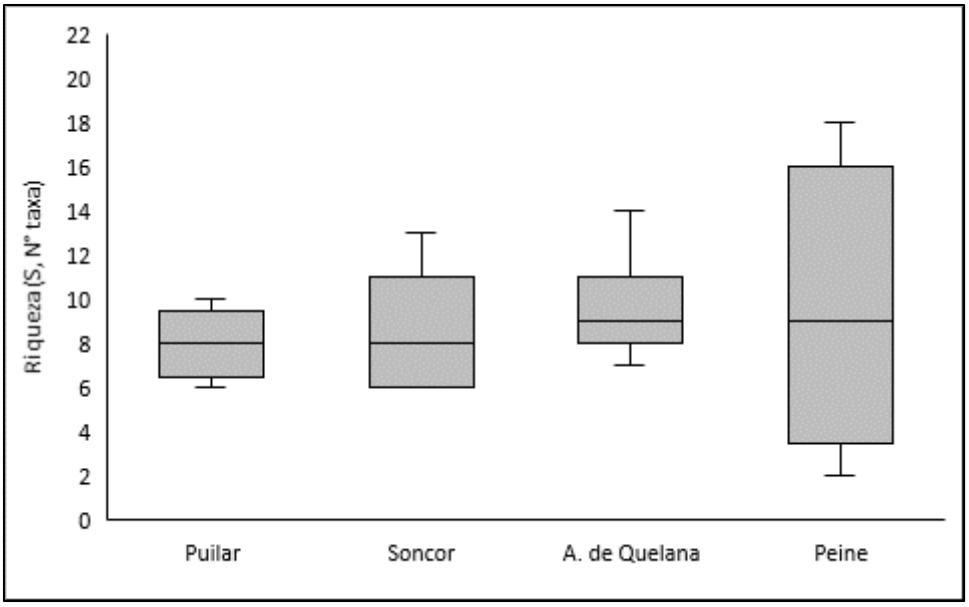
Respecto a la comparación de la Riqueza total de microalgas planctónicas determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=1,757, g.l=3, p=0,178) lo cual indica que existen niveles de riqueza similares entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio por lo tanto existe una homogeneidad marcada, característica de este tipo de sistemas (Tabla 5-48 y Figura 5-37).

Tabla 5-48: Estadígrafos de la Riqueza total del Fitoplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Riqueza de taxa (S)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	6	10	8	8	1,6	20,4
SONCOR	5	6	13	8	8	2,9	34,3
QUELANA	7	7	14	10	9	2,3	23,6
PEINE	4	2	18	10	9	6,6	69,6

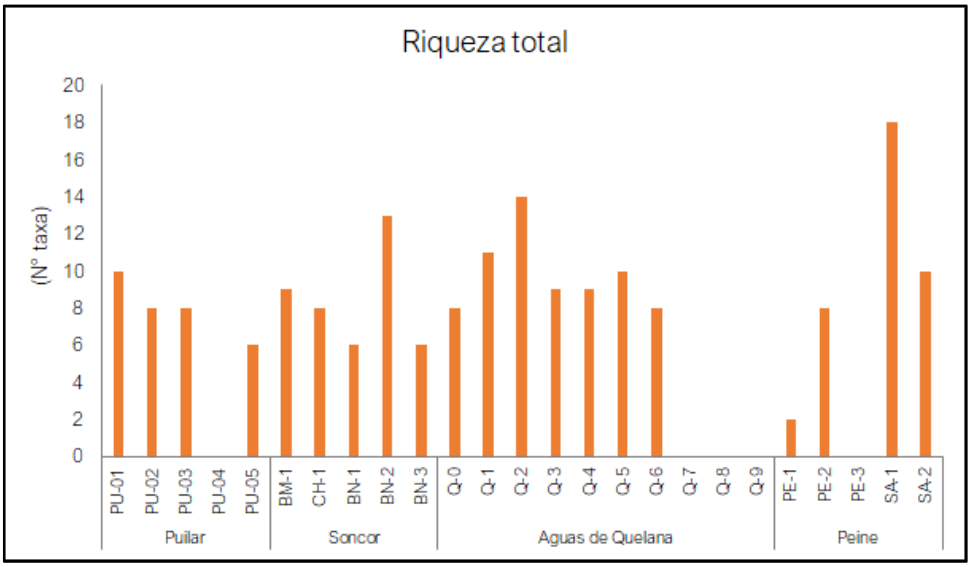
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-36. Representación gráfica de la variación de los valores de Riqueza del Fitoplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37. Riqueza total del fitoplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.4 Zoobentos

Los valores de abundancia total de los organismos zoobentónicos determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 3 y 372 ind/m^2 (Tabla 5-49, **Anexo XIII**). El menor valor se determinó en los sectores de Soncor (estación BN-2) y Aguas de Quelana (estación Q-6) mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector de Puilar específicamente en la estación de monitoreo PU-5.

El sector que presento la menor dispersión de los datos de abundancia corresponde al sistema Peine (C.V.=49,2) mostrando una alta homogeneidad en la cantidad de individuos de zoobentos presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, los sectores de Puilar y Soncor presentaron una mayor variabilidad en las abundancias del zoobentos dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 163,3 y 122,1 respectivamente) (Tabla 5-49 **y** Figura 5-38) revelando mayor variabilidad en la cantidad de organismos del zoobentos que se encuentran en los distintos sectores de los sistemas, lo cual indica una mayor heterogeneidad en el sustrato de los lugares.

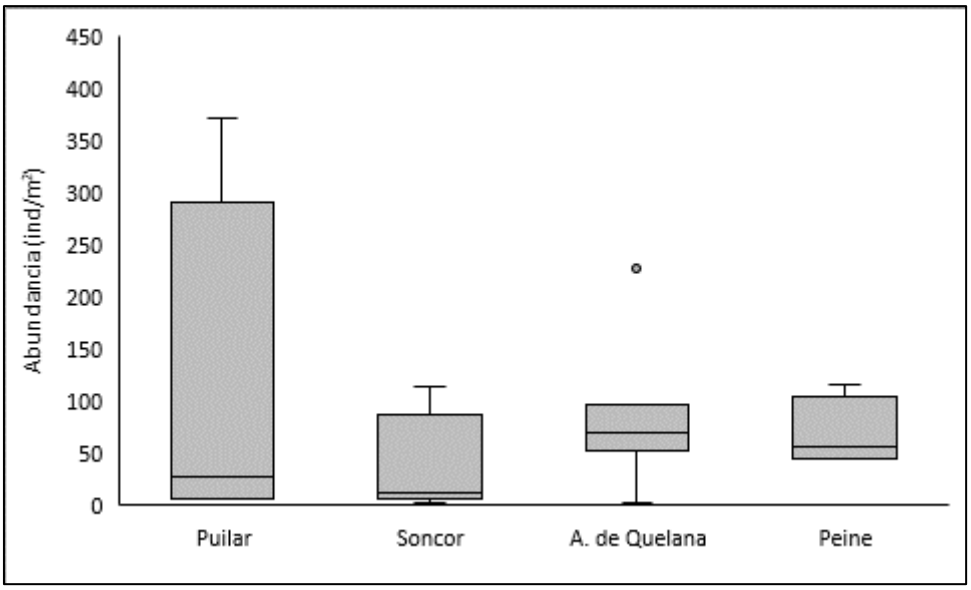
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores (KW=2,023, g.l=3, p=0,567) indicando nuevamente homogeneidad respecto a este parámetro. Sin embargo, cabe señalar que las estaciones de monitoreo PU-5, CH-1, Q-3 y SA-1 mostraron los valores más altos de abundancia dentro de toda el área de estudio (Tabla 5-49 **y** Figura 5-39).

Tabla 5-49: Estadígrafos de la Abundancia total del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Abundancia total ind/m2					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	6	372	108	28	177,0	163,3
SONCOR	5	3	114	39	11	47,5	122,1
QUELANA	7	3	227	86	69	69,5	81,2
PEINE	4	44	117	69	57	33,8	49,2

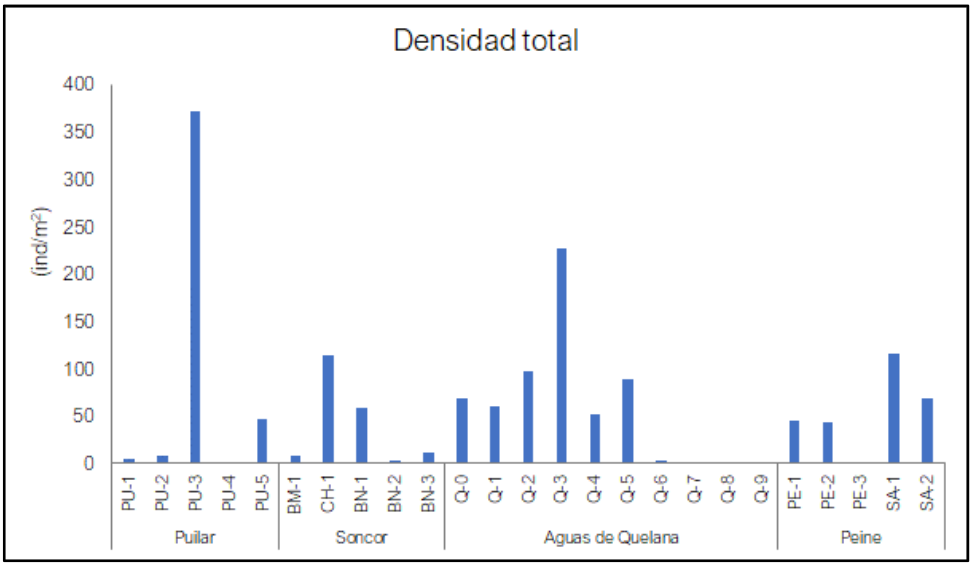
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-38. Representación gráfica de la variación de los valores de Abundancia del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

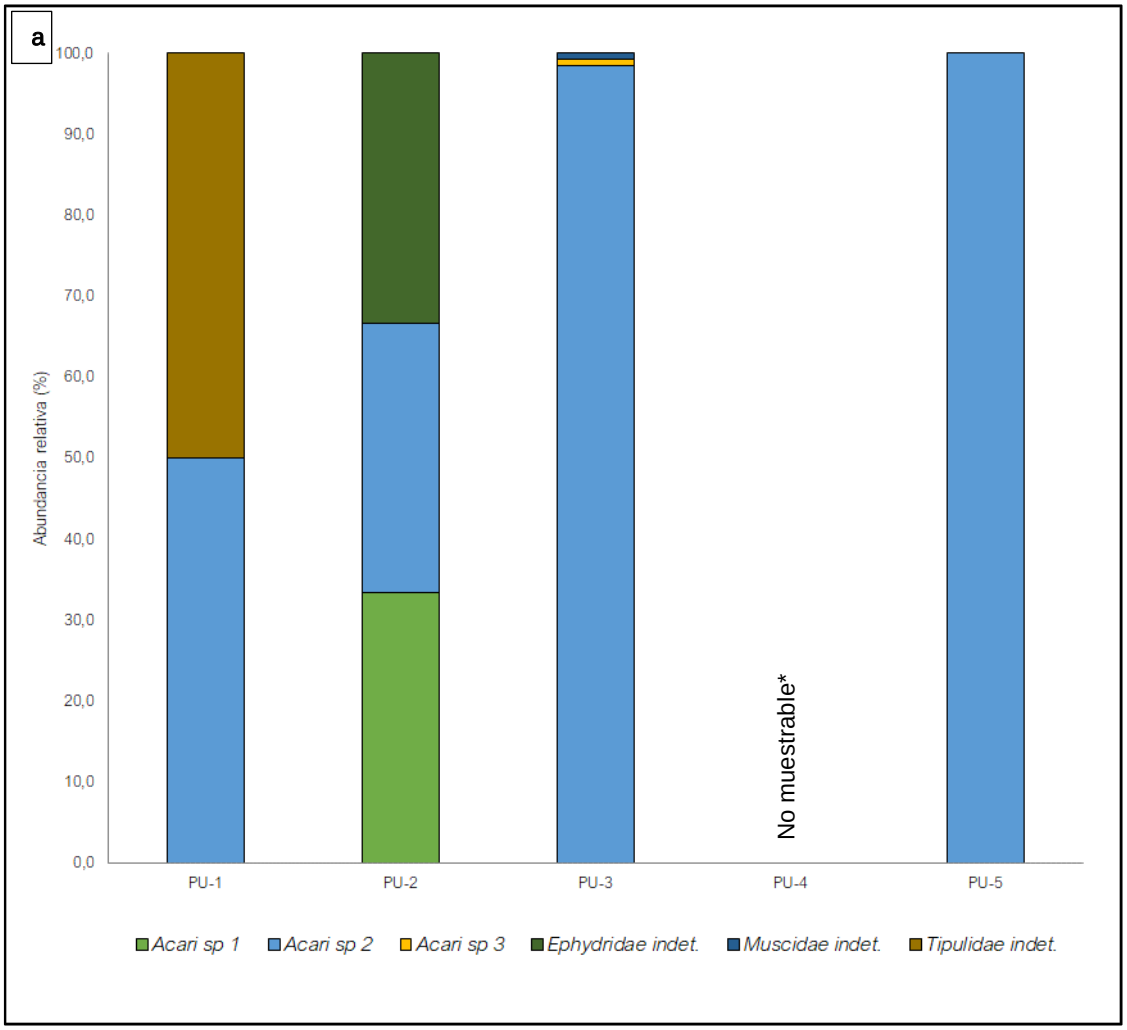
Figura 5-39. Densidad total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

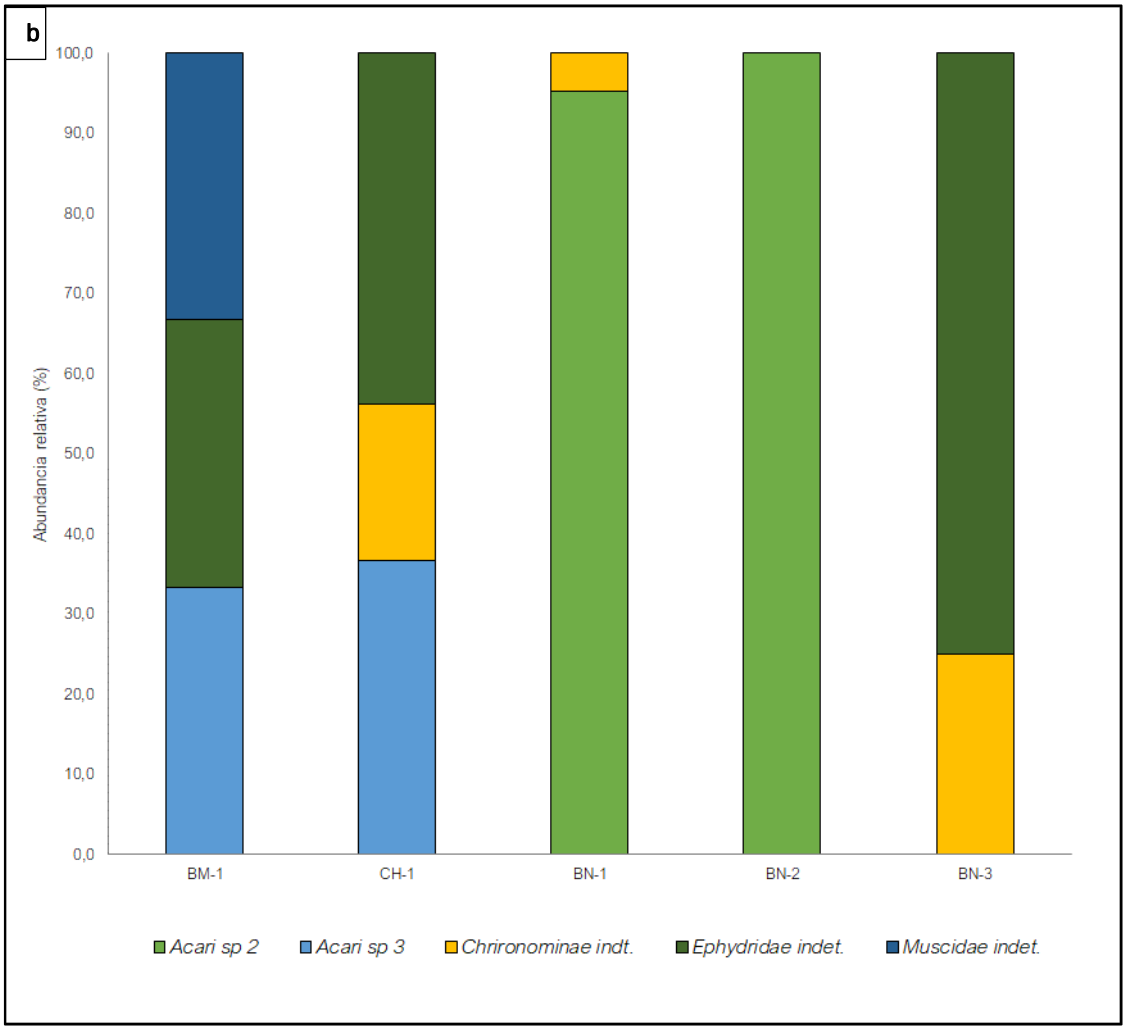
Respecto a las abundancias relativas de taxa por sector, los taxa más dominante en toda el área de estudio fueron artrópodos de la clase Acari e Insecta. Para el sector de Puilar los taxa más dominantes fueron *Acari sp2 y* Tipulidae indeterminado (Figura 5-40). Para el sector de Soncor el taxón más dominante al igual que en Puilar fue *Acari sp2* (Figura 5-41). En el sector Aguas de Quelana el taxón que dominó fue *Acari sp2.* (Figura 5-42). Finalmente, en el sector de Peine los taxa dominantes fueron *Chironominae indeterminado, Muscidae indeterminado y Acari sp2* (Figura 5-43).

Figura 5-40. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



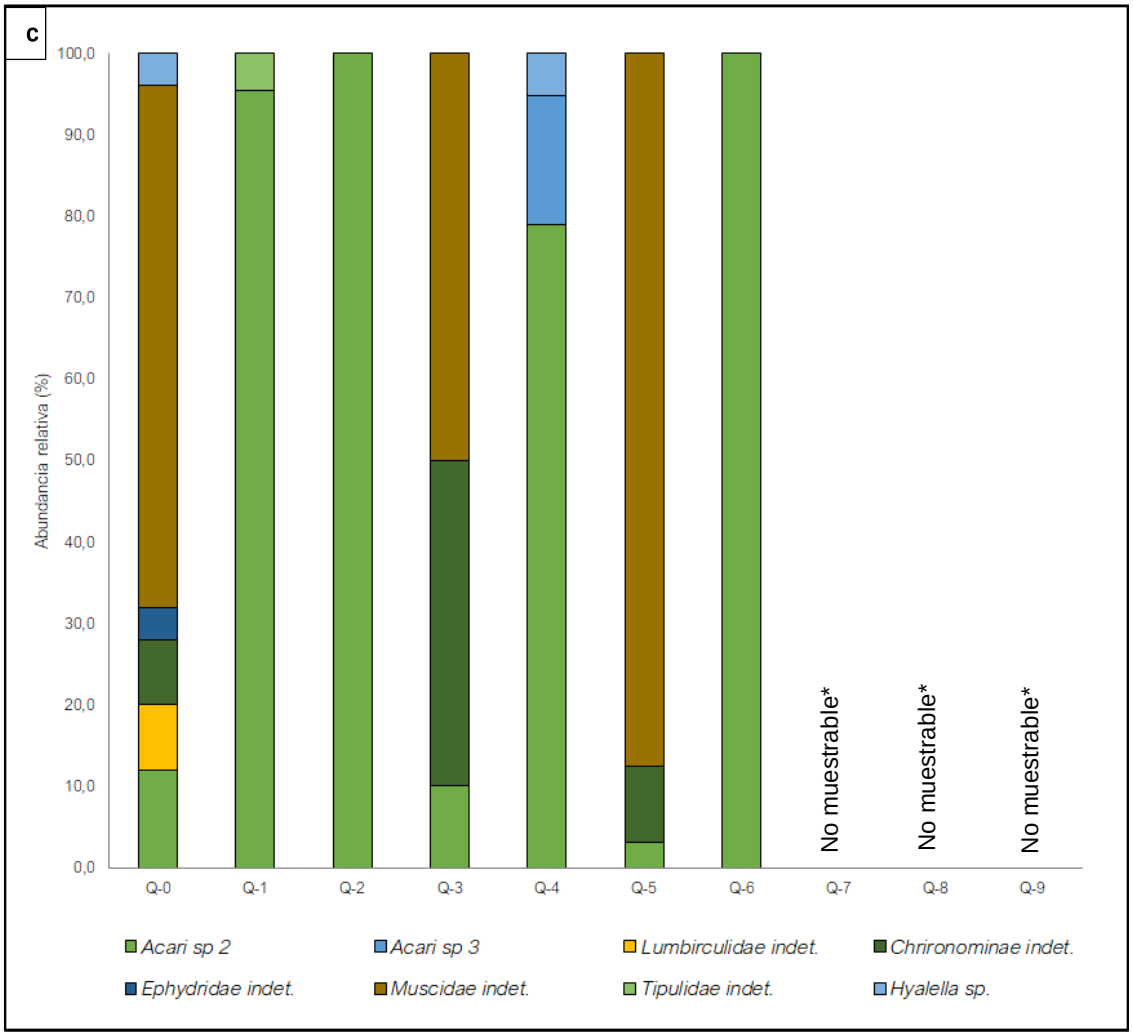
Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-41. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



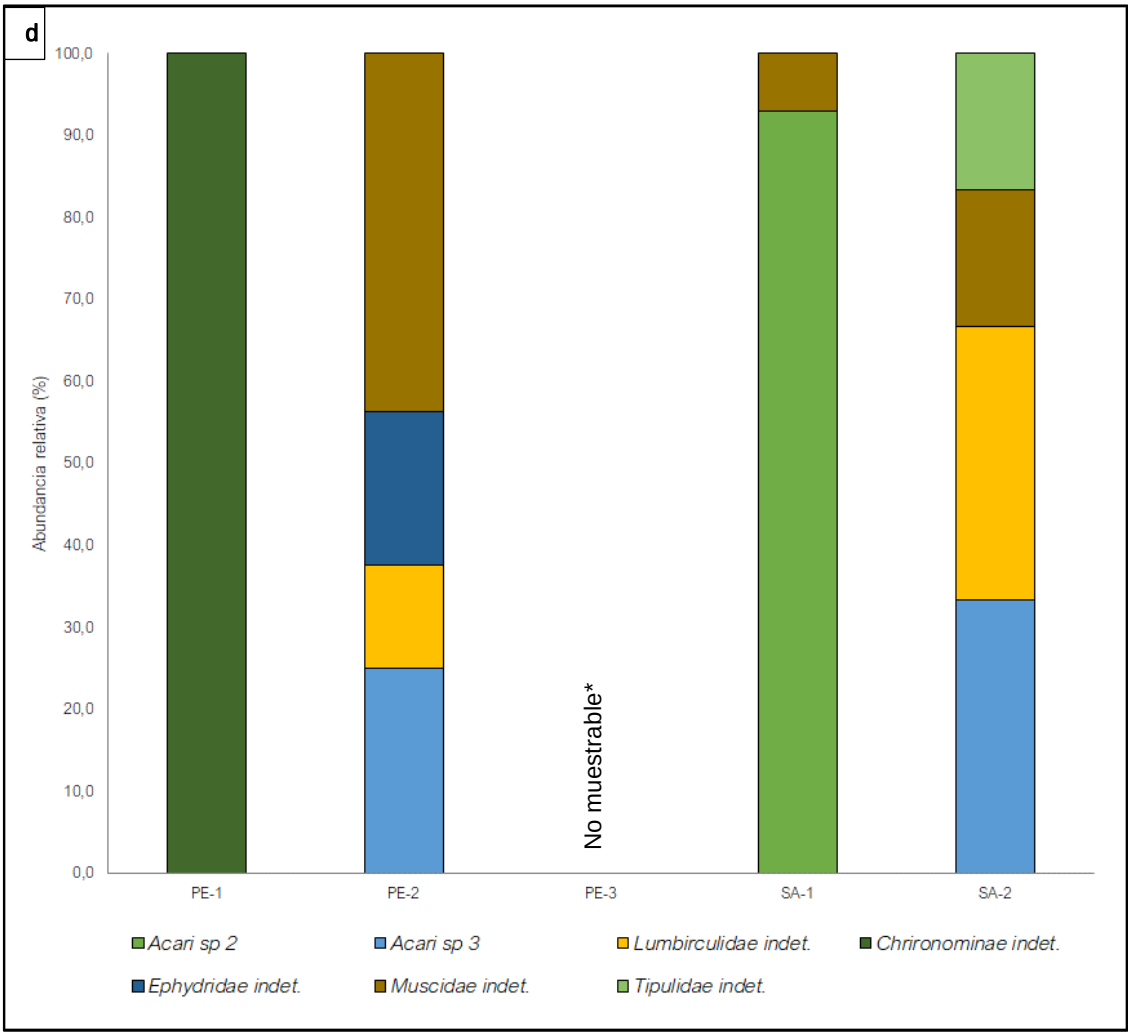
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-43. Abundancia relativa del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Respecto a la riqueza total de taxa de macroinvertebrados bentónicos, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 1 y 6 taxa (Tabla 5-50**, Anexo XIII**). El menor valor se detectó en las estaciones PU-5 del sistema Puilar, BN-2 del sistema Soncor, Q-2 del sistema Aguas de Quelana y PE-1 del sector de Peine, mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector Aguas de Quelana en la estación Q-0.

Los coeficientes de variación de los distintos sectores de muestreo son bajos y muy similares entre sí, e indican en general una homogeneidad en la cantidad de taxa de individuos zoobentónicos presentes en dichos sectores (Tabla 5-50 **y** Figura 5-44).

Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico al igual que en la Abundancia total, no se detectaron diferencias

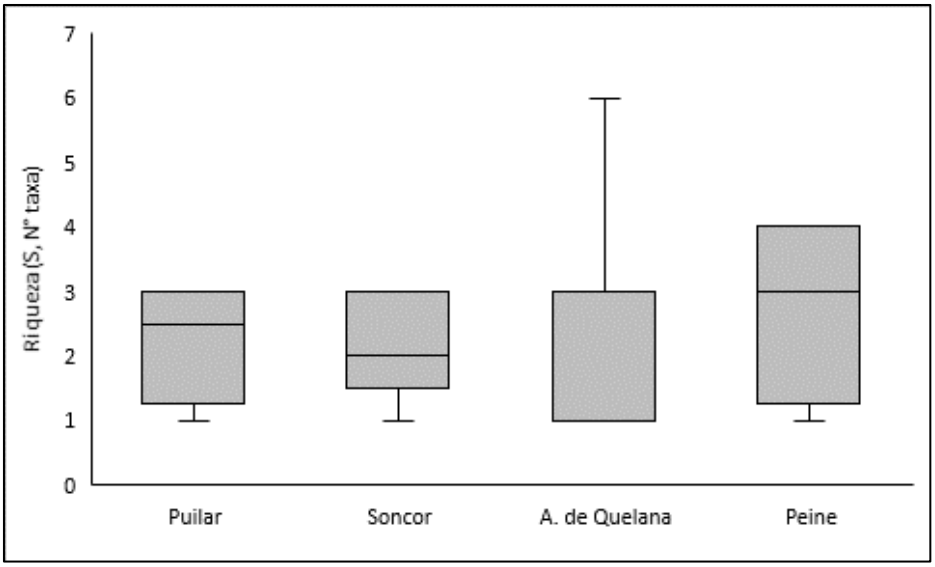
significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=0,519 g.l=3, p=0,905) lo cual indica que existen niveles de riqueza muy similares entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio con una baja cantidad de especies de macroinvertebrados presentes en el bentos, por lo tanto existe una homogeneidad marcada respecto a este parámetro, la cual es característica de este tipo de sistemas (Tabla 5-50 **y** Figura 5-45).

Tabla 5-50: Estadígrafos de la Riqueza total del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Riqueza de taxa (S)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	1	3	2	3	1,0	42,6
SONCOR	5	1	3	2	2	0,8	38,0
QUELANA	7	1	6	3	3	1,7	62,8
PEINE	4	1	4	3	3	1,5	54,5

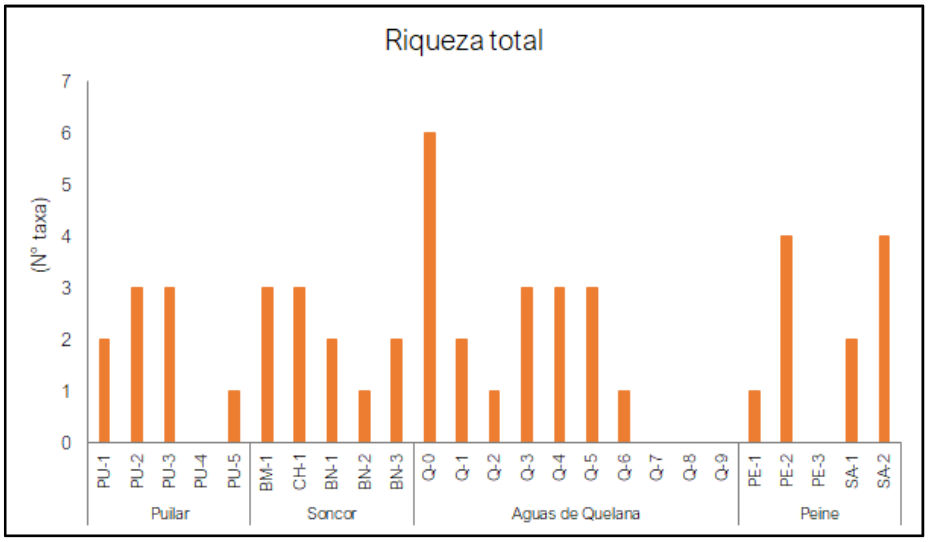
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-44. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-45. Riqueza total del zoobentos medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

- Indice de diversidad de Shannon- Weiner (H)

Los valores de diversidad biológica determinados mediante el índice de Shannon – Weiner durante el actual monitoreo variaron entre 0,000 bits y 1,734 bits. El menor valor fue determinado en distintas estaciones de todos los Sectores del Salar de Atacama, mientras que el mayor valor de diversidad fue determinado en la estación Q-0 en en el sector Aguas de Quelana (Figura 5-47).

El sector que presentó la mayor dispersión de los datos correspondió al Sector de Puilar (C.V:= 110,70) indicando una heterogeneidad en la diversidad biológica presente en el sector. Por otro lado, la menor dispersión de datos se detectó en el Sector de Soncor (C.V.=85,14) indicando que corresponde al sector con mayor homogeneidad respecto a la diversidad biológica.

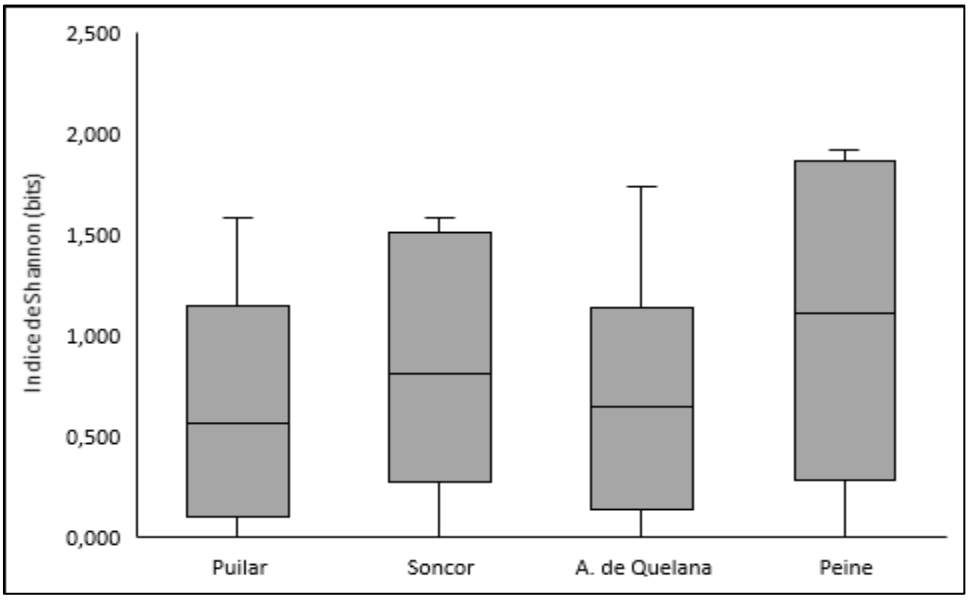
La comparación estadística entre los sectores monitoreados en el Salar de Atacama indican que no existen diferencias significativas entre ellos (KW=0,84, g.l=3, p=0,835) (Tabla 5-51 y Figura 5-46)

Tabla 5-51: Estadígrafos de la variación de los valores del indice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) del Zoobentos registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Índice de Shannon - Weiner					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	0,000	1,585	0,678	0,563	0,75	110,70
SONCOR	5	0,000	1,585	0,837	0,811	0,71	85,14
QUELANA	7	0,000	1,734	0,703	0,645	0,67	95,83
PEINE	4	0,000	1,918	1,035	1,111	0,99	95,92

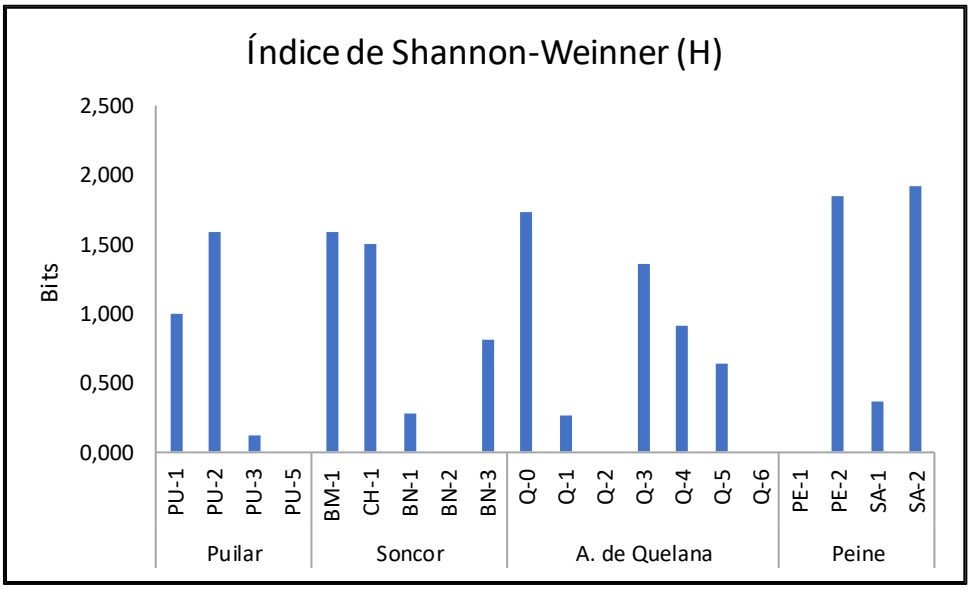
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-46. Representación gráfica de la variación de los valores del índice de Shannon - Weiner (diversidad biológica) del Zoobentos medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-47. Índice de Shannon Weiner determinado en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.5 Zooplancton

Los valores de abundancia total de los organismos zooplanctónicos determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 0 y 13,77 ind/L (Tabla 5-52, Anexo XIII). El menor valor se determinó en los sectores de Soncor (estación BN-3) y Aguas de Quelana (estación Q-3) mientras que el mayor valor de abundancia se detectó en el sector de Aguas de Quelana específicamente en la estación de monitoreo Q-5.

El sector que presentó la menor dispersión de los datos de abundancia corresponde al sistema Peine (C.V.=94,30) mostrando una alta homogeneidad en la cantidad de individuos del zooplancton presentes en los cuerpos de agua del sistema. Por otro lado, el sector de Soncor presentó una mayor heterogeneidad respecto a la abundancia de organismos zooplanctónicos dentro de sus estaciones de monitoreo (C.V.= 183,84) (Tabla 5-52 y Figura 5-48) revelando mayor variabilidad en la cantidad de organismos del zoobentos que se encuentran en los distintos sectores de este sistema.

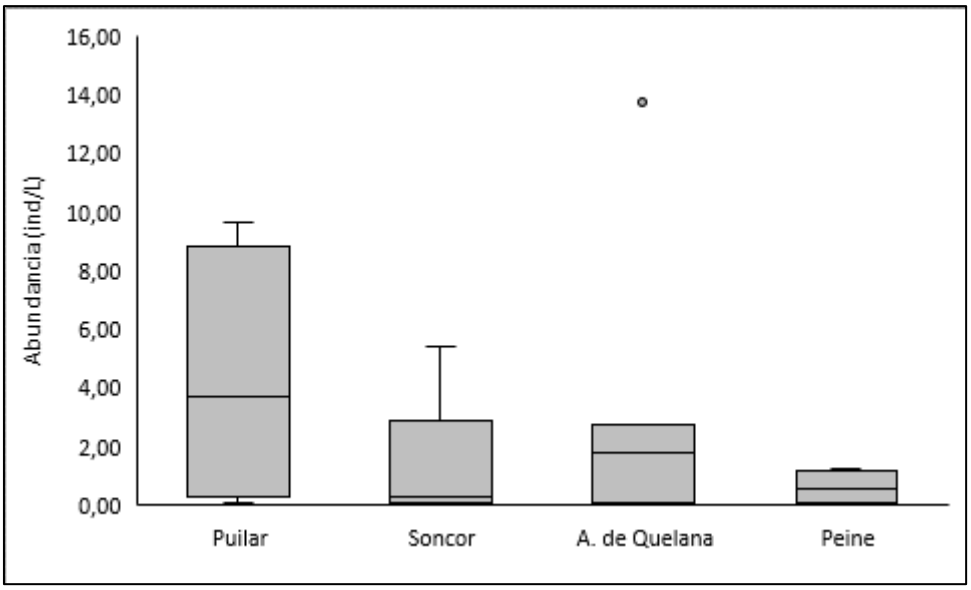
Respecto a la comparación de las abundancias entre los distintos sistemas hidrológicos muestreados, desde el punto de vista estadístico no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sectores (KW=1,71, g.l=3, p=0,633) indicando homogeneidad respecto a este parámetro. Sin embargo, cabe señalar que las estaciones de monitoreo PU-2, BM-1, Q-5 y SA-1 mostraron los valores más altos de abundancia dentro de toda el área de estudio (Tabla 5-52 yFigura 5-48).

Tabla 5-52: Estadígrafos de la variación de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Riqueza de taxa (S)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	0,08	9,68	4,28	3,68	4,56	106,68
SONCOR	5	0,00	5,39	1,26	0,32	2,31	183,84
QUELANA	7	0,00	13,77	3,00	1,77	4,88	162,36
PEINE	4	0,07	1,25	0,62	0,57	0,58	94,30

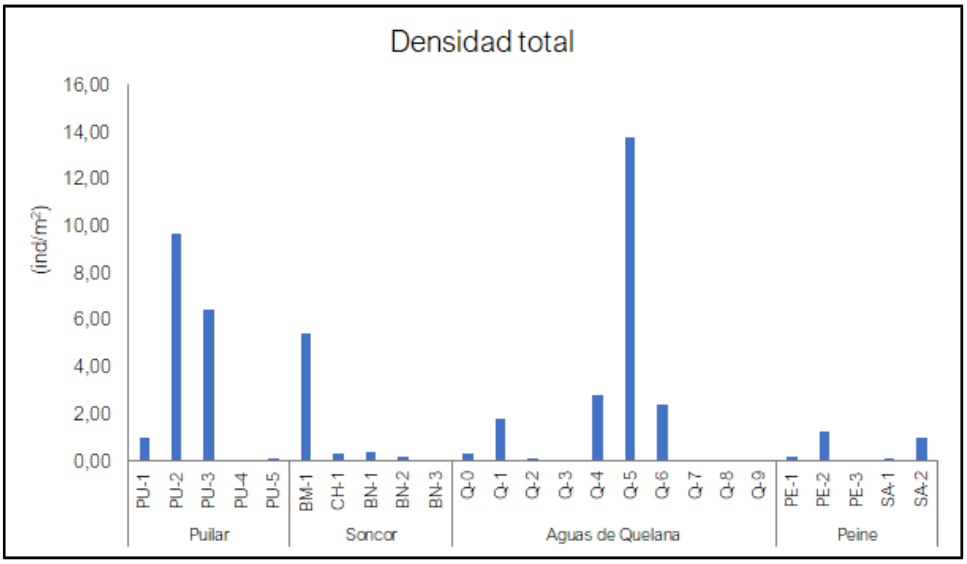
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-48. Representación gráfica de la variación de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

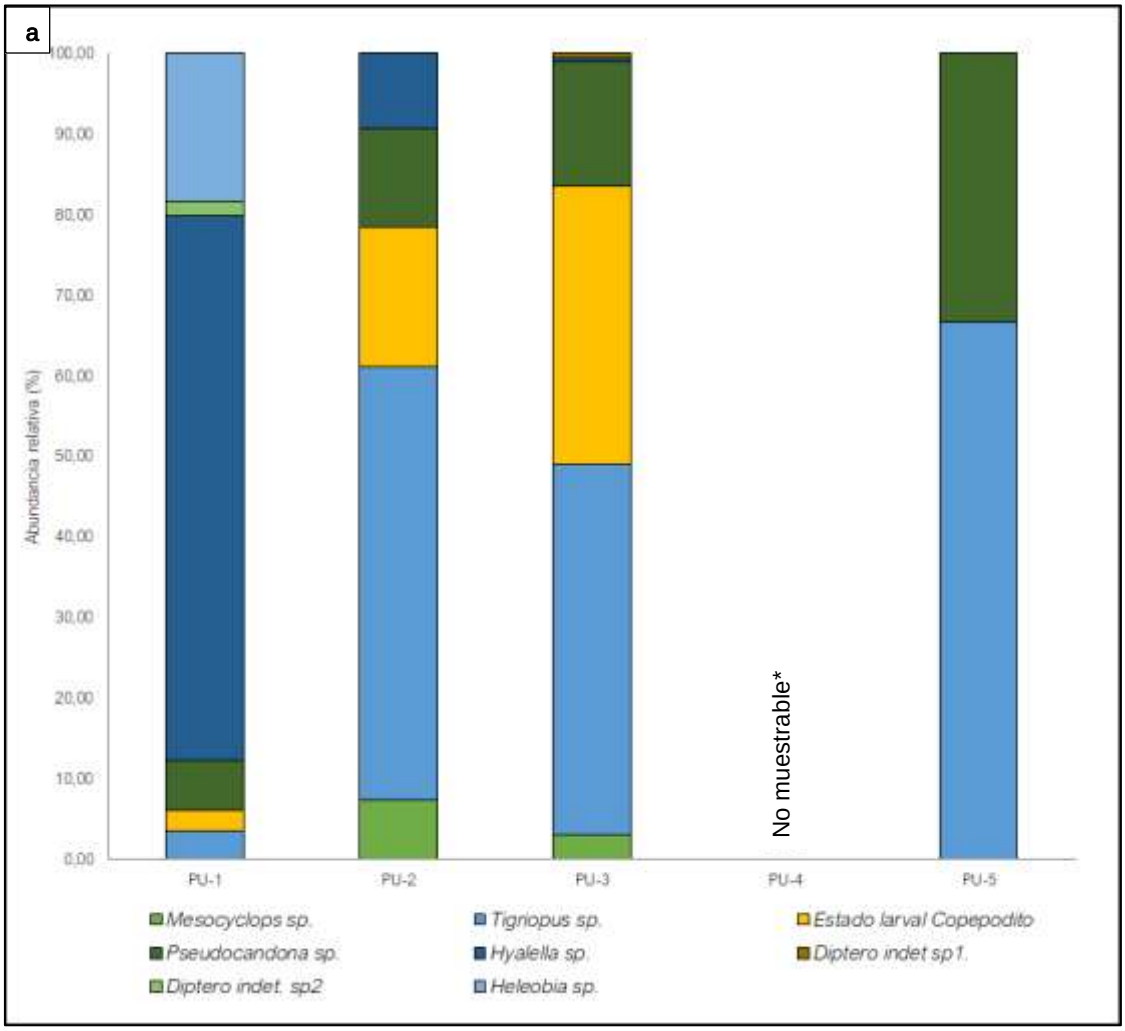
Figura 5-49. Densidad total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

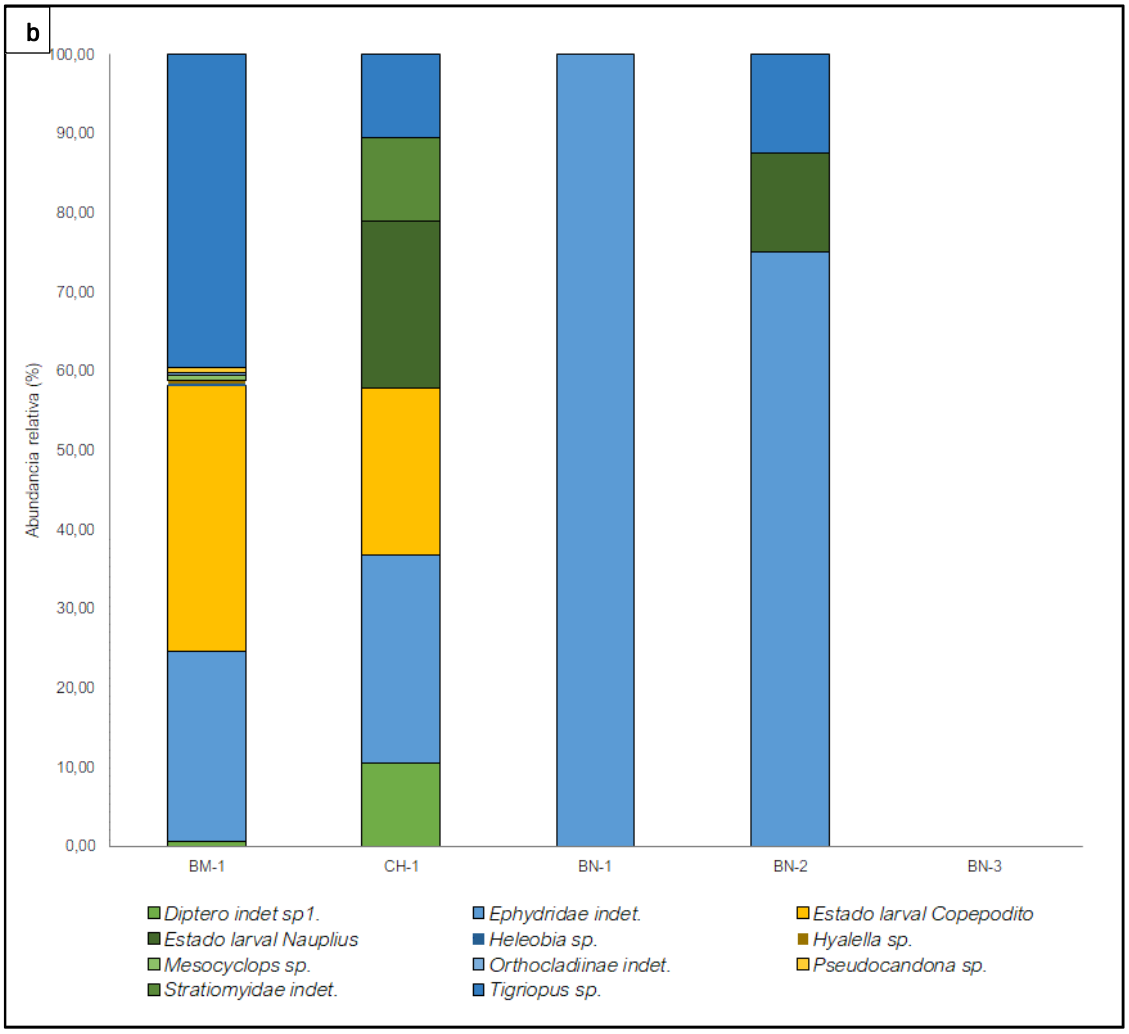
Respecto a las abundancias relativas de taxa, para el sector de Puilar el taxón más dominante fue *Tigriopus sp.* (Figura 5-50). Para el sector de Soncor el taxón más dominante fue Ephydridae (Figura 5-51). En el sector Aguas de Quelana los taxa con mayor dominancia fueron *Tigriopus sp. y Pseudocandona sp.* (Figura 5-52). Finalmente, en el sector de Peine los taxa dominantes fueron *Tigriopus sp.,* larvas Nauplius indeterminadas y *Artemia franciscana* (Figura 5-53, Anexo XIII).

Figura 5-50. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



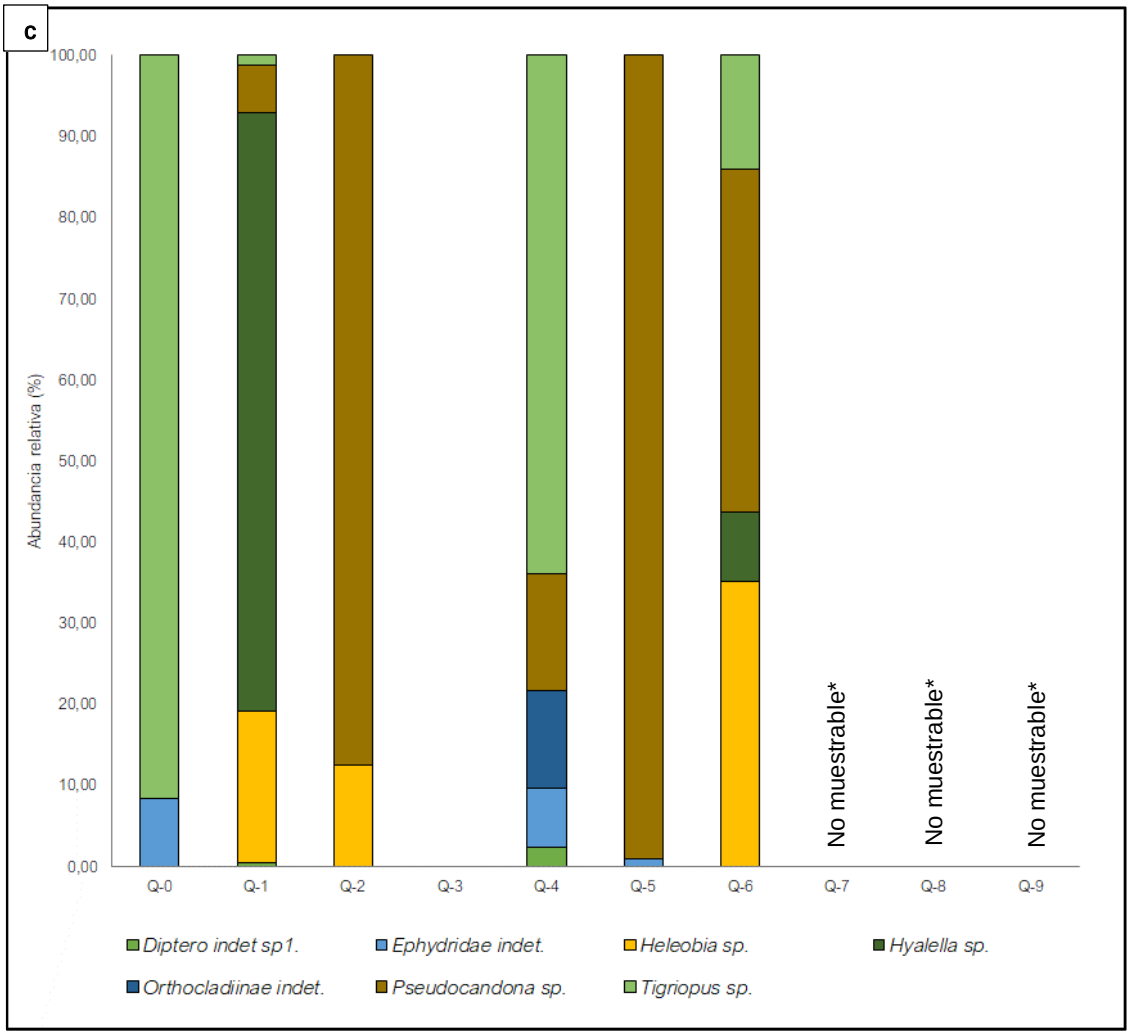
Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-51. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



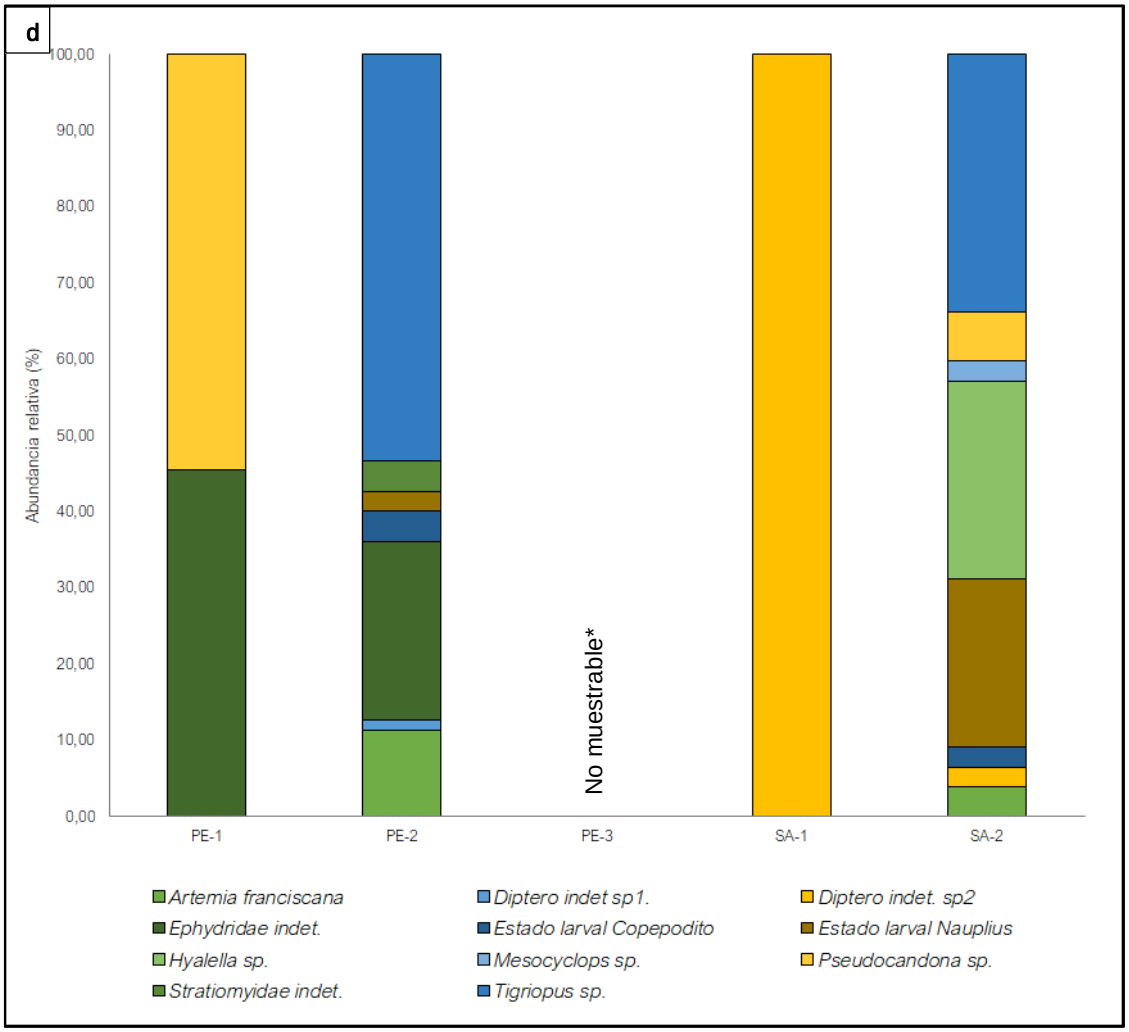
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-52. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Figura 5-53. Abundancia relativa del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. a) Sector Puilar, b) Sector Soncor, c) Sector Aguas de Quelana y d) Sector Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.
* : Unidad sin lámina de agua disponible para su muestreo.

Respecto a la riqueza total de taxa de individuos zooplanctónicos, los valores determinados durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) variaron entre 0 y 9 taxa (Tabla 5-53, **Anexo XIII**). El menor valor se detectó en las estaciones BM-3 del sistema Soncor, BN-2 del sistema Soncor y en Q-3 del sistema Aguas de Quelana mientras que el mayor valor de riqueza se detectó en el sector Soncor en la estación BM-1.

Los coeficientes de variación de los distintos sectores de muestreo en general fueron bajos y muy similares entre sí, e indican una homogeneidad en riqueza del zooplancton presente en todos los sectores estudiados (Tabla 5-53 y Figura 5-54).

Respecto a la comparación de la Riqueza total determinada entre los distintos sectores muestreados, desde un punto de vista estadístico, al igual que lo ocurrido con la Abundancia total, no se detectaron diferencias significativas entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio (KW=1,743 g.l=3,

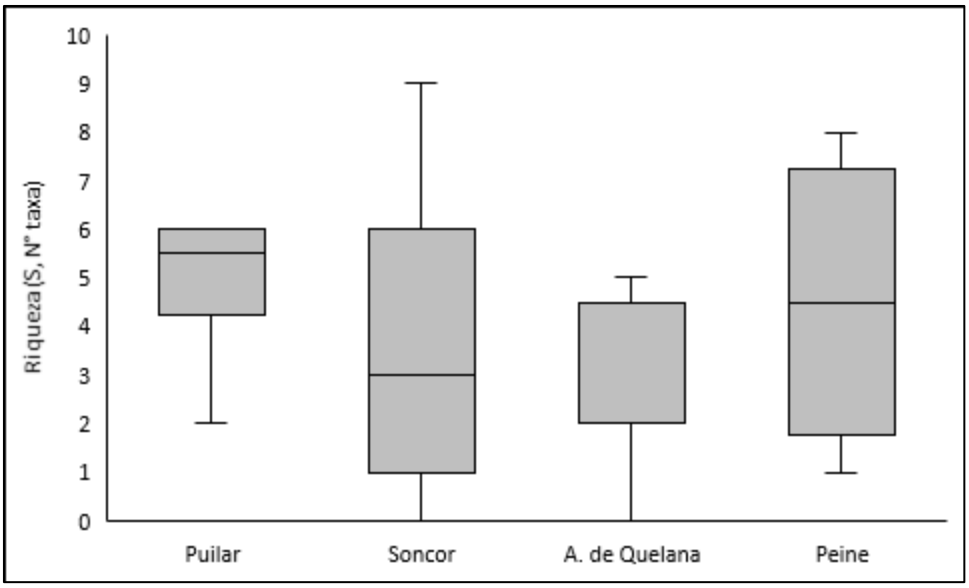
p=0,618) lo cual indica que existen niveles de riqueza similares entre los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio con una baja cantidad de especies de organismos presentes en el zooplancton. Por lo tanto, al igual que lo evidenciado con la riqueza en el Zoobentos, existe una homogeneidad marcada respecto a este parámetro, la cual es característica de este tipo de sistemas (Tabla 5-53 y Figura 5-55).

Tabla 5-53: Estadígrafos de la variación de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

SECTOR	N	Riqueza de taxa (S)					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
PUILAR	4	2	6	5	6	1,9	39,9
SONCOR	5	0	9	4	3	3,7	97,4
QUELANA	7	0	5	3	2	1,9	65,3
PEINE	4	1	8	5	5	3,5	78,0

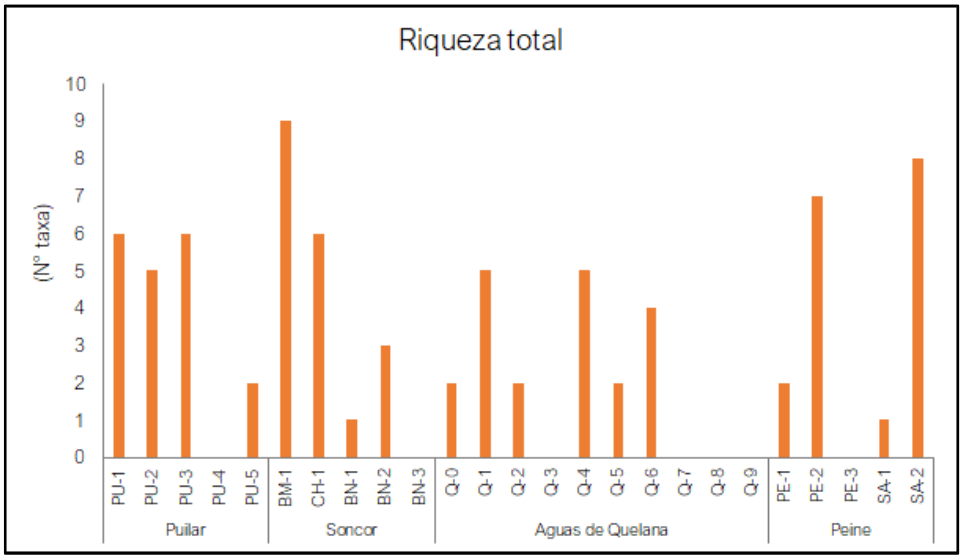
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-54. Representación gráfica de la variación de los valores Riqueza del Zooplancton medidos en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-55. Riqueza total del zooplancton medida en los en los distintos sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.6 Plantas Acuáticas (Macrófitas)

Según la revisión de antecedentes este componente biológico ha sido encontrado exclusivamente en el sector de Aguas de Quelana, lo cual fue nuevamente detectado durante la actual campaña de monitoreo de abril de 2018, ya que de la totalidad de las estaciones prospectadas solo el sector Aguas de Quelana presentó la presencia de macrófitas en cinco de sus diez sitios de monitoreo.

Tabla 5-54: Presencia de Vegetación acuatica (Macrófitas) presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

Sector	**Estación de monitoreo**	**Presencia de macrófitas (% cobertura)**			
		Ruppia filifolia			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
Puilar	PU-1	-	-	-	-
	PU-2	-	-	-	-
	PU-3	-	-	-	-
	PU-4	*	*	*	*
	PU-5	-	-	-	-
Soncor	BM-1	-	-	-	-
	CH-1	-	-	-	-
	BN-1	-	-	-	-
	BN-2	-	-	-	-
	BN-3	-	-	-	-
Aguas de Quelana	Q-0				
	Q-1			X	

Tabla 5-54: Presencia de Vegetación acuatica (Macrófitas) presentes en el área de estudio. Salar de Atacama. II Región de Chile. Campaña abril 2018.

Sector	Estación de monitoreo	Presencia de macrófitas (% cobertura)			
		Ruppia filifolia			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
	Q-2	-	-	-	-
	Q-3		X		
	Q-4	X			
	Q-5		X		
	Q-6	X			
	Q-7	*	*	*	*
	Q-8	*	*	*	*
	Q-9	*	*	*	*
Peine	PE-1	-	-	-	-
	PE-2	-	-	-	-
	PE-3	-	-	-	-
	SA-1	-	-	-	-
	SA-2	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.
* : Estación de monitoreo seca
X : Señala presencia de macrófitas.
- : Señala la ausencia de macrófitas

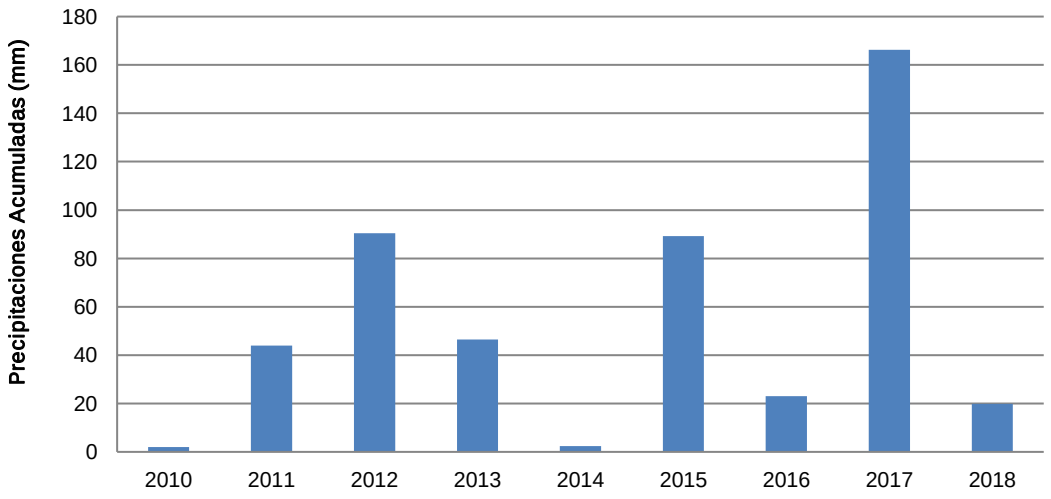
Durante la actual campaña de monitoreo (abril 2018) se detectó la presencia de un solo taxón de macrófitas, correspondiente a la especie *Ruppia filifolia*, el cual fue encontrado solo en el sistema hidrológico Aguas de Quelana, específicamente en las estaciones de monitoreo Q-1, Q-3, Q-4, Q-5 y Q-6 (Tabla 5-54). La estimación del porcentaje de cobertura absoluta indicó que la estación de monitoreo con mayor presencia fue Q-1 la cual presento un rango de porcentaje de cobertura entre el 50 y 75% según escala de Braun-Blanquet.

6. DISCUSIONES

6.1 Antecedentes

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

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



Fuente: Elaboración propia

Se destaca que la precipitación acumulada del año 2018 hasta la fecha del monitoreo equivale a 19,9 mm totales, representando una variación respecto del máximo histórico anual registrado en el año 2017 (166,2 mm), correspondiente a la máxima precipitación ocurrida desde que comenzó el monitoreo (Figura 6-1).

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

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

Fuente: DGA, 2018. Fecha de consulta 04-05-2018.

6.2 Vegetación

6.2.1 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 (2006-2018).

6.2.1.1 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales

En cuanto a la superficie total de vegetación, la superficie total registrada en 2018 fue 14.846,2 ha. Respecto a la rectificación realizada en el año 2013 se aprecia que la superficie se ha mantenido dentro de lo registrado (Tabla 6-2). El incremento producido con la evaluación de 2018 se debe al incremento la formación matorral de Káuchal (*T. atacamensis*) que varió de 34,3 ha en 2017 a 811,8 ha en 2018, superficie que históricamente se ha presentado como zona de vegetación escasa (cobertura de la vegetación inferior al 5%) y que actualmente presenta cobertura vegetal muy abierta (cobertura de la vegetación entre 5 a 10%).

La presencia del tipo vegetacional matorral de *T. atacamensis* responde a las condiciones favorables de precipitación y escurrimientos de agua desde la parte alta de la cuenca hacia el núcleo, acontecidas durante enero a marzo 2017. Es posible esperar que la presencia del tipo vegetacional matorral de *T. atacamensis* se asocie sólo a episodios de precipitaciones similares a los ocurridos entre enero y febrero de 2017 donde se acumularon 139,2 mm (Tabla 6-1). Debido a la condición eventual que determina la aparición del matorral, es esperable que en el siguiente monitoreo su presencia disminuya considerablemente, salvo que ocurra un evento de precipitaciones similar.

Tabla 6-2: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018

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

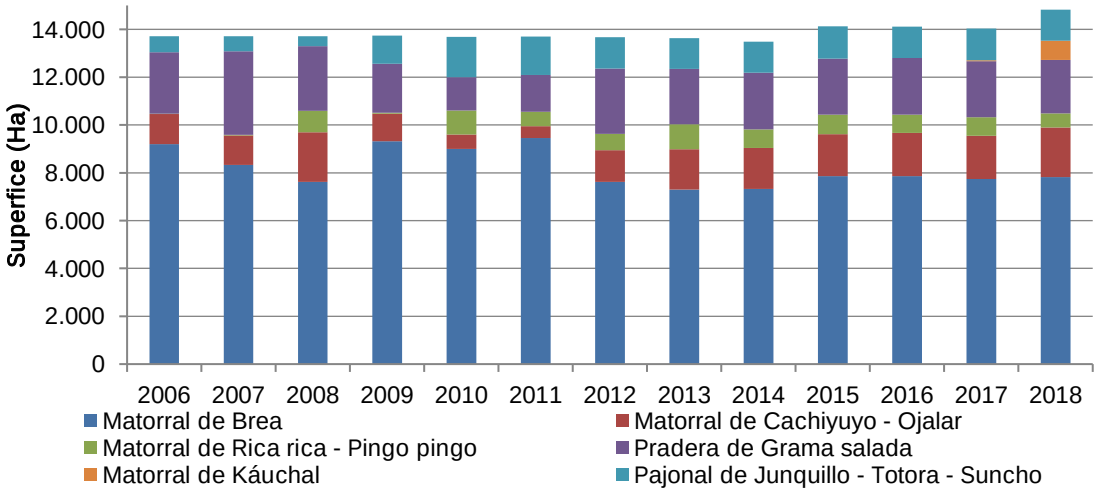
Tabla 6-2: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018

Año de monitoreo	Tipo vegetacional						TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo – Ojalar	Matorral de Rica rica – Pingo pingo	Matorral de Káuchal	Pradera de Grama salada	Pajonal de Junquillo - Totora - Suncho	
2017	7.735,3	1.815,1	769,5	34,3	2.349,1	1.327,4	14.030,7
2018	7.820,2	2.074,0	587,9	811,8	2.235,1	1.288,1	14.817,1

Fuente: Elaboración propia.

Otra de las diferencias observadas en la superficie cubierta por vegetación guarda relación con la dificultad de identificación sobre imágenes satelitales de unidades vegetacionales de baja cobertura, entendido como la vegetación con cobertura rala (menor al 10%). Esta condición es habitual en la vegetación que se presenta en los límites del borde este, tanto hacia la parte alta de la cuenca como hacia el núcleo. Se presenta el caso del tipo vegetacional dominado por Rica rica – Pingo pingo (*A. deserticola* – *E. multiflora*), las que se presentan de manera muy localizada y en el margen oriente de la franja cubierta con vegetación. En este sector, colindante con zonas de vegetación escasa (<5% de cobertura) o sin vegetación, se dificulta la delimitación entre los sectores con 5% de los que poseen 10% de cobertura, toda vez que la distribución de ejemplares es dispersa y corresponden a elementos de tamaño reducido, tendiendo a la confusión con otros elementos del paisaje. Situación similar ocurre con los tipos vegetacionales que limitan hacia el poniente (ubicación del núcleo del Salar de Atacama), los que tienden a presentar límites difusos por la confusión que se produce con la costra salina irregular. Por esta razón, y con la idea de mejorar la precisión de la cartografía es que se realizan esfuerzos adicionales de revisión de la segmentación, produciéndose tales diferencias en las superficies, las que no están directamente relacionadas a efectos del Proyecto.

Figura 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-2 se presentan de forma gráfica las superficies por tipo vegetacional hasta el año 2018. Al comparar los resultados con el año 2017, se observa una disminución del matorral de *A. deserticola* – *E. multiflora* (Rica rica-Pingo pingo) en 181,6 ha (superficie actual: 587,9 ha), la pradera de *D. spicata* (Grama salada) que se redujo en 114,0 ha (superficie actual: 2.235,1 ha) y el pajonal de *J. balticus* – *S. americanus* – *B. juncea* (Junquillo – Totora - Suncho) se redujo en 39,3 ha (superficie actual: 1.288,1 ha).

Por su parte, hubo un aumento respecto del año 2017 de las superficies cubiertas por matorral de *T. absinthioides (*Brea), agregando 84,9 ha más para este año (superficie actual: 7.820,2 ha) , también el matorral de *A. atacamensis* – *A. imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar) presentó un crecimiento de 258,9 ha (superficie actual: 2.074,0 ha), y el matorral de *T. atacamensis* (Káuchal) incrementó en 777,5 ha (superficie actual: 811,8).

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

Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018 según cada informe de monitoreo.

Nº	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)												
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Matorral de *Aloysia deserticola - Ephedra multiflora* (Rica rica-Pingo pingo)	Semidenso	50-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,0	-
		Abierto	25-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,8	185,4
		Muy abierto	10-25	25,0	25,0	21,0	37,0	135,0	212,0	298,9	358,5	322,5	359,6	367,0	222,2	173,9
		Ralo*	<10	1.385,0	1.385,0	1.337,0	1.324,0	1.231,0	1.218,0	1.150,8	-	-	-	-	-	-
			5-10%	-	-	-	-	-	-	-	683,2	453,6	461,8	398,0	398,5	228,6
	Subtotal			**1.410,0**	**1.410,0**	**1.358,0**	**1.361,0**	**1.366,0**	**1.430,0**	**1.449,7**	**1.041,7**	**776,1**	**821,4**	**765,0**	**769,5**	**587,9**
2	Matorral de *Atriplex atacamensis – Atriplex imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar)	Semidenso	50-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6
		Abierto	25-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	49,4	49,1	49,2	244,0	344,5	447,6
		Muy abierto	10-25	65,0	65,0	51,0	43,0	43,0	39,0	196,6	746,3	750,5	753,5	680,0	648,2	783,5
		Ralo*	<10	329,0	329,0	329,0	332,0	334,0	338,0	499,9	-	-	-	-	-	-
			5-10%	-	-	-	-	-	-	-	887,5	993,0	948,8	882,0	822,4	825,3
	Subtotal			**394,0**	**394,0**	**380,0**	**375,0**	**377,0**	**377,0**	**724,0**	**1.683,2**	**1.792,6**	**1.751,5**	**1.806,00**	**1.815,1**	2.074,0
3	Matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea)	Denso	75-100	50,0	53,0	101,0	139,0	129,0	84,0	81,8	104,6	117,4	124,4	101,0	105,5	79,4
		Semidenso	50-75	337,0	354,0	491,0	521,0	430,0	321,0	543,1	365,7	375,1	348,2	365,0	500,3	526,5
		Abierto	25-50	1.622,0	1.596,0	1.801,0	1.865,0	2.109,0	2.119,0	1.935,3	1.072,2	1.051,0	1.168,4	1.952,0	2.049,1	2.226,3
		Muy abierto	10-25	2.462,0	2.852,0	3.324,0	3.328,0	3.933,0	3.953,0	3.174,8	2.926,8	2.895,6	3.430,1	3.019,0	2.733,2	2.660,6
		Ralo*	<10	5.706,0	5.476,0	4.708,0	4.593,0	3.811,0	3.880,0	3.944,3	-	-	-	-	-	-
			5-10%	-	-	-	-	-	-	-	2.831,5	2.891,9	2.794,0	2.434,0	2.347,2	2.327,4
	Subtotal			**10.177,0**	**10.331,0**	**10.425,0**	**10.446,0**	**10.412,0**	**10.357,0**	**9.679,3**	**7.300,8**	**7.331,0**	**7.865,1**	**7.871,00**	**7.735,3**	**7.820,2**
4	**Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Malva)**	Muy abierto	10-25	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	811,8
		Ralo*	<10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6-3. Superficie de los Tipos Vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018 según cada informe de monitoreo.

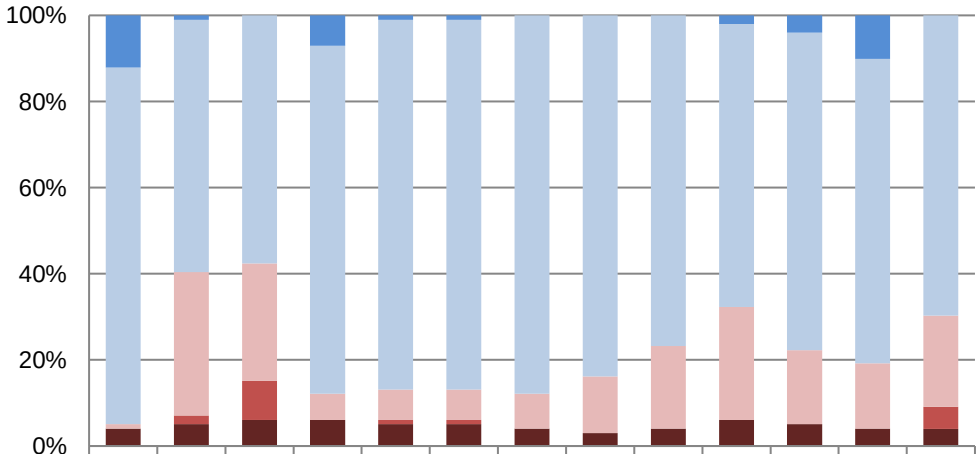
Nº	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)												
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
			5-10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3	-
	Subtotal			**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**		**-**	**-**	34,3	**811,8**
5	Pradera de *Distichlis spicata* (Grama salada)	Denso	75-100	10,0	10,0	18,0	8,0	8,0	7,0	378,5	116,0	132,1	133,7	134,0	135,6	145,0
		Semidenso	50-75	8,0	8,0	29,0	26,0	56,0	51,0	248,8	249,7	242,8	221,2	220,0	218,8	190,0
		Abierto	25-50	400,0	399,0	477,0	541,0	595,0	572,0	327,6	342,7	322,5	318,3	392,0	393,7	438,3
		Muy abierto	10-25	926,0	810,0	804,0	867,0	1.028,0	1.124,0	872,3	795,4	848,3	848,2	966,0	816,9	670,7
		Ralo*	<10	2.465,0	2.376,0	2.281,0	2.167,0	1.755,0	1.670,0	1.314,0	-	-	-	-	-	-
			5-10%	-	-	-	-	-	-	-	815,1	815,1	820,4	645,0	784,1	791,1
	Subtotal			**3.809,0**	**3.603,0**	**3.609,0**	**3.609,0**	**3.442,0**	**3.424,0**	**3.141,2**	**2.318,9**	**2.360,8**	**2.341,8**	**2.357,0**	**2.349,1**	**2.235,1**
6	Pajonal de Juncus balticus - Schoenoplectus americanus - Baccharis juncea (Junquillo - Totora – Suncho)	Denso	75-100	262,0	281,0	331,0	270,0	249,0	200,0	208,9	264,5	292,9	300,4	293,0	254,2	258,8
		Semidenso	50-75	98,0	87,0	69,0	187,0	201,0	181,0	161,9	240,9	243,9	279,4	210,0	228,2	226,9
		Abierto	25-50	385,0	419,0	459,0	465,0	493,0	463,0	552,8	291,7	266,1	257,9	315,0	340,4	276,4
		Muy abierto	10-25	469,0	429,0	449,0	390,0	458,0	482,0	472,6	263,9	272,8	290,4	290,0	292,1	310,9
		Ralo*	<10	249,0	249,0	195,0	189,0	301,0	385,0	395,4	-	-	-	-	-	-
			5-10%	-	-	-	-	-	-	-	229,1	224,4	213,2	215,0	212,5	215,1
	Subtotal			**1.463,0**	**1.465,0**	**1.503,0**	**1.501,0**	**1.702,0**	**1.711,0**	**1.791,6**	**1.290,1**	**1.300,1**	**1.341,3**	**1.323,0**	**1.327,4**	**1.288,1**
Total				**17.253,0**	**17.203,0**	**17.275,0**	**17.292,0**	**17.299,0**	**17.299,0**	**16.785,8**	**13.634,7**	**13.560,6**	**14.121,1**	**14.122,0**	**14.030,7**	**14.817,1**

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

6.2.1.2 Estado vital

Con relación a la vitalidad de la vegetación presente en el borde este, durante el período de monitoreo (Figura 6-3) se han reconocido diferencias interanuales para los diferentes tipos vegetacionales presentes. Los resultados obtenidos en abril de 2018 registraron un aumento en la categoría débil y muy débil, con incrementos de 6,0% y 5,1% respecto del año anterior. La categoría de vitalidad normal presentó una disminución de 1% y la categoría vigoroso no se presentó en el último monitoreo. Los datos del presente año se asemejan a los datos obtenidos el año anterior 2014, a excepción de la categoría muy débil que no se presentaba desde 2011.

Figura 6-3. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006-2018.



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Vigoroso	12,1%	1,0%	0,0%	7,1%	1,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	4,0%	10,1%	0,0%
Normal	82,8%	58,6%	57,6%	80,8%	85,9%	85,9%	87,9%	83,8%	76,8%	65,7%	73,7%	70,7%	69,7%
Débil	1,0%	33,3%	27,3%	6,1%	7,1%	7,1%	8,1%	13,1%	19,2%	26,3%	17,2%	15,2%	21,2%
Muy débil	0,0%	2,0%	9,1%	0,0%	1,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,1%
Sin Vegetación	4,0%	5,1%	6,1%	6,1%	5,1%	5,1%	4,0%	3,0%	4,0%	6,1%	5,1%	4,0%	4,0%

Fuente: Elaboración propia

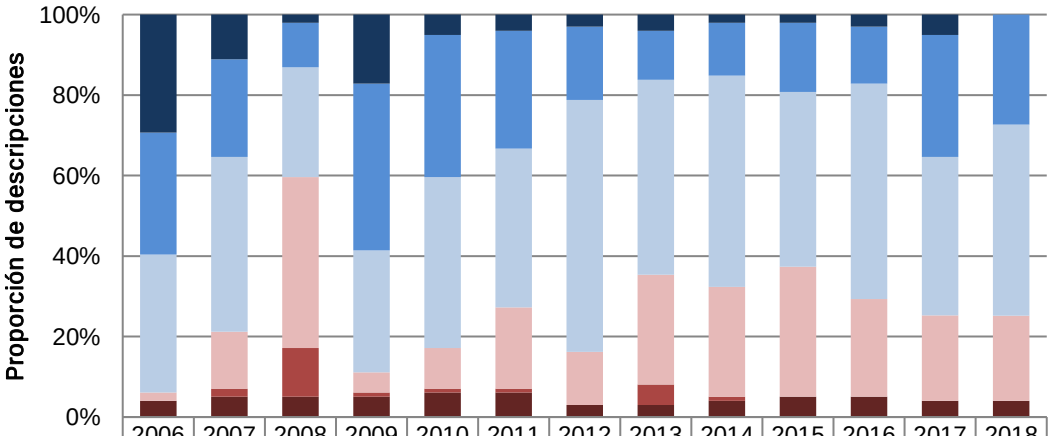
Los resultados generales considerando los distintos años de monitoreo muestran que la vitalidad de la vegetación mayoritariamente se ha mantenido en la categoría definida como normal, con una menor proporción de situaciones donde la vegetación ha mostrado una vitalidad considerada débil. Históricamente, una baja proporción de puntos de monitoreo ha presentado una vitalidad vigorosa o muy débil.

En el presente año, la cantidad de puntos en las categorías normal y débil acumulan el 90,9% de los registros. Al observar las precipitaciones (Tabla 6-1), se puede apreciar que la leve reducción en vitalidad observada puede ser causa de la disminución de las precipitaciones en comparación con el año anterior, donde la precipitación actual corresponde al 12% de lo precipitado en 2017. (Figura 6-1).

6.2.1.3 Follaje verde

Durante el periodo de monitoreo (2006-2018) se ha analizado también el comportamiento del follaje verde de la vegetación presente (Figura 6-4). Los resultados han mostrado variaciones que van desde áreas donde el follaje verde varía desde la categoría <5% a otros sectores donde la categoría de follaje verde supera el 75%. En el período de monitoreo 2018, el 74,8% de las descripciones realizadas presentó un porcentaje de follaje verde mayor a 25% (Figura 6-4). La categoría entre 25-50% presentó un incremento de 8,1% con respecto de 2017, en desmedro de las categorías 50-75% y 75-100% que disminuyeron 3,0% y 5,1%. La categoría 75-100% no se registró en el monitoreo de 2018.

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



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
75-100%	29,3%	11,1%	2,0%	17,2%	5,1%	4,0%	3,0%	4,0%	2,0%	2,0%	3,0%	5,1%	0,0%
50-75%	30,3%	24,2%	11,1%	41,4%	35,4%	29,3%	18,2%	12,1%	13,1%	17,2%	14,1%	30,3%	27,3%
25-50%	34,3%	43,4%	27,3%	30,3%	42,4%	39,4%	62,6%	48,5%	52,5%	43,4%	53,5%	39,4%	47,5%
5-25%	2,0%	14,1%	42,4%	5,1%	10,1%	20,2%	13,1%	27,3%	27,3%	32,3%	24,2%	21,2%	21,2%
<5%	0,0%	2,0%	12,1%	1,0%	1,0%	1,0%	0,0%	5,1%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
0%	4,0%	5,1%	5,1%	5,1%	6,1%	6,1%	3,0%	3,0%	4,0%	5,1%	5,1%	4,0%	4,0%

Fuente: Elaboración propia

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

Respecto a la evaluación, se hace el alcance que los 14 puntos evaluados en el margen oriental de la franja de vegetación, que contienen especies como Rica rica (*Aloysia deserticola*), Pingo pingo (*Ephedra multiflora*), Cachiyuyo (*Atriplex atacamensis*) y Ojalar (*Atriplex imbricata*), tienden a mantener su copa verde a fines del verano por corresponder a especies perennes.

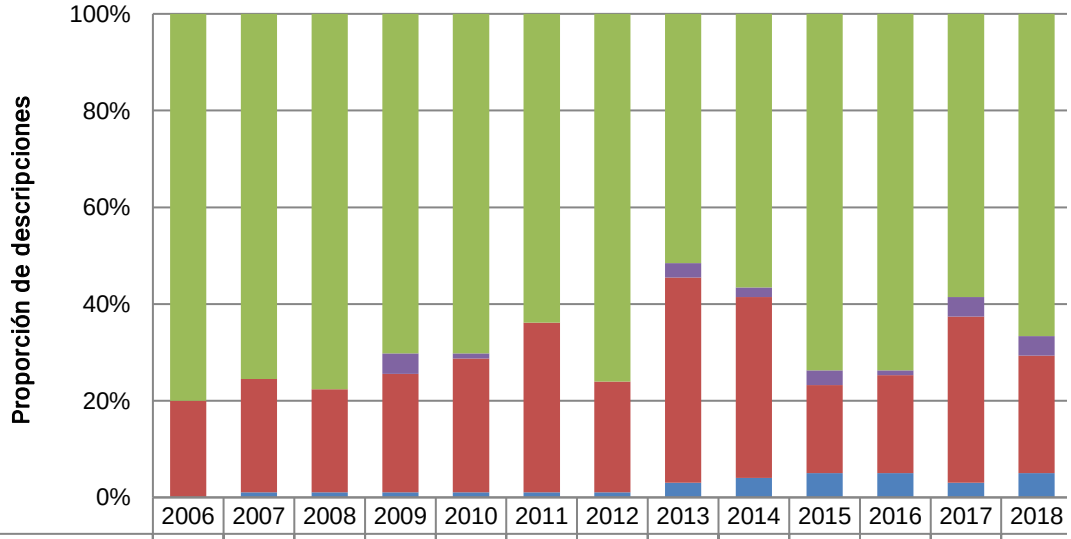
6.2.1.4 Fenología

Las observaciones de estado fenologico de la vegetación en el borde este del Salar de Atacama ha mostrado que durante el periodo de monitoreo (2006-2018) la vegetación se encuentra mayoritariamente en estado de fructificación (Figura 6-5). En cada uno de los monitoreos las observaciones de fructificación superan el 50%, identificándose el mínimo en el año 2013 con un 51,5% de las observaciones clasificadas en esta categoria.

El crecimiento vegetativo es el segundo estado fenológico más dominante alcanzando en promedio aproximadamente un 20% de los registros realizados desde el año 2006.

Los resultados obtenidos durante el periodo 2018 no muestran grandes variaciones respecto a los años anteriores, reportandose un 66,7% de las observaciones en estado fenológico de fructificación y el 24,2% con crecimiento vegetativo.

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



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fructificación	80,0%	75,5%	77,7%	70,2%	70,2%	63,8%	76,0%	51,5%	56,6%	73,7%	73,7%	58,6%	66,7%
Floración	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	1,1%	0,0%	0,0%	3,0%	2,0%	3,0%	1,0%	4,0%	4,0%
Crecimiento vegetativo	20,0%	23,4%	21,3%	24,5%	27,7%	35,1%	22,9%	42,4%	37,4%	18,2%	20,2%	34,3%	24,2%
Senescente	0,0%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,0%	3,0%	4,0%	5,1%	5,1%	3,0%	5,1%

Fuente: Elaboración propia

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

6.2.2 Monitoreo en Zona de Conexión

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

6.2.2.1 Estado vital

Los resultados expuestos en la Tabla 6-4 y Figura 6-6 muestra que la vitalidad medida en los puntos de monitoreo no presenta grandes diferencias entre la medición realizada en enero y abril. Al comparar estos valores entre años se observa que desde el año 2008 la vitalidad se ha distribuido mayoritariamente en la categoría normal.

El año 2015 presenta un comportamiento diferente donde las plantas tuvieron la tendencia a concentrarse en la categoría débil. Al compararlos con los resultados anteriormente discutidos, se aprecia que hubo un fenómeno climático general, asociado a sequia entre marzo de 2013 a enero de 2015 (Tabla 6-1) que provocó el descenso de las categorías de vitalidad y copa verde. El caso contrario se presentó durante el monitoreo de 2017 donde la mayor parte de los puntos de monitoreo se presentaron vigorosos, lo que coincide con la alta acumulación de precipitaciones entre enero y febrero del mismo año.

Tabla 6-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018.

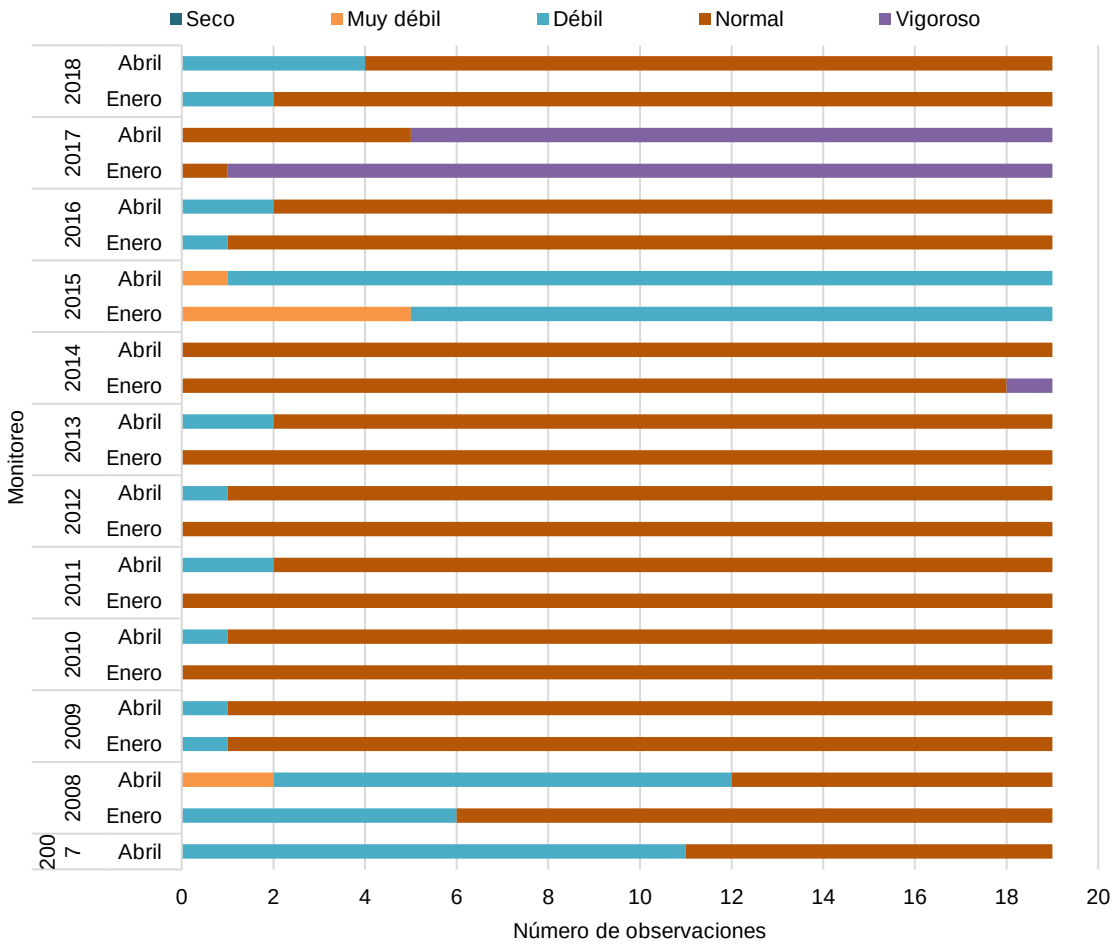
Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad					Total
		Seco	Muy débil	Débil	Normal	Vigoroso	
2007	Abril	-	-	11	8	-	19
2008	Enero	-	-	6	13	-	19
	Abril	-	2	10	7	-	19
2009	Enero	-	-	1	18	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	19
2010	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	1	18	-	19
2011	Enero	-	-	-	19	-	19
	Abril	-	-	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

Tabla 6-4: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018.

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
2017	Enero	-	-	-	1	18	19
	Abril	-	-	-	5	14	19
2018	Enero	-	-	2	17	-	19
	Abril	-	-	4	15	-	19

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018



Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2 Follaje verde

El follaje verde observado en los puntos de monitoreo de la zona de conexión indica que no existen grandes diferencias entre los resultados del presente año comparado con años anteriores (Tabla 6-5). La tendencia general de los puntos es a presentar follaje verde distribuido entre 25 a 75%.

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

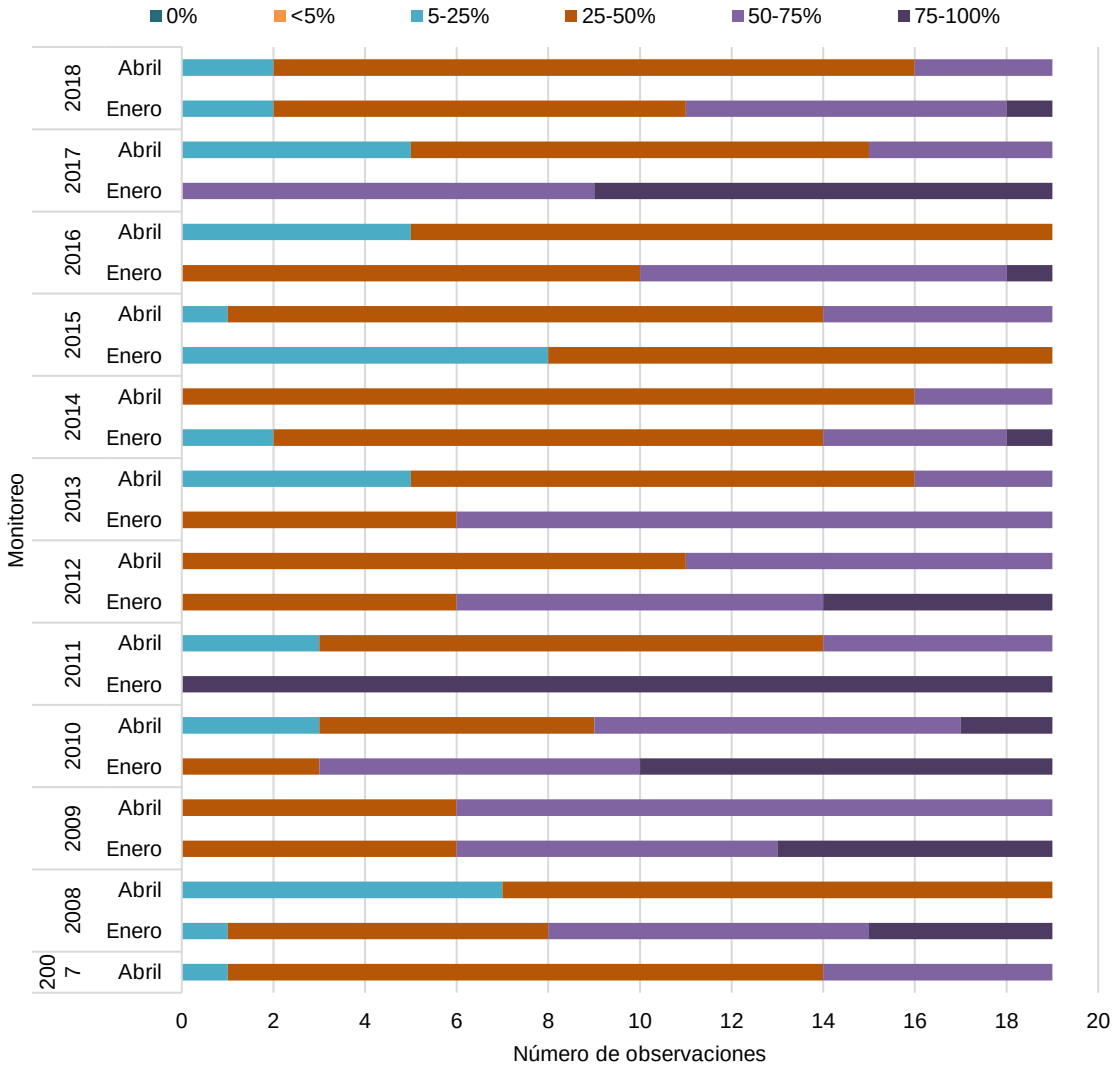
Tabla 6-5: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Proporción de follaje verde. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2017.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Proporción de follaje verde						Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
2007	Abril	0	0	1	13	5	0	19
2008	Enero	0	0	1	7	7	4	19
	Abril	0	0	7	12	0	0	19
2009	Enero	0	0	0	6	7	6	19
	Abril	0	0	0	6	13	0	19
2010	Enero	0	0	0	3	7	9	19
	Abril	0	0	3	6	8	2	19
2011	Enero	0	0	0	0	0	19	19
	Abril	0	0	3	11	5	0	19
2012	Enero	0	0	0	6	8	5	19
	Abril	0	0	0	11	8	0	19
2013	Enero	0	0	0	6	13	0	19
	Abril	0	0	5	11	3	0	19
2014	Enero	0	0	2	12	4	1	19
	Abril	0	0	0	16	3	0	19
2015	Enero	0	0	8	11	0	0	19
	Abril	0	0	1	13	5	0	19
2016	Enero	0	0	0	10	8	1	19
	Abril	0	0	5	14	0	0	19
2017	Enero	0	0	0	0	9	10	19
	Abril	0	0	5	10	4	0	19
2018	Enero	0	0	2	9	7	1	19
	Abril	0	0	2	14	3	0	19

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que en el monitoreo de enero se observan mayores valores de follaje verde que los evaluados en abril, periodo próximo a que se inicien los procesos recesivos del invierno continental (Figura 6-7).

Figura 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de follaje verde verde. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3 Fenología

El estado fenológico registrado para las especies monitoreadas (Figura 6-8) muestra el comportamiento esperado para las especies, donde en el mes de enero, asociado al periodo con mayor vitalidad por la activación del periodo de precipitaciones en la zona, por lo tanto, los individuos tienden a encontrarse en estado de floración o iniciando el periodo de fructificación. En el mes de abril se aprecia una concentración

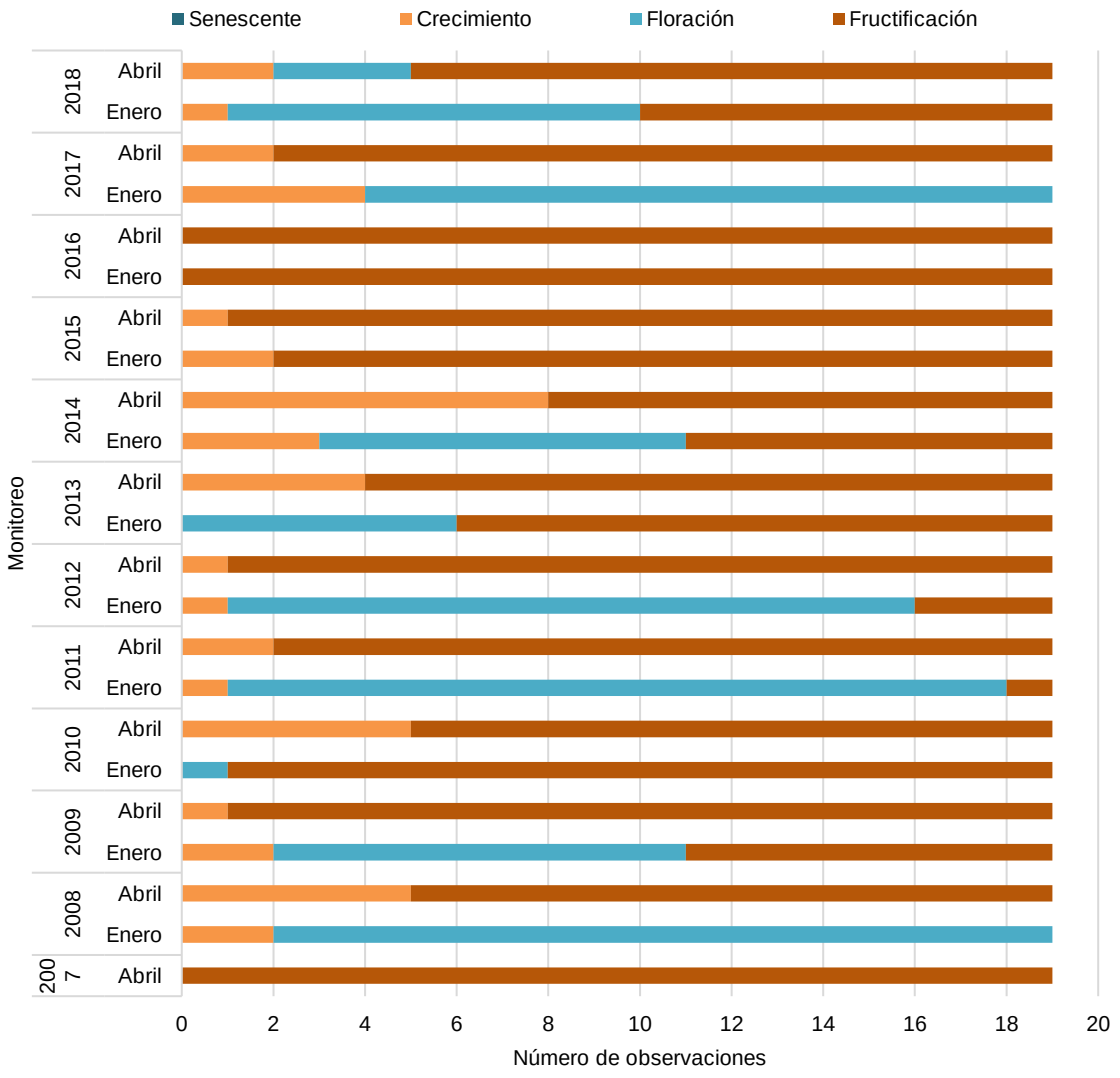
de ejemplares en estado de fructificación, lo cual corresponde al término del periodo fenológico anual, considerando que los resultados de follaje verde y vitalidad indican que comienza el periodo recesivo de invierno.

Tabla 6-6: Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Etapa fenológica				Total
		Senescente	Crecimiento	Floración	Fructificación	
2007	Abril	-	-	0	19	19
2008	Enero	-	2	17	0	19
	Abril	-	5	0	14	19
2009	Enero	-	2	9	8	19
	Abril	-	1	0	18	19
2010	Enero	-	-	1	18	19
	Abril	-	5	0	14	19
2011	Enero	-	1	17	1	19
	Abril	-	2	0	17	19
2012	Enero	-	1	15	3	19
	Abril	-	1	0	18	19
2013	Enero	-	-	6	13	19
	Abril	-	4	0	15	19
2014	Enero	-	3	8	8	19
	Abril	-	8	0	11	19
2015	Enero	-	2	0	17	19
	Abril	-	1	0	18	19
2016	Enero	-	-	0	19	19
	Abril	-	-	0	19	19
2017	Enero	-	4	15	0	19
	Abril	-	2	0	17	19
2018	Enero	-	1	9	9	19
	Abril	-	2	3	14	19

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 a 2018



Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Monitoreo de Algarrobos

6.2.3.1 Estado vital

Los resultados históricos de las mediciones de la Vitalidad y sus tendencias según categoría realizadas sobre los Algarrobos (período 2006 a 2018) se muestran en la Tabla 6-7 y Figura 6-9.

- Categoría Seco: el año base 2006 y el año 2007 se presentó el mínimo de 12 individuos, ejemplares incorporados al monitoreo para evaluar la dinámica del sector. Los registros reflejan una tendencia al aumento en el número de ejemplares con el pasar de los años, llegando en el

año 2018 al máximo anual histórico con 33 individuos (Coeficiente de determinación (R^2) de 0,93. Ver Figura 6-9 (1)). Se reporta 1 ejemplar más en esta categoría respecto del año 2017. Es importante señalar que 9 ejemplares de esta clasificación fueron desprendidos o desaparecieron del área de estudio, siendo el primero de ellos en la campaña de abril 2012 (Véase nota al pie 2). Se agrega que aquellos ejemplares afectados por el aluvión que descendió desde Camar, ocurrido a principios de año, fueron debidamente reportados a la SMA.

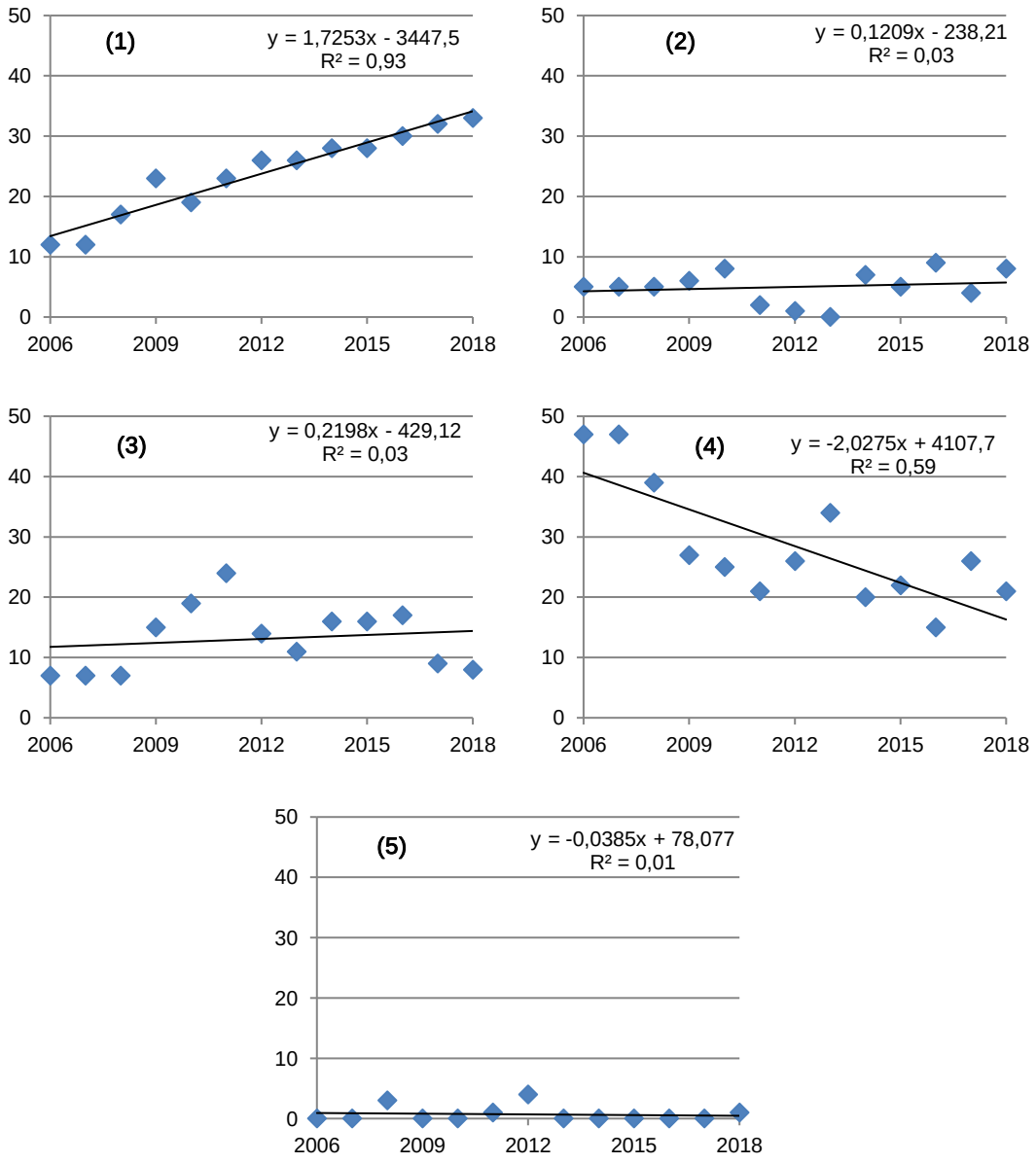
- Categoría muy débil: el presente año registra 8 ejemplares, 3 individuos más según los registrados el año 2006 (5 ejemplares) y 4 individuos más respecto al año anterior (4 ejemplares). No se observa una tendencia a lo largo de los años (R^2 = 0,03). (Ver Figura 6-9 (2)).
- Categoría Débil: en el año 2006 se reportaron 7 ejemplares. Con los monitoreos se ha reportado incrementos y disminuciones en el número de individuos en esta categoría. En el presente monitoreo se registraron 8 individuos, 1 ejemplar menos con respecto al año anterior (9 ejemplares). Dada la oscilación en el número de ejemplares, no se observa una tendencia general (R^2 = 0,03) mostrados en la Figura 6-9 (3).
- Categoría Crecimiento Normal: en el año 2006 se reportaron 47 individuos en esta categoría, desde el 2009 el número de ejemplares en esta categoría se ha distribuido en el rango entre 20 a 30 ejemplares. La tendencia de los datos demuestra una débil tendencia (R^2 = 0,59). En el presente año se reportan 21 individuos, equivalente a 5 individuos menos en relación con el año pasado (26 ejemplares) (Ver Figura 6-9 (4)).
- Categoría Excepcionalmente Vigorosa: muestra una tendencia con valores cercanos a 0 a lo largo de todos los años (R^2 = 0,01), (ver Figura 6-9 (5)), con excepción del año 2008 (3 ejemplares), 2011 (1 ejemplar), 2012 (4 ejemplares) y 2018 (1 ejemplar).

Tabla 6-7. Vitalidad de los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006-2018.

Estado Vital	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Máx anual	Mín anual	Promedio
Seco	12	12	17	23	19	23	26	26	28	28	30	32	33	**33**	**12**	**24**
Muy débil	5	5	5	6	8	2	1	0	7	5	9	4	8	**9**	**0**	**5**
Débil	7	7	7	15	19	24	14	11	16	16	17	9	8	**24**	**7**	**13**
C. normal	47	47	39	27	25	21	26	34	20	22	15	26	21	**47**	**15**	**28**
Vigoroso	0	0	3	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	**4**	**0**	**1**
Total	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	**-**	**-**	**-**

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-9. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018



(1): Seco (2): Muy débil (3): Débil (4): Crecimiento Normal (5): Excepcionalmente vigoroso.
Fuente: Elaboración propia

6.2.3.2 Porcentaje de Copa Viva

Los resultados de las mediciones de copa viva realizadas sobre los Algarrobos durante las campañas de monitoreo (período 2006 a 2018) se muestran en la Tabla 6-8 y Figura 6-10 . Al respecto se observa:

Para el año 2018 se registraron 33 ejemplares sin follaje (0% de copa verde), lo que corresponde al máximo histórico y un ejemplar más que el año anterior. Desde que comenzó el monitoreo, con 12 ejemplares

(mínimo histórico), se observa una tendencia al aumento de individuos en relación con el tiempo, con un R^2 de 0,94. (Ver Figura 6-10 (1)).

Para la categoría <5% de copa verde, en el año 2006 fue registrado 1 individuo, equivalente al mínimo histórico, y actualmente se reporta el máximo histórico con 8 ejemplares, similar al año 2010. Sin embargo, no se observa una tendencia en el tiempo (R^2=0,04), dado que hay años donde aumenta el número de ejemplares y otros en donde disminuye (Ver Figura 6-10 (2)).

La categoría 5-25% de copa verde muestra que respecto del año base (2006), donde se presentó el máximo histórico con 14 individuos, en el presente monitoreo (2018) se registraron 4 ejemplares. En el año 2017 se reportan 8 individuos. Esta categoría ha sido variable en la cantidad de individuos en el tiempo, no observándose tendencias demostrado por un R^2 de 0,002 (Ver Figura 6-10 (3)).

Para la categoría 25-50% de copa verde, el número de individuos registrados en el año 2006 presentó el máximo histórico (22 ejemplares). En el presente monitoreo se registraron 9 individuos, 2 ejemplares menos con respecto al año anterior (11 ejemplares). Tampoco se observa una tendencia histórica en el número de ejemplares, representados por un R^2 = 0,09 (Ver Figura 6-10 (4)).

En cuanto a la categoría 50-75% de copa verde, el presente año registra un valor de 8 ejemplares, en comparación con el año anterior que registró 11 ejemplares, y el caso base (2006) con 9 ejemplares. Se observa fluctuaciones en la cantidad de individuos a lo largo de los años, presentando un R^2 de 0,002 (Ver Figura 6-10 (5)).

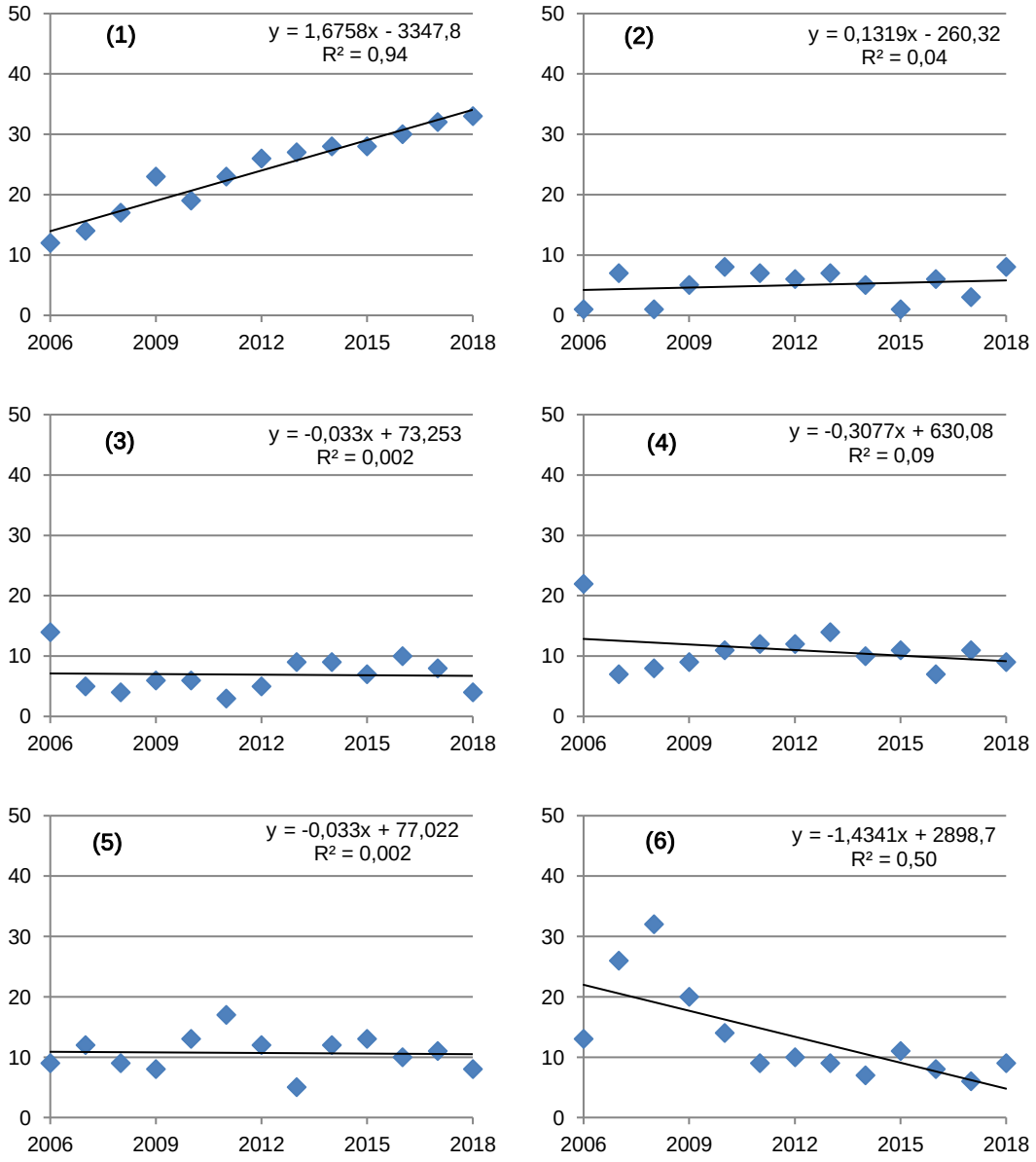
Finalmente, respecto de la categoría de mayor copa viva (75-100%) en el año 2006 se registraron 13 ejemplares. En la presente campaña se obtienen 9 ejemplares, lo que representa 3 individuos más que lo verificado el año anterior. El comportamiento histórico muestra una leve disminución, sin embargo, esto inicia posterior a los registros del año 2008. Estas fluctuaciones están representadas con un R^2 de 0,5 (Ver Figura 6-10 (6)).

Tabla 6-8. Proporción de Copa verde de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018.

% Copa Verde	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Máx anual	Mín anual	Promedio
0%	12	14	17	23	19	23	26	27	28	28	30	32	33	**33**	**12**	**24**
<5%	1	7	1	5	8	7	6	7	5	1	6	3	8	**8**	**1**	**5**
5-25%	14	5	4	6	6	3	5	9	9	7	10	8	4	**14**	**3**	**7**
25-50%	22	7	8	9	11	12	12	14	10	11	7	11	9	**22**	**7**	**11**
50-75%	9	12	9	8	13	17	12	5	12	13	10	11	8	**17**	**5**	**11**
75-100%	13	26	32	20	14	9	10	9	7	11	8	6	9	**32**	**6**	**13**
Total	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	**-**	**-**	**-**

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-10. Tendencia de la Copa verde de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018.



(1): 0% (2): <5% (3): 5-25% (4): 25-50% (5): 50-75% (6): 75-100%.
Fuente: Elaboración propia

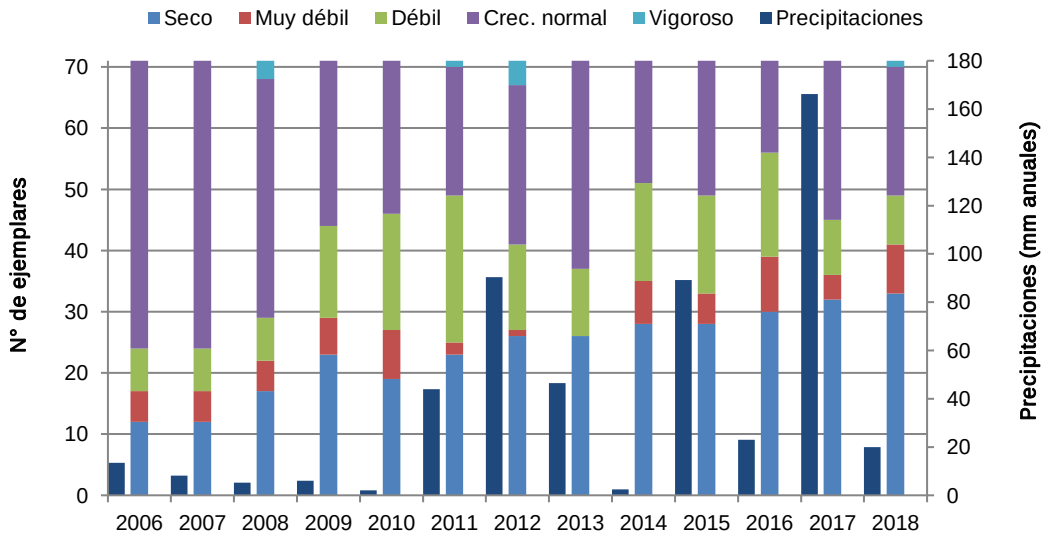
Respecto del análisis de vitalidad y la proporción de copa viva de la población de Algarrobos y su relación con las precipitaciones locales, la Tabla 6-1 muestra que en 2016, durante el periodo comprendido entre enero y julio, la precipitación fueron de 23 mm (lo que representa el 100% del total anual de ese año). Por otra parte, para el mismo periodo, la precipitación registrada en 2017 alcanzó 166,2 mm, situación que oscila nuevamente para el presente año (19,9 mm hasta la fecha). Estos valores muestran que el aporte de agua a los ejemplares de Algarrobo, derivado de las precipitaciones es variable dependiendo del año.

Existen periodos donde las precipitaciones fueron superiores a 40 mm, estos corresponden a 2011-2013,2015 y 2017.

Al observar las precipitaciones del sector con las vitalidades de los ejemplares (Figura 6-11), se distingue que en los períodos de menor lluvia se registra una mayor cantidad de ejemplares en la categoría Muy débil. Junto con esto, se observa que para períodos de lluvias intensas como lo fue el año 2012-2013, 2015 y 2017, la categoría de vitalidad Crecimiento normal aumenta, mientras disminuyen otras categorías (Muy débil, Débil y/o Seco).

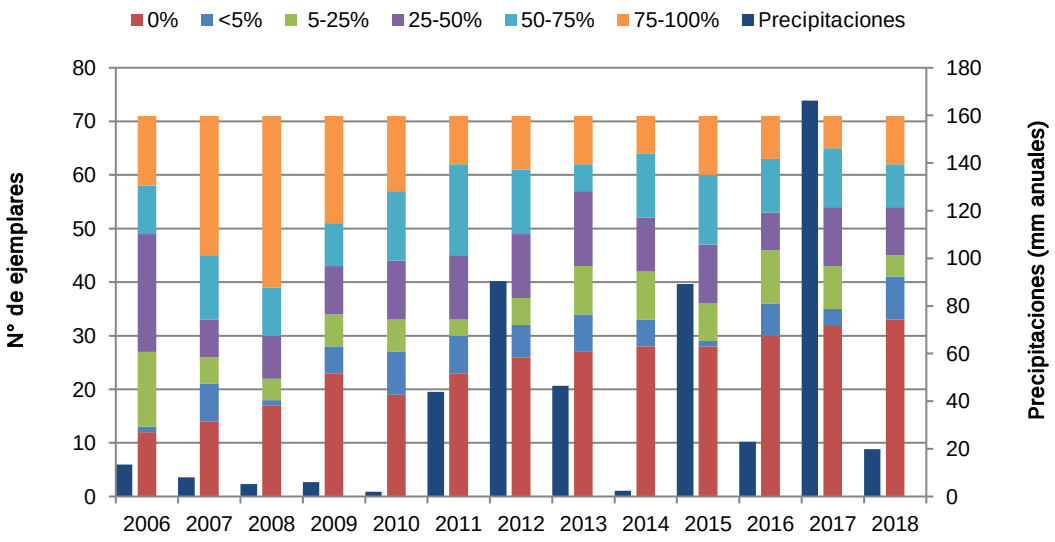
Conforme a antecedentes bibliográficos disponibles, *P. flexuosa* se comporta como especie freatófita en áreas donde las precipitaciones son menores a los 300 mm. Sin embargo, en este caso la población de Algarrobos en estudio, dada la profundidad de la napa freática en dicho sector (sobre los 48 m), tendría un comportamiento vadosófito, es decir, que aprovecha el agua subsuperficial que se almacena en horizontes arcillosos del suelo, independizándose así de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática. Los aportes hídricos que mantendrían húmedos estos horizontes arcillosos provendrían de las precipitaciones directas, que se infiltrarían por los horizontes superficiales arenosos hasta el horizonte arcilloso, y de las lluvias del Invierno Altiplánico que escurren esporádicamente por la quebrada de Camar.

Figura 6-11. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-12. Precipitaciones anuales y Número de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) según % de copa verde en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018.



Fuente: Elaboración propia

6.2.3.3 Fenología

Respecto a la Fenología, la Tabla 6-9 y Figura 6-13 muestran los resultados a lo largo de los años de monitoreo.

En relación con la categoría Senescente, el número de ejemplares aumentó de 24, reportado en 2017, a 25 reportado en el presente monitoreo. En el 2006 se reportó 20 ejemplares en esta categoría. Se reconoce una tendencia paulatina al aumento de esta categoría con un coeficiente R^2= 0,58 (Figura 6-13 (1)).

En la categoría Crecimiento vegetativo disminuyeron los individuos de 39 a 37 respecto al año anterior y al caso base (49 ejemplares), presentando registros menores a los 40 individuos desde el año 2016 y estando por debajo del promedio anual de 44 ejemplares. Se observa un patrón en la disminución de ejemplares a lo largo de los años (a excepción de los resultados del año 2012 y 2016). (Figura 6-13 (2)).

A lo largo de todos los años no se ha registrado la categoría floración en los ejemplares, lo cual se debe principalmente a que la etapa de floración se produce durante los meses de primavera tardía (diciembre-enero).

La categoría Fructificación no presenta registros desde el año 2017, donde el número de los especímenes se mantiene constante en valores que varían entre el 0 y el 5, a excepción de su máxima anual histórica registrada en el año 2012 con 16 ejemplares, situación reflejada en el coeficiente R^2=0,01, y en el promedio anual de 2 ejemplares. (Figura 6-13 (3)).

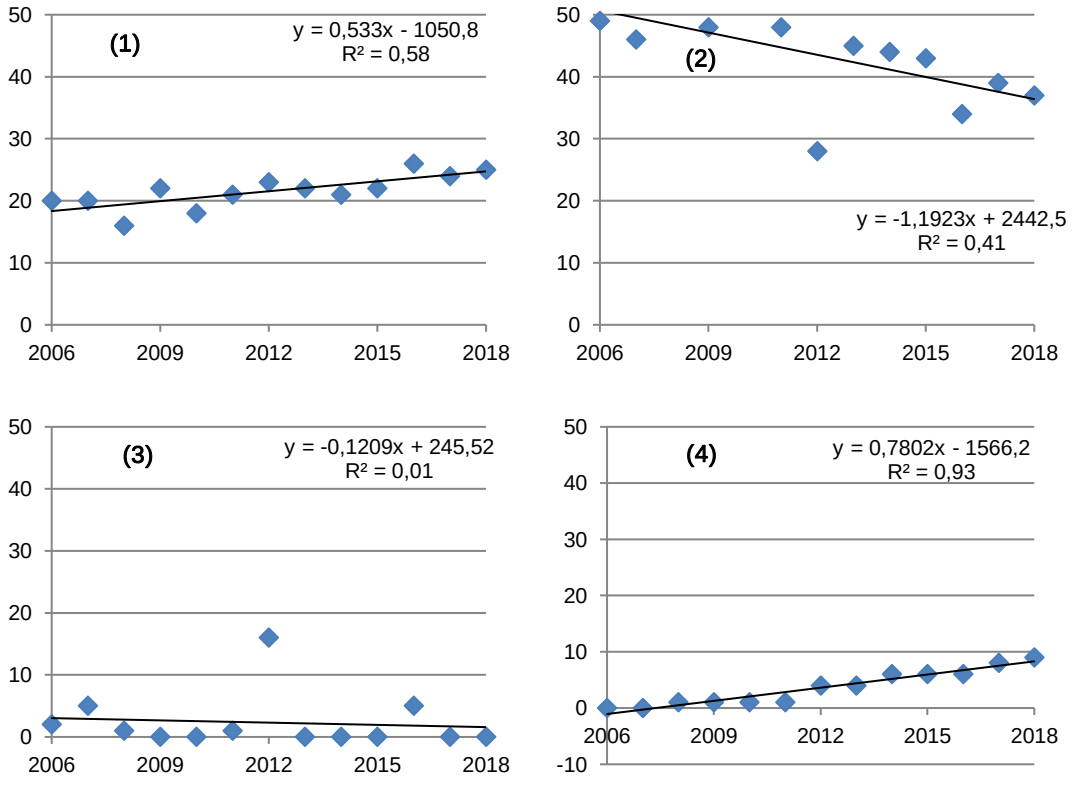
En cuanto a la categoría No Aplica, corresponde a ejemplares que se han desprendido o desaparecido del área de estudio.

Tabla 6-9. Fenología de los ejemplares de Prosopis flexuosa en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006-2011.

Fenología	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Máxima anual	Mínima anual	Promedio
Senescente	20	20	16	22	18	21	23	22	21	22	26	24	25	**26**	**16**	**22**
C. Vegetativo	49	46	53	48	52	48	28	45	44	43	34	39	37	**53**	**28**	**44**
Floración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	**0**
Fructificación	2	5	1	0	0	1	16	0	0	0	5	0	0	**16**	**0**	**2**
No aplica	0	0	1	1	1	1	4	4	6	6	6	8	9	**9**	**0**	**4**
Total	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	**-**	**-**	**-**

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-13. Tendencia de la Fenología de ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 a 2018



(1): Senescente (2): C. Vegetativo (3): Fructificación (4): No aplica.
Floración nunca ha registrado individuos para la confección de la Figura 6-3
Fuente: Elaboración propia

6.2.3.1 Daño

En el monitoreo de este año, se ha incluido por segunda vez la identificación del daño que presentan los individuos de Algarrobo. Los resultados mostraron que el 78,8% de los individuos presentó daño producido por ramoneo equivalente a 56 individuos, en comparación a 36 ejemplares dentro de esta categoría registrados en 2017, lo que significa un aumento de 20 individuos.

Analizando el aumento a 56 ejemplares con categoría daño animal en comparación con los 36 registrados el año pasado, 34 individuos mantuvieron esta categoría de daño para el 2018. Por otro lado, de los 22 ejemplares restantes, 18 fueron ejemplares que no presentaban daño el 2017, 1 individuo registró daño antrópico el año pasado y 3 ejemplares registraron la categoría ambos daños (Ver Anexo V).

Cabe destacar, la disminución de 16 ejemplares para la categoría Sin daño en relación con el año 2017 (22 individuos) y que actualmente registra 6 individuos. De estos últimos antecedentes al comparar con el año anterior, 4 ejemplares se han mantenido sin daño, 1 ejemplar se recuperó de daño antrópico, y 1 ejemplar dejó de registrar daño animal.

En el presente año no se registra daño antrópico, y, por ende, tampoco ambos daños en ningún ejemplar. En la categoría no aplica se observa el aumento en 1 ejemplar (A-56), el cual desapareció del área de estudio (Tabla 6-10).

Tabla 6-10. Proporción (%) del tipo de daño en ejemplares de Algarrobo (Prosopis flexuosa) en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017- 2018.

Daño	2017		2018	
	N° de árboles	% de individuos	N° de árboles	% de individuos
Ambos daños	3	4,2	0	0,0
Daño animal	36	50,7	56	78,8
Daño antrópico	2	2,8	0	0,0
Sin daño	22	31,0	6	8,5
No aplica	8	11,3	9	12,7

Fuente: Elaboración propia

Este escenario que presenta un aumento del daño animal tanto de ejemplares nuevos como de individuos que mantuvieron su condición para el 2018, influye directamente en la disminución de la vitalidad y copa verde, ya que el ramoneo es un agente de daño importante que afecta el crecimiento de la copa de los individuos, debido a que los animales tienden a alimentarse de frutos y ramillas con poca lignificación, reduciendo la superficie fotosintética de los ejemplares y generando una degradación en la población de Algarrobos. En la Figura 6-14 se muestran ejemplos de daño por ramoneo.

Figura 6-14. Muestras de ramoneo en distintos ejemplares de Algarrobo para la campaña 2018

Ejemplar: A-19
Ubicación UTM WGS84 H19S
597.621 - 7.409.913

Ejemplar: A-48
Ubicación UTM WGS84 H19S
598.314 - 7.409.784

Fuente: Elaboración propia

6.3 Flora

6.3.1 Riqueza florística

Según Gajardo (1994), la cuenca del Salar de Atacama presenta grandes extensiones carentes de vegetación, a excepción de las comunidades desarrollados en su borde este y sur. La presencia de vegetación está determinada por la presencia de napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por las escasas precipitaciones (Luebert y Pliscoff, 2018). En algunas ocasiones, es posible registrar la presencia de plantas efímeras debido a que, durante la temporada de lluvias en el altiplano, el agua fluye por las quebradas y pequeñas hondonadas permitiendo la emergencia de éstas. No obstante, esta situación es puntual, localizada y dependiente del régimen pluviométrico que tenga lugar cada año (Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff, 2018; Trivelli y Huerta, 2014). Estas plantas efímeras son conocidas con el vernáculo colectivo de pasto de lluvia o de temporal (Villagrán y Castro, 2004).

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

En la Tabla 6-11 se presenta el catálogo florístico del Borde Este del Salar de Atacama. En ella es posible observar que la riqueza en los años de observación (2006 al 2018) alcanza un registro total de 34 especies. Si bien la riqueza se mantiene estable durante el periodo de observación, se registran aumentos en la presencia de especies, principalmente herbáceas, asociado a episodios de lluvia en el altiplano, específicamente el año 2012 y 2017, tal como se mencionó anteriormente.

La riqueza de taxa en los puntos de muestreo, durante la campaña 2018, fue de 13 taxa en los 75 puntos, disminuyendo en 3 taxa comparado con el año el año 2017 donde la riqueza fue de 16. Respecto del caso base, la riqueza de taxa ha disminuido en 2, donde la riqueza reportada fue de 15 taxa (Ver Tabla 6-11). Las especies ausentes en el presente monitoreo respecto de 2006 son *Ephedra multiflora* (con registro

fuera de punto de muestreo en la presente campaña) y *Puccinellia frígida*. El mínimo histórico observado ocurrió en el año 2015 con 10 taxa y su máximo ocurrió el 2017 y 2012 con 16 taxa.

Por otro lado, la riqueza de taxa observada fuera de los puntos de monitoreo en el presente monitoreo (2018) fue de 4 taxa, que corresponde a la mitad de lo registrado en la línea base del año 2006, donde el listado florístico incluyó 8 taxa en sus registros fuera de puntos de muestreo. La variabilidad de los registros a lo largo de los años es amplia, variando entre 2 (2014) a 14 (2012). Se estima que la variabilidad observada se debe a las siguientes causas:

i. La variabilidad de especies efímeras que se desarrollen en el área. Es una condición dependiente las precipitaciones que caigan en el área, lo que permitiría la aparición de praderas con especímenes efímeros como son las que pertenecen a los géneros *Cistanthe* o *Exodeconus*.
ii. Intervenciones antrópicas (extracción de biomasa) o animal, lo que podría causar la eliminación de ejemplares perennes entre los transectos.
iii. Diferencias en el área de desplazamiento del especialista para alcanzar los puntos de muestreo.

Tabla 6-11. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio.

Nº	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Año de campaña												
					2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	*Adesmia rahmeri*	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-	-
2	*Agrostis sp.*	Poaceae	Hierba anual	Indeterminado	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-	-
3	*Aloysia deserticola*	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X	X	X
4	*Atriplex atacamensis*	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	*Atriplex glaucescens*	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-	-
6	*Atriplex imbricata*	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)	X(*)	X
7	*Atriplex madariagae*	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-	-
8	*Baccharis juncea*	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X	X	X
9	*Cistanthe celosioides*	Montiaceae	Hierba anual	Endémico	X (*)	X (*)	-	-	-	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-
10	*Cistanthe salsoloides*	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	X	-
11	*Cortaderia speciosa*	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-
12	*Cristaria dissecta. var. Dissecta*	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-	-
13	*Descurainia stricta*	Brassicaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-	-
14	*Distichlis spicata*	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	*Ephedra multiflora*	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)	X	X(*)
16	*Exodeconus integrifolius*	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	X	X(*)
17	*Festuca hypsophilla*	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
18	*Hoffmannseggia doellii ssp. Doellii*	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	X (*)	X (*)	-	-	X(*)	X(*)	X(*)
19	*Juncus balticus*	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	*Linum usitatissimum*	Linaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-	-
21	*Lupinus subinflatus*	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-	-
22	*Lycium humile*	Solanaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 6-11. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio.

Nº	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	Año de campaña												
					2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
23	*Maihueniopsis aff.atacamensis*	Cactaceae	Suculento	Endémico	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-
24	*Muhlenbergia asperifolia*	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-
25	*Nitrophila atacamensis*	Chenopodiaceae	Hierba anual	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	*Puccinellia frígida*	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X (*)	-	-	-	-
27	*Sarcocornia andina*	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	*Schoenoplectus americanus*	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	*Tarasa operculata*	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	X(*)	-
30	*Tessaria absinthioides*	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	*Tiquilia atacamensis*	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X	X (*)	X (*)	X (*)	X	X	X(*)
32	*Tribulus terrestris*	Zigophyllaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X (*)	-	-	-	-	-	-
33	*Triglochin concinna*	Juncaginaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	*Zameioscirpus atacamensis*	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	X (*)	-	-	-	-	-	-	-
				Riqueza de taxa dentro de los puntos de muestreo	15	15	14	14	14	14	16	15	14	10	13	16	13
				Riqueza de taxa fuera de puntos de muestreo	8	8	7	8	8	9	14	4	2	5	3	3	4
				Riqueza de taxa total	23	23	21	22	22	23	30	19	16	15	16	19	17

X: Especie registrado dentro de los puntos de muestreo
X(*): Especies registradas fuera de los 75 puntos de muestreo
Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Frecuencia y abundancia de la flora

En las Tabla 6-12, Tabla 6-13 y Tabla 6-14 se presenta la frecuencia de registros de taxa por cada transecto de monitoreo, es decir, el número de puntos de muestreo donde se registró la taxa. Además, se presenta la riqueza del transecto obtenida en cada monitoreo ejecutado desde el año 2006 al 2018. Al respecto se puede señalar:

a. Transecto 1:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 8 taxa (Ver Figura 6-15). En el presente monitoreo se registraron 6 taxa. *Lycium humile* y *Puccinellia frígida* son las especies ausentes respecto del monitoreo inicial.
- *Lycium humile* (arbusto perenne) sólo ha sido registrada en dos instancias, en los años 2006 y 2013; mientras que, *Puccinellia frígida* (hierba perenne) fue registrada en 5 oportunidades (2006, 2007, 2009, 2010 y 2012) sin nuevas apariciones en los puntos de monitoreo.
- En 2017 se registró la presencia de *Cistanthe salsoloides*, *Exodeconus integrifolius* y *Tiquilia atacamensis*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en 2017) y cuyo ciclo de vida es anual o bi-anual.
- A diferencia del año anterior, este año se registra la presencia de *Atriplex imbricata*.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto es *Distichlis spicata*, observada en 10 de los 19 puntos de muestreo.

b. Transecto 2:

- La riqueza florística registrada en 2006 era de 9 taxa y actualmente en el presente monitoreo fue de 9 taxa, pero se detectan diferencias en las especies que constituyen la riqueza.
- Respecto del monitoreo inicial, *Ephedra multiflora,* se ha registrado como ausente desde 2014. Por otra parte, *Nitrophila atacamensis* aparece este año, taxa con presencia ocasional, observada sólo en los años 2008 y 2009.
- En 2017 se registró la presencia de *Cistanthe salsoloides*, *Exodeconus integrifolius* y *Tiquilia atacamensis*, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en 2017) y cuyo ciclo de vida es anual o bi-anual, desapareciendo para el presente año.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 6 de 14 puntos de muestro.

c. Transecto 3:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 9 taxa y para el presente monitoreo fue de 6 taxa.
- Respecto de lo observado en el año 2006, los taxa *Aloysa deserticola, Festuca hypsophyllla* y *Lycium humile* no presentan registro en el presente monitoreo.
- *Aloysa deserticola* no ha sido identificada en las parcelas desde 2015, mientras que *Lycium humile* fue identificada en las parcelas sólo en el año 2006.
- *Festuca hypsophilla* es la única taxa que fue registrada en 2017 y no tuvo registro en el presente año.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides* , con presencia en 6 de 10 puntos de muestro.

d. Transecto 4:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 4 taxa y en el presente monitoreo fue de 3 taxa.
- Respecto de lo observado en el año 2006, la taxa *Atriplex atacamensis* no presenta registro en el presente monitoreo.
- En 2017 se registró la presencia de *Tiquilia atacamensis*, especie que se establece posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en 2017) y cuyo ciclo de vida es anual o bi-anual. Cabe destacar que no tuvo registros en el presente año.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 5 de 9 puntos de muestreo.

e. Transecto 5:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 7 taxa y en el presente monitoreo fue de 5 taxa.
- Respecto de lo observado en el año 2006, sólo los taxa *Juncus balticus* y *Nitrophila atacamensis* no presentan registro en el presente monitoreo, los cuales tampoco se detectaron en las campañas 2016 y 2017.
- En 2017 se registró la presencia de Cistanthe salsoloides y Exodeconus integrifolius, especies que se establecen posterior a la ocurrencia de eventos pluviales (asociado a las intensas lluvias registradas en 2017) y cuyo ciclo de vida es anual o bi-anual. Estas especies no se registraron en el 2018.
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 8 de 14 puntos de muestreo.

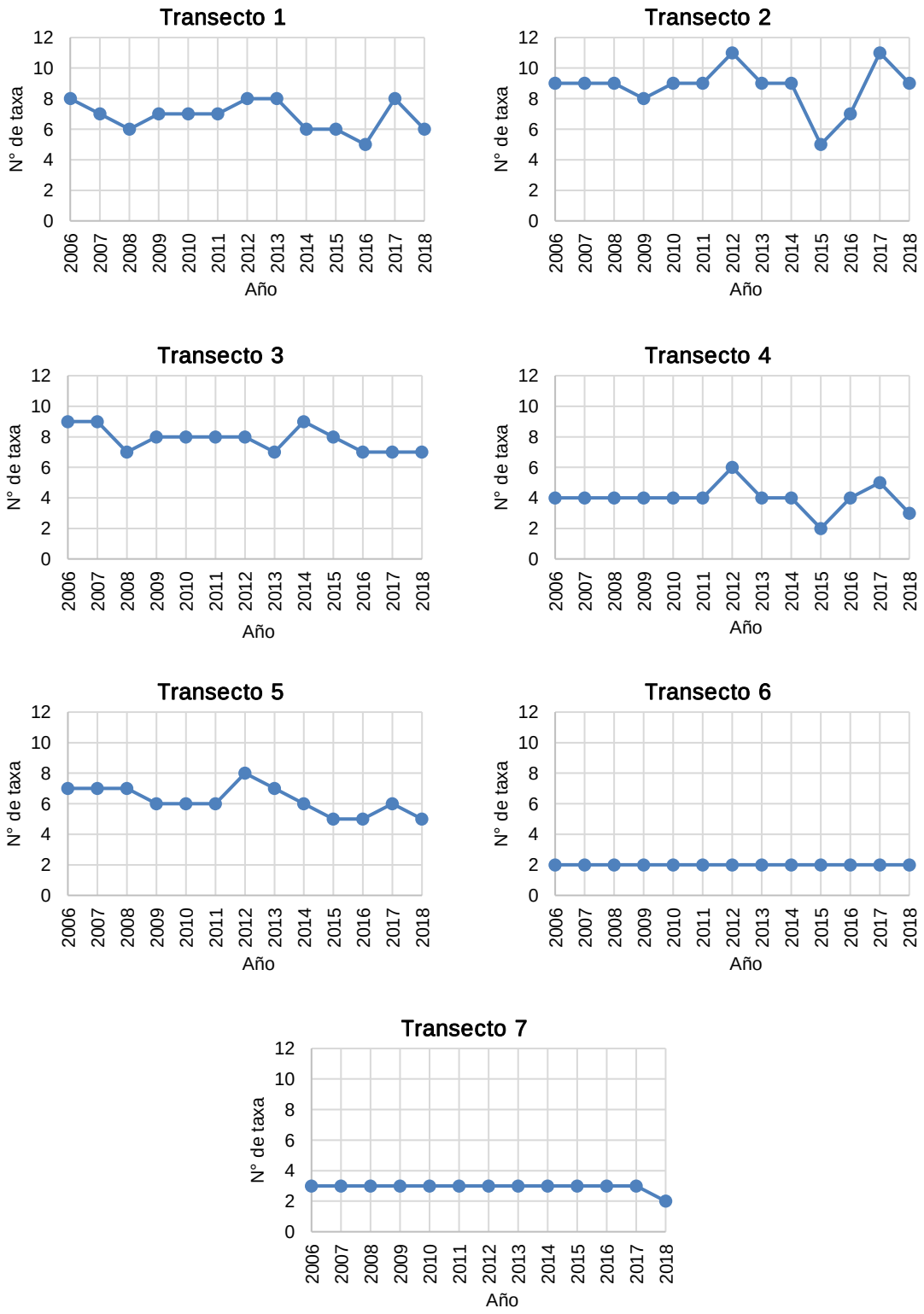
f. Transecto 6:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 2 taxa y en el presente monitoreo fue de 2 taxa.
- Respecto de lo observado en los años anteriores, *Distichlis spicata* no presenta registro en el presente monitoreo, a cambio aparece por primera vez *Nitrophila atacamensis.*
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 2 de 3 puntos de muestreo.

g. Transecto 7:

- La riqueza florística registrada en 2006 fue de 3 taxa, para el presente monitoreo fue de 2 taxa.
- En el presente monitoreo la única taxa no observada fue *Nitrophila atacamensis.*
- La especie con mayor frecuencia en el transecto fue *Tessaria absinthioides*, con presencia en 2 de 6 puntos de muestreo.

Figura 6-15. Riqueza florística de cada transecto de monitoreo. Plan de Seguimiento Ambiental Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-12. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2018 para los transectos 1,2 y 3.

Especies*	T1 (19 puntos de muestreo)													T2 (14 puntos de muestreo)													T3 (10 puntos de muestreo)												
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Aloysia desertícola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-
Atriplex atacamensis	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	1	4	4	4	4	2	2	3	5	5	2	2	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
Atriplex imbricata	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baccharis juncea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cistanthe salsoloides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distichlis spicata	11	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	3	2	2	-	1	1	2	3	3	-	-	2	1	5	5	4	4	4	4	4	5	5	3	2	3	4
Exodeconus integrifolius	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ephedra multiflora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Festuca hypsophilla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	1	2	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	2	2	2	2	-
Juncus balticus	3	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	-	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
Lycium humile	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrophila atacamensis	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	-	4	4	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	2	2	2	2	2	-	3	3	1	1	1
Puccinellia frígida	1	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Sarcocornia andina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
Schoenoplectus americanus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tessaria absinthioides	6	6	6	5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6	7	7	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6
Tiquilia atacamensis	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Triglochin concinna	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	2	2	2	2	1	3	3	1	1	2
Especies por transecto	**8**	**7**	**6**	**7**	**7**	**7**	**8**	**8**	**6**	**6**	**5**	**8**	**6**	**9**	**9**	**9**	**8**	**9**	**9**	**11**	**9**	**9**	**5**	**7**	**11**	**9**	**9**	**9**	**7**	**8**	**8**	**8**	**8**	**7**	**9**	**8**	**7**	**7**	**6**

Tabla 6-13. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2017 para los transectos 4,5 y 6.

Especies*	T4 (9 puntos de muestreo)													T5 (14 puntos de muestreo)													T6 (3 puntos de muestreo)												
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Aloysia desertícola	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atriplex atacamensis	2	1	1	1	1	1	1	2	2	-	1	1	-	3	3	3	4	3	2	3	3	4	4	3	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cistanthe salsoloides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distichlis spicata	2	2	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	2	5	3	4	2	4	3	3	5	5	2	-	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Exodeconus integrifolius	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juncus balticus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lycium humile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrophila atacamensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Tessaria absinthioides	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	6	5	8	8	8	9	9	9	9	8	9	4	7	6	8	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2
Tiquilia atacamensis	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Especies por transecto	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**6**	**4**	**4**	**2**	**4**	**5**	**3**	**7**	**7**	**7**	**6**	**6**	**6**	**8**	**7**	**6**	**5**	**5**	**6**	**5**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**

Tabla 6-14. Frecuencia de especies en el Salar de Atacama durante los años 2006 al 2018 para el transecto 7.

Especie*	T7 (6 puntos de muestreo)												
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Distichlis spicata	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	1
Nitrophila atacamensis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Tessaria absinthioides	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2
Especies por transecto	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**

*: En el listado aparecen solamente las especies que han aparecido en los transectos de cada tabla
Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 pH del sustrato

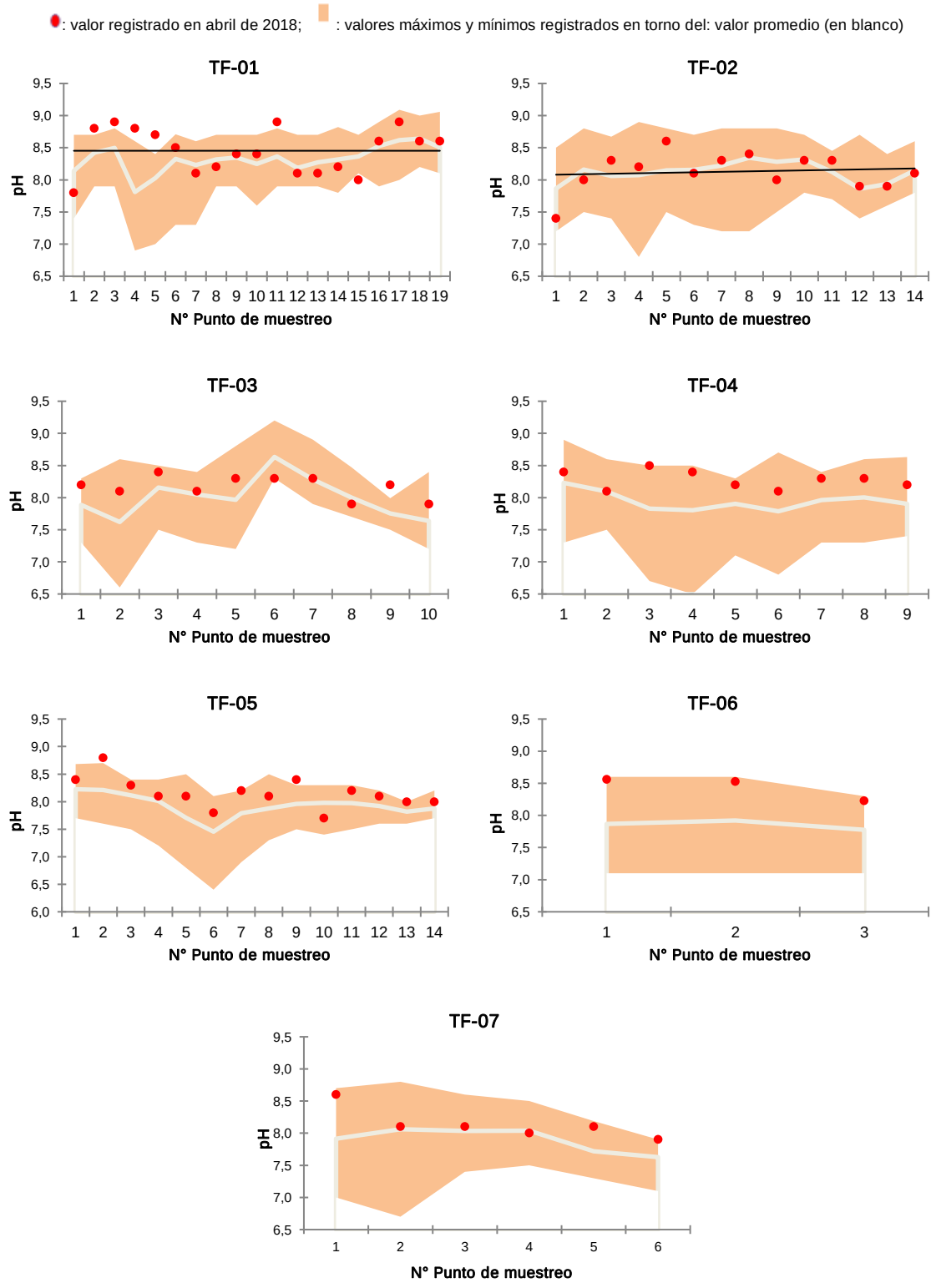
Respecto del monitoreo de pH en los transectos, en la Figura 6-16 se representan gráficamente los resultados (2018), indicando además los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2007-2017) del monitoreo. Los puntos de los gráficos también están organizados desde el borde este del salar hacia el núcleo (Este – Oeste). Tal como se explica en el capítulo 5.2.3, se obtuvieron valores de pH según una entidad ETFA (ALS Life Sciences S.A) y según el laboratorio con el cual se han realizado los ensayos desde el año 2012 hasta el año 2017. Esto debido a que la metodología utilizada según la entidad ETFA es distinta a la realizada hasta la fecha por el otro laboratorio, lo que implica que los datos obtenidos no son comparables

En la Figura 6-16 se observa que un 88,0% de los puntos de muestreo se distribuyen al interior de los rangos observados en años anteriores, mientras que el restante 12,0% (9 puntos) presentaron valores por fuera de los rangos monitoreados en el período 2007-2017. De los puntos con diferencias, 8 puntos se registraron un valor por sobre el pH máximo registrado el año previo (TF1-02, TF1-03, TF1-04, TF1-05, TF1-11, TF3-09, TF5-02 y TF5-09), pero manteniéndose dentro de las condiciones de alcalinidad. La mayor diferencia de pH fue de 0,3 y se observó en el punto TF1-5. Solamente un punto registró un valor menor al mínimo registrado el año previo correspondiente al punto TF1-15, con una diferencia de 0,1.

Los valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica de las muestras analizadas se encuentran dentro de un rango normal para este tipo de suelos. Los suelos formados a partir de depósitos evaporíticos, como el Salar de Atacama, representan condiciones extremas en términos de características y propiedades del suelo (Casanova *et al.*, 2013). En análisis realizados a muestras de otros salares se han detectado valores de pH alcalinos, con valores que han variado entre 8,5 a 8,9, aumentando con la profundidad hasta valores de 9,8 (Luzio, 2010).

Al observar la baja variación en la riqueza y frecuencia de la flora vascular, se permite inferir que las diferencias observadas en 12,0% de los puntos pH no representan una cambio significativo de la variable suelo y que tenga efectos sobre la flora, considerándose como parte de la variabilidad natural, asociado a factores tales como: la composición de los cationes intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio iónico, la composición y la concentración de las sales solubles, y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos alcalinotérreos (carbonatos de calcio y magnesio) (Luzio y Casanova, 2006). Cabe aclarar que la diferencia observada en aquellos puntos no implica el cambio de la alcalinidad del sustrato o la disponibilidad de nutrientes, es una variación marginal dentro de los parámetros observados normalmente.

Figura 6-16. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores.



Fuente: Elaboración propia.

6.3.4 Conductividad eléctrica del sustrato

En la Figura 6-17 se realiza la comparación de la conductividad eléctrica del año 2018 con la obtenida en años anteriores, contrastando con el promedio de todos los años anteriores y los valores máximos y mínimos obtenidos. Los puntos de los gráficos también están organizados desde el borde este del salar hacia el núcleo (Este – Oeste).

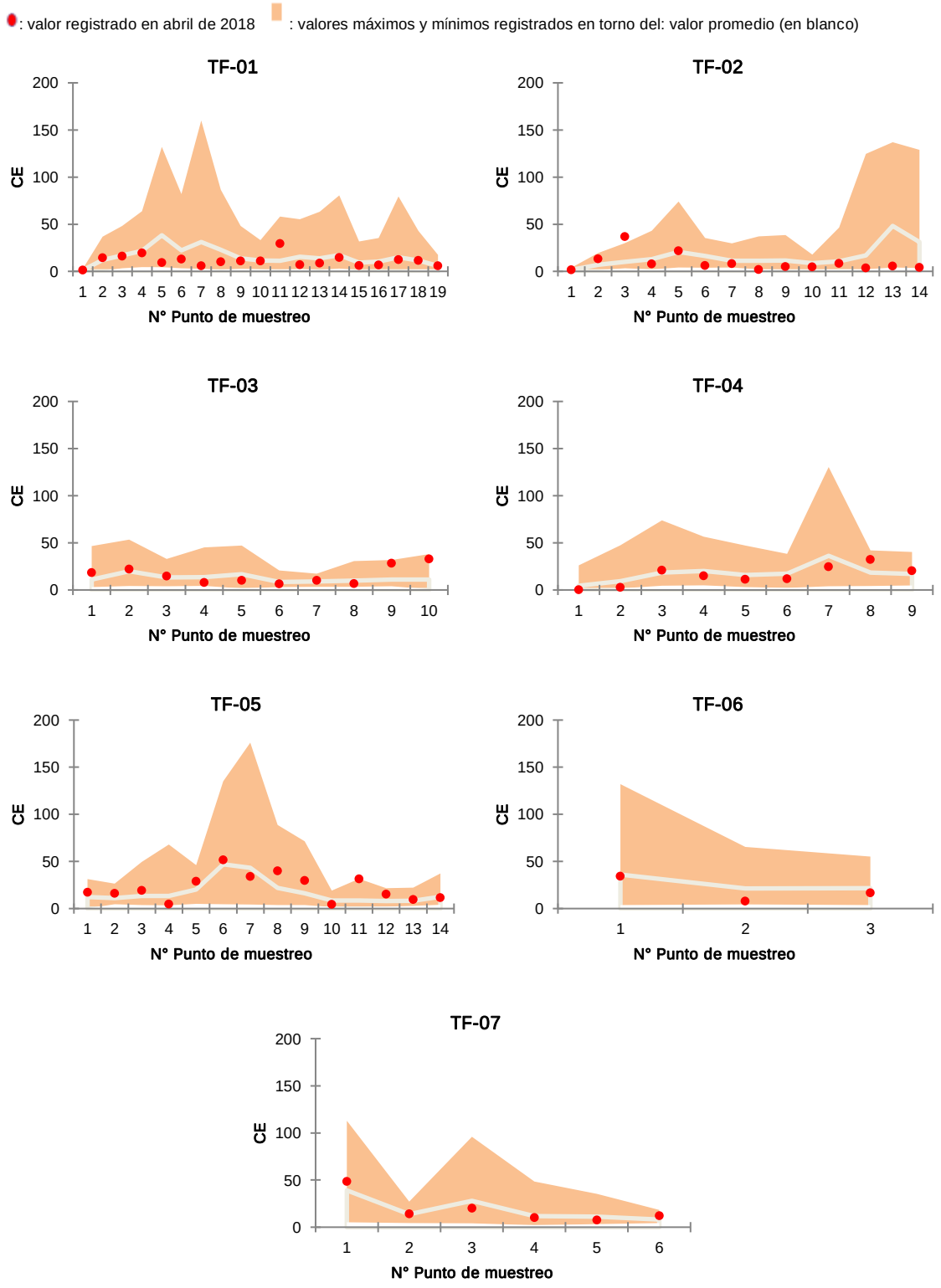
Tal como se explica en el capítulo 5.2.4, se obtuvieron valores de Conductividad eléctrica según una entidad ETFA (ALS Life Sciences S.A) y según el laboratorio con el cual se han realizado los ensayos desde el año 2012 hasta el año 2017 (Agroanálisis UC). Esto debido a que la metodología utilizada según la entidad ETFA es distinta a la realizada hasta la fecha por el otro laboratorio, lo que implica que los datos obtenidos no son comparables.

Al comparar los datos respecto de las campañas anteriores (abril de 2007 a abril de 2017), se extrae que el 97,3% de los puntos tuvo resultados dentro de los valores máximo y mínimo observados anteriormente. En 1 punto el valor presentado el año 2018 está por sobre los registros de los años anteriores (TF2-03). En 1 punto se presentó un valor bajo los mínimos históricos (TF2-08).

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

Por otra parte, la conductividad eléctrica del presente año demostró las condiciones de alta salinidad esperables para un salar; donde el 80,0% de muestras estuvieron distribuidas en la categoría fuertemente salina, validando lo observado en otros salares donde los valores pueden alcanzar hasta los 500 dS/m en superficie (Luzio, 2010).

Figura 6-17. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.



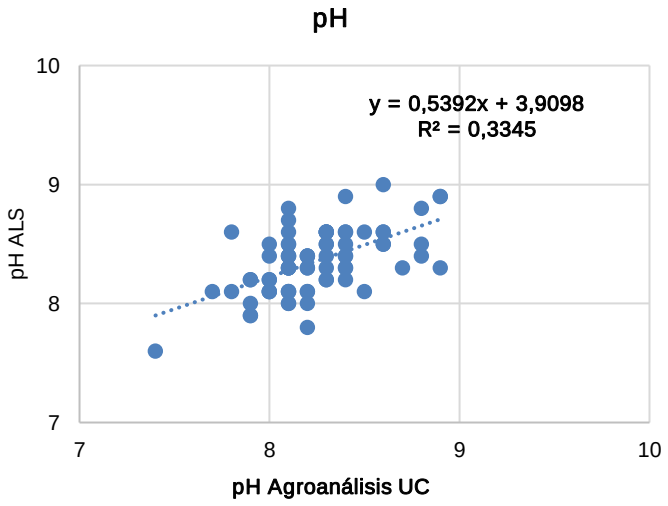
Fuente: Elaboración propia.

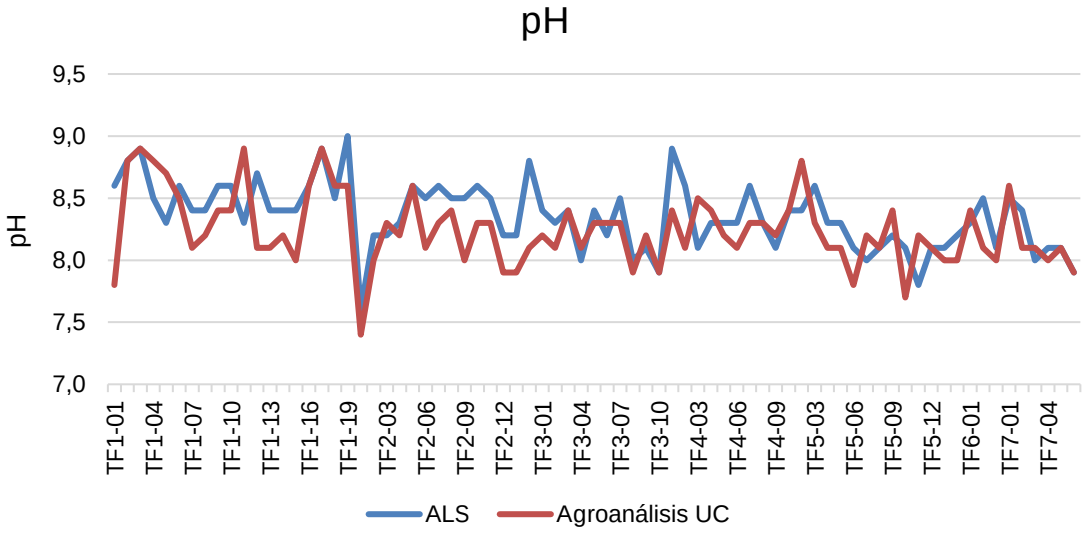
6.3.5 Comparación de resultados entre laboratorios

Para efectos de relacionar los valores obtenidos entre las mediciones de ambos laboratorios, se presentan los gráficos Figura 6-18 y Figura 6-19.

Como se puede observar, los valores de pH determinado por el laboratorio ALS son mayores a los determinados por Agroanálisis UC. De los 75 puntos monitoreados, un 58,7% de los puntos presentan valores de pH mayores según el laboratorio ALS, mientras que un 24% presenta valores mayores para el laboratorio Agroanálisis UC. Pese a esto, el promedio de desviación es de 0,1, y una desviación estándar de 0,26.

Figura 6-18. Comparación del pH obtenida entre laboratorios.

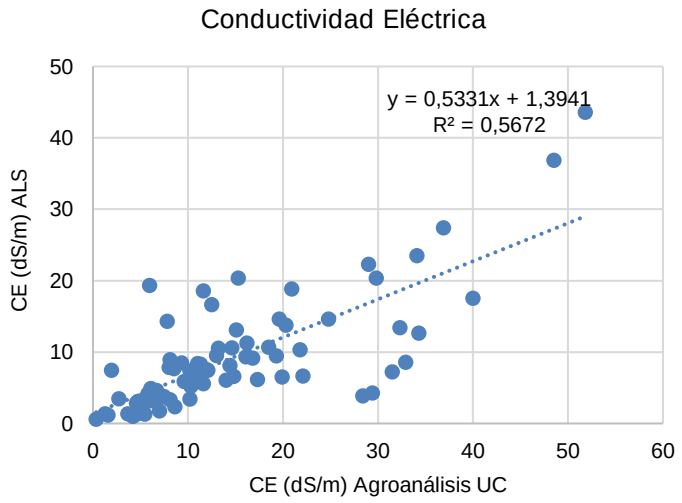


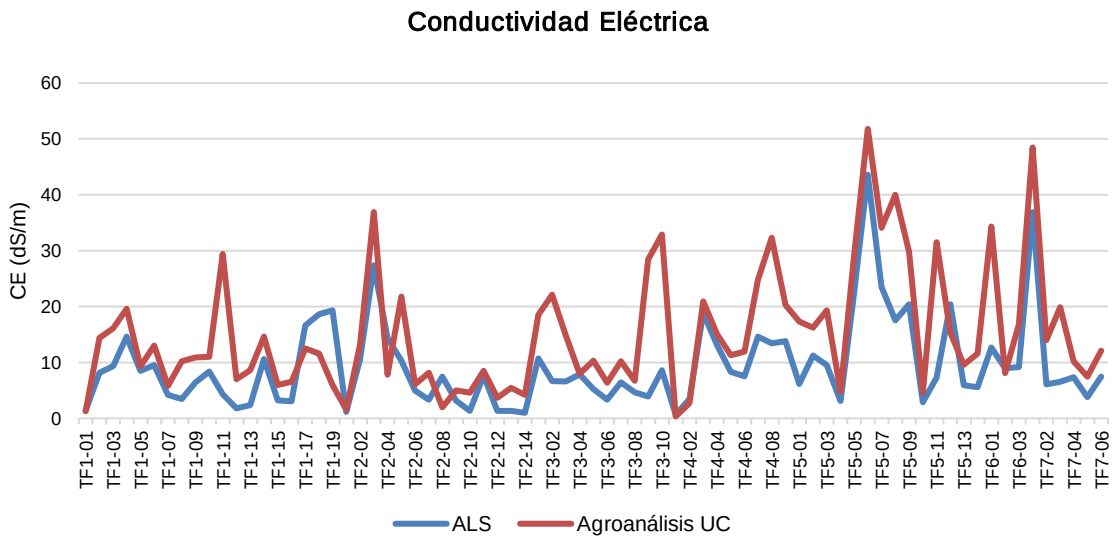


Fuente: Elaboración propia.

En relación con la conductividad eléctrica registrada, se observan registros más altos para los resultados del laboratorio Agroanálisis UC. Del total de 75 puntos, un 86,7% presenta valores de conductividad mayor para el laboratorio Agroanálisis UC, mientras que el restante corresponde a valores mayores para ALS. El promedio de desviación es de 5,6 dS/m, y su desviación estándar es de 7,4.

Figura 6-19. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios.





Fuente: Elaboración propia.

6.4 Fauna

En la Tabla 1-1 del Anexo IX, se presenta el catastro de especies con la composición de fauna en el área de estudio registrada a lo largo de trece años, dentro de los cuales se incluye la campaña de Línea Base, realizada el año 2006, una campaña en etapa pre-operacional efectuada el año 2007, y once campañas de monitoreo en etapa operacional, realizadas desde el año 2008 hasta el 2018. De acuerdo con las prospecciones de terreno efectuadas desde abril de 2006 hasta abril 2018, el listado de fauna silvestre del Borde Este del Salar de Atacama está compuesto por un total de 71 especies. Estas corresponden a un anfibio, cuatro reptiles, 57 aves (19 Passeriformes y 38 no Passeriformes), y nueve mamíferos

De las 71 especies descritas en el catastro 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, 18 especies presentan alguna categoría de conservación, donde donde 14 especies están clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) y cuatro especies en el Reglamento de Ley de Caza (D.S. N° 05/98).

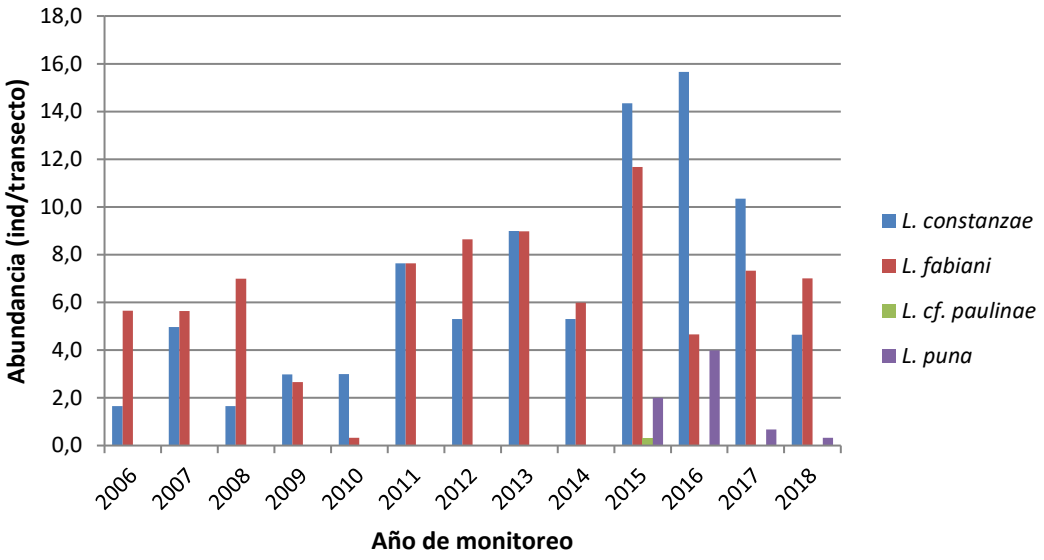
6.4.1 Reptiles

La Figura 6-20 muestra la abundancia total de reptiles por especie, registrados en cada uno de los años de monitoreo. Se puede observar una disminución en los valores de abundancia en la presente campaña, en especial para la especie *Liolaemus constanzae*. En el caso de *L. fabiani*, si bien existe una reducción en la abundancia, este valor se encuentra sobre el promedio calculado para el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental 2006-2018 (Tabla 6-15). Se estima que las fluctuaciones observadas son propias de la dinámica poblacional y su relación con las condiciones climáticas, considerando la ausencia de cambios en los ambientes para la fauna, reportados por el monitoreo de vegetación en la sección 6.2 del presente informe.

Por otra parte, durante la presente temporada se registró solo un ejemplar de *L. puna*, especie que ha sido avistada durante las últimas cuatro campañas, encontrándose siempre en baja abundancia.

En cuanto a la especie *Liolaemus cf. paulinae*, correspondiente a un ejemplar registrado en el año 2015, posiblemente se trataría de un morfotipo perteneciente a la especie *Liolaemus puna*. Según diversos autores, ambas especies son confundidas al compartir características morfológicas y de coloración, diferenciándose solo por su rango de distribución geográfica, en la cual *L. paulinae* se encuentra principalmente en los alrededores del Río Loa (Donoso-Barros, 1961; Pincheira-Donoso & Nuñez, 2005, Demangel, 2016; Mella, 2017).

Figura 6-20. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-15: Abundancia total de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018

Especies observadas	Abundancia (*)													Abund. promedio *
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
L. constanzae	1,7	5,0	1,7	3,0	3,0	7,6	5,3	9,0	5,3	14,3	15,7	10,3	4,7	**6,7**
L. fabiani	5,7	5,6	7,0	2,7	0,3	7,6	8,6	9,0	6,0	11,7	4,7	7,3	7,0	**6,4**
*L. cf. paulinae***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	**0,3**
L. puna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	4,0	0,7	0,3	**1,8**

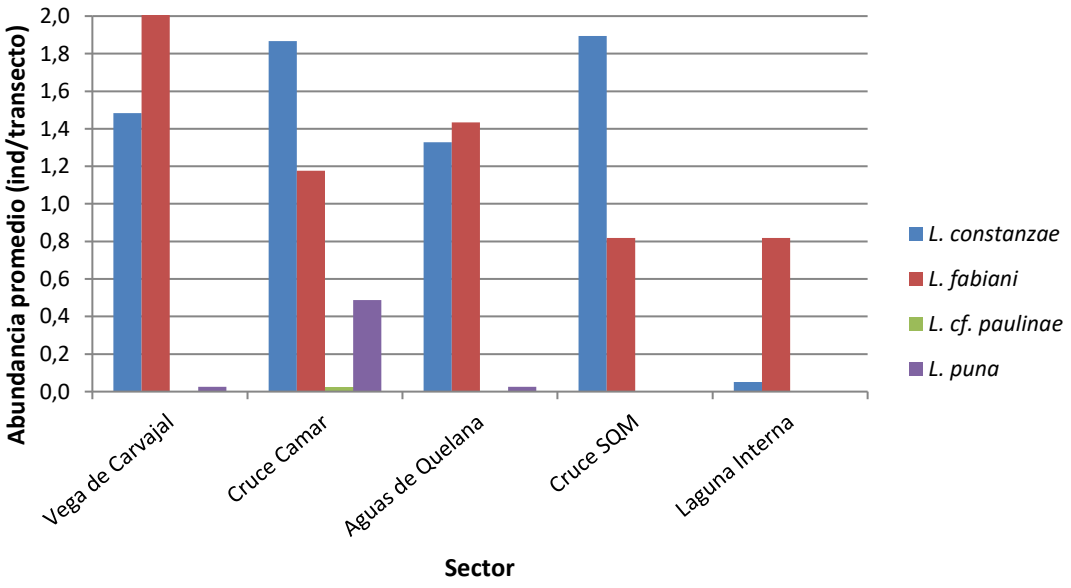
* Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares
** Posiblemente correspondiente a *Liolaemus puna*.
Fuente: Elaboración propia

En términos generales, las especies más abundantes durante las trece campañas de monitoreo corresponden a *L. constanzae* y *L fabiani*, con una abundancia promedio de 6,7 y 6,4 ind/transecto, respectivamente. Ambas especies han sido registradas durante los distintos años de monitoreo, encontrándose presentes en los cinco sectores de estudio (Figura 6-21). Sin embargo, es posible observar una diferenciación importante en la preferencia de hábitat de estas especies. Es así como *L. constanzae* es la especie dominante en los ambientes de Rica rica-Pingo pingo y de Brea-Cachiyuyo (i.e. sectores más alejados de ambientes salinos y lacustres), mientras que *L. fabiani* predomina en el ambiente de Marginal de Salar y Salar. Por su parte, en el ambiente de Pajonal ambas especies se encuentran presente, siendo más abundante *L. fabiani* (Figura 6-22).

Estas variaciones en el ensamble de especies de reptiles dan cuenta del alto grado de especialización que pueden llegar a mostrar las especies de baja movilidad. Considerando las restricciones fisiológicas y/o ecológicas que presenta este taxón, con ámbitos de hogar reducidos, promueven el desarrollo de especializaciones para optimizar la utilización de los recursos disponibles en su ambiente. Este es el caso de *L. fabiani*, especie de lagartija única que habita en las costras y suelos más salinos del Salar de Atacama. En cambio, *L. constanzae* habita en ambientes con vegetación, de suelos pedregosos o arenosos, siendo especialmente abundante en el ambiente de Rica rica-Pingo pingo.

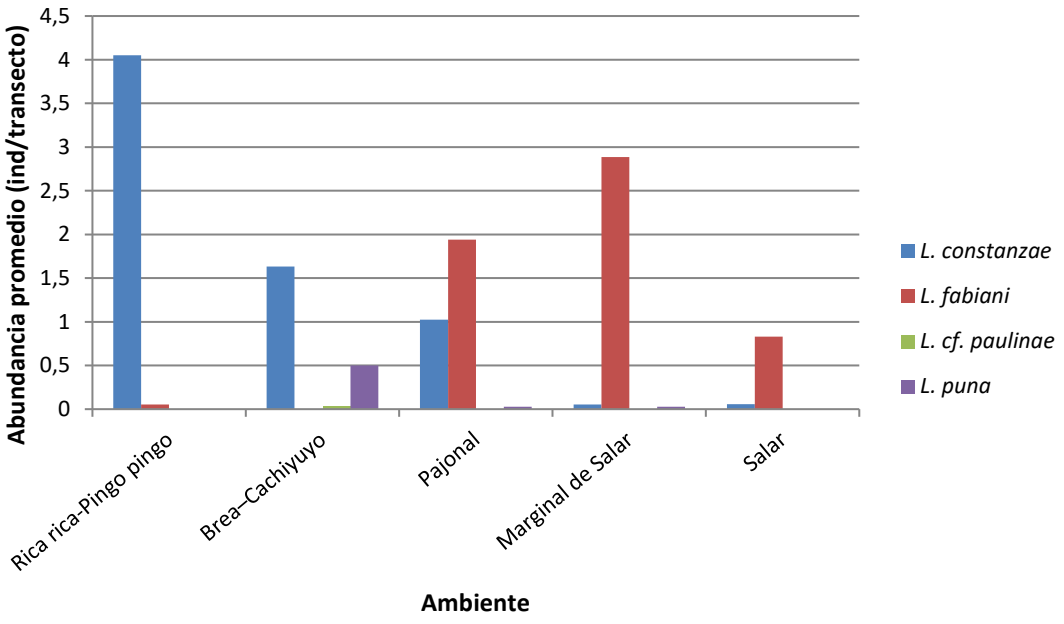
Por su parte, *L. puna* ha sido registrada en los últimos cuatro años de monitoreo sólo en ambientes de Pajonal, Brea-Cachiyuyo y Marginal de Salar, en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce de Camar y Aguas de Quelana, respectivamente. En términos generales esta especie es la menos abundante, con un promedio de 2 ind/transecto, aproximadamente.

Figura 6-21. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-22. Abundancia promedio de reptiles por ambiente de estudio. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Aves en ambientes terrestres

Durante el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) 2006-2018, en el Borde Este del Salar de Atacama, las aves terrestres se han caracterizado por exhibir bajas abundancias en general, independiente de la cobertura y composición de la vegetación predominante en los distintos hábitats (Anexo IX, sección 2.2). En la campaña correspondiente al monitoreo 2018, se registraron solo cinco especies de aves asociadas a transectos. El número de ejemplares avistados fue bajo, salvo en el caso de la parina chica, siendo consistente con los registros obtenidos a lo largo de los doce años de seguimiento (Tabla 6-16). Si bien, la metodología de transectos está destinada a prospección de aves terrestres, debido a la alta movilidad de este grupo faunístico, también fueron registradas aves de ambientes acuáticos.

Al considerar las distintas campañas de PSA, se pueden observar fluctuaciones en el tiempo, en cuanto al registro de las distintas especies, detectándose en algunos casos, especies en forma intermitente, existiendo algunos años sin avistamientos (Tabla 6-16.). De las 32 especies de aves catastradas en los ambientes terrestres, hasta la fecha, 18 tienen registros en uno solo de los doce años de seguimiento. En contraparte, tres especies mostraron el mayor grado de presencia, siendo detectadas en ocho de los once años de monitoreo (*Anthus correndera, Geranoaetus polyosoma y Muscisaxicola maculirostris).*

Tabla 6-16: Abundancia total de aves en ambientes terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018

Especies observadas	Abundancia (*)													Promedio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Agriornis microptera	-	-	-	1,00	0,67	0,33	(**)	0,66	0,66(**)	-	-	(**)	-	0,66
Agriornis montana	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	2,33	(**)	-	1,00
Anthus correndera	1,33	0,33	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	-	0,33	1,67	-	-	0,62
Asthenes modesta	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
Athene cunicularia	-	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	0,33	-	-	0,33
Bubulcus ibis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	0,33
Calidris bardii	-	-	-	-	-	-	3,00	2,34	6,67	-	-	0,67	0,67	2,67
Charadrius alticola	-	-	-	-	-	-	4,00	3,67(**)	5,66	2,00	4,01	2,00	0,33	3,10
Circus cinereus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	(**)	-	0,33
Geositta punensis	-	-	-	-	-	-	-	0,67	(**)	-	-	-	-	0,67
Geranoaetus (=Buteo) polyosoma	-	-	(**)	(**)	0,33(**)	(**)	(**)	0,33	0,33	0,33	-	-	-	0,33
Hirundo rustica	-	-	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
Larus serranus (Chroicocephalus serranus)	-	-	-	-	-	-	-	(**)	-	-	-	-	-	0,00
Leptasthenura aegithaloides	-	0,33	-	-	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-	-	0,33
Lessonia oreas	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,33
Metriopelia aymara	-	-	-	0,33	-	-	-	3,67	10,67	-	8,67	(**)	1,00	4,87
Muscisaxicola cinerea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,33
Muscisaxicola flavinucha	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
Muscisaxicola frontalis	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
Muscisaxicola maculirostris	-	0,33	(**)	0,67(**)	0,67	1,67	-	0,33(**)	0,67	1,00	-	-	-	0,76
Phalaropus tricolor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,33	-	-	13,33
Phalcoboenus megalopterus	-	0,33	(**)	(**)	-	-	-	-	-	0,33	-	(**)	-	0,33
Phoenicoparrus andinus	-	-	-	-	-	-	-	1,33	5,00	0,66	5,66	1,33	-	2,80
Phoenicoparrus jamesi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33	-	14,00	8,67

Tabla 6-16: Abundancia total de aves en ambientes terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2018

Especies observadas	Abundancia (*)													Promedio (***)
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Phoenicopterus chilensis	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33
Pygochelidon cyanoleuca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	1,00
Recurvirostra andina	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	0,33
Sicalis auriventris	(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
Sturnella superciliaris	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	0,33
Thinocorus rumicivorus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	0,33
Upucerthia dumetaria	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33
Zonotrichia capensis	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,33
Número de especies	**5**	**5**	**4**	**7**	**5**	**5**	**5**	**12**	**12**	**9**	**11**	**8**	**5**	**7,15**

(*) Número promedio de ejemplares registrados en tres transectos de 300 m. (un transecto por tres días).
(**) Al menos un ejemplar registrado fuera del tiempo de recorrido (fuera de transecto). Estos ejemplares no son incluidos en el cálculo de Abundancia.
(***) El cálculo del promedio se realizó considerando las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al número de especies identificadas a lo largo del PSA, este parámetro ha fluctuado entre cuatro y doce especies, con un promedio de 7,15 especies por año, no existiendo mayores variaciones respecto a la campaña anterior. Los mayores registros fueron obtenidos en los monitoreos de los años 2013 y 2014 con doce especies en cada uno (Tabla 6-16). El sector que registra la mayor riqueza de especies es Cruce SQM, con 18 especies, mientras que Cruce Camar, Vega de Carvajal y Aguas de Quelana muestran valores similares entre si (Tabla 6-17). Por su parte, en el sector de Laguna interna, se registraron solo cuatro especies, las que se caracterizan por ser especies acuáticas y/o estar asociadas a ambientes acuáticos y salobres (*Calidris bardii, Charadrius alticola, Lessonia oreas* y *Phalaropus tricolor*). La baja riqueza de especies en este sector se puede explicar por la baja representatividad de muestreo para este grupo, en particular si se considera la realización de un único transecto en este ambiente (Salar), asociado a la presencia de especies de ambientes acuáticos.

Tabla 6-17: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2018

Indicador	Sector				
	Vega de Carvajal	Cruce Camar	Aguas de Quelana	Cruce SQM	Laguna Interna
Riqueza de especies	14	15	13	18	4
Abundancia promedio*	2,61	1,72	2,02	2,43	1,44
Especies más abundantes (N° de individuos)**	*Phoenicoparrus jamesi (52)* *Phoenicoparrus andinus (18)*	*Metriopelia aymara (31)* *Agriornis microptera (9)*	*Charadrius alticola (33)* *Calidris bardii (25)*	*Metriopelia aymara (27)* *Phoenicoparrus andinus (18*	*Phalaropus tricolor (40)* *Charadrius alticola (12)*
Especies registradas en un sector (N° de individuos)**	*Asthenes modesta (+)* *Circus cinereus (1)* *Larus serranus (+)* *Phoenicoparrus jamesi (52)*	*Athene cunicularia (1)* *Muscisaxicola cinérea (1)* *Sturnella superciliaris (1)*	*Hirundo rustica (+)* *Muscisaxicola flavinucha (1)* *Muscisaxicola frontalis (1)* *Phoenicopterus chilensis (1)*	*Bubulcus ibis (1)* *Geositta punensis (2)* *Pygochelidon cyanoleuca (3)* *Recurvirostra andina (1)* *Sicalis auriventris (+)* *Thinocorus rumicivorus (1)* *Upucerthia dumetaria (1)*	*Phalaropus tricolor (40)*
Especies compartidas	*Metriopelia aymara* *Muscisaxicola maculirostris (presentes en cuatro sectores, excepto Laguna Interna)*				
	Calidris bardii *Charadrius alticola (presentes en los cinco sectores)*				

*Este valor se obtuvo a partir del promedio del número de ejemplares observados en los transectos de las campañas del 2006 al 2018
**Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2018.
+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto o por registros circunstanciales).
Fuente: Elaboración propia

Dos especies han sido las más abundantes durante los doce años de seguimiento. La primera es *Metriopelia aymara* (tortolita de puna) con un total de 73 avistamientos en transecto y *Charadrius alticola* (chorlo de la puna) con 65 individuos registrados. La tortolita de la puna (*M. aymara*) es un ave terrestre que se distribuye ampliamente en el borde este del Salar, encontrándose en casi todos los sectores y utilizando todos los ambientes, a excepción del ambiente Salar en el sector de Laguna Interna (Tabla 6-17 y Tabla 6-18). En el caso del chorlo de la puna (*C. alticola*), es un ave asociada fuertemente a los ambientes acuáticos, lo que se refleja en la alta abundancia que alcanza en los ambientes de Marginal de Salar y Salar, con 50 y 12 ejemplares respectivamente, detectándose solo dos ejemplares en el ambiente de Pajonal y uno en el de Rica rica - Pingo pingo durante el transcurso del PSA.

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

Otras especies relevantes en los diferentes sectores y/o ambientes son *Muscisaxicola maculirostris, Anthus correndera, Geranoaetus polyosoma, Agriornis montana y Zonotrichia capensis.* Si bien estas especies presentan una amplia distribución en el área de estudio (i.e. en los distintos ambientes), han presentado un bajo número de ejemplares.

Respecto a las especies observadas en un único sector y/o ambiente, es importante señalar que la mayor parte de estos se obtuvieron fuera de transecto o a partir de avistamientos de ejemplares individuales, no existiendo un registro en el tiempo. Las especies con valores de abundancia altos como *Phalaropus tricolor* (pollito de mar), registrados en el ambiente de Salar en Laguna Interna, corresponde a ejemplares observados durante un día de prospección, avistando 40 individuos. De manera similar, el registro de 52 ejemplares de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) en el ambiente Marginal de Salar en Vega de Carvajal se obtuvo en dos oportunidades, con registros de 10 y 42 individuos en los años 2016 y 2018, respectivamente. En conclusión, estas especies no son consideradas como indicadoras del sector o ambiente en que se observaron, pues son registros esporádicos. Hasta la fecha no se ha encontrado ninguna especie de ave en ambientes terrestres exclusiva de alguno de los sectores o ambientes en estudio.

Tabla 6-18: Indicadores generales de aves en ambientes terrestres por ambiente. Campañas 2006-2018

Indicador	Ambientes				
	Rica rica-Pingo pingo	Brea-Cachiyuyo	Pajonal	Marginal de Salar	Salar
Riqueza de especies	19	14	12	10	4
Abundancia promedio*	1,74	1,46	0,59	4,87	1,41
Especies más abundantes (N° de individuos)**	*Metriopelia aymara (42)* *Agriornis montana (7)*	*Metriopelia aymara (23)* *Muscisaxicola maculirostris (10)*	*Anthus correndera (5)* *Metriopelia aymara (5)*	*Phoenicoparrus jamesi (52)* *Charadrius alticola (50)* *Calidris bardii (40)*	*Phalaropus tricolor (40)* *Charadrius alticola (12)*
Especies registradas en un ambiente (N° de individuos)**	*Bubulcus ibis (1)* *Larus serranus (+)* *Muscisaxicola frontalis (1)* *Sicalis auriventris (+)* *Sturnella superciliaris (1)* *Thinocorus rumicivorus (1)* *Upucerthia dumetaria (1)*	*Hirundo rustica (+)* *Muscisaxicola cinerea (1)* *Muscisaxicola flavinucha (1)* *Pygochelidon cyanoleuca (3)*	*Astehenes modesta (+)* *Circus cinereus (1)*	*Phoenicoparrus jamesi (52)* *Phoenicopterus chilensis (1)* *Recurvirostra andina (1)*	*Phalaropus tricolor (40)*
Especies compartidas	*Anthus correndera, Geranoaetus polyosoma, Metriopelia aymara, Charadrius alticola* (presentes en cuatro ambientes)				
	Agriornis montana, Muscisaxicola maculirostris y Zonotrichia capensis (presentes en tres ambientes)				

*Se calcula a partir del promedio del número de ejemplares observados en los transectos de las campañas del 2006 al 2018.
**Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2018.
+ Especies sin valores de abundancia de ejemplares (avistamientos fuera de transecto o por registros circunstanciales).
Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Aves en ambientes acuáticos

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

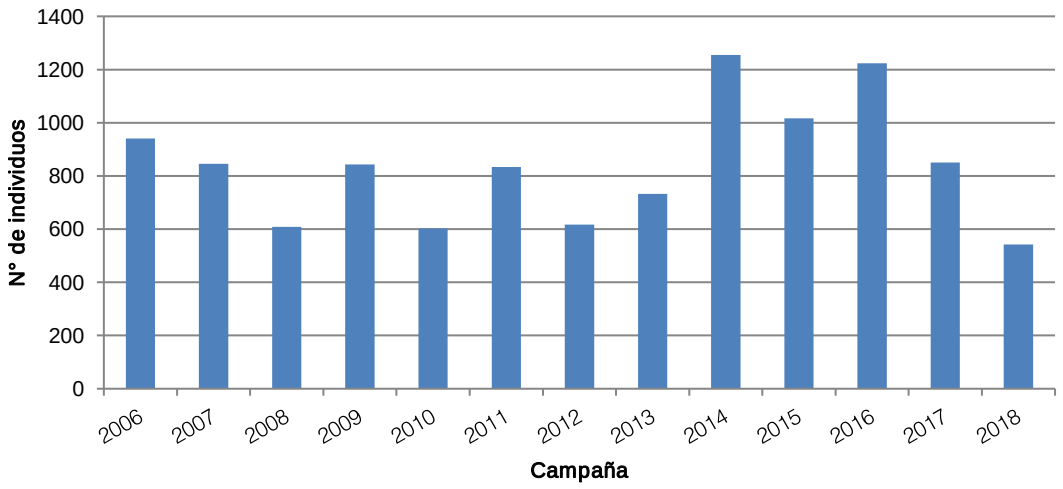
En el Anexo IX (sección 2.3, Tabla 2.3), se presenta el registro total de aves presentes en ambientes acuáticos en el borde Este del Salar de Atacama. Estos han sido obtenidos a partir de los censos realizados desde abril de 2006 hasta la presente campaña (abril 2018), contabilizando un total de 26 especies. De igual forma, debido a la alta movilidad de las aves, también fueron registradas especies terrestres utilizando la metodología de censo.

La comparación de abundancia de aves del presente monitoreo muestra que estos valores se encuentran dentro de los rangos observados a los largo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), en relación a los años anteriores, exceptuando el periodo 2015, donde la riqueza superó al resto de las campañas con 18 taxa.

En cuanto a la abundancia de ejemplares, durante el censo 2018 se registraron 1.859 individuos, valor similar a lo obtenido durante el año anterior 2017 (1829 individuos). En ambos casos se aprecia una disminución en relación con las campañas 2015 y 2016, en las cuales se obtuvieron valores de 4.621 y

3.849 ejemplares, respectivamente. La abundancia de aves total registrada durante la campaña actual es la segunda menor obtenida durante el transcurso del PSA. Respecto a este resultado es importante considerar que el número de ejemplares de flamencos en conjunto, registrados cada año, representan una parte importante de la abundancia total de aves. Durante el monitoreo actual, más de la mitad de las aves censadas pertenecen a alguna de las tres especies de flamencos (1.316 individuos), y en las que es posible detectar fluctuaciones poblacionales importantes a nivel local y/o a una escala más amplia. Por lo anterior, para tener una visión más detallada y clara de estos patrones, el análisis de la variación en abundancias de las aves se realizó en forma separada. La Figura 6-23 muestra la abundancia de las aves, donde no se consideran los flamencos, apreciándose una reducción en el número de aves en la temporada actual (542 individuos). Cabe mencionar que este valor corresponde al más bajo obtenido durante el desarrollo del PSA en el Salar de Atacama para este grupo. La variación en el número de aves forma parte de las oscilaciones en la dinámica de las poblaciones, donde es frecuente ver periodos de reducción en la abundancia, lo que puede estar asociado a variaciones en la disponibilidad de alimento causado por factores ambientales (ej. 2008, 2009 y 2012).

Figura 6-23. Abundancia de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Como en año anteriores, se observaron a las tres especies de flamencos en los distintos cuerpos de agua, siendo el grupo de aves dominante en los ambientes acuáticos monitoreados. En la presente temporada, se detectó un predominio de la especie *Phoenicoparrus andinus* (parina grande), con un total de 921 individuos, incrementando su número respecto al año anterior. Por su parte, para la especie *Phoenicopterus chilensis* (flamenco chileno), se registraron 350 ejemplares, mientras que *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) se encontraron solo 37 ejemplares, significando una reducción en estas dos especies respecto del censo 2017 (Tabla 1.3 Anexo X). De igual forma, los pollos de flamenco también presentaron una disminución con un total de ocho individuos, en comparación con los13 ejemplares contabilizados durante la temporada anterior, manteniéndose una baja en tasa reproductiva en el sector de estudio en los últimos dos años. Esto contrasta fuertemente con los resultados obtenidos entre los años 2014 a 2016, donde se presentaron alto números de pollos.

En la campaña correspondiente al monitoreo 2018, las especies de aves más abundantes en los sistemas lacustres prospectados (sin considerar a las especies de flamencos), fueron: *Recurvirostra andina* (caití), *Tringa flavipes* (Pitotoy chico) y *Calidris bairdii* (playero de Baird) (Tabla 5-24). Todas estas corresponden a especies acuáticas o asociadas a este tipo de ambientes, las que registran los mayores números de individuos a lo largo del PSA, siendo observadas en los tres sistemas lacustres estudiados. Estas tres especies, junto con *Charadrius alticola* (chorlo de la puna), *Lessonia oreas* (colegial del norte), y las tres especies de flamencos, han sido registradas en todos los años de seguimiento (Tabla 2.3 Anexo IX).

El análisis de datos históricos muestra que las especies de aves más abundantes en el Salar de Atacama son las tres especies de flamencos, en donde la especie que registra mayor número de individuos en promedio es la parina grande (*P. andinus*) con 971,98 individuos, seguida por el flamenco chileno (*P. chilensis*), con 471,69 individuos y la parina chica (*P. jamesi*) con 459,02 individuos. La parina grande es la especie más abundante en los tres sistemas lacustres, resultado que concuerda con los antecedentes bibliográficos que indican al Salar de Atacama como un sitio reproductivo clave para esta especie (Rodríguez, 2005). Respecto a las otras dos especies, sus abundancias varían según el sistema lacustre. En el Sistema de Soncor, el flamenco chileno y la parina chica tienen valores de abundancia promedio similares, con 149,24 y 152,59 individuos respectivamente, mientras que en el Sistema de Aguas de Quelana la parina chica presenta su menor valor de abundancia (9,25 individuos), por debajo de los obtenidos para el flamenco chileno (34,62 individuos). En el Sistema Peine la situación se invierte ya que la abundancia de la parina chica (86,23 individuos) es mayor a la del flamenco chileno (51,63 individuos).

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

En términos de diversidad, el Sistema de Aguas de Quelana es el que muestra la mayor riqueza, con 23 especies de aves, siete de las cuales solo han sido observadas en este sector. Si bien la presencia de cinco de estas especies corresponde a registros esporádicos, en el caso del bailarín chico (*A. corrrendera*) y el colegial del norte (*L. oreas*) se observaron individuos en al menos doce años de seguimiento, registrando una abundancia promedio de 13,00 y 9,38 individuos, respectivamente (Tabla 6-19). Ambas especies son insectívoras y forrajean entre los pastizales y la vegetación que rodea los cuerpos lacustres. En este contexto, el Sistema de Aguas de Quelana tiene características favorables para la presencia de estas especies, ya que de los tres sistemas lacustres es el que ofrece la mayor diversidad de ambientes y recursos, debido a la vegetación que circunda los cuerpos de agua.

El Sistema de Peine presenta a la fecha una riqueza de 18 especies y la menor abundancia promedio de aves. La mayor parte de las especies presentes en este sector también fueron registradas en los otros dos sistemas lacustres y sólo tres especies tienen registros únicos, aunque en los tres casos corresponden a avistamientos ocasionales, con la presencia de solo un individuo en un año en particular.

Tabla 6-19: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama. Campañas 2006-2018

Indicador	Sistema Lacustre		
	Soncor	Aguas de Quelana	Peine
Riqueza de especies	15	23	18
Abundancia promedio*	695,17	327,29	271,68
Especies más abundantes (Abundancia promedio)	*Pollos de flamenco (158,16)* *Phalaropus tricolor (120,08)* *Phoenicoparrus andinus (113,67)*	*Phoenicoparrus andinus* (73,69) *Charadrius alticola (53,85)* *Calidris bairdii (40,46)*	*Phoenicoparrus andinus (69,91)* *Phoenicoparrus jamesi (49,45)* *Calidris melanotos (27)*
Especies registradas en un sistema lacustre (Abundancia promedio*)		*Anas cyanoptera (3,00)* *Anas georgica (3,00)* *Anthus correndera (13,00)* *Gallinula chloropus (1,5)* *Lessonia oreas (9,38)* *Muscisaxicola maculirostris (6)* *Pluvialis dominica (2.0)*	*Bubulcus ibis (1)* *Fulica cornuta (1)* *Podiceps occipitalis (1)*
Especies compartidas	*Calidris bairdii* *Calidris melanotos* *Charadrius alticola* *Larus serranus (Chroicocephalus serranus)* *Lophonetta specularioides* *Phalaropus tricolor* *Phoenicoparrus andinus* *Phoenicoparrus jamesi* *Phoenicopterus chilensis* *Recurvirostra andina* *Tringa melanoleuca*		

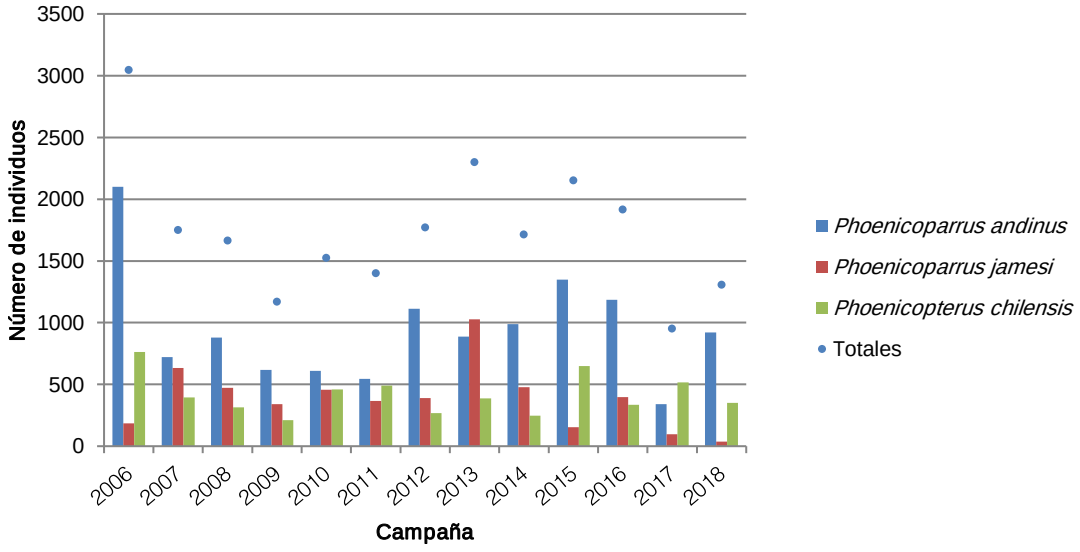
*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
Fuente: Elaboración propia

El Sistema de Soncor, pese a ser el sistema con la mayor superficie, es el que presenta la menor riqueza con solo 15 especies, pero con el mayor número de individuos observados. Todas las especies registradas en este sector también han sido observadas en Aguas de Quelana y/o Peine. Este sistema destaca por la gran cantidad de pollos de flamencos registrados a lo largo del PSA, con un promedio de 1.914 individuos, cifra muy superior a la obtenida en Aguas de Quelana, con 10 individuos promedio y en Peine, con 23,88 individuos promedio.

En tanto, para los flamencos, el análisis de los datos históricos muestra oscilaciones en el número de ejemplares adultos que van desde valores de máxima abundancia hasta un valor mínimo, como en el censo del año 2006 donde se contabilizaron 3.047 individuos, con un descenso paulatino de flamencos en los tres años siguientes, alcanzando una abundancia de 1.170 ejemplares en el año 2009. A partir del año 2010 se observa un aumento en el número de flamencos para llegar a un valor de 2.299 individuos en el año 2013. A partir del año 2014 a la fecha se registra un nuevo ciclo de disminución en el número de individuos, alcanzando su menor valor histórico en la campaña 2017, con un conteo de 951 individuos, para subir nuevamente a 1.308 individuos durante la presente campaña (Figura 6-24).

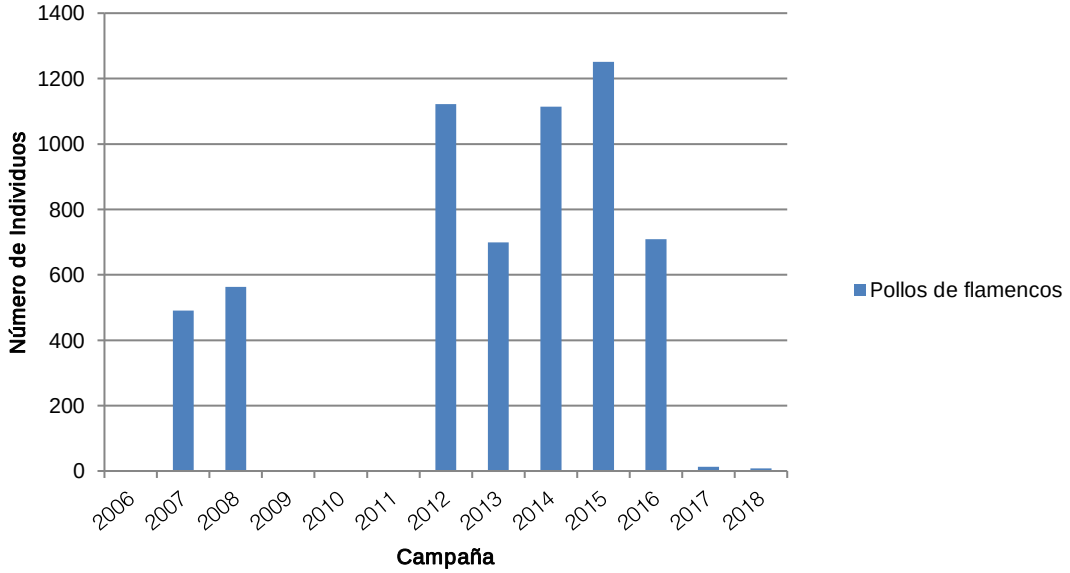
El patrón oscilante también es posible observarlo en el número de pollos de flamencos, en donde se registran valores con alta abundancia (año 2008 con 563 pollos y el período entre los años 2012 y 2016, en donde el año 2015 se registra el máximo histórico, con 1.251 ejemplares (Figura 6-25).

Figura 6-24. Abundancia de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-25. Abundancia de pollos de flamencos en el Salar de Atacama. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Las fluctuaciones estacionales e interanuales de las tres especies de flamencos han sido documentadas en diferentes salares del altiplano a partir del análisis de los datos de censos realizados por CONAF y GCFA (Grupo para la Conservación de Flamencos Altoandinos). Estas variaciones estarían relacionadas con los continuos desplazamientos a lo largo del año en busca de lugares aptos para la reproducción, alimentación e invernación. Durante la época estival, factores climáticos como la temperatura y las precipitaciones, junto con la disminución de las superficies lacustres debido a la evaporación, determinan la cantidad de nutrientes y la sequía, inundaciones o congelamiento de los cuerpos de agua, lo que a su vez se relaciona con la disponibilidad de sitios para la alimentación y condiciones adecuadas para la nidificación (CONAF, 2005; Rodríguez y Contreras, 1998; Caziani *et al.* 1996; Gallardo *et al.*, 1992; Parada, 1990a). Por otra parte, durante la época invernal, se producen desplazamientos desde los sitios reproductivos hacia las áreas de refugio invernal, generalmente en los sectores más bajos de la Puna, donde las condiciones climáticas no son tan rigurosas. En consecuencia, las variaciones en la abundancia de los flamencos de los distintos sistemas lacustres presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, estarían relacionadas con la disponibilidad de recursos y con variaciones en las condiciones ambientales (variaciones intra e interanuales), así como cambios en la dinámica de las poblaciones de las distintas especies involucradas.

6.4.3.2 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Soncor

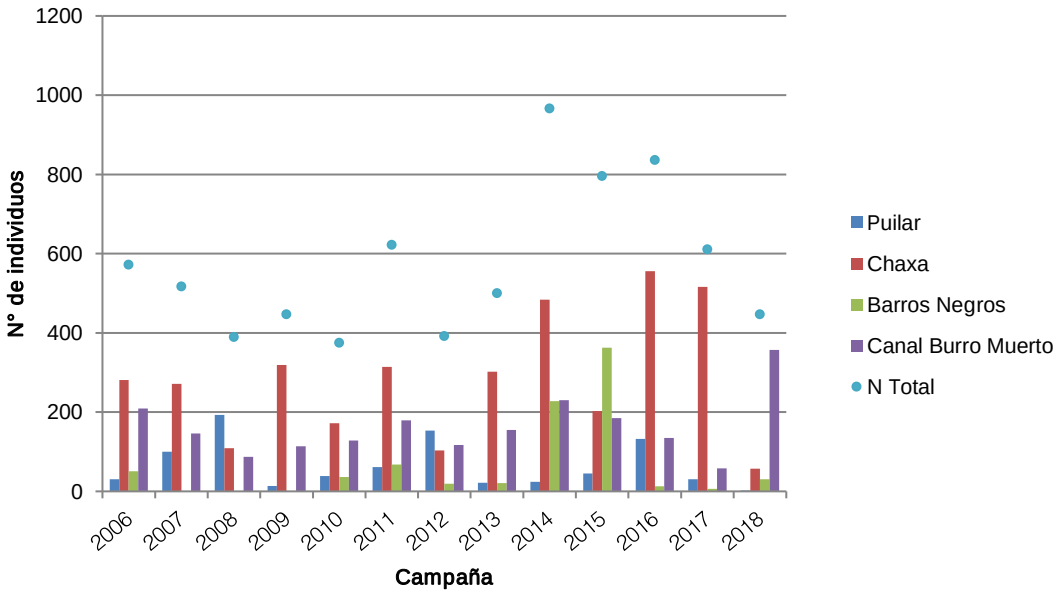
En la presente campaña de monitoreo se observaron 1.458 ejemplares pertenecientes a 15 especies de aves, en donde casi el 70% de los registros (1011 individuos) corresponden a ejemplares de alguna de las tres especies de flamencos. Debido a que la abundancia de los flamencos muestra una alta variabilidad interanual, este grupo será analizado en forma separada de las restantes especies de aves registradas.

Sin considerar a las tres especies de flamencos, en la presente campaña se registraron 447 ejemplares de aves, verificándose un descenso en la abundancia respecto a la campaña anterior (611 individuos en año 2017). Pese a esta disminución en el número de avistamientos, si se consideran los registros obtenidos a lo largo de PSA (2006 al 2018), estos valores se encuentran dentro del rango de variación normal en el Sistema Soncor (Figura 6-26).

Similar a lo detectado en campañas anteriores, en Laguna Chaxa se observó la mayor cantidad de registros, con 437 ejemplares, con un predominio de las especies Phalaropus tricolor, Phoenicoparrus jamesi y Phoenicopterus andinus, mientras que Canal Burro Muerto, Laguna Puilar y Laguna Barros Negros registraron abundancias más bajas.

En el Anexo IX, sección 2.3.2, Tabla 2-4 y Tabla 2-5 se muestra la abundancia por especie, registrada en los cuatro cuerpos de agua del Sistema Soncor, durante los trece años de seguimiento (2006-2018)

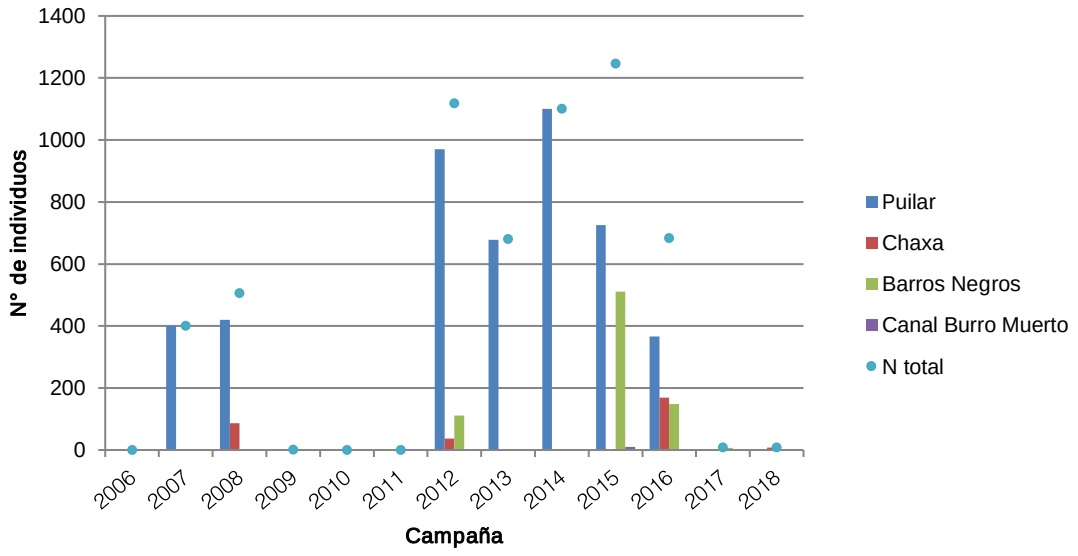
Figura 6-26. Abundancia de aves registradas en el Sistema Soncor (sin flamencos). Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, los flamencos registrados en la presente campaña suman un total de 1.011 ejemplares, entre los que se contabilizaron ocho polluelos que fueron avistados en Laguna Chaxa, dando cuenta de un año con escasa reproducción en el sector, similar a lo sucedido en el año 2017, 2016 y entre los años 2009-2011, en donde prácticamente no se obtuvo registro de pollos de flamencos (Figura 6-27). Cabe destacar que en los años siguientes a estos registros se verificó una recuperación en el número de pollos, alcanzando su máximo valor en la campaña 2015 con 1.246 ejemplares. Los registros históricos muestran que en la Laguna Puilar ocurre la mayor producción de polluelos, con un total acumulado de 4.660 individuos, seguido muy por debajo por Laguna Barros Negros, con 777 individuos, Laguna Chaxa, con 301 individuos y Canal Burro Muerto, con 12 individuos contabilizados hasta la fecha.

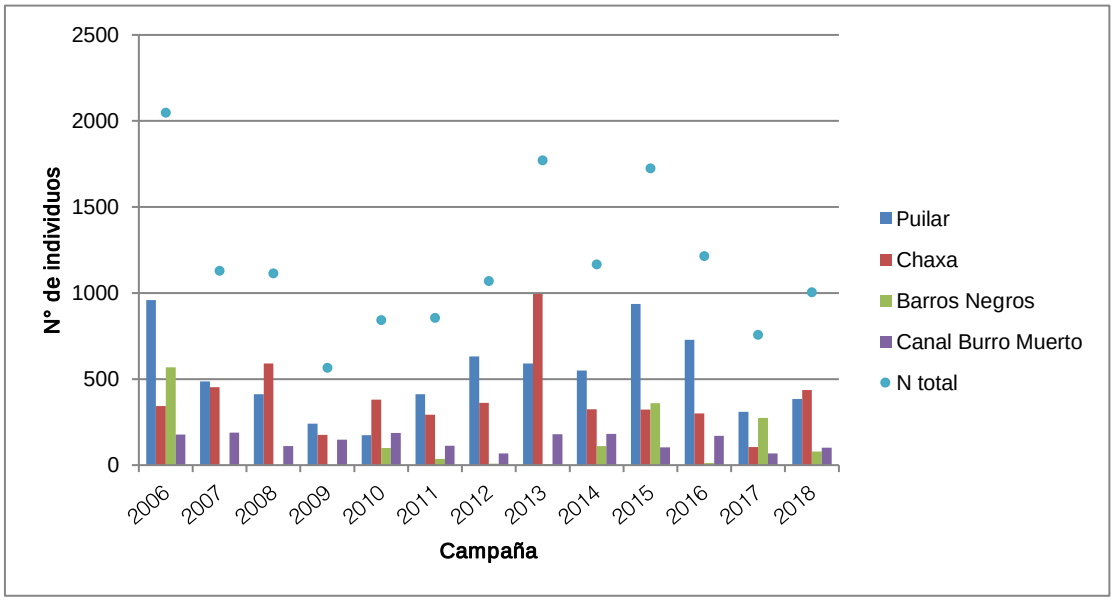
Figura 6-27. Abundancia de pollos de flamencos registrados en el Sistema Soncor. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Respecto a los ejemplares adultos, la abundancia para la presente campaña es menor a la registrada en las campañas previas. Sin embargo, es posible detectar un leve incremento respecto a la anterior campaña realizada en el año 2017. En la Figura 6-28, se aprecian los valores de abundancia, apreciándose un incremento leve en las dos principales lagunas del sistema Soncor (i.e. Lagunas Puilar y Chaxa), y en las cuales se concentra el mayor número de individuos de flamencos, principalmente de parina grande (*P. andinus*) y parina chica (*P. jamesi*).

Figura 6-28. Abundancia de flamencos registrados en el Sistema Soncor (sin pollos). Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Una revisión general de los datos para el sistema Soncor, permite determinar que los valores de riqueza de especies son similares (Tabla 6-20). Pese a esto, la mayor abundancia promedio de aves se registró en Laguna Puilar, con 1.382,2 individuos, mientras que el menor valor se observa en el sector de Canal Burro Muerto, con un total de 528,6 individuos. Gran parte de estas especies registradas se encuentran en todos los cuerpos de agua estudiados (10 especies), siendo las más abundantes los pollos de flamenco, parina grande (*P. andinus*), pollito de mar (*P. tricolor*), parina chica (*P. jamesi*), flamenco chileno (*P. chilensis*) y playero de Baird (*C. bairdii*).

Tabla 6-20. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Soncor. Campañas 2006-2018

Indicador	Laguna o cuerpo de agua			
	Puilar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto
Riqueza de especies	11	13	12	13
Abundancia promedio*	1.382,22	862,66	626,16	528,58
Especies más abundantes (Abundancia promedio*)	-Pollos de flamenco (582,50) -*Phoenicoparrus andinus* (376,69) -*Phoenicoparrus jamesi* (82,50)	-*Phalaropus tricolor* (208,77) -*Phoenicoparrus jamesi* (172,91) -*Phoenicopterus andinus* (130,77)	-Pollos de flamenco (194,25) -*Phalaropus tricolor* (146,33) -*Phoenicopterus chilensis* (111,38)	-*Tringa flavipes (190,00)* -*Calidris bairdii* (78,92) -*Phoenicoparrus andinus* (61,67)
Especies registradas en un solo cuerpo de		*Pygochelidon cyanoleuca (30)*		*Fulica ardesiaca (1)*

Tabla 6-20. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Soncor. Campañas 2006-2018

Indicador	Laguna o cuerpo de agua			
	Puilar	Chaxa	Barros Negros	Canal Burro Muerto
agua (N° de individuos)**				
Especies compartidas	*Calidris bairdii* *Calidris melanotos* *Charadrius alticola* *Larus serranus (Chroicocephalus serranus)* *Phalaropus tricolor* *Phoenicoparrus andinus* *Phoenicoparrus jamesi* *Phoenicopterus chilensis* *Recurvirostra andina* *Tringa melanoleuca*			

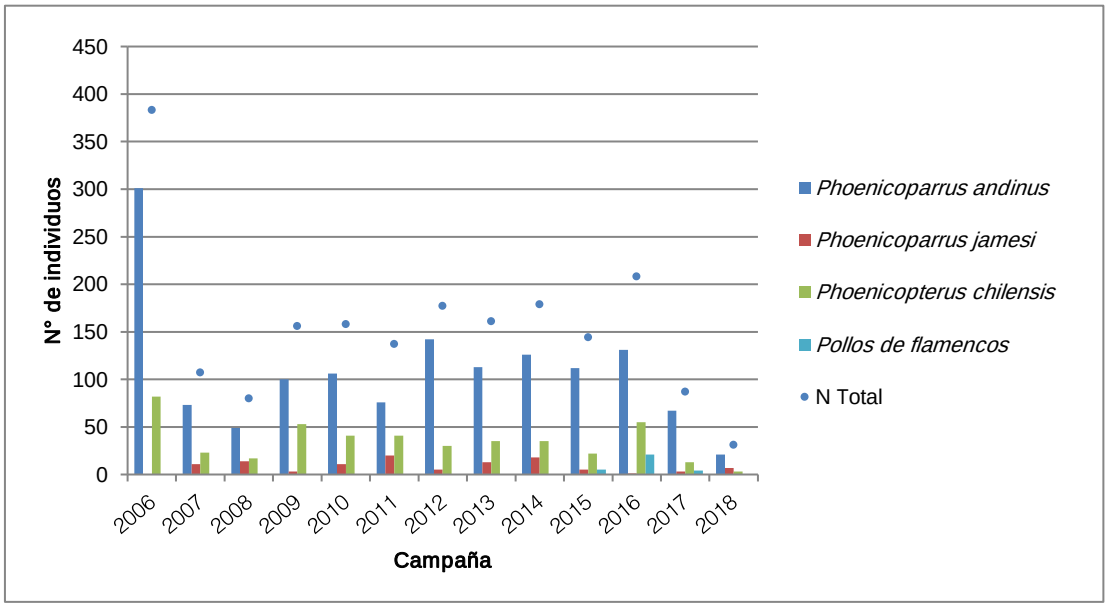
*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
**Total de ejemplares registrados en transecto en las campañas del 2006 al 2018
Fuente: Elaboración propia

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

Durante el presente monitoreo, el Sistema Aguas de Quelana presentó un registro de 94 individuos pertenecientes a nueve especies de aves, siendo los menores valores observados durante todo el monitoreo del PSA en el borde este del Salar, convirtiéndose en el valor mínimo histórico, por debajo de los 200 individuos registrados el año 2017 (Anexo IX sección 2.3,2 Tabla 2-6).

De estos 94 individuos observados en la presente campaña, 31 corresponden a flamencos. Al igual que en temporadas anteriores, este sector se caracteriza por presentar un nulo (o bajo) registro de polluelos, dando cuenta que no es un sitio de nidificación para esta especie. Similar a lo observado durante el PSA, la especie predominante en el sector fue la parina grande (*P. andinus*), con 21 registros, seguido por la parina chica (*P. jamesi*) con siete individuos y finalmente por el flamenco chileno *(P. chilensis*), con tres ejemplares censados (Figura 6-29).

Figura 6-29. Abundancia de flamencos en Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006 al 2018

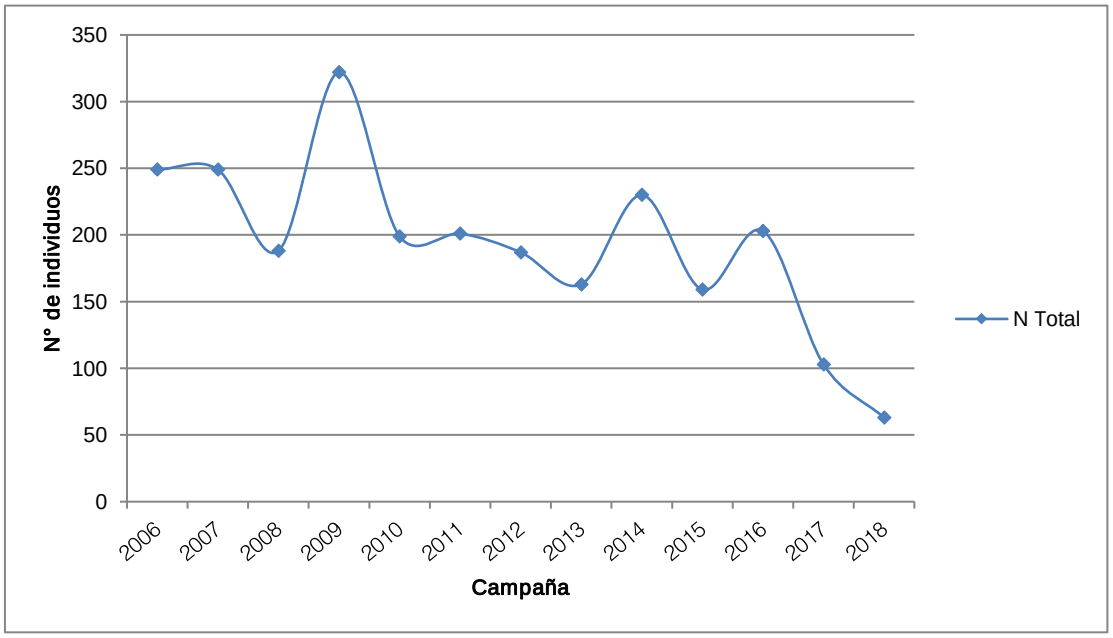


Fuente: Elaboración propia

En relación con las otras especies de aves acuáticas, se mantiene la tendencia hacia la disminución en el número de registros, con incrementos puntuales en los años 2009, 2014 y 2016 (Figura 6-30). El análisis de los datos indica que estas variaciones se deberían principalmente a la disminución o incremento de las especies con registro continuo durante el monitoreo en el sector (Tabla 6-21). Estas especies más frecuentes, son también las más abundantes, contribuyendo en forma importante al número total de ejemplares registrados cada año, por lo que su variación se traduce en las fluctuaciones de las abundancias observadas.

Cabe señalar que el Sistema de Aguas de Quelana es el cuerpo lacustre de menor superficie, el cual se conforma de diversas lagunas de dimensiones variables en el tiempo. El carácter fluctuante, con reducción o aumento de estos cuerpos de agua, puede generar efectos en la cobertura de la vegetación, condiciones de refugio y alimentación, elementos esenciales para estas aves.

Figura 6-30. Abundancia de especies de aves en Sistema Aguas de Quelana (sin flamencos). Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se destaca que el Sistema de Aguas de Quelana es el que presenta la mayor riqueza entre los sistemas lacustres, con una riqueza de 23 especies observadas en los doce años de seguimiento (Tabla 6-21). Sin embargo, durante la presente campaña no hubo registro de dos especies comunes en el sector: *Lophonetta specularioides* y *Anthus correndera*.

Pese a lo anterior, esta mayor riqueza específica se puede asociar a la presencia de condiciones bióticas y abióticas características existentes en los cuerpos de agua y su entorno, permitiendo una mayor diversidad de ambientes, como son la presencia de lagunas salobres, afloramientos de agua menos salobre, vegetación presente entorno a las lagunas, proporcionando más y diversos recursos (e.g. alimento y refugio) a las especies detectadas.

Tabla 6-21: Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos en el Sistema Aguas de Quelana. Campañas 2006-2018

Indicador	**Aguas de Quelana**
Riqueza de especies	23
Abundancia promedio*	413,77
Especies más abundantes (Abundancia promedio*)	*Phoenicoparrus andinus* (109,00) *Charadrius alticola* (64,92) *Calidris bairdii* (46,69)
Especies con registro continuo durante campañas 2006 al 2017 (Abundancia promedio*)	*Phoenicoparrus andinus* (109,00) *Charadrius alticola* (64,92) *Calidris bairdii* (46,29) *Phoenicopterus chilensis* (34,62) *Recurvirostra andina* (34,31) *Lessonia oreas* (9,38)

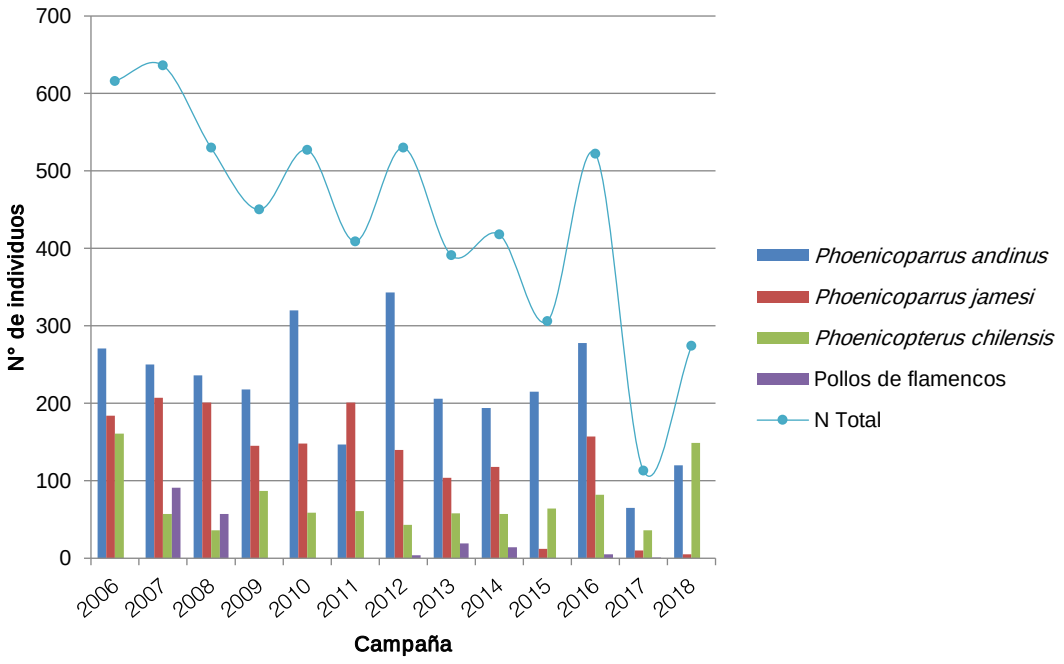
*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
Fuente: Elaboración propia

6.4.3.4 Abundancias de aves acuáticas en el Sistema Lacustre Peine

Durante la presente campaña, el Sistema Lacustre de Peine arrojó un total de 307 ejemplares de aves pertenecientes a 18 especies, en donde 274 individuos corresponden a alguna de las tres especies de flamencos. Respecto a los censos anteriores, se observa una mantención en la abundancia de aves (Anexo IX, sección 2.3,2 Tabla 2-6 y Tabla 2-7), apreciándose un incremento en el número de ejemplares de flamencos registrados durante el presente monitoreo, en particular en la Laguna Salada. De esta forma, en la Figura 6-31 se aprecia un leve incremento en la abundancia de flamencos respecto al año anterior (2017), donde se registraron 113 individuos, mientras que en el censo actual (2018) se observaron 274 ejemplares, prácticamente duplicando en número (Figura 6-32).

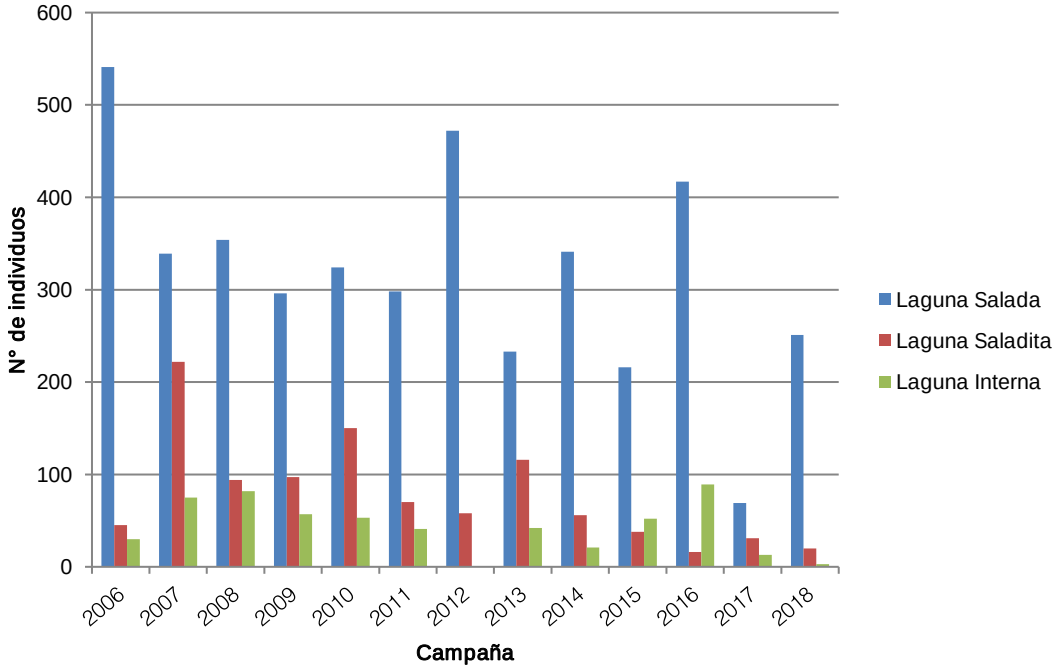
El Sistema Peine no es un sitio de congregación de flamencos en edades reproductivas, lo cual se ve reflejado en los datos históricos que muestran una baja sostenida de la abundancia de individuos registrados durante el PSA. De esta forma, el leve incremento observado en la campaña actual puede permitir verificar si hay una posterior recuperación en el número de ejemplares, confirmando esta tendencia en los próximos monitoreos.

Figura 6-31. Abundancia de flamencos en Sistema Peine. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

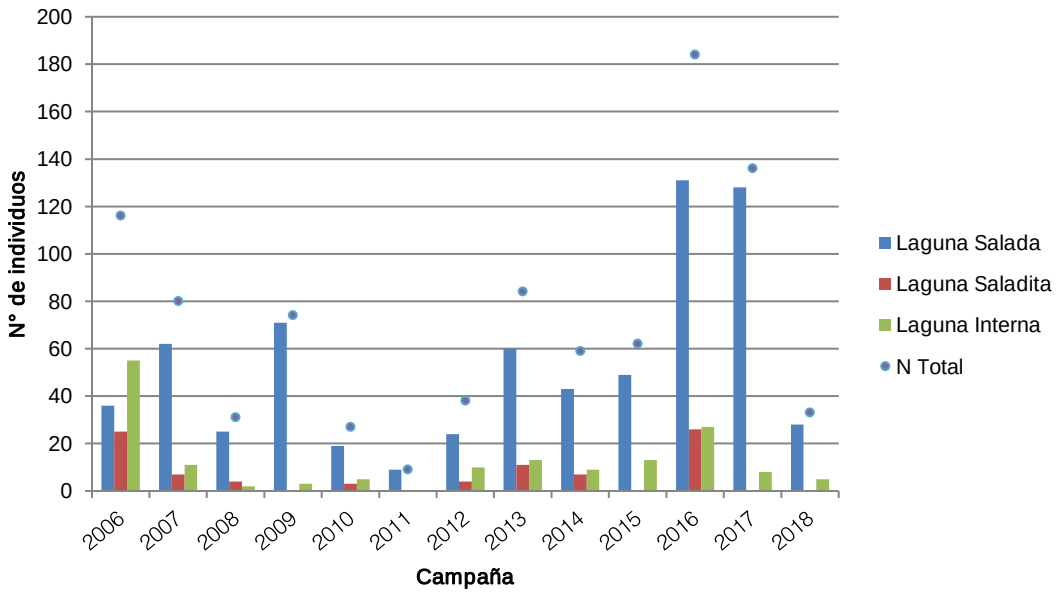
Figura 6-32. Abundancia de flamencos por laguna en el Sistema Peine. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

En relación con las otras especies de aves registradas en el Sistema Peine, respecto de la temporada 2017 se observa una disminución en la abundancia en la campaña actual, como se aprecia en la Figura 6-33. Los datos históricos muestran una curva bimodal, con máximos de abundancia en los primeros y últimos años de monitoreos y un mínimo la campaña 2011, en donde solo se registraron nueve aves.

Figura 6-33. Abundancia de especies de aves en Sistema Peine (sin considerar flamencos). Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que la Laguna Salada es en donde se observa la mayor abundancia de aves, con un promedio de 461,41 individuos registrados durante el PSA, seguido por 153,46 individuos en la Laguna Saladita y 91,07 individuos en Laguna Interna (Tabla 6-22). La riqueza de especies también muestra un patrón similar, con un mayor valor en Laguna Salada, con 15 especies, en donde cuatro especies presentan registros esporádicos, seguido por once especies en Laguna Saladita y en Laguna Interna.

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

Tabla 6-22. Indicadores generales de aves en ambientes acuáticos por cuerpo de agua en el Sistema Peine. Campañas 2006-2018

Indicador	Laguna o cuerpo de agua		
	Salada	Saladita	Interna
Riqueza de especies	15	11	11
Abundancia promedio*	461,41	153,46	91,07
Especies más abundantes (Abundancia promedio*)	-*Phoenicoparrus andinus* (180,92) -*Phoenicoparrus jamesi* (85,91) -*Phoenicopterus chilensis* (56,00)	-Pollos de flamenco (50,33) -*Phoenicoparrus jamesi* (33,92) -*Phoenicoparrus andinus* (26,55)	-*Phoenicoparrus jamesi* (27,33) -*Phoenicoparrus andinus* (21,9) -*Phoenicopterus chilensis* (10,33)
Especies registradas en un solo cuerpo de agua (Abundancia promedio*)	*Calidris melanotos (27)* *Anas puna (2)* *Bubulcus ibis (1)* *Anas flavirostris oxyptera (1)*	*Podiceps occipitalis (1)*	*Charadrius sp. (3)* *Fulica ardesiaca (1)*
Especies compartidas	*Calidris bairdii* *Charadrius alticola* *Larus serranus (Chroicocephalus serranus)* *Phalaropus tricolor* *Phoenicoparrus andinus* *Phoenicoparrus jamesi* *Phoenicopterus chilensis* *Recurvirostra andina*		

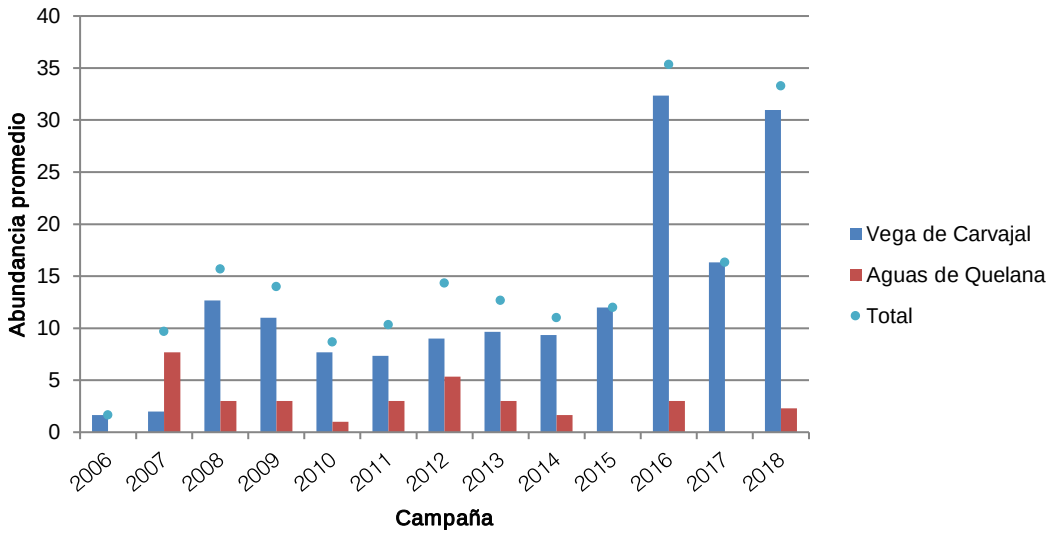
*Se calcula a partir de las abundancias de los años en que se observaron ejemplares.
Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Mamiferos

6.4.4.1 Micromamíferos

Durante la actual campaña de monitoreo se obtuvieron registros en los dos sectores y en los tres ambientes prospectados, a diferencia de la campaña anterior, capturando ejemplares de las especies *Eligmodontia puerulus, Abrothrix andinus* y *Phyllotis xanthopygus*, a lo que se suma el registro de un ejemplar de *T. pallidior*, especie poco frecuente en el sector. Cabe señalar que los registros del presente año permiten establecer un incremento en las abundancias, obteniendo valores similares al año 2016, donde se presentaron los valores máximos históricos para este taxón, con un total de 64 ejemplares capturados (Figura 6-34). Los mayores valores en abundancia promedio fueron para *P. xanthopygus* (6,66 individuos/hábitat) y *E. puerulus* (5,0 individuos/habitat), en el ambiente de Brea-Cachiyuyo, mientras que *A. andinus* presentó un predomino en el ambiente de Pajonal (6,33 individuos/hábitat), todos en el sector de Vega de Carvajal. En forma similar a lo ocurrido en el año 2016, un incremento importante detectado a nivel poblacional de roedores se ve asociado a las altas precipitaciones durante el año anterior (i.e. 2017), entendiéndose como un desfase en el aumento de la oferta trófica en el ambiente.

Figura 6-34. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2018

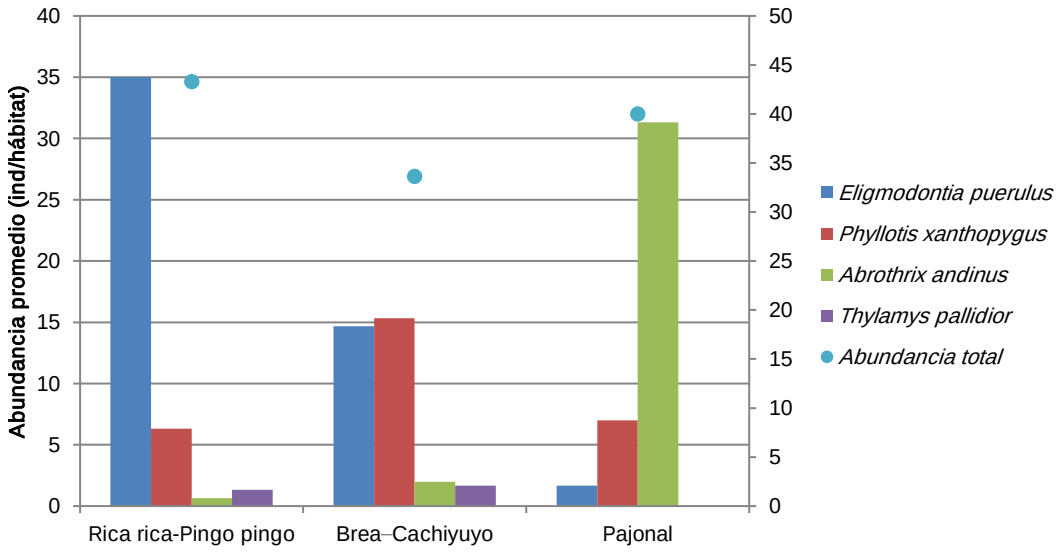


Fuente: Elaboración propia

El análisis de los registros históricos del monitoreo en el borde este del Salar de Atacama, muestran un predominio de dos especies, en función del ambiente en que viven (Figura 6-35): *E. puerulus*, con una mayor presencia en ambientes de Rica rica–Pingo pingo (34,99 ind/hábitat), mientras que la especie *A. andinus* se encuentra predominantemente en ambientes de Pajonal (31,32 ind/habitat).

Por su parte, *P. xanthopygus* ha sido registrada en los tres ambientes con abundancias que van entre los 7 y 15 ind/hábitat, distribuyéndose en forma homogénea en los distintos hábitat y sectores. Por su parte, *T. pallidior*, ha presentado los menores valores de captura, dando cuenta de sus bajas densidades poblacionales, asi como su difícil captura. Asi mismo, estos registros se encuentran claramente asociados a ambientes con vegetación arbustiva. De esta forma, el ensamble de roedores varía en los distintos ambientes prospectados, en función de sus características, en donde el ratón andino (*A. andinus*) se encuentra asociado principalmente a sectores con humedad y cercanos a cursos de agua, en tanto que la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) presenta preferencia por sitios de arbustos bajos.

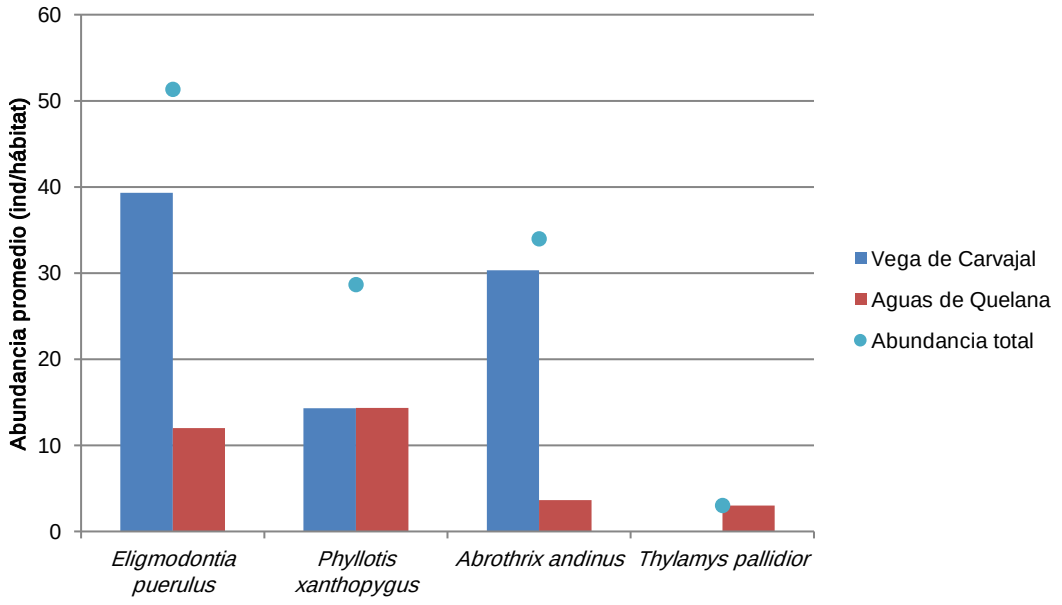
Figura 6-35. Abundancia de micromamíferos por ambiente en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2018



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los sectores de estudio, la riqueza de especies es mayor en Aguas de Quelana, con cuatro especies capturadas durante el monitoreo, mientras que en Vega de Carvajal se han capturado tres especies, no existiendo a la fecha registros de T. pallidior en el sector (Figura 6-36).

Figura 6-36. Abundancia de micromamíferos por especie en los sectores de estudio. Campañas 2006 al 2018



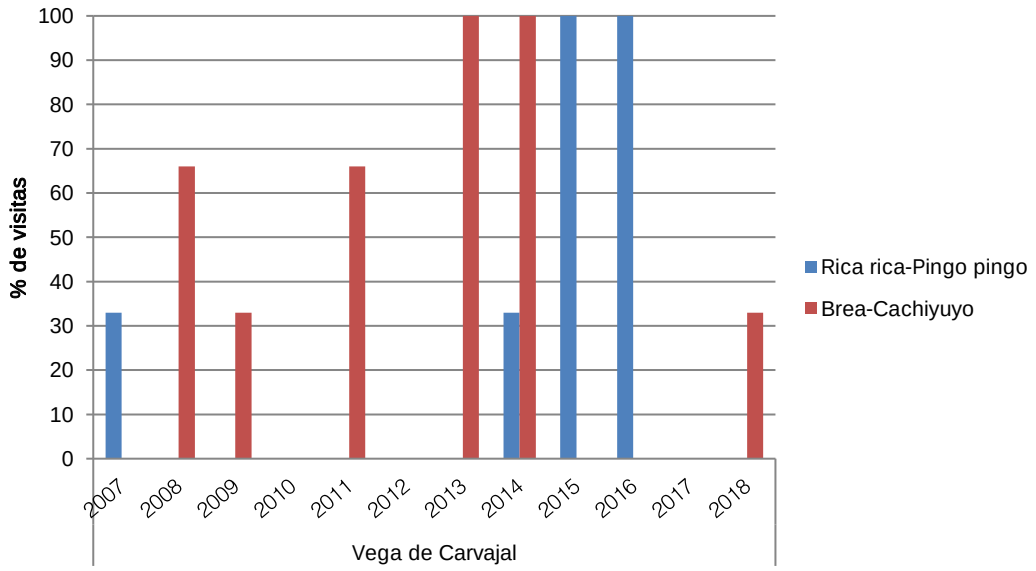
Fuente: Elaboración propia

6.4.4.2 Macromamiferos

En el presente monitoreo, el registro mediante trampas olfativas arrojó resultados para zorro (*Pseudalopex sp.*), sólo en el ambiente de Brea-Cachiuyuyo, en el sector de Vegas de Carvajal. Como dato adicional, se pudo constatar la presencia en otros ambientes, a partir de registros mediante el uso de cámaras trampas y evidencia indirecta (huellas y fecas), haciendo uso del especio en otros ambientes y sectores dentro del área de estudio.

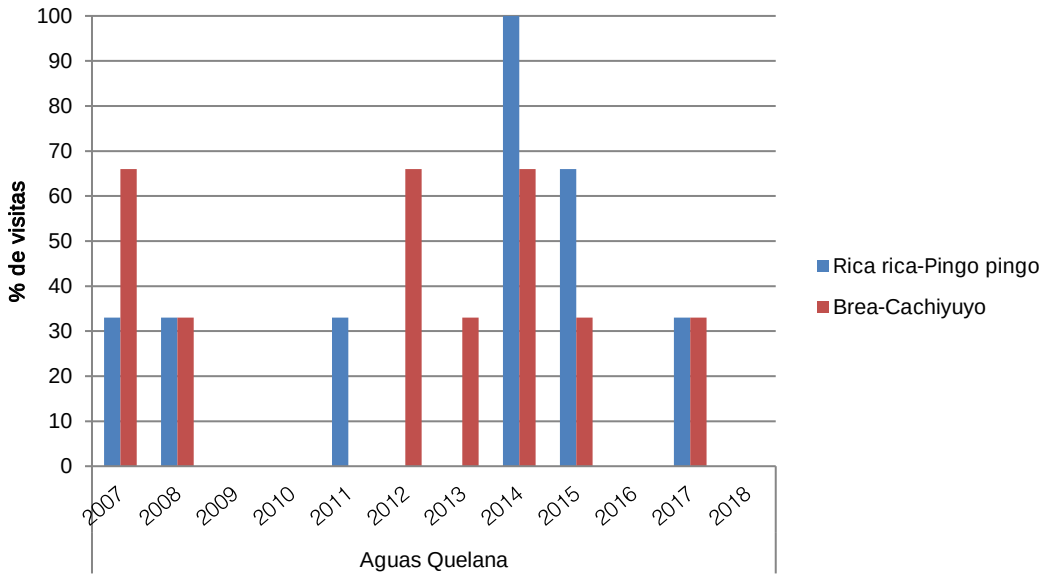
Durante los distintos años de monitoreo en el PSA, ha sido posible establecer la presencia de zorros en todos los años de monitoreo, a excepción de la campaña 2012, donde no hubo registros para esta especie. La detección de esta especie en el tiempo ha sido aleatoria en los dos sectores y/o ambientes prospectados (Figura 6-37 y Figura 6-38). Sin embargo, se ha observado una tendencia a utilizar mayormente los ambientes en el sector de Vegas de Carvajal, en particular los de Brea Cachiyuyo mientras (Figura 6-39). A lo anterior se suma con el patrón azaroso del número de visitas, dando cuenta del amplio ámbito de hogar de esta especie. Estos resultados son corroborados, durante el monitoreo actual, por la presencia de fecas y huellas de zorro en todos los sectores prospectados, así como en los distintos ambientes presentes en el área de estudio, incluyendo registros en el ambiente de Salar, en el sector de Peine. Esto sustenta el planteamiento realizado en anteriores monitoreos, en cuanto al amplio ámbito de hogar de esta especie, y al extenso uso que hace del territorio, recorriendo los diferentes sectores del borde Este del Salar de Atacama.

Figura 6-37. Índice de visitas de Pseudalopex sp en estaciones olfativas por ambiente en Vega de Carvajal. Campañas 2007 al 2018



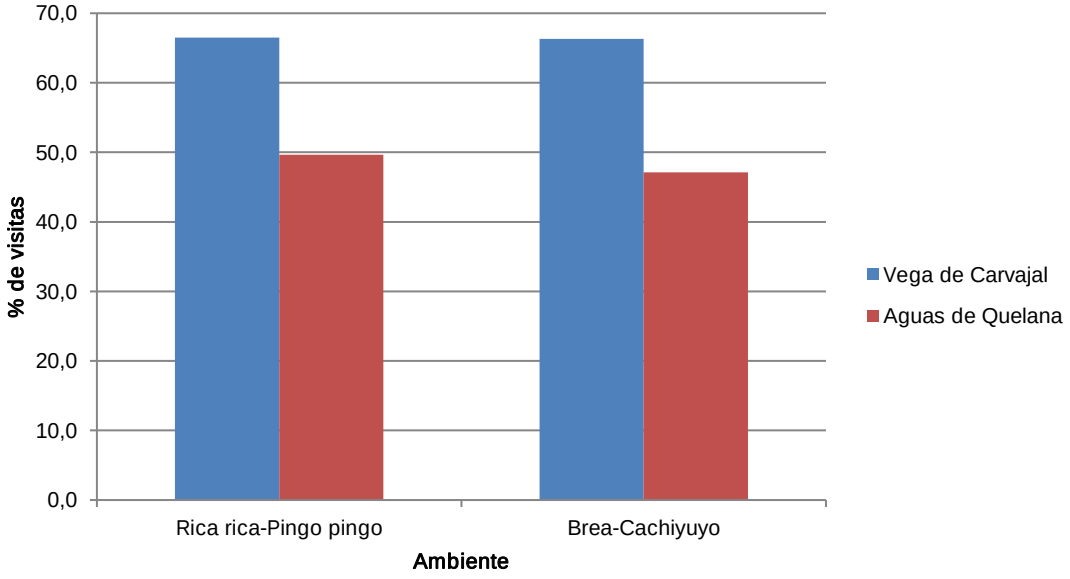
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-38. Índice de visitas de Pseudalopex sp en estaciones olfativas por ambiente en Aguas de Quelana. Campañas 2007 al 2018



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-39. Índice de visitas de Pseudalopex sp en estaciones olfativas. Campañas 2007 al 2018



Fuente: Elaboración propia

6.5 Biota acuática

6.5.1 Medio Abiótico

Los principales resultados obtenidos de los análisis comparativos para el medio abiótico se presentan desde la desde la Tabla 6-23 a la Tabla 6-50 y Figura 6-40 a la Figura 6-67.

6.5.1.1 Temperatura

La comparación interanual de los datos de temperatura medidos en el área de estudio a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) indica la existencia de diferencias significativas entre los distintos periodos de estudio. Cabe destacar que, la temperatura presenta de forma natural cambios a nivel diario, estacional e interanual, dependiendo del grado de radiación solar incidente a la hora del muestreo, por lo que las diferencias o similitudes encontradas al analizar los datos medidos a lo largo de los años no tienen una significancia biológica.

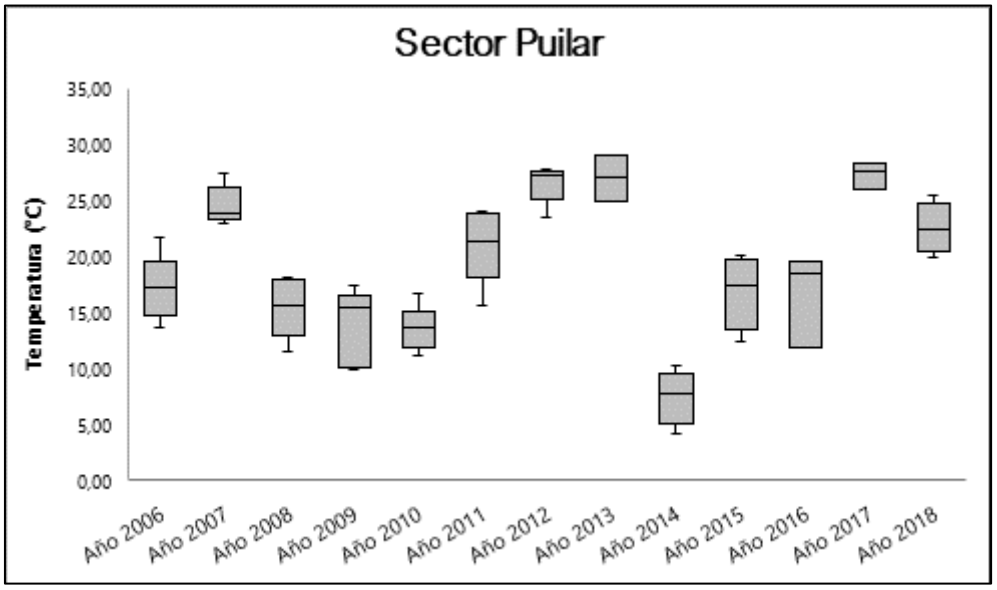
Respecto al sector de Puilar, la temperatura durante todo el periodo de monitoreo varió entre 4,2 y 29,0 °C (Tabla 6-23) los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=47,32 g.l=12, p<0,001, Anexo XIV), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a años 2006-2008-2009-2010-2012-2014 y 2017, estas diferencias fueron que el año 2018 presentó temperaturas más cálidas que las medidas los años 2006-2008-2009-2010-2014 y a su vez presentó temperaturas relativamente frías respecto a las determinadas los años 2012 y 2017 (Figura 6-40).

Tabla 6-23. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Periodo	N	Temperatura Sector Puilar					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	13,7	21,7	17,1	17,2	3,0	17,3
Año 2007	5	23,0	27,4	24,6	23,9	1,7	7,0
Año 2008	5	11,6	18,2	15,5	15,7	2,7	17,2
Año 2009	5	10,0	17,5	13,8	15,4	3,4	25,0
Año 2010	5	11,1	16,7	13,5	13,6	2,0	15,1
Año 2011	5	15,7	24,0	21,1	21,4	3,4	15,9
Año 2012	5	23,5	27,8	26,5	27,2	1,7	6,5
Año 2013	2	25,0	29,0	27,0	27,0	2,8	10,5
Año 2014	4	4,2	10,2	7,5	7,7	2,5	33,2
Año 2015	4	12,4	20,1	16,8	17,4	3,3	19,6
Año 2016	3	11,8	19,6	16,6	18,5	4,2	25,4
Año 2017	5	26,0	28,4	27,3	27,6	1,1	4,2
Año 2018	4	19,9	25,4	22,5	22,4	2,3	10,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-40. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

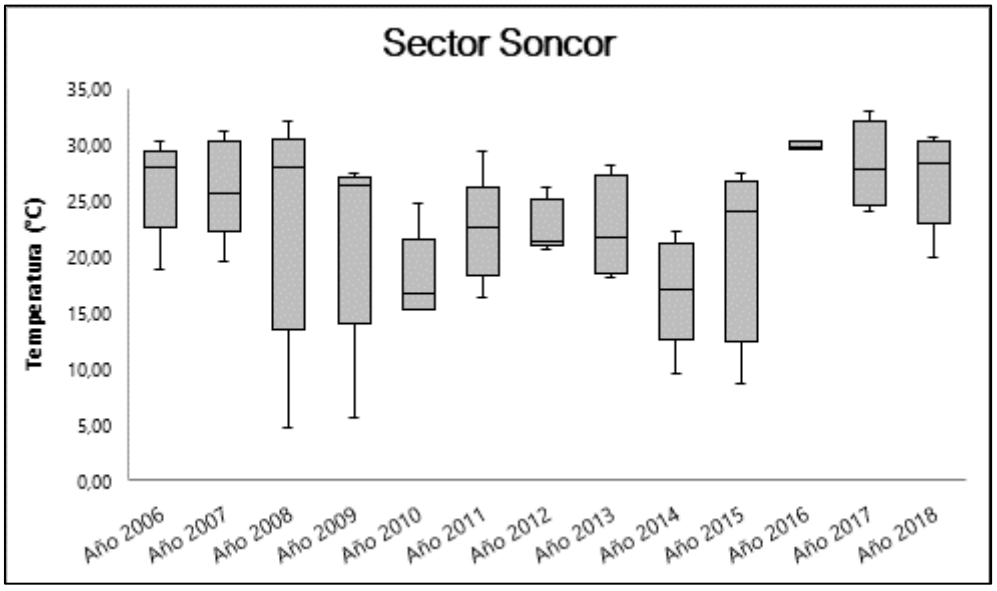
En cuanto al sector de Soncor, los valores de temperatura variaron entre 4,2 y 29°C, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-24). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=24,5 g.l=12, p=0,0173, Anexo XIV), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a años 2010 y 2014; el periodo de monitoreo 2018 presentó mayores temperaturas que las registradas en el mismo sector durante los años 2010 y 2014 (Figura 6-41).

Tabla 6-24. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Periodo	N	Temperatura Sector Soncor					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	18,9	30,2	26,4	27,9	4,4	16,7
Año 2007	5	19,6	31,2	26,2	25,7	4,5	17,2
Año 2008	5	4,8	32,0	23,1	27,9	10,8	46,9
Año 2009	5	5,7	27,5	21,8	26,4	9,2	42,2
Año 2010	5	15,3	24,8	18,1	16,7	3,9	21,8
Año 2011	5	16,4	29,4	22,3	22,6	4,8	21,3
Año 2012	5	20,7	26,2	22,7	21,3	2,4	10,4
Año 2013	4	18,2	28,1	22,4	21,7	4,7	20,9
Año 2014	5	9,5	22,2	16,9	17,1	4,9	28,7
Año 2015	4	8,7	27,4	21,0	24,0	8,4	39,8
Año 2016	3	29,5	30,2	29,8	29,8	0,4	1,2
Año 2017	4	24,1	33,0	28,2	27,9	3,9	13,8
Año 2018	5	19,9	30,6	27,0	28,3	4,3	16,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-41. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

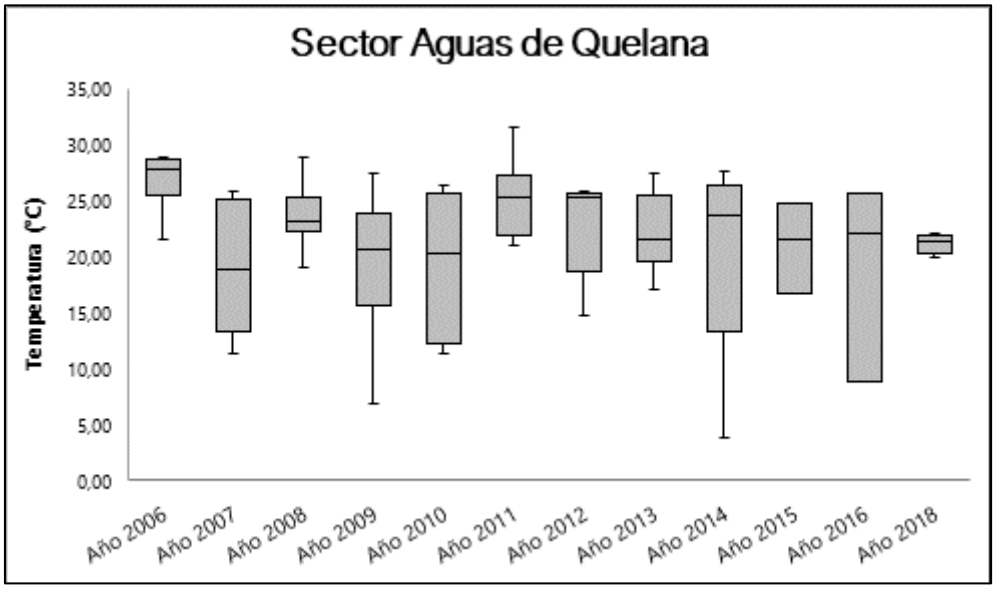
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las temperaturas variaron entre 3,8 y 31,5 °C, los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-25). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas (KW=19,4 g.l=11, p=0,0534, Anexo XIV) (Figura 6-3).

Tabla 6-25. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Periodo	N	Temperatura Aguas de Quelana					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	21,5	28,9	26,5	27,7	2,6	9,8
Año 2007	10	11,4	25,9	19,3	18,8	5,6	29,0
Año 2008	9	19,0	28,8	23,7	23,2	2,7	11,5
Año 2009	10	6,9	27,4	19,6	20,6	6,4	32,6
Año 2010	10	11,4	26,4	19,2	20,4	6,7	35,0
Año 2011	8	21,0	31,5	25,2	25,4	3,5	13,8
Año 2012	5	14,7	25,9	22,8	25,3	4,7	20,6
Año 2013	6	17,1	27,5	22,2	21,6	3,6	16,3
Año 2014	5	3,8	27,6	20,6	23,7	9,6	46,4
Año 2015	3	16,7	24,7	21,0	21,5	4,0	19,2
Año 2016	3	8,9	25,6	18,9	22,1	8,8	46,7
Año 2017	1	29,0	29,0	29,0	29,0	-	-
Año 2018	7	20,0	22,0	21,1	21,3	0,8	3,7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-42. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

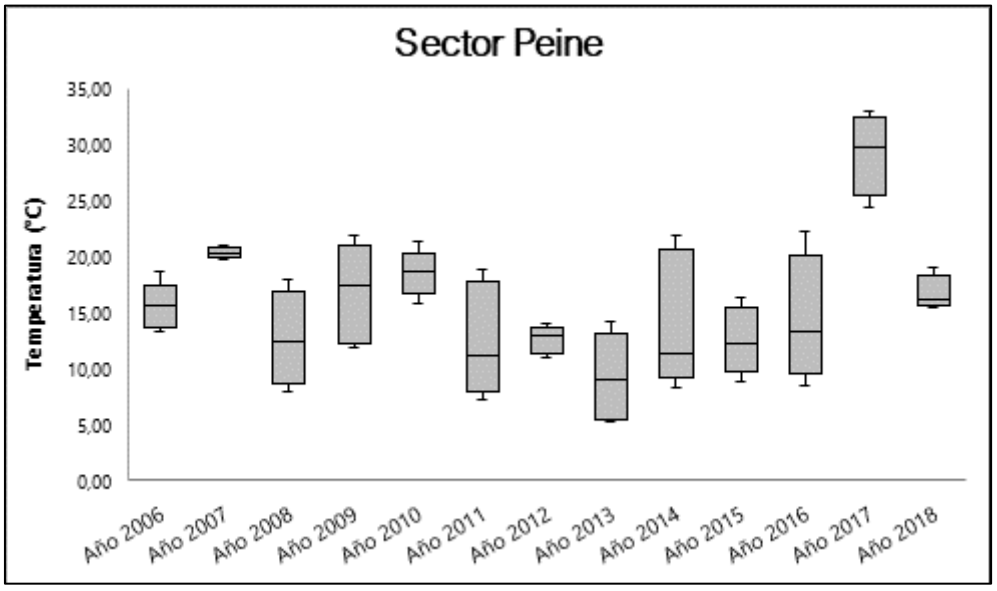
Finalmente, la temperatura en el sector de Peine varió entre 5,2 y 33,0 °C durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-26). En relación con la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 32,19 g.l=12, p=0,0013, Anexo XIV). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de temperatura medidos fueron menores que los medidos los años 2007 y 2017, mientras que estadísticamente fueron mayores que los años medido durante los periodos 2012 y 2013 (Figura 6-43).

Tabla 6-26. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Periodo	N	Temperatura Peine					
		Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	13,3	18,7	15,6	15,7	2,1	13,5
Año 2007	5	19,7	21,0	20,3	20,2	0,5	2,5
Año 2008	4	7,9	18,0	12,7	12,4	4,3	33,9
Año 2009	5	11,8	21,8	16,7	17,4	4,4	26,3
Año 2010	5	15,8	21,3	18,5	18,7	2,0	10,9
Año 2011	5	7,3	18,9	12,5	11,1	5,0	40,1
Año 2012	5	11	14,0	12,6	12,9	1,2	9,9
Año 2013	5	5,2	14,2	9,2	9,0	3,9	42,7
Año 2014	5	8,3	21,8	14,2	11,3	6,0	42,4
Año 2015	5	8,9	16,3	12,5	12,3	3,0	24,2
Año 2016	4	8,5	22,3	14,4	13,3	5,8	40,3
Año 2017	4	24,3	33,0	29,2	29,8	3,7	12,5
Año 2018	4	15,5	19,0	16,7	16,2	1,6	9,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-43. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar que a lo largo de todo el periodo de monitoreo la temperatura ha variado entre valores de 3,8°C (sector Aguas de Quelana año 2014) y 33,0 °C (sector de Soncor y Peine año 2017) indicando fuertes oscilaciones espaciales e interanuales, sin embargo, estas oscilaciones no responden a un patrón determinado y como se mencionó anteriormente están estrechamente ligadas al momento puntual del muestreo, por lo que estas variaciones no tienen una implicancia biológica en las comunidades acuáticas que se desarrollan en los distintos sistemas estudiados.

6.5.1.2 pH

El análisis comparativo del parámetro pH a través de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) indica en general que los valores de pH entre los distintos sectores del Salar de Atacama han variado entre 6,21 y 9,31 unidades, indicando ambientes que van desde lugares levemente ácidos a medianamente alcalinos. Los coeficientes de variación en general fueron bajos en todos los sectores indicando una homogeneidad en los valores de pH.

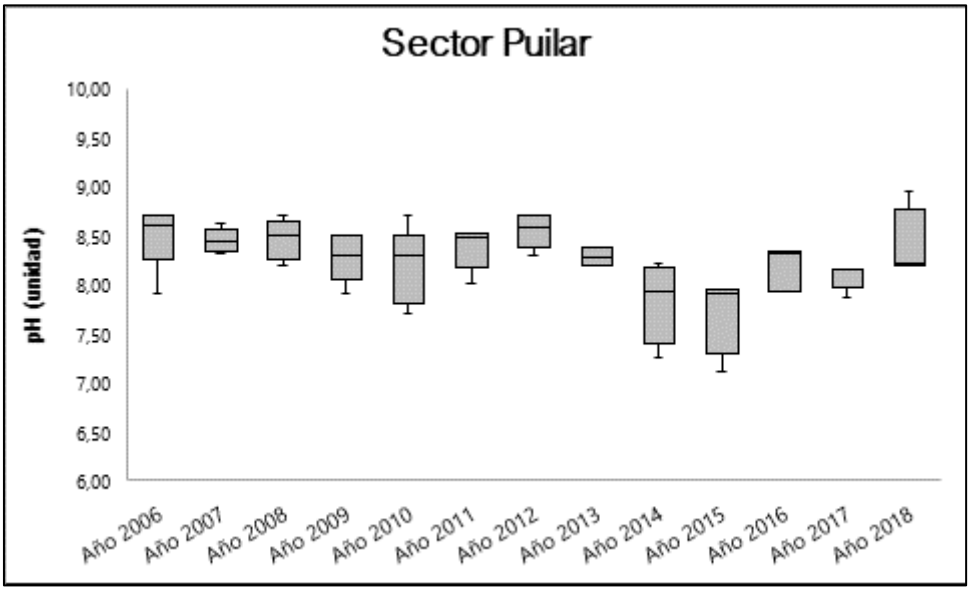
En relación con el sector de Puilar, los valores de pH medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 7,11 y 8,94 unidades (Tabla 6-27) los distintos coeficientes de variación indican una leve heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe visualmente variabilidad interanual en los datos de pH registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=27,19 g.l=12, p=0,0070, Anexo XIV), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a los años 2015 y 2017; indicando que el año 2018 presentó valores de pH más básicos que los años 2015 y 2017 (Figura 6-44).

Tabla 6-27. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	7,90	8,70	8,50	8,60	0,34	3,99
Año 2007	5	8,32	8,63	8,45	8,44	0,12	1,44
Año 2008	5	8,20	8,70	8,46	8,50	0,21	2,45
Año 2009	5	7,90	8,50	8,28	8,30	0,25	3,01
Año 2010	5	7,70	8,70	8,18	8,30	0,39	4,77
Año 2011	5	8,02	8,53	8,37	8,48	0,21	2,52
Año 2012	5	8,30	8,70	8,55	8,58	0,17	2,01
Año 2013	2	8,20	8,37	8,29	8,29	0,12	1,45
Año 2014	4	7,26	8,22	7,84	7,93	0,42	5,34
Año 2015	4	7,11	7,94	7,71	7,90	0,40	5,23
Año 2016	3	7,92	8,34	8,19	8,31	0,23	2,86
Año 2017	5	7,86	8,16	8,08	8,16	0,13	1,61
Año 2018	4	8,19	8,94	8,39	8,22	0,37	4,36

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-44. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

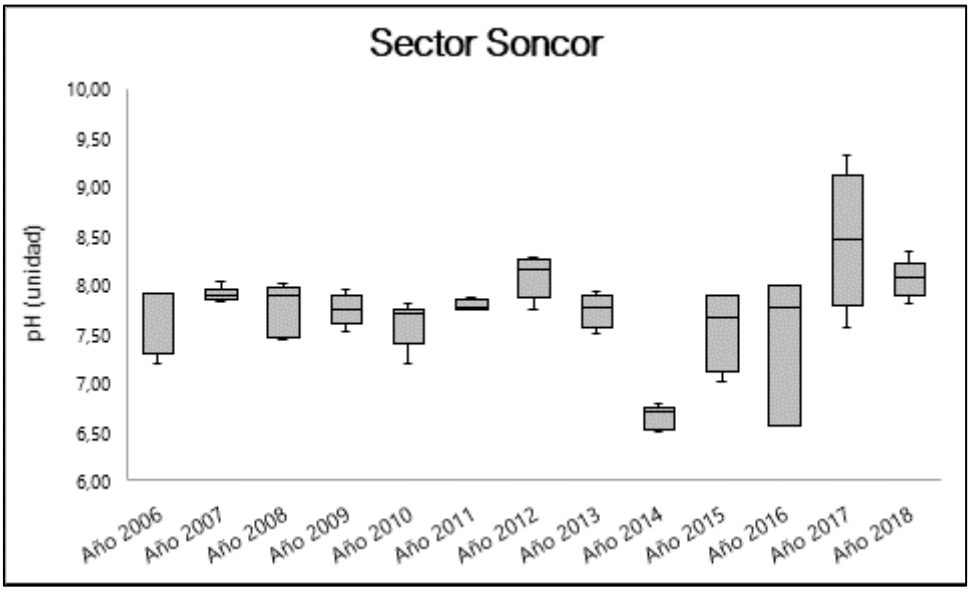
En cuanto al sector de Soncor, los valores de pH variaron entre 6,51 y 9,31 unidades, por su parte al igual que lo ocurrido en el sistema de Puilar, los distintos coeficientes de variación indican una baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe en general una baja variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-28). Sin embargo, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=30,43 g.l=12, p=0,0025, Anexo XIV), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a los años 2009-2010-2011-2013 y 2014, estas diferencias están dadas principalmente ya que el año 2018 presentó valores de pH más básico que años anteriores, mientras que el año 2014 presentó los valores más ácidos de todo el periodo de estudio (Figura 6-45).

Tabla 6-28. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

pH Sector Soncor							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	7,20	7,90	7,66	7,90	0,34	4,39
Año 2007	5	7,82	8,03	7,90	7,88	0,08	1,00
Año 2008	5	7,44	8,02	7,75	7,88	0,27	3,45
Año 2009	5	7,53	7,94	7,75	7,74	0,16	2,02
Año 2010	5	7,20	7,80	7,60	7,70	0,23	3,09
Año 2011	5	7,74	7,86	7,79	7,77	0,05	0,67
Año 2012	5	7,74	8,28	8,08	8,15	0,22	2,71
Año 2013	4	7,50	7,92	7,74	7,76	0,18	2,27
Año 2014	5	6,51	6,78	6,65	6,71	0,13	1,89
Año 2015	4	7,01	7,88	7,55	7,66	0,42	5,52
Año 2016	3	6,56	7,99	7,44	7,77	0,77	10,35
Año 2017	4	7,57	9,31	8,45	8,47	0,71	8,42
Año 2018	5	7,81	8,33	8,05	8,08	0,19	2,38

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-45. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

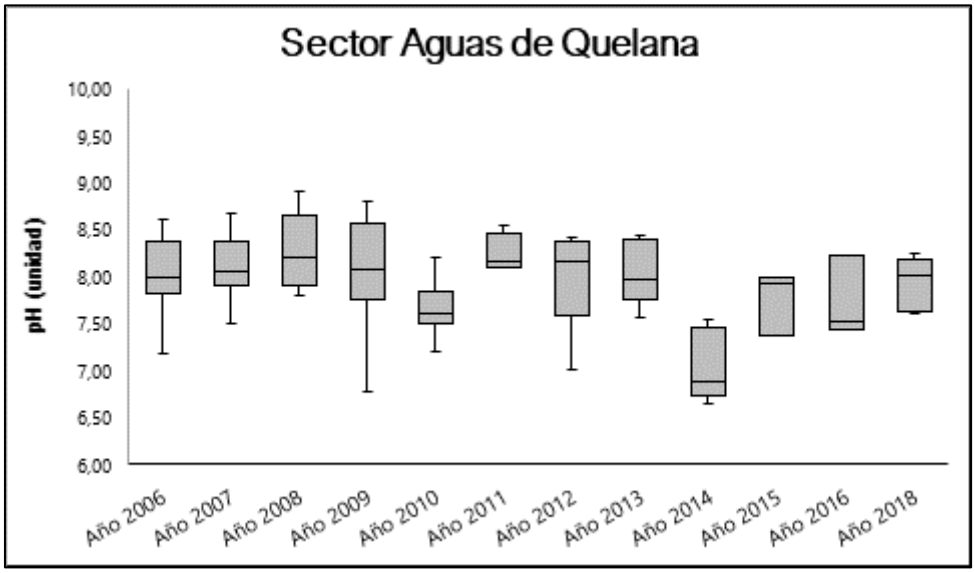
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, los valores de pH variaron entre 6,63 y 8,90 °C, al igual que en los otros sistemas estudiados, los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-29). A pesar de esta baja variabilidad, el análisis estadístico indica que la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana muestra que sí existen diferencias significativas (KW=26,22 g.l=11, p=0,0060, Anexo XIV). Las principales diferencias indican que el actual periodo (año 2018) varió respecto a los años 2010 y 2014; donde los años 2010 y 2014 presentaron valores de pH levemente ácidos y más cercanos a neutro que los medidos el año 2018, que presentó valores de pH más básico respecto a esos periodos (Figura 6-46).

Tabla 6-29. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

pH Aguas de Quelana							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	7,18	8,60	8,01	7,98	0,46	5,73
Año 2007	10	7,49	8,66	8,09	8,05	0,33	4,07
Año 2008	9	7,80	8,90	8,29	8,20	0,39	4,73
Año 2009	10	6,76	8,80	8,06	8,08	0,60	7,40
Año 2010	10	7,20	8,20	7,66	7,60	0,28	3,60
Año 2011	8	7,33	8,54	8,15	8,15	0,37	4,59
Año 2012	5	7,01	8,41	8,01	8,15	0,57	7,12
Año 2013	6	7,56	8,44	8,02	7,97	0,34	4,22
Año 2014	5	6,63	7,53	7,04	6,87	0,39	5,49
Año 2015	3	7,37	7,99	7,76	7,92	0,34	4,38
Año 2016	3	7,42	8,21	7,71	7,51	0,43	5,61
Año 2017	1	8,01	8,01	8,01	8,01	-	-
Año 2018	7	7,60	8,25	7,95	8,01	0,26	3,30

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-46. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

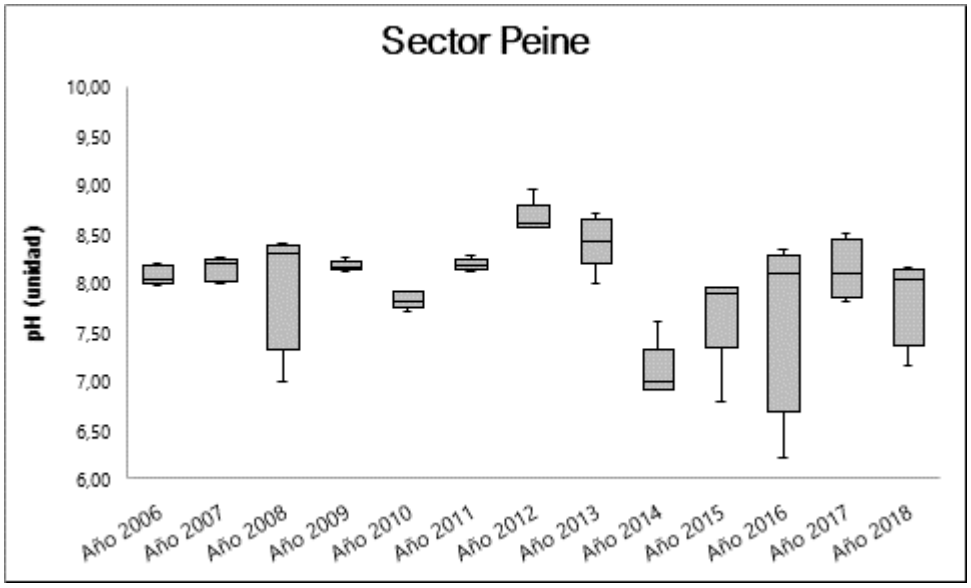
Finalmente, los valores de pH medidos en el sector de Peine variaron entre 6,21 y 8,93 unidades durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-30). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 32,19 g.l=12, p=0,0013, Anexo XIV). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de pH variaron respecto a los valores medidos los años 2012 y 2014; la principal diferencia fue que el año 2014 presentó valores de pH más ácidos que el año 2018 mientras que el año 2012 presentó valores de pH más básicos que el año 2018. (Figura 6-47).

Tabla 6-30. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de pH registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

pH Peine							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	7,96	8,20	8,08	8,04	0,10	1,23
Año 2007	5	8,00	8,25	8,14	8,19	0,12	1,52
Año 2008	4	7,00	8,40	8,00	8,30	0,67	8,35
Año 2009	5	8,12	8,26	8,17	8,16	0,05	0,64
Año 2010	5	7,70	7,90	7,82	7,80	0,08	1,07
Año 2011	5	8,12	8,27	8,18	8,17	0,06	0,72
Año 2012	5	8,57	8,94	8,67	8,60	0,16	1,81
Año 2013	5	7,99	8,71	8,41	8,41	0,27	3,20
Año 2014	5	6,90	7,60	7,09	6,99	0,29	4,11
Año 2015	5	6,79	7,94	7,69	7,89	0,50	6,54
Año 2016	4	6,21	8,34	7,69	8,10	0,99	12,88
Año 2017	4	7,81	8,50	8,12	8,09	0,31	3,77
Año 2018	4	7,15	8,15	7,84	8,03	0,46	5,92

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-47. Representación gráfica de la variación interanual de los valores pH medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que a lo largo de todo el periodo de monitoreo el pH ha presentado un rango de variación de ±3 unidades indicando que existe una tendencia más bien estable en los sectores estudiados a lo largo de los años. Las variaciones de pH observadas no tendrían efectos negativos sobre las comunidades acuáticas que se desarrollan en los distintos sistemas estudiados, debido a que el rango de variación del pH en los lagos salinos se ha descrito como extenso, variando entre 3,0 y 11 unidades, rango en el cual distintas comunidades acuáticas pueden desarrollarse (Hammer 1986). Por ejemplo, El estudio realizado por Conte y Geddes (1988), mostró que en los lagos salinos con bajos valores de pH sólo se registró una especie de invertebrado, mientras que en otras condiciones de pH se pudo encontrar una alta variedad de especies.

6.5.1.3 Conductividad eléctrica del agua

La conductividad eléctrica corresponde a un parámetro que permite tener una aproximación de los minerales y sales disueltos en la columna de agua los cuales se descomponen en iones cargados positiva y negativamente, por lo tanto la conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos, Además, como las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua, también influyen en el desarrollo de la biota acuática, ya cada organismo distinto tolera una gama de valores de conductividad diferentes. Cabe indicar que todos los sistemas del salar de Atacama corresponden a cuerpos de agua hipersalinos los cuales por su naturaleza imposibilitan sus aguas para actividades tales como riego.

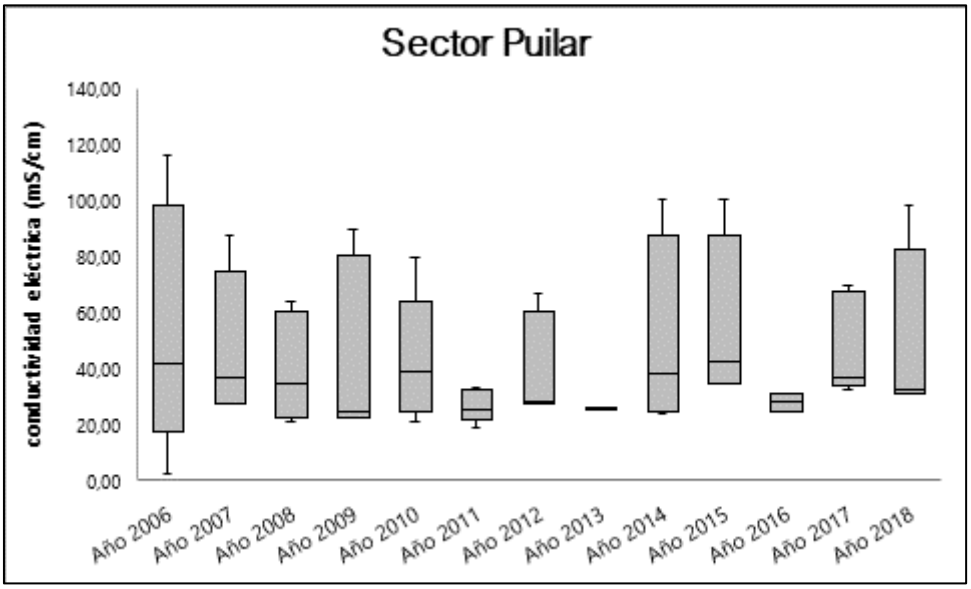
De acuerdo con el monitoreo histórico, el sector de Puilar presentó una baja variación en sus valores de conductividad durante todo el periodo de monitoreo, la cual varió entre 2,50 (valor atípico) y 115,80 mS/cm (Tabla 6-31) los distintos coeficientes de variación medidos durante todo el periodo de estudio indican en general una baja variabilidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector. Por su parte, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican que no existen diferencias significativas respecto a este parámetro (KW=11,26 g.l=12, p=0,5065, Anexo XIV) (Figura 6-48).

Tabla 6-31. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Sector Puilar							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	2,50	115,80	54,70	42,10	44,13	80,68
Año 2007	5	27,20	87,30	48,16	37,10	25,93	53,85
Año 2008	5	21,00	64,00	40,20	35,00	19,41	48,28
Año 2009	5	22,40	90,00	46,18	24,60	32,01	69,33
Año 2010	5	20,90	79,70	43,04	39,20	22,92	53,26
Año 2011	5	19,20	33,00	26,61	25,05	5,81	21,84
Año 2012	5	27,30	67,10	40,90	28,30	18,39	44,96
Año 2013	2	25,10	25,90	25,50	25,50	0,57	2,22
Año 2014	4	24,10	100,60	50,15	37,95	35,49	70,77
Año 2015	4	34,30	100,20	54,98	42,70	30,75	55,94
Año 2016	3	24,30	31,30	27,90	28,10	3,50	12,56
Año 2017	5	32,40	69,70	48,14	36,70	18,07	37,54
Año 2018	4	30,81	98,50	48,67	32,69	33,26	68,33

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-48. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

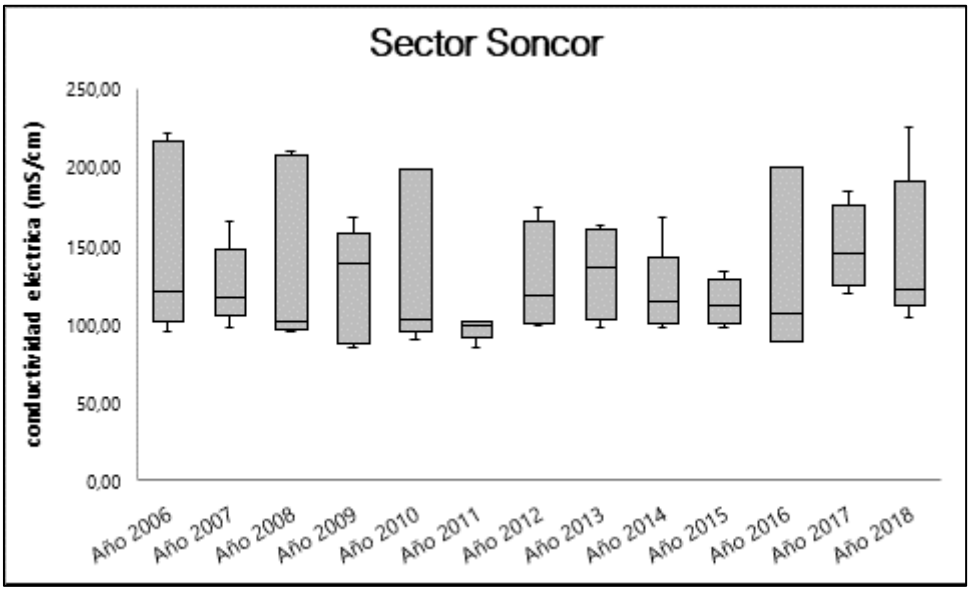
Por otro lado, el en sector de Soncor los valores de conductividad eléctrica del agua variaron entre 84,20 y 225,20 mS/cm, los distintos coeficientes de variación indican homogeneidad en los datos analizados, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de conductividad registrados en el sector (**Tabla 6-32**). En complemento, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas (KW=9,17 g.l=12, p=0,6882, Anexo XIV) (Figura 6-49) por lo que se puede señalar que en función de este parámetro el sector Soncor se ha comportado de manera estable a través del tiempo y ha presentado baja variabilidad en la cantidad de sales disueltas en la columna de agua.

Tabla 6-32. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Sector Soncor							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	95,20	221,00	150,96	120,40	60,14	39,84
Año 2007	5	98,00	164,80	123,96	116,20	25,46	20,54
Año 2008	5	94,80	210,00	141,70	101,30	60,14	42,44
Año 2009	5	84,70	167,50	125,86	138,20	36,41	28,93
Año 2010	5	90,20	199,00	137,56	102,90	55,37	40,25
Año 2011	5	84,20	101,20	97,00	99,40	7,23	7,45
Año 2012	5	99,40	174,00	129,74	118,60	33,92	26,15
Año 2013	4	97,30	162,50	132,88	135,85	30,78	23,16
Año 2014	5	98,00	167,70	119,82	114,10	27,98	23,35
Año 2015	4	97,40	132,80	113,30	111,50	14,89	13,15
Año 2016	3	88,10	199,90	131,37	106,10	60,03	45,70
Año 2017	4	119,80	184,50	148,70	145,25	27,02	18,17
Año 2018	5	104,10	225,20	144,92	121,30	48,64	33,56

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-49. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

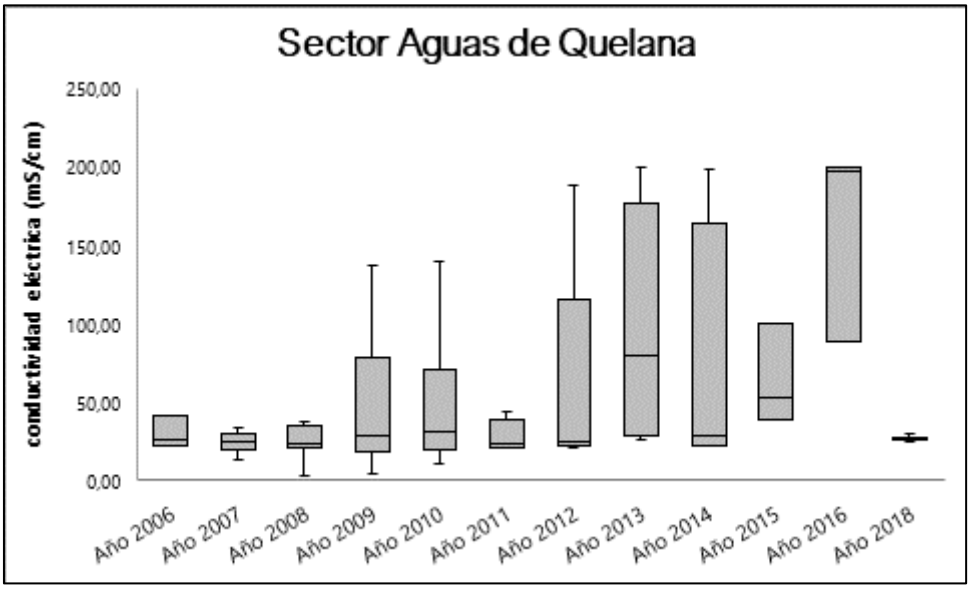
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las conductividades variaron entre 3,0 y 243 mS/cm, a pesar del amplio rango en los valores de conductividad para este sector (dado principalmente por la existencia de valores atípicos a la tendencia), los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (abla 6-33) y además, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas (KW=16,51 g.l=11, p=0,1232, Anexo XIV) (Figura 6-50).

Tabla 6-33. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Aguas de Quelana							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	22,00	233,00	56,97	26,20	77,91	136,76
Año 2007	10	3,66	234,00	43,08	24,25	67,59	156,91
Año 2008	9	3,00	184,00	40,78	23,00	54,52	133,69
Año 2009	10	3,90	197,00	55,16	29,05	62,41	113,14
Año 2010	10	11,00	197,00	56,13	30,80	61,83	110,15
Año 2011	8	20,40	188,10	45,69	23,20	58,05	127,05
Año 2012	5	21,30	187,80	59,94	24,40	72,07	120,23
Año 2013	6	25,50	199,99	97,12	79,55	77,09	79,38
Año 2014	5	22,30	199,00	80,32	29,10	80,02	99,62
Año 2015	3	38,50	100,20	63,67	52,30	32,38	50,86
Año 2016	3	88,10	199,99	161,70	197,00	63,75	39,43
Año 2017	1	133,00	133,00	133,00	133,00	-	-
Año 2018	7	25,26	29,77	26,69	25,93	1,59	5,96

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-50. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

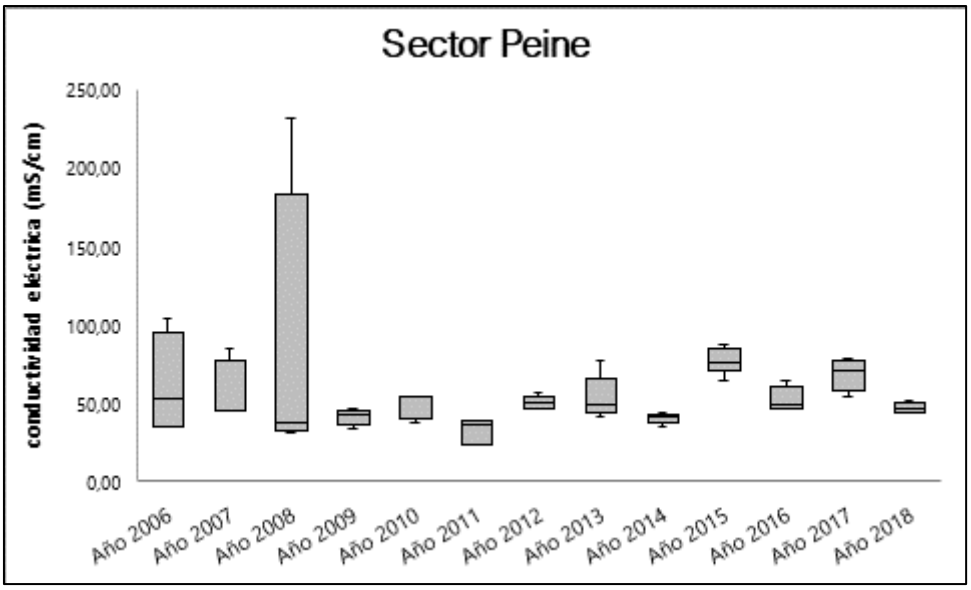
Finalmente, la conductividad eléctrica en el sector de Peine varió entre 23,0 y 231,0 mS/cm durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), además, los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, indicando una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-34). En relación a la comparación interanual, a diferencia de lo ocurrido en los otros sectores del Salar de Atacama, en el sector de Peine se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 31,05 g.l=12, p=0,0019, Anexo XIV). Los valores de conductividad eléctrica del agua medidos el periodo de monitoreo 2018 variaron respecto a los medidos años 2011-2014-2015 y 2017. Los valores medidos los años 2011 y 2014 fueron menores que los valores medos el año 2018 mientras que los valores de conductividad medidos los años 2015 y 2017 fueron mayores que los valores de conductividad medidos el año 2018. (Figura 6-51).

Tabla 6-34. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Peine							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	34,50	103,90	62,96	53,50	31,09	49,37
Año 2007	5	44,80	85,20	57,98	45,00	18,70	32,25
Año 2008	4	31,00	231,00	84,50	38,00	97,73	115,65
Año 2009	5	34,30	46,70	41,16	42,30	4,97	12,08
Año 2010	5	37,20	54,80	48,48	53,90	8,21	16,94
Año 2011	5	23,00	38,60	32,28	36,30	7,65	23,69
Año 2012	5	46,30	57,30	50,32	49,80	4,44	8,82
Año 2013	5	40,90	76,60	53,78	49,30	13,58	25,25
Año 2014	5	34,60	43,70	40,70	41,70	3,51	8,64
Año 2015	5	64,50	87,90	77,28	76,20	8,63	11,17
Año 2016	4	46,50	65,00	52,40	49,05	8,51	16,25
Año 2017	4	54,40	78,60	68,60	70,70	10,18	14,85
Año 2018	4	43,94	51,46	46,85	45,99	3,52	7,52

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-51. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar que las diferencias dadas respecto a este parámetro se suscitaron principalmente debido a la existencia de valores atípicos medidos en momentos puntuales que no representan la tendencia del parámetro en la mayoría de los sitios de estudio. Cabe señalar también, que, dada la naturaleza del sector estudiado (sistemas hidrológicos hipersalinos), el recurso hídrico no es apto para riego, y que los grandes valores de conductividad medidos a través de todo el periodo de monitoreo incluyendo los valores de línea de base, indican que no existirían implicancias para el desarrollo de la biota acuática en el sector, la cual está adaptada a estas grandes concentraciones de sales y minerales disueltos en la columna de agua.

6.5.1.4 Salinidad

Las sales en solución ejercen efectos derivados de la presión osmótica sobre los organismos vivientes en la columna de agua. Existe una estrecha relación entre la salinidad y la conductividad, ya que ambos parámetros indican la cantidad de solutos presentes en el agua y se derivan de la misma medición, los cuales nos entregan información sobre los posibles efectos que pudiese tener el recurso hídrico para el desarrollo de la vida acuática, principalmente sobre organismos que presenten una alta sensibilidad a distintos rangos de presión osmótica.

De acuerdo con la comparación de los valores de Salinidad obtenidos a través de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) se puede indicar que los únicos sectores que presentaron diferencias significativas en la variabilidad interanual en los valores de Salinidad fueron Aguas de Quelana y Peine, mientras que los sectores de Puilar y Soncor no presentaron diferencias a través del tiempo.

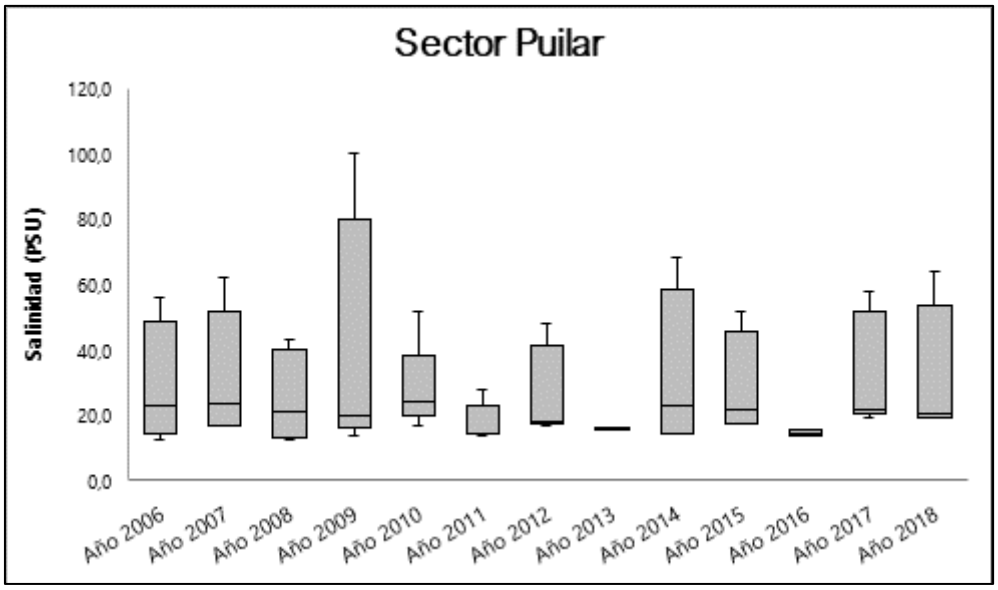
Respecto al sector de Puilar, la salinidad medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 12,0 y 100,0 PSA (Tabla 6-35) los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar que no existen diferencias significativas en los valores de Salinidad medidos a través de los años en el sector de Puilar (KW=12,83 g.l=12, p=0,3812, Anexo XIV) por lo que este parámetro en este sector se ha comportado de manera estable al igual que la conductividad (Figura 6-52).

Tabla 6-35. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Sector Puilar							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	4	12,70	56,30	28,85	23,20	19,16	66,41
Año 2007	5	16,70	62,40	32,20	23,60	19,62	60,94
Año 2008	5	12,60	42,90	25,64	21,10	13,72	53,52
Año 2009	5	13,70	100,00	42,54	20,00	37,08	87,17
Año 2010	5	17,10	52,00	28,02	24,00	13,71	48,93
Año 2011	5	14,00	28,00	17,78	14,50	5,97	33,57
Año 2012	5	17,10	48,00	27,10	17,80	13,93	51,39
Año 2013	2	15,60	16,30	15,95	15,95	0,49	3,10
Año 2014	4	14,40	68,00	32,08	22,95	25,16	78,44
Año 2015	4	17,60	52,00	28,35	21,90	16,25	57,30
Año 2016	3	13,50	15,80	14,60	14,50	1,15	7,90
Año 2017	5	19,40	58,00	33,48	22,00	17,46	52,16
Año 2018	4	19,17	63,95	30,97	20,39	22,01	71,07

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-52. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

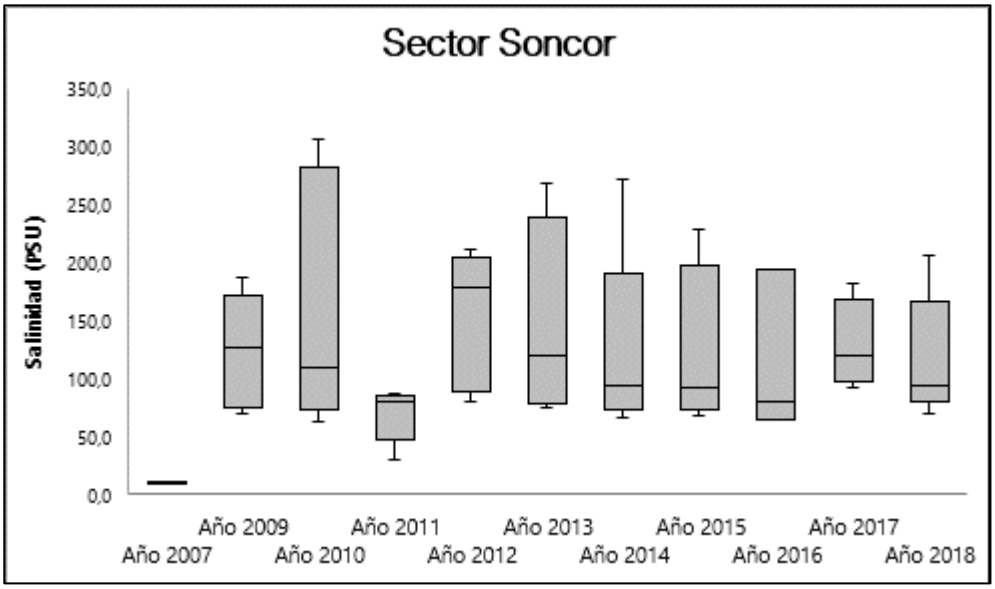
En cuanto al sector de Soncor, los valores de Salinidad medidos durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) variaron entre 8,70 y 306,0 PSA, por su parte, los distintos coeficientes de variación indican homogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los datos de Salinidad registrados en este sector (Tabla 6-36). Por su parte, la comparación estadísticas entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas en los valores de salinidad medidos (KW=12,73 g.l=10, p=0,2392, Anexo XIV) por lo que al igual que lo detectado en el sector de Puilar este parámetro en este sector se ha comportado de manera estable a lo largo del tiempo al igual que la conductividad (Figura 6-53).

Tabla 6-36. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Sector Soncor							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	1	69,30	69,30	69,30	69,30	-	-
Año 2007	2	8,70	11,00	9,85	9,85	1,63	16,51
Año 2008	1	65,50	65,50	65,50	65,50	-	-
Año 2009	5	70,00	187,00	123,00	126,00	50,13	40,76
Año 2010	5	63,00	306,00	163,60	109,00	111,02	67,86
Año 2011	5	29,00	86,00	68,40	79,00	23,87	34,90
Año 2012	5	79,00	211,00	153,00	178,00	60,01	39,22
Año 2013	4	75,00	268,00	145,75	120,00	87,94	60,33
Año 2014	5	66,00	272,00	124,20	93,00	84,20	67,80
Año 2015	4	68,00	228,00	120,25	92,50	73,09	60,78
Año 2016	3	64,00	193,00	112,00	79,00	70,55	62,99
Año 2017	4	92,00	182,00	128,00	119,00	38,50	30,08
Año 2018	5	70,00	206,51	116,95	93,20	53,95	46,13

Fuente: Elaboración propia, Años 2006 y 2008 fuera de análisis por presentar solo 1 dato

Figura 6-53. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

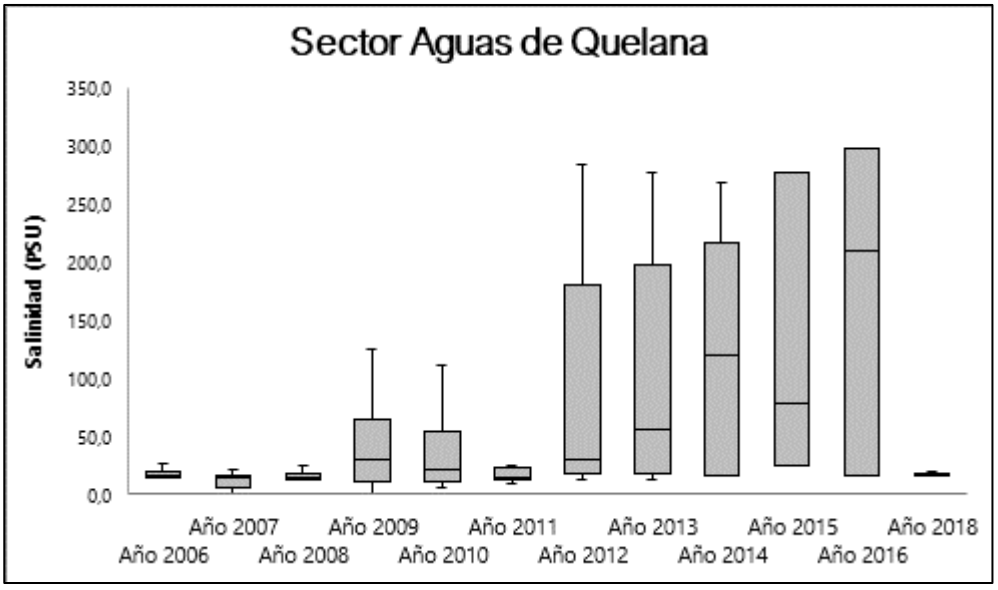
Por otro lado y a diferencia de los sectores de Puilar y Soncor, el sector Aguas de Quelana por su parte, presentó valores de salinidad que variaron entre 0,70 y 329,0 PSA, además, los distintos coeficientes de variación indicaron heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de Salinidad registrados en el sector (Tabla 6-37). A diferencia de lo ocurrido con la conductividad, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=22 g.l=11, p= 0,0203, Anexo XIV). Esta diferencia se presentó principalmente debido a que los valores medidos de salinidad fueron mucho menores durante el año 2018 respecto a los años anteriores, pero principalmente mucho menores que los medidos durante el año 2015, donde los valores de salinidad fueron mayores (Figura 6-54).

Tabla 6-37. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Aguas de Quelana							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	6	13,20	26,80	17,10	16,10	5,01	29,33
Año 2007	10	0,70	20,80	11,92	13,70	6,59	55,27
Año 2008	8	1,60	24,50	14,09	13,70	6,45	45,81
Año 2009	10	0,70	329,00	63,51	29,00	99,56	156,76
Año 2010	10	4,45	232,00	48,72	21,40	71,32	146,40
Año 2011	8	9,51	237,00	42,30	14,05	78,79	186,27
Año 2012	5	12,70	284,00	85,14	30,00	113,77	133,63
Año 2013	6	12,60	276,00	98,23	56,00	106,09	108,00
Año 2014	5	14,90	268,00	116,94	120,00	106,40	90,99
Año 2015	3	24,00	276,00	126,00	78,00	132,68	105,30
Año 2016	3	15,50	298,00	174,17	209,00	144,44	82,93
Año 2017	1	105,00	105,00	105,00	105,00	-	-
Año 2018	7	15,41	18,35	16,40	15,89	1,03	6,28

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-54. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

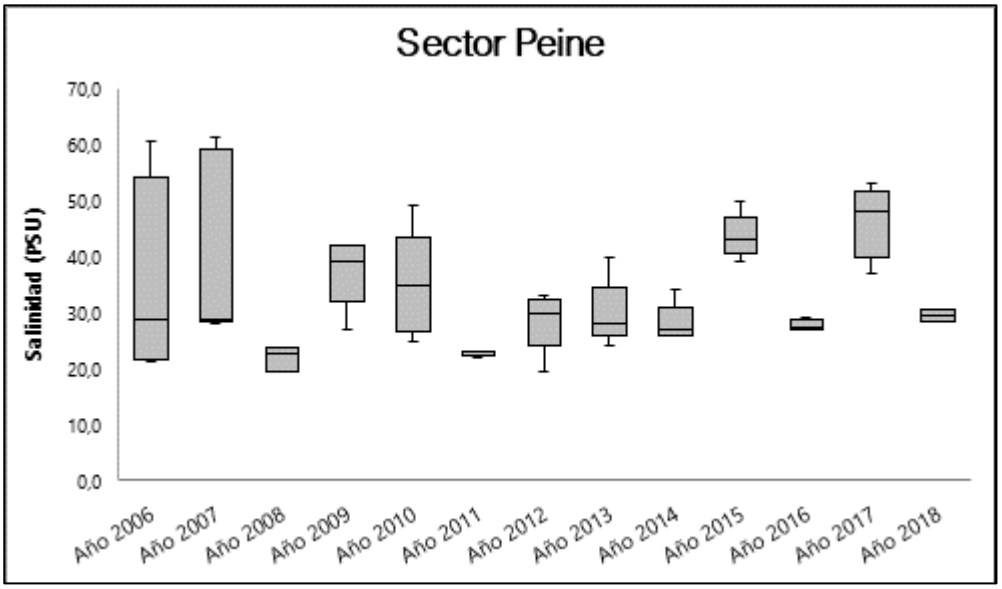
Finalmente, la Salinidad en el sector de Peine varió entre 19,3 y 61,2 PSA durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), por su parte los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-38). En relación a la comparación interanual, estadísticamente se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 32,72 g.l=12, p=0,0010, Anexo XIV). El periodo de monitoreo 2018 varió respecto a los años 2011-2015 y 2017. El año 2018 presentó menores valores de Salinidad respecto a los años 2015 y 2017 y presentó mayores valores respecto al año 2011 (Figura 6-55).

Tabla 6-38. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Salinidad registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua Peine							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	4	21,30	60,50	34,83	28,75	18,11	52,02
Año 2007	5	28,00	61,20	40,80	28,80	16,90	41,43
Año 2008	3	19,30	23,70	21,93	22,80	2,32	10,60
Año 2009	5	27,00	42,00	37,40	39,00	6,19	16,55
Año 2010	5	25,00	49,00	35,00	35,00	9,41	26,88
Año 2011	5	22,00	23,00	22,80	23,00	0,45	1,96
Año 2012	5	19,30	33,00	28,66	30,00	5,47	19,07
Año 2013	5	24,00	40,00	29,80	28,00	6,02	20,19
Año 2014	5	26,00	34,00	28,20	27,00	3,35	11,87
Año 2015	5	39,00	50,00	43,60	43,00	4,04	9,26
Año 2016	4	27,00	29,00	27,75	27,50	0,96	3,45
Año 2017	4	37,00	53,00	46,50	48,00	6,76	14,53
Año 2018	4	28,39	30,64	29,52	29,53	1,19	4,02

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-55. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Salinidad medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar que a pesar de que la salinidad está estrechamente ligada con la conductividad, algunos sectores mostraron diferencias significativas en la comparación interanual, el principal motivo que explicaría esta variabilidad es la existencia de valores atípicos en las mediciones que no necesariamente representan la tendencia que ha mostrado este parámetro a lo largo de todos los periodos de estudio. Además, cabe señalar que estas variaciones, al igual que lo ocurrido con varios parámetros anteriores no tienen una implicancia biológica en las comunidades acuáticas que se desarrollan en los distintos sistemas estudiados. Al respecto, Williams y colaboradores (1995) basado en un reconocimiento de la naturaleza química y la fauna de invertebrados de siete lagos salinos en el Altiplano de Bolivia meridional se determinó que en un rango de salinidades entre 4,4 y 156 g/l, la fauna de invertebrados se caracterizó por la ausencia de rotíferos en salinidades superiores a 5 g/l. Por otro lado, a altas salinidades (> 50 g/l), solamente se registraron individuos de *Artemia*, *Boeckella*, Ephydridae y un Dolichopodidae.

6.5.1.5 Oxígeno disuelto

Una característica física y química fundamental del agua salina es la disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que los cuerpos de agua salina presentan menores concentraciones de oxígeno que los cuerpos de agua dulce en condiciones ambientales similares, convirtiendo a estos parámetros en variables importantes para determinar la calidad del agua (Roldán, 2003; Wetzel, 2001). Es importante considerar las interdependencias que se dan entre los distintos parámetros que definen la calidad del agua y que se ven estrechamente ligados, definiendo la disponibilidad de oxígeno disuelto en la columna de agua.

Considerando todos los datos levantados en terreno, la comparación interanual de las concentraciones de oxígeno disuelto medidas a lo largo de todo el periodo de monitoreo se observa diferencias significativas en todos los sectores de estudio, presentando un rango de concentraciones amplio y que varió entre 0,50 (Aguas de Quelana, año 2014) y 13,90 mg/L (Aguas de Quelana, año 2008).

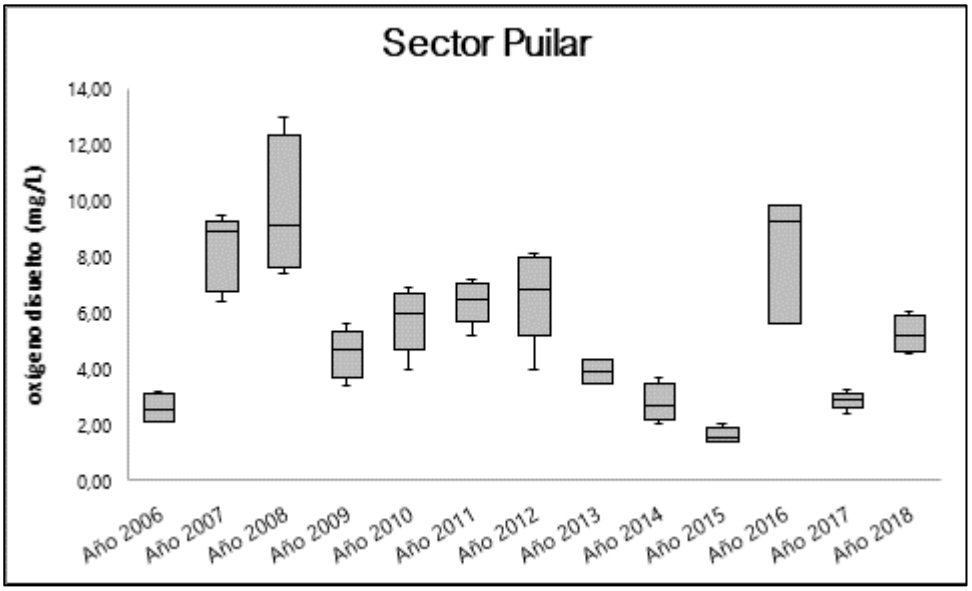
Respecto al sector de Puilar, las concentraciones de oxígeno disuelto medidas durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 1,40 y 13,00 mg/L (Tabla 6-39), además, los distintos coeficientes de variación medidos a lo largo del tiempo indican una alta heterogeneidad en los datos, mostrando que existe una alta variabilidad interanual entre los datos de oxígeno disuelto registrados en el sector. Complementariamente, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW= 49,08; g.l=12; p<0,001, Anexo XIV), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió respecto a los años 2006-2007-2008-2014-2015 y 2017. El año 2018 presentó mayores concentraciones de oxígeno que los años 2006-2014-2015, mientras que presentó menores concentraciones que los años 2007-2008. (Figura 6-56). Cabe indicar que los valores de concentración de oxígeno disuelto aumentaron respecto a los medidos el periodo pasado (año 2017) para este mismo sector, evidenciándose una oscilación interanual sin un patrón especifico respecto a este parámetro.

Tabla 6-39. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registraos entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Oxígeno disuelto Sector Puilar							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	2,09	3,20	2,62	2,56	0,51	19,34
Año 2007	5	6,37	9,45	8,17	8,87	1,37	16,71
Año 2008	5	7,40	13,00	9,80	9,10	2,45	25,05
Año 2009	5	3,40	5,60	4,52	4,70	0,88	19,38
Año 2010	5	4,00	6,90	5,76	6,00	1,13	19,66
Año 2011	5	5,20	7,20	6,40	6,50	0,77	12,05
Año 2012	5	4,00	8,10	6,62	6,80	1,65	24,85
Año 2013	2	3,50	4,30	3,90	3,90	0,57	14,50
Año 2014	4	2,00	3,70	2,75	2,65	0,70	25,63
Año 2015	4	1,40	2,00	1,63	1,55	0,29	17,68
Año 2016	3	5,60	9,85	8,22	9,22	2,29	27,89
Año 2017	5	2,39	3,27	2,86	2,92	0,32	11,16
Año 2018	4	4,56	6,03	5,22	5,15	0,66	12,57

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-56. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

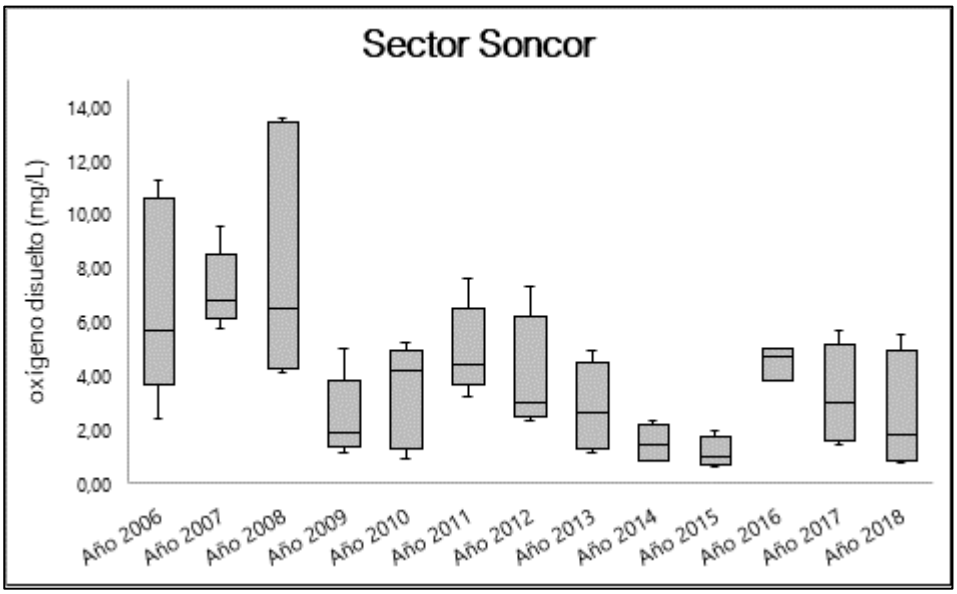
En cuanto al sector de Soncor, los valores de oxígeno disuelto variaron entre 0,60 y 13,54 mg/L y al igual que lo detectado en el sector de Puilar, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en las concentraciones de registrados en el sector (Tabla 6-40). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW= 34,04; g.l=12, p=0,0007, Anexo XIV), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto al periodo 2007 ya que en el año 2018 se registraron menores valores de concentración de oxígeno respecto al año 2007 (Figura 6-57).

Tabla 6-40. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Oxígeno disuelto Sector Soncor							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	2,40	11,28	6,83	5,67	3,66	53,54
Año 2007	5	5,77	9,53	7,19	6,78	1,45	20,11
Año 2008	5	4,07	13,54	8,35	6,47	4,69	56,17
Año 2009	5	1,13	5,00	2,42	1,89	1,54	63,48
Año 2010	5	0,90	5,20	3,32	4,20	1,94	58,38
Año 2011	5	3,20	7,60	4,92	4,40	1,68	34,05
Año 2012	5	2,30	7,30	4,04	3,00	2,11	52,12
Año 2013	4	1,10	4,90	2,80	2,60	1,67	59,62
Año 2014	5	0,80	2,30	1,48	1,40	0,66	44,67
Año 2015	4	0,60	1,90	1,13	1,00	0,57	51,00
Año 2016	3	3,83	5,03	4,53	4,73	0,62	13,79
Año 2017	4	1,42	5,63	3,24	2,95	1,89	58,46
Año 2018	5	0,76	5,55	2,66	1,78	2,13	80,23

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-57. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

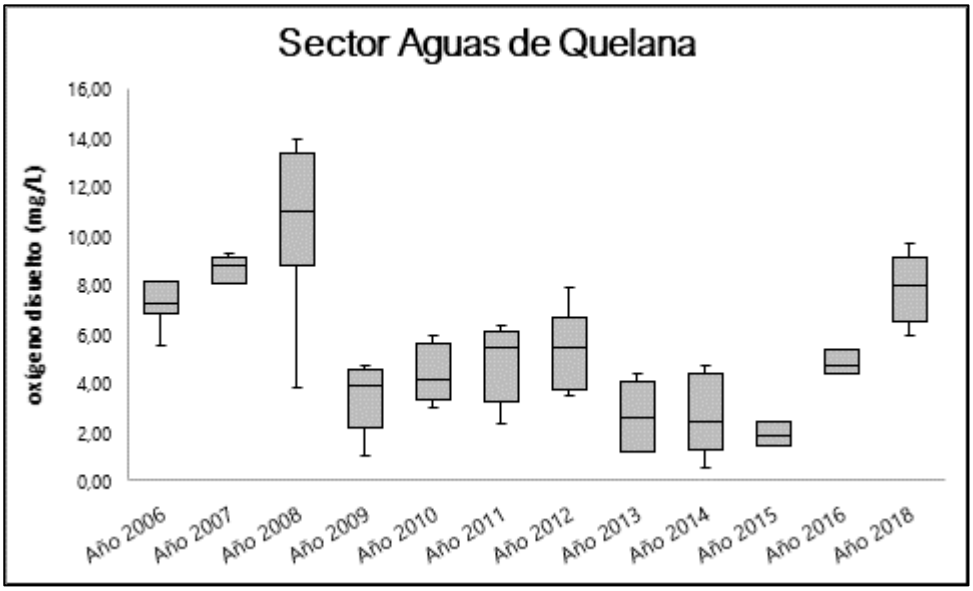
Para el sector Aguas de Quelana, las concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre 0,50 y 13,90 mg/L, en este sector los distintos coeficientes de variación determinados en los distintos periodos de monitoreo nuevamente, al igual que en los anteriores sectores estudiados, indican alta heterogeneidad en los datos, indicando a que una alta variabilidad interanual en las concentraciones de oxígeno disuelto presente en la columna de agua registrados en el sector (Tabla 6-41). En complemento, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio para el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=58,9 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIV). Los valores de oxígeno disueltos medidos el 2018 variaron respecto a todos los periodos excepto respecto a los años 2006 y 2007 donde no se registraron diferencias en los valores de concentración de oxígeno. Durante el año 2018 se registraron mayores valores de concentración de oxígeno respecto a los otros periodos, a excepción del año 2008, periodo en el cual se registraron las mayores concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua (Figura 6-58).

Tabla 6-41. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Oxígeno disuelto Aguas de Quelana							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	5,52	12,10	7,81	7,23	2,08	26,61
Año 2007	10	6,22	11,00	8,68	8,75	1,20	13,83
Año 2008	9	3,80	13,90	10,61	11,00	3,23	30,44
Año 2009	10	0,99	8,33	3,70	3,84	2,05	55,23
Año 2010	10	3,00	5,90	4,32	4,15	1,10	25,47
Año 2011	8	2,30	6,30	4,88	5,45	1,54	31,64
Año 2012	5	3,50	7,90	5,22	5,40	1,73	33,11
Año 2013	6	1,20	4,40	2,65	2,60	1,45	54,57
Año 2014	5	0,50	4,70	2,74	2,40	1,66	60,45
Año 2015	3	1,40	2,40	1,87	1,80	0,50	26,96
Año 2016	3	4,34	5,37	4,79	4,66	0,53	11,01
Año 2017	1	3,79	3,79	3,79	3,79	-	-
Año 2018	7	5,95	9,70	7,82	7,96	1,39	17,72

Fuente: Elaboración propia. Año 2017 fuera de análisis por presentar 1 solo dato.

Figura 6-58. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

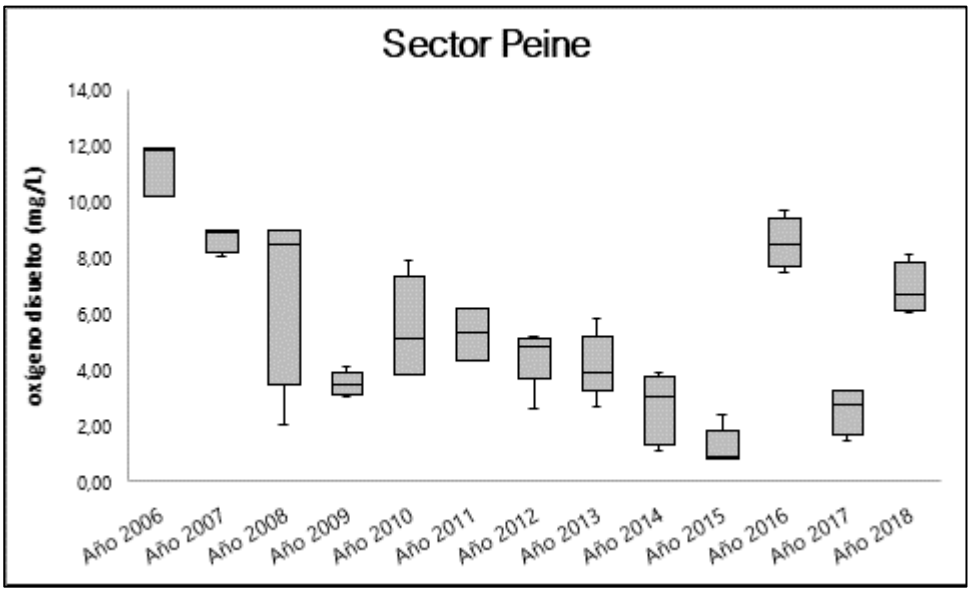
Finalmente, el oxígeno disuelto medido en el sector de Peine varió entre 0,80 y 11,89 mg/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), por su parte, los coeficientes de variación determinados para los distintos monitoreos indican alta variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-42). En relación a la comparación estadística interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 44,77 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIV). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de oxígeno disuelto variaron significativamente respecto a los valores medidos los años 2017-2015-2014-2013-2012-2009-2007. El año 2018 presentó valores de concentración de oxigeno menores que los medidos el año 2007, pero presentó valores mayores que los medidos en el resto de los periodos (Figura 6-59).

Tabla 6-42. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Oxígeno disuelto registrados entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Oxígeno disuelto Peine							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2006	3	10,20	11,89	11,31	11,85	0,96	8,52
Año 2007	5	8,02	8,99	8,64	8,90	0,44	5,05
Año 2008	4	2,00	9,00	7,00	8,50	3,37	48,09
Año 2009	5	3,01	4,10	3,48	3,45	0,42	12,07
Año 2010	5	3,80	7,90	5,50	5,10	1,81	32,85
Año 2011	5	4,30	6,20	5,26	5,30	0,90	17,14
Año 2012	5	2,60	5,20	4,46	4,80	1,06	23,71
Año 2013	5	2,70	5,80	4,14	3,90	1,13	27,36
Año 2014	5	1,10	3,90	2,62	3,00	1,26	47,93
Año 2015	5	0,80	2,40	1,24	0,90	0,67	53,68
Año 2016	4	7,45	9,70	8,52	8,47	0,92	10,82
Año 2017	4	1,44	3,28	2,57	2,78	0,82	32,02
Año 2018	4	6,03	8,08	6,88	6,70	0,93	13,57

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-59. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Oxígeno disuelto medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, la principal característica de estos sistemas hipersalinos, la cual tiene una estrecha relación con la conductividad, es la disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que los cuerpos de agua salina en general presentan menores concentraciones de oxígeno disuelto que los cuerpos de agua dulce bajo las mismas condiciones y, por consiguiente, la biota presente en estos sistemas se encuentra adaptada a estas condiciones de hábitat. Esto indicaría que estas fuertes oscilaciones interanuales detectadas respecto al parámetro oxígeno disuelto medido en los distintos sistemas hidrológicos estudiados no tendrían implicancias biológicas. Además, al igual que lo ocurrido con el parámetro temperatura, las concentraciones de oxígeno disuelto dependen estrechamente de la hora y momento puntual del muestreo mostrando variaciones naturales a distintos niveles (diarios, mensuales, interanuales, entre otros).

6.5.1.6 Conductividad eléctrica del sedimento

Tal como se mencionó con la conductividad eléctrica de agua, esta variable corresponde a un parámetro que permite tener una aproximación de la cantidad de los minerales y sales presentes en los distintos sustratos, los cuales se descomponen en iones cargados positiva y negativamente, Además, como las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua, también influyen en el desarrollo de la biota acuática, ya cada organismo distinto tolera una gama de valores de conductividad diferentes. Cabe indicar que la medición de esta matriz tiene como finalidad detectar diferencias que pudiesen presentarse debido a las diferencias entre la composición y tipo de sustrato sedimentológico que presenta cada lugar estudiado, además, su comportamiento fue distinto al de la conductividad eléctrica media en la columna de agua ya que a diferencias de la conductividad del agua, respecto a este parámetro si se presentaron diferencias significativas a nivel interanual para todos los sectores del Salar de Atacama..

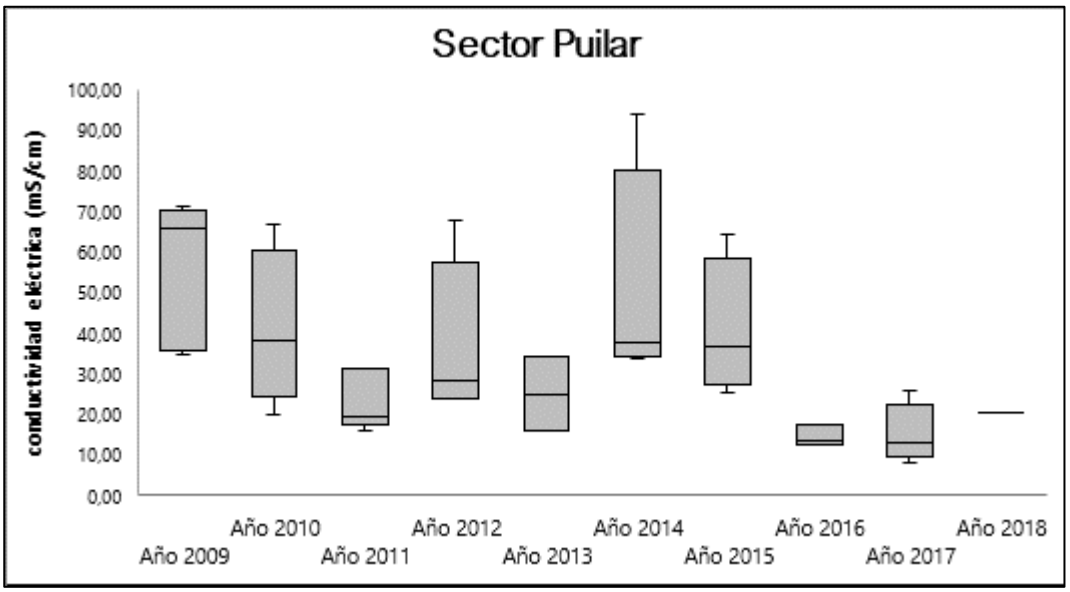
Respecto al sector de Puilar, la conductividad del sedimento determinada durante todo el periodo de monitoreo varió entre 7,79 y 93,80 mS/cm (Tabla 6-43) los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una variabilidad interanual en los valores de conductividad del sedimento registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW= 27,29; g.l=9, p=0,0013, Anexo XIV), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió respecto a los años 2009-2012-2014-2015 y 2016. Los valores de conductividad fueron significativamente más bajos en el año 2018 respecto a los valores medidos los años 2009-2012-2014-2015 pero fueron más altos respecto a los medidos el año 2016. (Figura 6-60).

Tabla 6-43. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del sedimento Sector Puilar							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	4	34,60	71,30	52,73	52,50	19,93	37,81
Año 2010	4	20,00	66,70	44,75	46,15	20,23	45,21
Año 2011	4	18,30	31,00	24,85	25,05	7,05	28,38
Año 2012	4	23,80	67,60	41,63	37,55	20,07	48,21
Año 2013	1	15,80	15,80	15,80	15,80	-	-
Año 2014	3	36,70	93,80	56,27	38,30	32,51	57,79
Año 2015	3	32,00	64,20	45,80	41,20	16,59	36,21
Año 2016	2	12,50	13,10	12,80	12,80	0,42	3,31
Año 2017	4	10,54	25,85	16,99	15,79	6,80	40,03
Año 2018	3	20,06	20,13	20,10	20,11	0,04	0,18

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-60. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

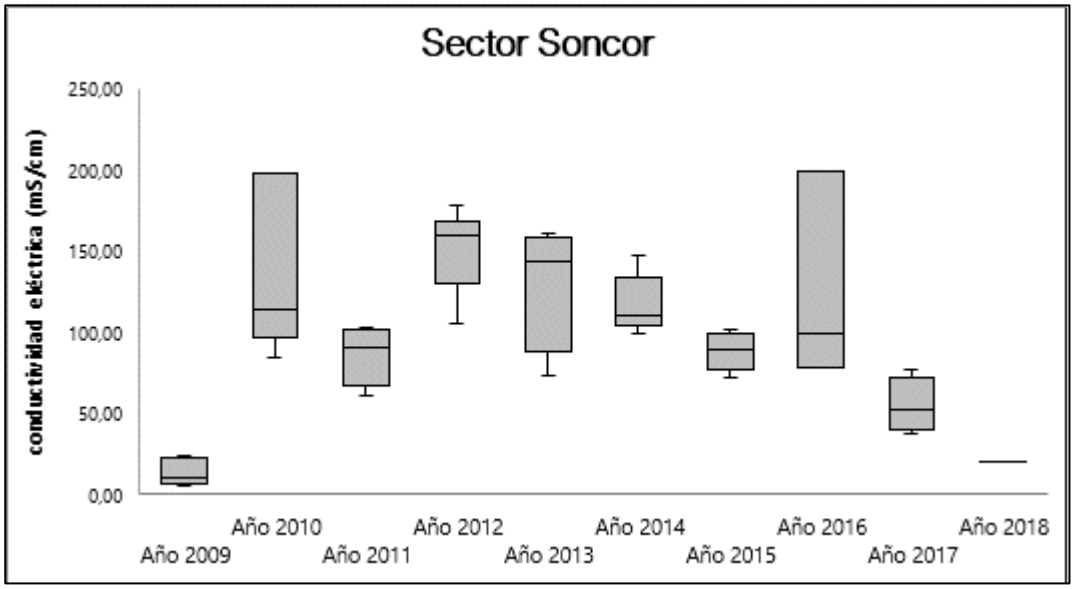
En cuanto al sector de Soncor, los valores de conductividad variaron entre 4,90 y 199,00 mS/cm, los distintos coeficientes de variación indican nuevamente una alta heterogeneidad en los datos, mostrando que existe una alta variabilidad interanual en los valores de conductividad eléctrica medida en el sedimento del sector (Tabla 6-44). La comparación entre los distintos periodos de monitoreo en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW= 34,53; g.l=9, p=0,0001, Anexo XIV), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió respecto a todos los periodos. En el año 2018 los valores de conductividad fueron significativamente menores respecto a los otros periodos, mientras que fueron mayores que los registrados el año 2009. (Figura 6-61**).**

Tabla 6-44. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del sedimento Sector Soncor							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	5	4,90	23,70	13,18	10,00	8,07	61,24
Año 2010	5	84,50	198,20	140,32	114,20	53,61	38,21
Año 2011	5	60,40	102,00	85,22	90,00	17,83	20,92
Año 2012	5	105,50	177,90	150,82	158,80	27,02	17,91
Año 2013	4	73,10	160,20	130,23	143,80	39,71	30,49
Año 2014	5	98,60	147,10	117,22	110,00	18,46	15,74
Año 2015	4	71,90	101,30	88,03	89,45	12,12	13,77
Año 2016	3	78,00	199,00	125,27	98,80	64,70	51,65
Año 2017	4	37,25	76,48	54,52	52,17	16,48	30,23
Año 2018	5	20,01	20,08	20,04	20,05	0,03	0,14

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-61. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del sedimento medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

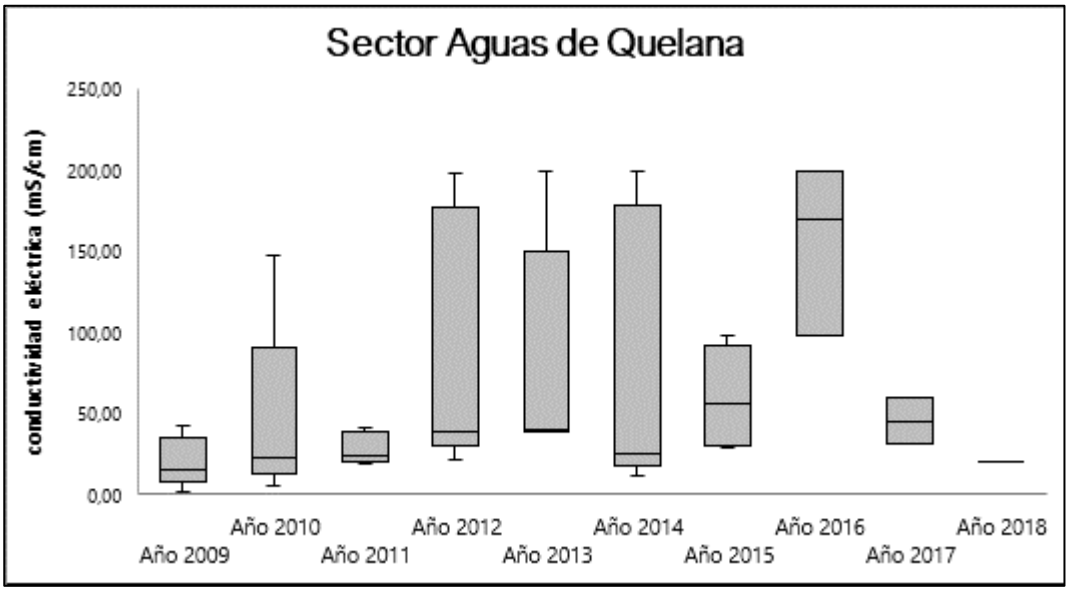
Por otro lado, para el sector Aguas de Quelana, las conductividades del sedimento 1,50 y 199,00 mS/cm, además, al igual que en los sectores de Puilar y Soncor, los distintos coeficientes de variación determinados a través de todos los periodos de estudio indican heterogeneidad en los datos y la existencia de mayor variabilidad interanual en los niveles de conductividad eléctrica media en los sedimentos del sector (Tabla 6-45). Por su parte, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW= 21,42 g.l=9, p=0,0109, Anexo XIV). Las principales diferencias estuvieron dadas por que los valores de conductividad media el actual periodo (año 2018) variaron respecto a los valores medidos los años 2012-2013-2015 y 2016. El año 2018 presentó menores valores de conductividad eléctrica en el sedimento respecto a los valores detectados en los años 2012-2013-2015 y 2016 (Figura 6-62).

Tabla 6-45. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del sedimento Aguas de Quelana							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	10	1,50	172,00	32,72	15,25	50,59	154,64
Año 2010	10	4,70	146,60	46,44	22,00	50,61	108,99
Año 2011	8	18,20	170,00	43,23	23,00	51,76	119,75
Año 2012	5	20,40	197,00	89,86	38,90	80,36	89,43
Año 2013	6	38,00	199,00	81,15	39,80	68,72	84,68
Año 2014	5	11,10	199,00	83,34	25,20	87,86	105,42
Año 2015	5	27,80	97,20	59,36	55,30	30,92	52,09
Año 2016	3	98,10	199,00	155,37	169,00	51,81	33,35
Año 2017	2	30,40	58,92	44,66	44,66	20,17	45,16
Año 2018	7	20,02	20,56	20,16	20,11	0,18	0,90

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-62. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

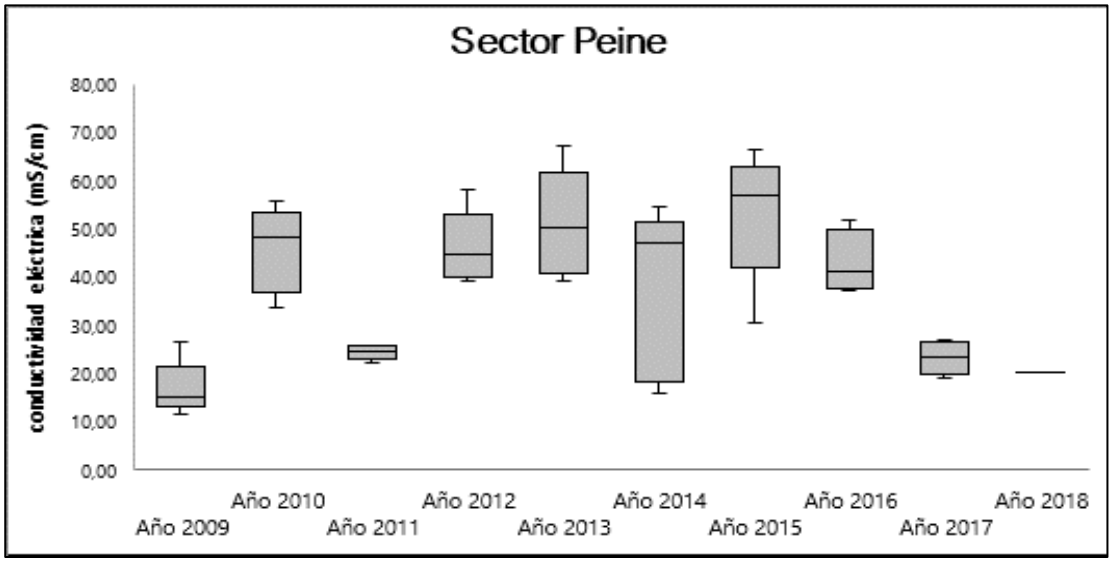
La conductividad del sedimento en el sector de Peine varió entre 11,60 y 67,30 durante todo el periodo de monitoreo (años 2009-2018) y los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-46). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 31,76 g.l=9, p=0,0002, Anexo XIV). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de temperatura medidos fueron menores que los medidos los años 2007 y 2017, mientras que estadísticamente fueron mayores que los años medido durante los periodos 2012 y 2013 (Figura 6-63). Los valores de conductividad eléctrica del sedimento medidos el año 2018 variaron respecto a los valores medidos los años 2010-2011-2012-2013-2015 Y 2016. Los valores de conductividad fueron menores en el año 2018 respecto a los medidos los años 2010-2011-2012-2013-2015 y 2016 (Figura 6-63).

Tabla 6-46. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del sedimento registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del sedimento Peine							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	5	11,60	26,60	16,72	15,20	5,77	34,54
Año 2010	5	33,40	55,80	56,80	48,40	8,96	15,77
Año 2011	5	22,00	25,70	52,53	24,50	1,51	2,87
Año 2012	5	39,10	58,00	70,56	44,50	7,46	10,58
Año 2013	5	39,10	67,30	71,02	50,10	11,24	15,82
Año 2014	5	16,00	54,50	67,80	47,20	17,70	26,10
Año 2015	5	30,30	66,30	53,20	56,90	13,68	25,71
Año 2016	4	37,20	51,80	87,76	41,00	6,70	7,63
Año 2017	4	18,83	26,95	33,67	23,48	3,42	10,15
Año 2018	4	20,00	20,08	16,21	20,06	0,04	0,22

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-63. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

6.5.1.7 Conductividad del Agua intersticial en Sedimentos

Al igual que lo detectado para la conductividad eléctrica del sedimento, los valores de conductividad del agua intersticial presentaron variaciones significativas desde el punto de vista estadístico en todos los sectores monitoreado, con excepción del sector Aguas de Quelana donde no se detectó una variación temporal significativa.

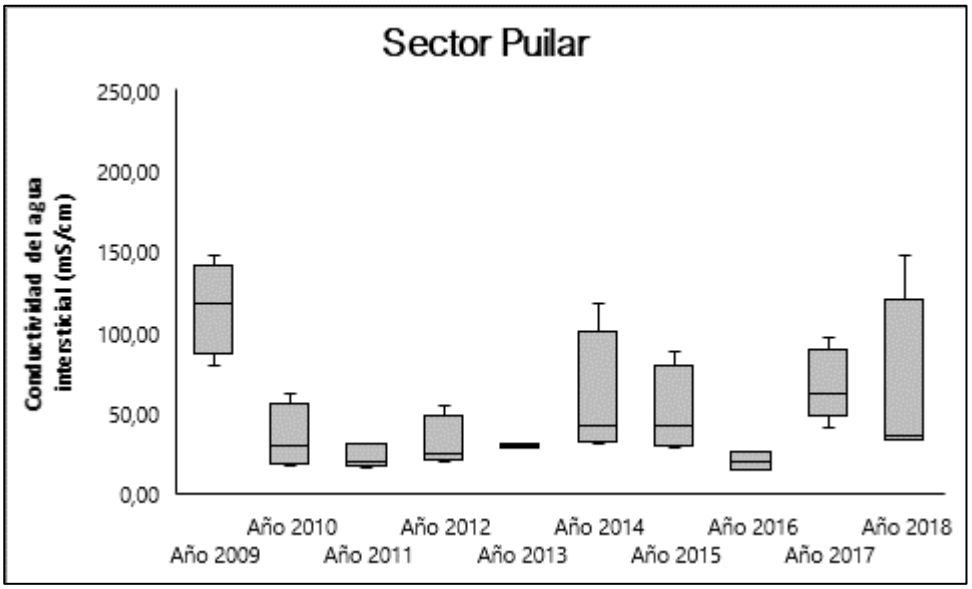
Respecto al sector de Puilar, la conductividad del agua intersticial medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 14,50 y 147,70 mS/cm (Tabla 6-47) los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los valores de conductividad registrados en el sector. Por su parte, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=26,29; g.l=9, p=0,0019, Anexo XIV), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto al año 2011, dado que los valores de conductividad fueron más altos en el año 2018 en al año 2011. (Figura 6-64).

Tabla 6-47. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua intersticial Sector Puilar							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	5	80,00	147,70	114,62	118,00	28,05	24,47
Año 2010	5	17,50	62,30	35,78	30,10	19,10	53,39
Año 2011	5	15,80	30,80	22,98	19,30	7,12	30,99
Año 2012	5	19,50	55,00	33,20	25,10	15,04	45,31
Año 2013	2	28,30	30,60	29,45	29,45	1,63	5,52
Año 2014	4	31,40	118,00	58,25	41,80	40,37	69,30
Año 2015	4	28,40	88,40	50,28	42,15	27,04	53,79
Año 2016	3	14,50	25,50	20,13	20,40	5,50	27,34
Año 2017	5	41,23	96,60	67,83	62,64	21,90	32,28
Año 2018	4	33,88	147,50	63,13	35,57	56,26	89,13

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-64. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

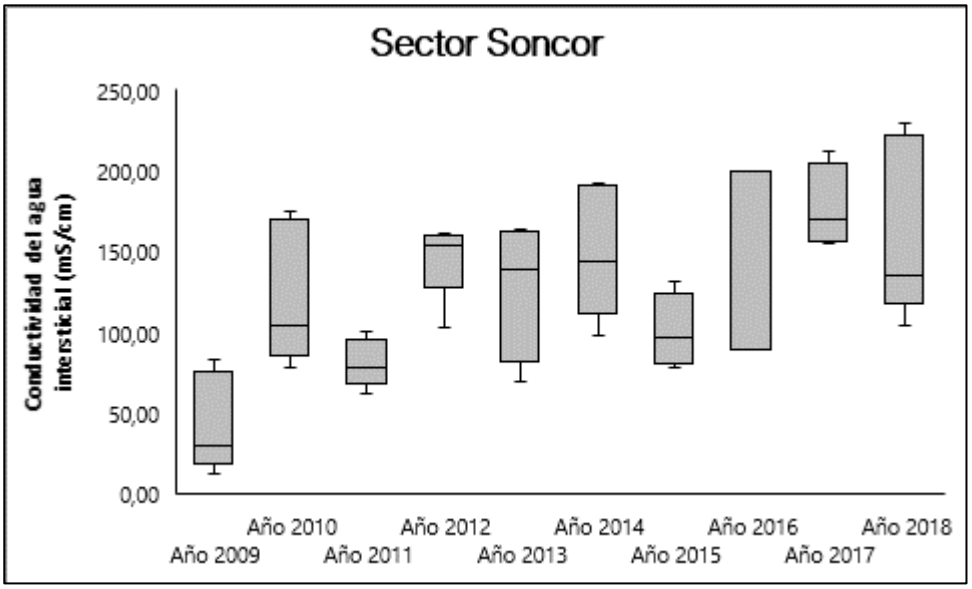
En cuanto al sector de Soncor, los valores de temperatura variaron entre 12,30 y 228,90 mS/cm y los distintos coeficientes de variación medidos a través del tiempo indican heterogeneidad en los datos, mostrando una variabilidad interanual en valores de conductividad del agua intersticial registrados en el sector (Tabla 6-48). La comparación desde el punto de vista estadístico entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=25,00 g.l=9, p=0,0030, Anexo XIV). Los valores de conductividad eléctrica del agua intersticial variaron significativamente respecto a los valores medidos durante los periodos 2009 y 2011. Los valores de conductividad fueron más altos en el año 2018 respecto a los años 2009 y 2011. (Figura 6-65).

Tabla 6-48. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua intersticial Sector Soncor							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	5	12,30	83,50	43,90	30,10	30,44	69,35
Año 2010	5	78,40	175,10	123,08	103,70	44,08	35,81
Año 2011	5	62,00	101,00	81,12	78,00	15,20	18,74
Año 2012	5	102,80	161,60	145,76	153,50	24,25	16,64
Año 2013	4	69,20	163,20	127,43	138,65	43,81	34,38
Año 2014	5	98,00	192,50	149,94	143,80	41,41	27,62
Año 2015	4	77,90	130,90	100,30	96,20	23,24	23,17
Año 2016	3	89,00	200,00	126,30	89,90	63,83	50,54
Año 2017	4	155,60	212,40	177,08	170,15	25,89	14,62
Año 2018	5	104,70	228,90	162,80	134,70	55,32	33,98

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-65. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

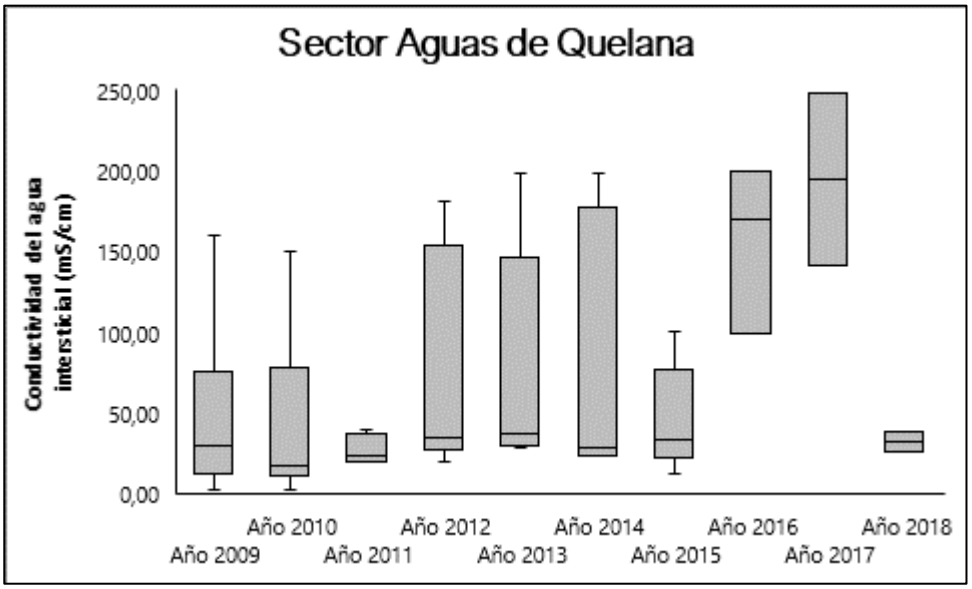
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las conductividades del agua intersticial variaron entre 0,26 y 247,80 mS/cm y los distintos coeficientes de variación indican mayor heterogeneidad en los datos para los años 2009-2010 y 2011 respecto a los otros periodos de monitoreo, sin embargo, en su mayoría indican que existe baja variabilidad interanual en los valores de conductividad registrados en el sector (Tabla 6-49). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana, desde un punto de vista estadístico indican que no existen diferencias significativas (KW=15,47; g.l=9, p=0,0788, Anexo XIV) (Figura 6-66). Cabe indicar que los valores de conductividad del agua intersticial medidos durante el actual periodo (año 2018) fueron menores respecto a los otros periodos estudiados.

Tabla 6-49. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua intersticial Aguas de Quelana							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	10	2,60	197,00	54,57	30,35	67,01	122,79
Año 2010	10	2,77	149,60	44,02	17,85	50,96	115,77
Año 2011	8	19,70	170,00	43,46	23,00	51,60	118,72
Año 2012	5	19,60	181,30	79,14	35,20	70,77	89,43
Año 2013	6	28,30	199,00	77,08	37,50	71,06	92,19
Año 2014	5	23,30	199,00	85,66	28,10	84,69	98,87
Año 2015	5	12,30	100,20	46,40	33,20	33,39	71,95
Año 2016	3	99,50	200,00	156,50	170,00	51,59	32,97
Año 2017	2	141,10	247,80	194,45	194,45	75,45	38,80
Año 2018	7	25,63	91,78	39,59	32,72	23,54	59,47

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-66. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

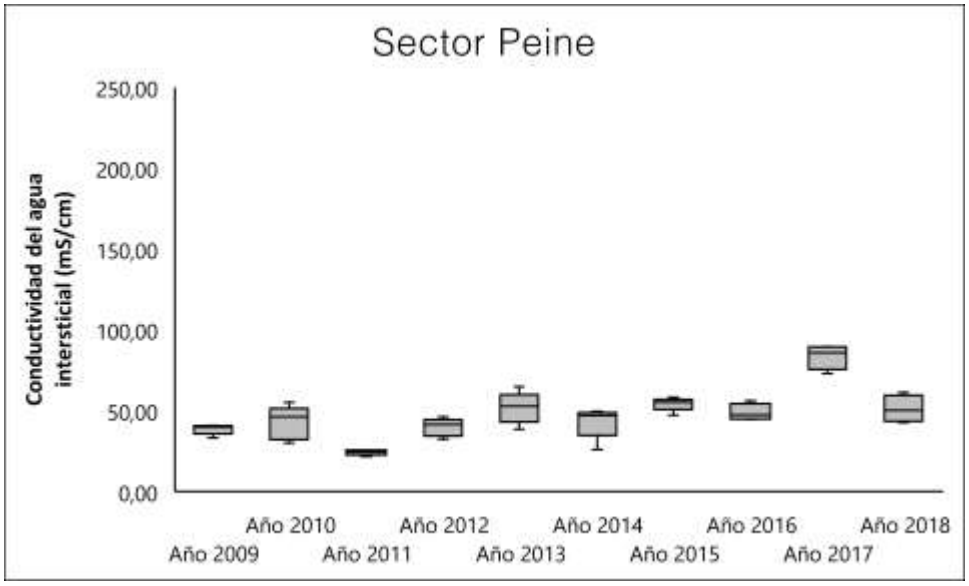
Finalmente, la conductividad del agua intersticial en el sector de Peine varió entre 21,70 y 89,74 mS/cm durante todo el periodo de monitoreo (años 2009-2018), por su parte, los coeficientes de variación determinados a través del tiempo indican la existencia de una baja variabilidad en los datos y baja heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-50). Sin embargo, y desde un punto de vista estadístico la comparación interanual presentó diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 32,49; g.l=9, p=0,0002, Anexo XIV). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de temperatura medidos variaron respecto a los valores medidos en los años 2009-2011 y 2017. El año 2018 presentó valores de conductividad más bajos que los años 2009 y 2011 mientras que presentó valores de conductividad eléctrica del agua intersticial menores a los registrados en el año 2017. (Figura 6-67).

Tabla 6-50. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial registradas entre los años 2009 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Conductividad eléctrica del agua intersticial Peine							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	Coef. Var. (%)
Año 2009	5	33,20	40,80	38,54	39,90	3,16	8,19
Año 2010	5	29,90	55,20	42,66	46,20	10,28	24,09
Año 2011	5	21,70	25,70	24,22	24,50	1,62	6,70
Año 2012	5	32,30	46,30	39,86	41,40	5,50	13,79
Año 2013	5	38,60	64,90	51,72	52,80	9,67	18,70
Año 2014	5	26,10	49,70	42,82	47,10	9,62	22,47
Año 2015	5	47,30	58,40	54,08	55,10	4,10	7,58
Año 2016	4	44,70	56,10	48,93	47,45	5,23	10,69
Año 2017	4	72,92	89,72	83,59	85,86	7,60	9,09
Año 2018	4	42,62	61,32	51,04	50,12	8,42	16,49

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-67. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Conductividad eléctrica del agua intersticial medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

6.5.2 Medio Biótico

Los principales resultados obtenidos de los análisis comparativos para el medio biótico se presentan desde la Tabla 6-51 a la Tabla 6-90 y Figura 6-68 a la Figura 6-107.

6.5.2.1 Clorofila-a del Fitoplancton

El análisis de las variaciones interanuales de la concentración de la clorofila-a presente en la fracción fitoplanctonica es un indicador de la condición trófica más específicamente de la productividad de un sistema, ya que proporciona una medida indirecta de la cantidad de organismos fotosintéticos presentes en el lugar. Este parámetro se encuentra estrechamente ligado con la abundancia de microalgas planctónicas presentes en la columna de agua.

De acuerdo con el análisis interanual de las concentraciones de clorofila-a presente en la fracción planctónica se evidenció la presencia de diferencias significativas en la cantidad de clorofila medida en los distintos sectores monitoreados en el salar de Atacama.

Loa valores de clorofila-a a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) han variado entre valores cercanos a 0 y 264,00 µg/L. los menores valores de clorofila han sido determinados todos los sectores, mientras que el mayor valor se detectó en el sector de Aguas de Quelana el año 2016.

Respecto al sector de Puilar, la clorofila-a planctónica medida durante todo el periodo de monitoreo varió entre 0,00 y 34,92 µg/L. (Tabla 6-51) los distintos coeficientes de variación medidos a lo largo de todo el periodo de estudio indican una alta heterogeneidad en los datos, evidenciando la existencia de una alta variabilidad interanual en los datos de clorofila planctónica medidas en el sector. Por su parte, la

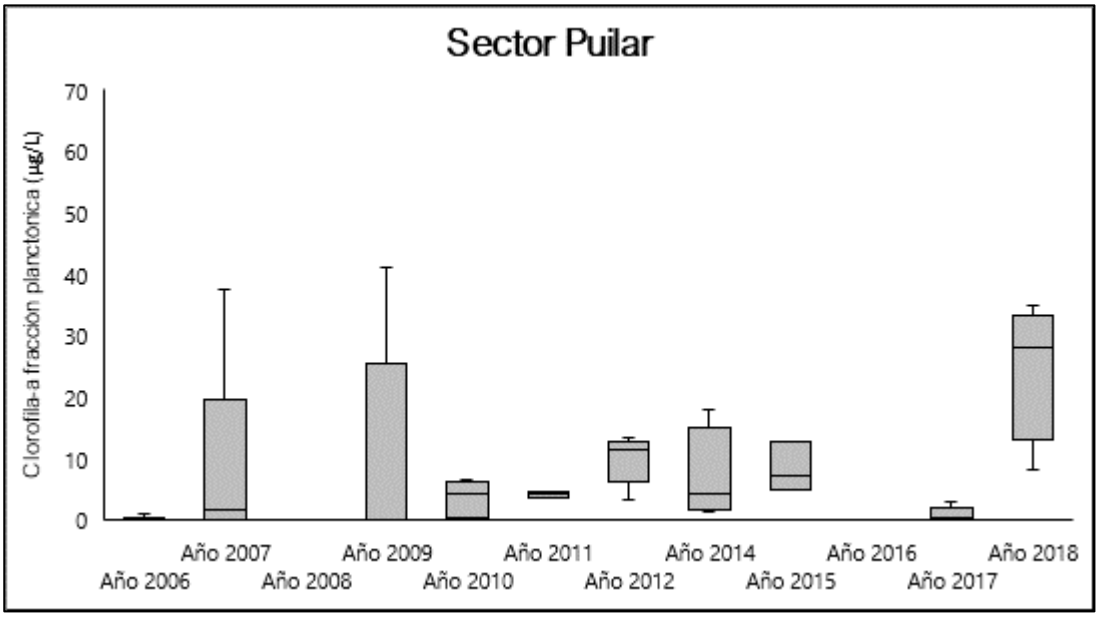
comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=31,41; g.l=12, p=0,0009, Anexo XIV), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente en sus concentraciones de clorofila-a planctónica respecto a las medidas durante los años 2006-2008-2010-2011-2016 y 2017. En general, los valores de clorofila-a planctónica medidos el año 2018 fueron mayores que los valores medidos los años anteriores (Figura 6-68).

Tabla 6-51. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a del Fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Planctónica (µg/L)							
Estación	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0170	0,9000	0,2128	0,0250	0,3858	181,2867
Año 2007	5	0,1000	37,3800	8,2280	1,7800	16,3181	198,3240
Año 2008	5	0,0100	0,0107	0,0101	0,0100	0,0003	3,0002
Año 2009	5	0,0000	41,0000	10,2000	0,0000	17,7539	174,0576
Año 2010	5	0,0000	6,7000	3,5200	4,3000	2,9878	84,8809
Año 2011	5	3,7000	4,7000	4,1000	4,2000	0,4183	10,2032
Año 2012	5	3,1600	13,4800	9,9840	11,4800	4,0847	40,9121
Año 2013	-	-	-	-	-	-	-
Año 2014	4	1,2900	17,9900	6,9175	4,1950	7,6911	111,1826
Año 2015	3	5,0700	12,8100	8,4000	7,3200	3,9814	47,3978
Año 2016	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Año 2017	5	0,0000	3,0000	0,9000	0,5000	1,2450	138,3322
Año 2018	4	8,2900	34,9200	24,7925	27,9800	11,4924	46,3544

(-): Sin datos para el periodo
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-68. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

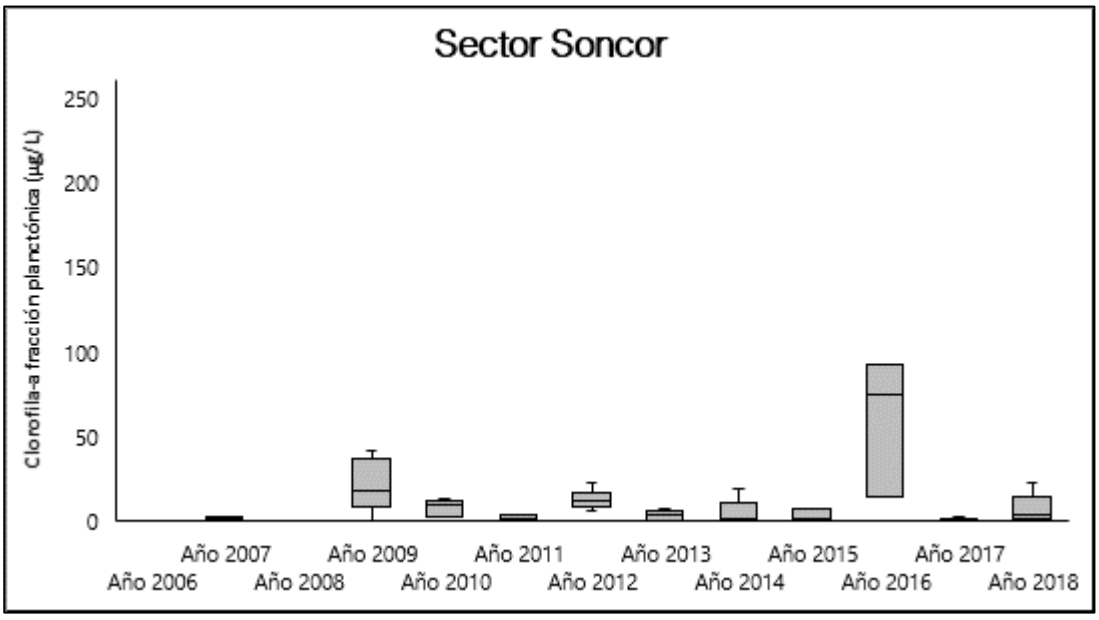
En cuanto al sector de Soncor, los valores de concentración de clorofila-a planctónica variaron entre 0,00 y 92,00 µg/L, además, los distintos coeficientes de variación determinados durante los distintos periodos indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de clorofila-a planctónica registrados en el sector (Tabla 6-52). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=37,45 g.l=12, p=0,0002, Anexo XIV). Estas diferencias indican que el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a años 2006 y 2008. Las concentraciones de clorofila-a planctónica, medidas el año 2018 fueron mayores que las determinadas los años 2006 y 2008 pero fueron menores que las determinadas el año 2016 (Figura 6-69).

Tabla 6-52. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de clorofila-a planctónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Planctónica (µg/L)							
Estación	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0070	0,0360	0,0156	0,0120	0,0116	74,5632
Año 2007	5	1,0680	2,1360	1,5486	1,3350	0,5472	35,3343
Año 2008	5	0,0100	0,0427	0,0167	0,0100	0,0146	87,2889
Año 2009	5	0,3000	41,6000	21,8400	18,2000	15,9312	72,9450
Año 2010	5	2,2000	12,9000	7,6200	9,8000	4,7819	62,7552
Año 2011	5	0,0000	3,7000	2,5400	3,2000	1,4724	57,9690
Año 2012	5	6,3200	22,9600	12,3420	11,4700	6,2988	51,0357
Año 2013	4	0,0000	6,8200	3,3725	3,335	2,8830	85,4876
Año 2014	5	0,0000	19,4600	4,7940	1,4300	8,2415	171,9138
Año 2015	3	1,5800	7,1600	5,2667	7,0600	3,1931	60,6292
Año 2016	3	14,0000	92,0000	60,3333	75,0000	41,0163	67,9827
Año 2017	4	0,0000	2,0000	0,5000	0,0000	1,0000	200,0000
Año 2018	5	0,1300	22,9500	6,7170	3,8200	9,2637	137,9146

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-69. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

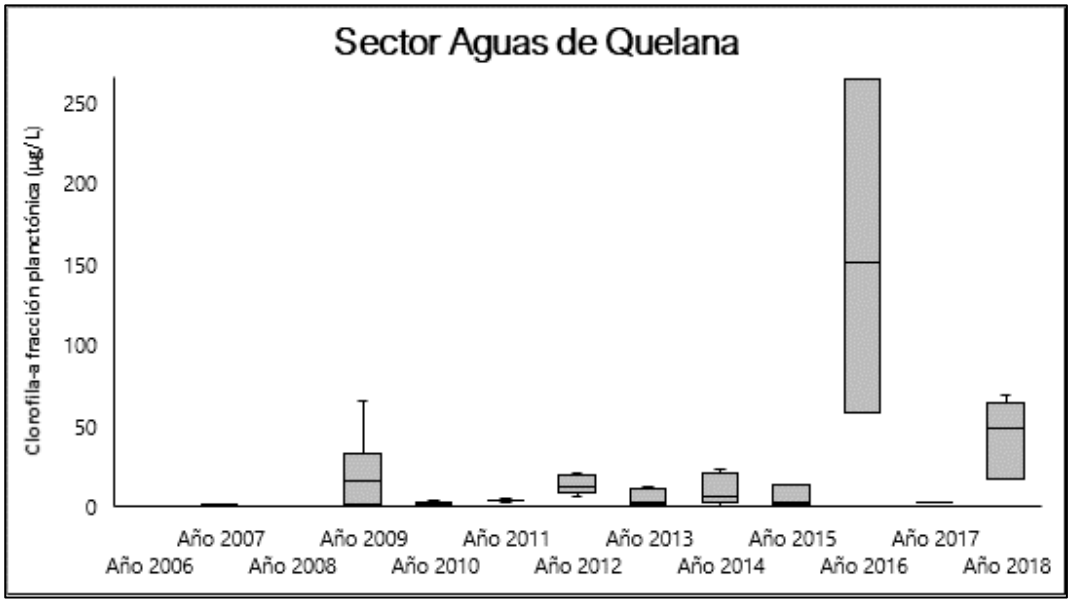
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las concentraciones de clorofila-a variaron entre 0,00 y 264,00 µg/L, al igual que lo detectado en Puilar y Soncor los distintos coeficientes de variación determinados en las diferentes campañas de monitoreo revelan una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe variabilidad interanual en los datos de clorofila-a planctónica registrados en el sector (Tabla 6-53). Además, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican la existencia diferencias significativas en las concentraciones de clorofila-a planctónica (KW=60,92; g.l=11, p<0,0001, Anexo XIV). La concentración de clorofila-a planctónica determinada en el actual periodo 2018 varió respecto a los valores determinados durante todos los periodos, excepto con el año 2016. Los valores registrados durante el año 2018 fueron más altos que los registrados en los otros periodos, la excepción se detectó el año 2016, periodo que presentó los mayores valores de clorofila registrados históricamente en el sector (Figura 6-70).

Tabla 6-53. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Planctónica (µg/L)							
Estación	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	0,0040	0,0760	0,0360	0,0200	0,0302	83,9330
Año 2007	10	0,1000	1,9071	0,8040	0,9536	0,5657	70,3641
Año 2008	10	0,0100	0,0320	0,0136	0,0107	0,0073	53,9961
Año 2009	10	0,0000	65,2000	19,7500	15,3000	21,4550	108,6331
Año 2010	10	0,0000	4,1900	1,3500	1,1050	1,4933	110,6162
Año 2011	8	2,1000	4,7000	3,4375	3,2000	0,7800	22,6908
Año 2012	5	6,3200	20,9600	13,5440	12,3200	5,5346	40,8638
Año 2013	6	0,7100	12,4900	5,1333	2,58	5,0402	98,1866
Año 2014	5	0,5000	22,9400	10,1640	5,7400	9,6365	94,8097
Año 2015	3	1,0800	12,7700	5,3367	2,1600	6,4601	121,0506
Año 2016	3	58,0000	264,0000	157,6667	151,0000	103,1617	65,4302
Año 2017	1	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	-	-
Año 2018	7	16,4100	68,2900	44,4271	48,2800	20,7564	46,7200

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-70. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Temperatura medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

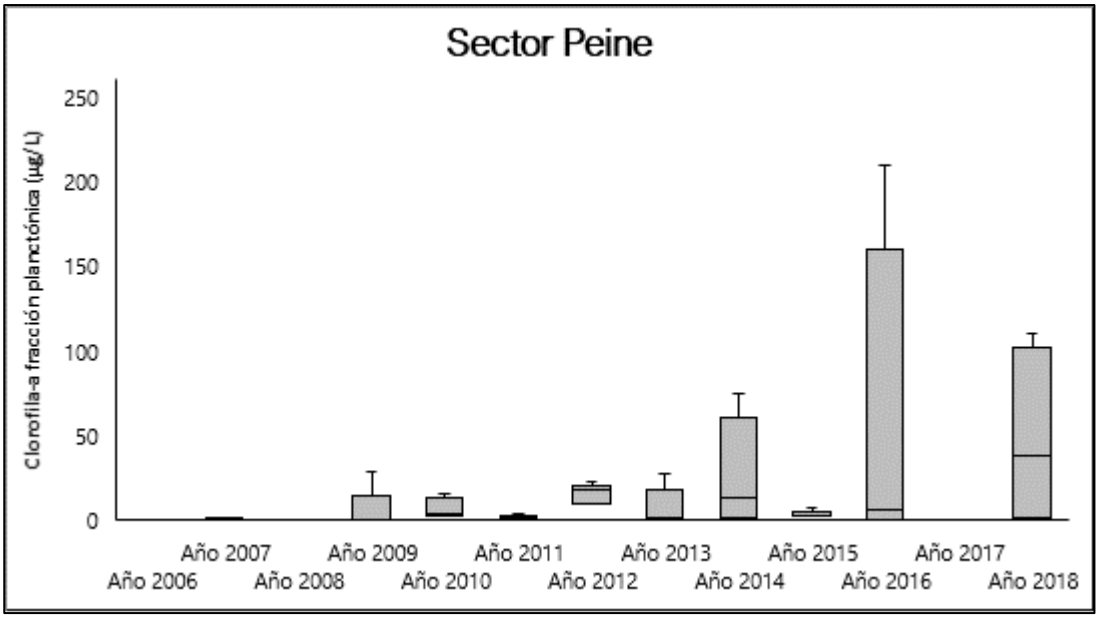
Finalmente, la concentración de la clorofila-a planctónica medida en el sector de Peine varió entre 0,00 y 209,00 µg/L durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-54). Por otro lado, la comparación estadística de la temporalidad interanual para el sector indica que se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo de monitoreo con algunos de los periodos de monitoreo anteriores (KW= 33,49; g.l=12, p=0,0004, Anexo XIII). Las principales diferencias se presentaron para el actual periodo de monitoreo 2018, el cual varió respecto a los años 2006-2008 y 2017. Los valores de clorofila-a planctónica medidos el año 2018 fueron más altos que los valores medidos los años 2006-2008 y 2017, sin embargo, fueron menores que los detectados el año 2016. (Figura 6-71).

Tabla 6-54. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Planctónica (µg/L)							
Estación	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0010	0,0040	0,0022	0,0020	0,0011	49,7930
Año 2007	5	0,1000	0,9889	0,6197	0,9207	0,4752	76,6878
Año 2008	3	0,0100	0,0320	0,0173	0,0100	0,0127	73,3559
Año 2009	5	0,0000	28,5000	5,8400	0,0000	12,6710	216,9683
Año 2010	5	2,1000	15,6000	6,8400	3,6000	5,7839	84,5593
Año 2011	5	0,0000	3,2000	2,0000	2,1000	1,2062	60,3117
Año 2012	5	9,4800	22,9600	15,6720	17,8000	5,6824	36,2580
Año 2013	5	0,0000	27,0000	7,3960	0,7900	11,6251	157,1815
Año 2014	5	0,6800	74,6200	26,9720	13,1400	32,2518	119,5750
Año 2015	5	2,5800	7,4800	3,6980	2,7400	2,1253	57,4705
Año 2016	4	0,0000	209,0000	55,2500	6,0000	102,6560	185,8027
Año 2017	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Año 2018	4	0,6650	110,4700	46,8500	38,1325	54,6580	116,6659

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-71. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a planctónica medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Cabe indicar que a lo largo de todo el periodo de monitoreo este parámetro ha presentado una gran variabilidad en todos los sectores evaluados, presentando variaciones interanuales e intersectores que no responden a un patrón específico, por su parte la clorofila-a planctónica tiene estrecha relación con los niveles de abundancia de las microalgas planctónicas por lo que debiera esperarse una relación directamente proporcional con la abundancia de estos microorganismos, sin embargo, durante todo el periodo de monitoreo este patrón no se ha visto evidenciado, por lo que se sugiere continuar evaluando este parámetro con especial atención.

6.5.2.2 Clorofila-a del Fitobentos

En relación con la clorofila-a presente en la fracción bentónica, el análisis interanual de las concentraciones de clorofila-a presente en los sustratos (fitobentos) evidenció la existencia de diferencias significativas en la cantidad de clorofila-a medida en los distintos sectores monitoreados en el Salar de Atacama. Los valores de clorofila-a a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) han variado entre valores cercanos a 0,00 y 120,99 µg/L. Los menores valores de clorofila han sido determinados en los sectores de Soncor y Aguas de Quelana, mientras que el mayor valor se detectó en el sector de Puilar el año 2018. Cabe indicar que, de todos los periodos estudiados, los años 2008 y 2018 presentaron las mayores concentraciones de clorofila-a en el fitobentos (Tabla 6-55).

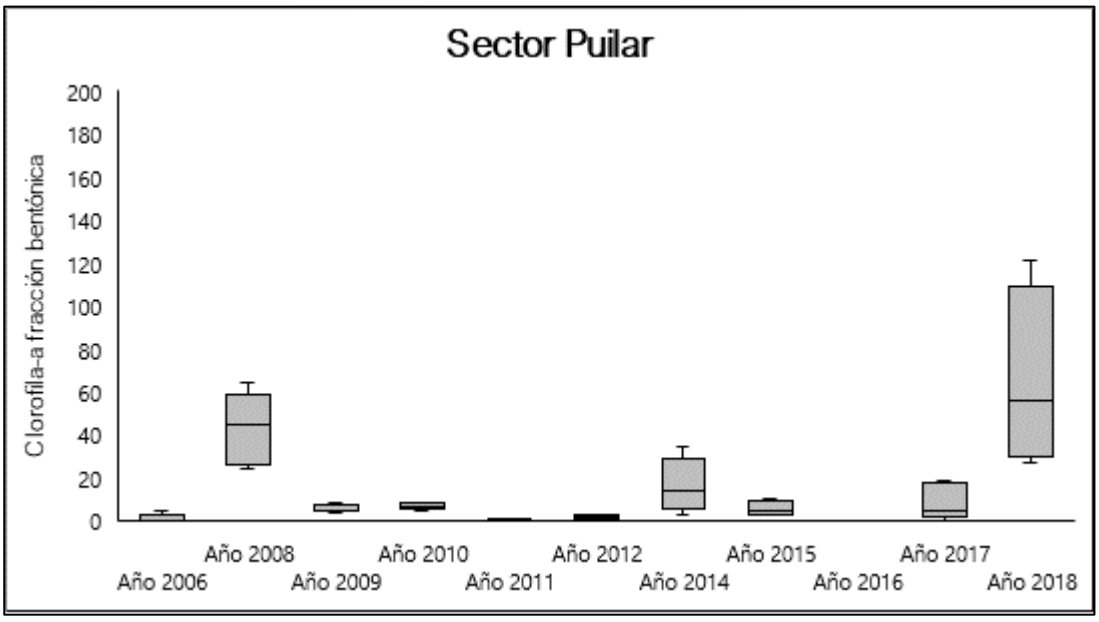
De acuerdo con análisis por sitio, en el sector de Puilar los valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) variaron entre 0,04 y 120,99 mg/m^2 (Tabla 6-55) por su parte, los distintos coeficientes de variación determinados durante las distintas campañas de monitoreo indican una alta heterogeneidad en los datos indicando una alta variabilidad interanual en las concentraciones de clorofila-a bentónica registradas en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=39,69; g.l=12, p<0,001, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a los años 2006-2008-2009-2010-2011-2012-2015 y 2017. Los valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos los años fueron 2008 y 2018 más altos que los determinados los otros años (Figura 6-72). Estas diferencias pueden verse explicadas por las grandes variaciones en la productividad primaria que presentan de forma natural de manera estacional este tipo de sistemas hidrológicos (Wetzel, 2001).

Tabla 6-55. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Bentónica							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,1120	5,0070	1,2064	0,1580	2,1346	176,9417
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	5	23,9768	64,5529	42,9738	45,1870	16,8106	39,1182
Año 2009	5	4,2000	8,5000	5,9000	5,1000	1,6897	28,6386
Año 2010	5	5,2000	8,8000	6,9600	6,9000	1,7271	24,8152
Año 2011	5	0,0000	1,3400	0,7300	0,9700	0,6833	93,6029
Año 2012	5	0,6300	3,3300	2,0660	2,2100	0,9718	47,0386
Año 2013	-	-	-	-	-	-	-
Año 2014	4	2,9700	34,2600	16,4600	14,3050	13,0188	79,0937
Año 2015	4	3,0900	10,4200	5,5800	4,4050	3,3886	60,7272
Año 2016	3	0,0418	0,3621	0,2201	0,2563	0,1632	74,1447
Año 2017	5	0,3440	19,2000	8,8228	4,9700	8,3404	94,5325
Año 2018	4	27,2150	120,9850	65,2850	56,4700	42,0960	64,4804

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-72. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

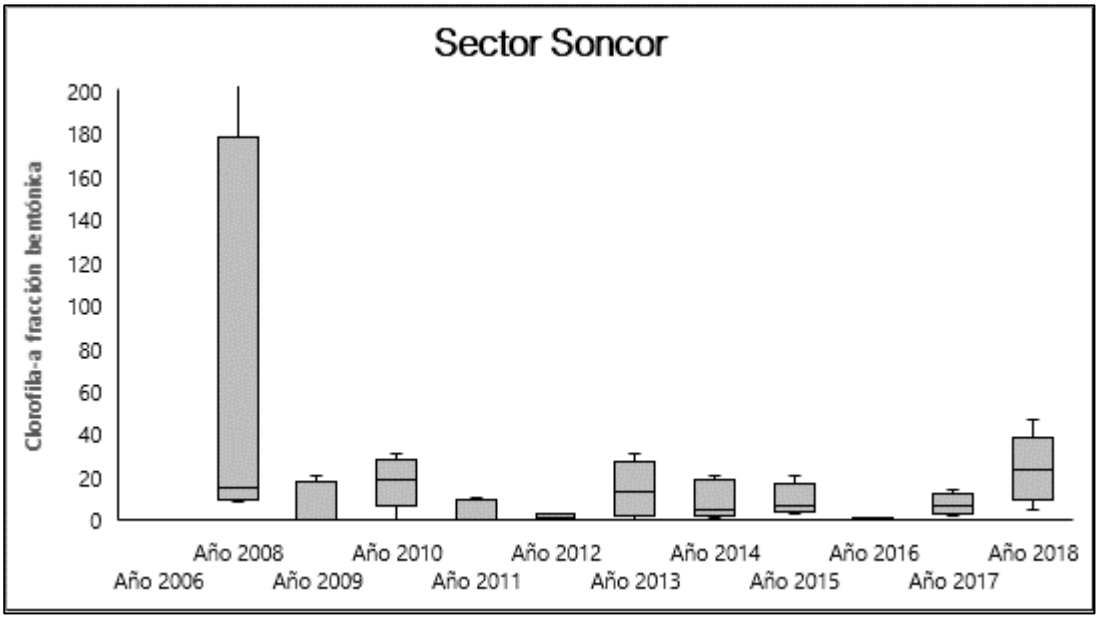
En cuanto al sector de Soncor, los valores de concentración de clorofila-a bentónica variaron entre 0,00 y 330,14 mg/m^2, Además, los coeficientes de variación determinados en los diferentes periodos de monitoreo al igual que lo detectado en el sector de Puilar, indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-56). La comparación estadística realizada entre los distintos periodos de estudio para el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=24,34 g.l=12, p=0,0111, Anexo XIII), los valores de clorofila-a bentónica medidos durante el actual periodo de monitoreo (año 2018) variaron significativamente respecto a los medidos los años 2006-2011-2012 y 2017. Las concentraciones de clorofila-a bentónica, medidas el año 2018 fueron mayores que las registradas en los años 2006-2011-2012 y 2017 pero fueron menores que las registradas durante el periodo 2008 (Figura 6-73).

Tabla 6-56. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Bentónica							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0580	0,3050	0,1178	0,0790	0,1051	89,2299
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	5	8,2997	330,1420	78,0168	14,7549	141,1252	180,8908
Año 2009	5	0,0000	20,4000	7,1000	0,0000	9,9010	139,4508
Año 2010	5	0,0000	31,1000	17,6800	18,6000	11,9364	67,5134
Año 2011	5	0,0000	10,2500	3,6500	0,0000	5,0609	138,6542
Año 2012	5	0,6300	3,2100	1,6860	1,4300	1,0392	61,6354
Año 2013	4	0	31,31	14,29	12,925	13,1722866	92,1783524
Año 2014	5	1,3000	20,3600	9,1960	5,0600	8,5768	93,2665
Año 2015	4	2,8500	20,3900	8,9125	6,2050	7,8166	87,7042
Año 2016	3	0,2726	0,6356	0,4057	0,3090	0,1999	49,2773
Año 2017	4	2,3700	13,9000	7,1700	6,2050	5,0137	69,9262
Año 2018	5	5,1850	46,2700	23,8280	23,2050	15,6155	65,5341

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-73. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

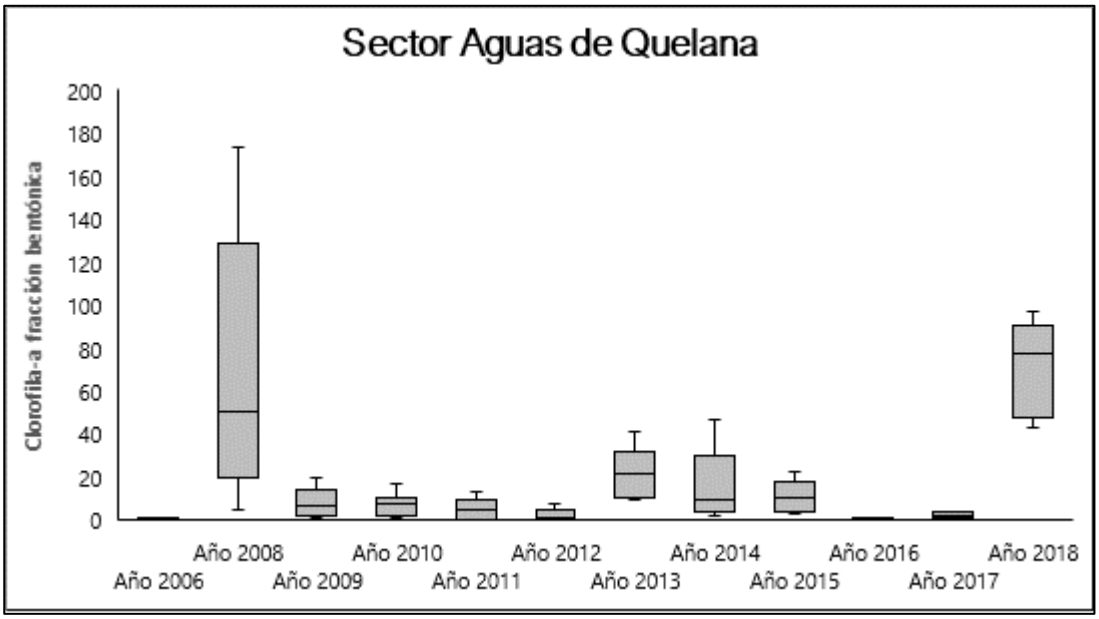
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, el rango de valores de concentración de clorofila-a bentónica varió entre 0,00 y 173,77 mg/cm^2. Los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-57). La comparación estadística realizada entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican la existencia de diferencias significativas (KW=55,26 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII). Los valores de clorofila-a determinados durante el actual periodo de monitoreo (año 2018) variaron respecto a todos los periodos excepto con los años 2008 y 2017. En general, los valores registrados durante el año 2018 fueron más altos que los registrados en los otros periodos (Figura 6-74).

Tabla 6-57. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Bentónica							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	0,0260	0,6370	0,2927	0,1600	0,2508	85,6899
Año 2007	10	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
Año 2008	9	4,6109	173,3706	70,0860	50,7201	60,2656	85,9881
Año 2009	10	1,0000	20,1000	8,0500	6,8500	6,7116	83,3734
Año 2010	10	0,7000	16,8000	7,0900	7,8000	5,2284	73,7438
Año 2011	8	0,0000	12,8700	5,0663	4,4950	4,7823	94,3944
Año 2012	5	0,4800	7,2000	2,1960	0,9500	2,8162	128,2410
Año 2013	6	9,79	40,86	22,1266667	21,57	11,7372734	53,0458273
Año 2014	6	2,0400	46,3400	16,1367	9,7900	16,6446	103,1477
Año 2015	5	3,1200	22,3300	10,7280	10,8200	7,9017	73,6553
Año 2016	3	0,0221	1,0161	0,3789	0,0986	0,5531	145,9832
Año 2017	2	1,0200	3,5500	2,2850	2,2850	1,7890	78,2923
Año 2018	7	43,0600	97,1400	71,6079	77,5250	20,6707	28,8665

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-74. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

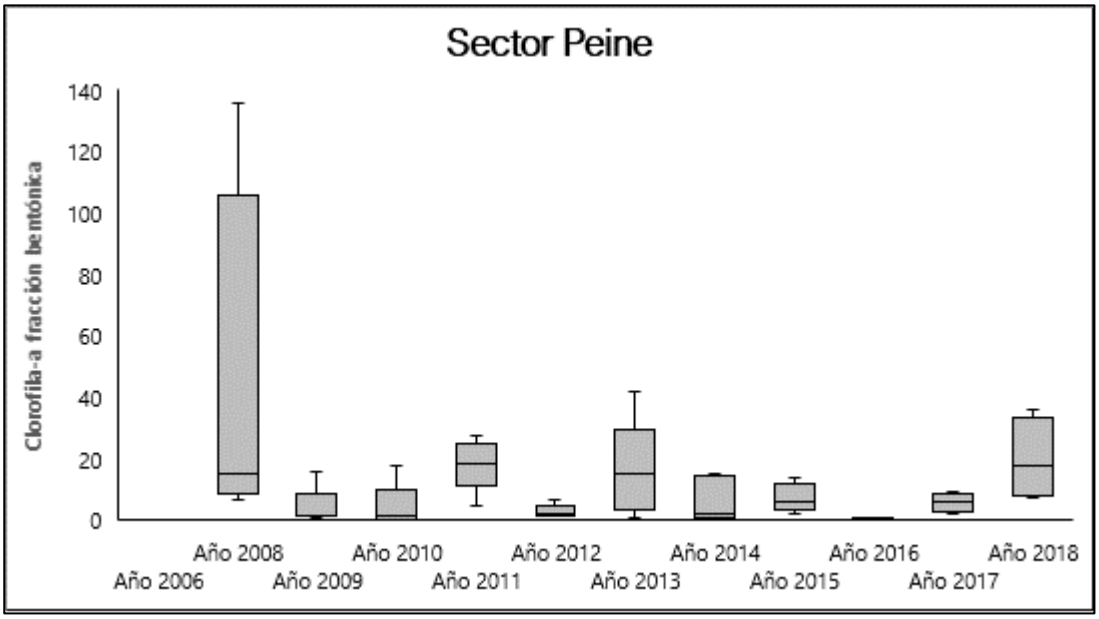
Finalmente, el rango de valores de concentración de clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine varió entre 0,00 y 135,56 mg/cm^2 durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018). Los coeficientes de variación indican mayor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican como tendencia general una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-58). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 33,49 g.l=11, p=0,0004, Anexo XIII). El periodo de monitoreo 2018 varió respecto a los años 2006-2012 y 2017. Los valores de clorofila-a bentónica medidos en el año 2018 fueron mayores a los medidos en los otros periodos, pero fueron menores que los determinados el periodo 2008 (Figura 6-75). Estas diferencias pueden verse explicadas por las grandes variaciones en la productividad primaria que presentan de forma natural de manera estacional este tipo de sistemas hidrológicos (Wetzel, 2001).

Tabla 6-58. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Temperatura registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Clorofila-a Bentónica							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0130	0,0390	0,0220	0,0190	0,0106	48,3188
Año 2007	5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001	0,00001
Año 2008	4	6,4553	135,5611	43,1121	15,2160	61,7720	143,2822
Año 2009	5	0,5000	15,5000	4,2800	1,7000	6,2986	147,1629
Año 2010	5	0,0000	17,5000	4,2600	1,3000	7,4742	175,4497
Año 2011	5	4,8800	27,3600	18,1400	18,2000	8,3472	46,0157
Año 2012	5	1,6300	6,8900	2,8280	1,9000	2,2776	80,5383
Año 2013	5	0,7300	41,7200	16,0680	14,9400	15,9023	98,9686
Año 2014	5	0,2000	14,8200	6,4480	2,0600	7,4374	115,3449
Año 2015	5	1,9800	13,5800	7,1540	5,6400	4,6252	64,6521
Año 2016	4	0,4524	0,9736	0,7521	0,7912	0,2272	30,2020
Año 2017	4	2,2600	9,0200	5,7375	5,8350	2,9940	52,1822
Año 2018	4	7,2400	36,1500	19,5325	17,3700	13,1469	67,3076

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-75. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Clorofila-a bentónica medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que con la clorofila-a de la fracción planctónica, cabe señalar que a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) este parámetro ha presentado una gran variabilidad en todos los sectores evaluados, y tal como se presentó con la clorofila-a planctónica, ha presentado variaciones interanuales e intersectores que no responden a un patrón específico. Además, la clorofila-a bentónica tiene estrecha relación con los niveles de abundancia de las microalgas bentónicas por lo que debiera esperarse una relación directamente proporcional con la abundancia de estos microorganismos, sin embargo, durante todo el periodo de monitoreo este patrón no se ha visto evidenciado de manera clara, ya que existen periodos donde si se aprecia la correlación, pero otros periodos de muestreo donde no se evidencia dicha correlación, por lo que tal como se sugirió respecto a la clorofila-a planctónica este parámetro se debe continuar evaluando con especial atención.

6.5.2.3 Fitoplancton

Los productores primarios que habitan la columna de agua son representantes típicos de sistemas lénticos y los principales responsables de la productividad primaria. A través del tiempo la comparación interanual de los valores de abundancia y riqueza de organismos fitoplanctónicos ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

- Abundancia

En relación con el sector de Puilar, los valores de abundancia total medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 400.000 cél/l (Tabla 6-59) los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en niveles

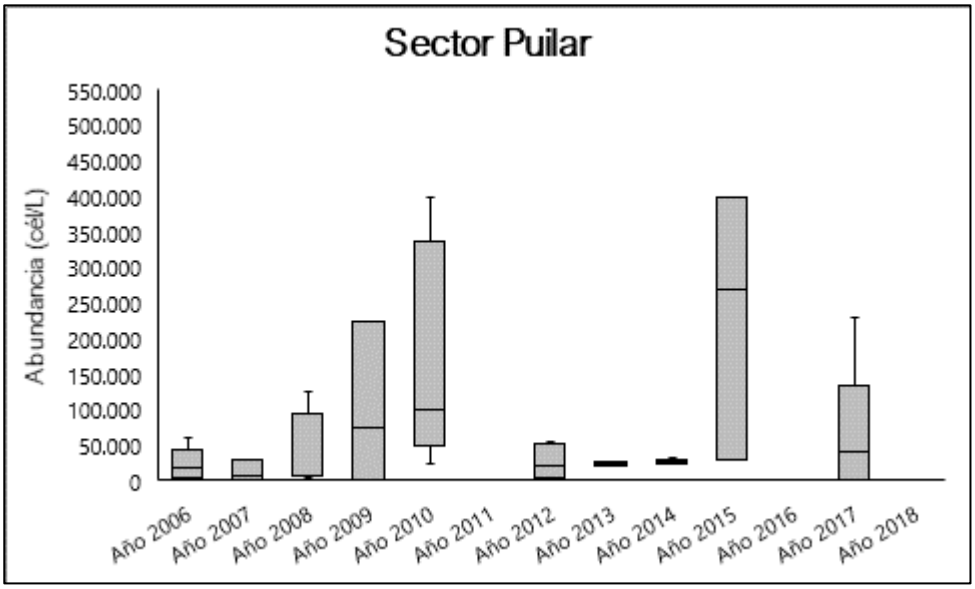
de abundancia total de microalgas planctónicas registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=49,73 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a todos los periodos de monitoreo excepto con los años 2006 y 2008. En general los valores de abundancia de microalgas fueron menores durante el año 2018 (Figura 6-76).

Tabla 6-59. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitoplancton (cél/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0	59.509,0	22.465,6	17.694,0	22.920,7	102,0
Año 2007	5	0,0	29.008,0	13.171,0	7.631,0	14.470,8	109,9
Año 2008	5	5.022,0	125.353,0	41.973,4	8.084,0	52.967,9	126,2
Año 2009	5	0,0	225.000,0	105.000,0	75.000,0	113.743,1	108,3
Año 2010	5	25.000,0	400.000,0	175.000,0	100.000,0	157.122,6	89,8
Año 2011	5	320,0	1.420,0	714,0	490,0	461,9	64,7
Año 2012	5	3.000,0	54.900,0	26.320,0	20.100,0	23.365,9	88,8
Año 2013	2	20.000,0	26.000,0	23.000,0	23.000,0	4.242,6	18,4
Año 2014	4	23.000,0	31.000,0	26.750,0	26.500,0	3.862,2	14,4
Año 2015	3	30.000,0	400.000,0	233.333,3	270.000,0	187.705,4	80,4
Año 2016	3	900,0	2.400,0	1.700,0	1.800,0	755,0	44,4
Año 2017	5	0,0	230.000,0	62.000,0	40.000,0	96.020,8	154,9
Año 2018	4	74,9	778,5	507,9	589,0	302,7	59,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-76. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

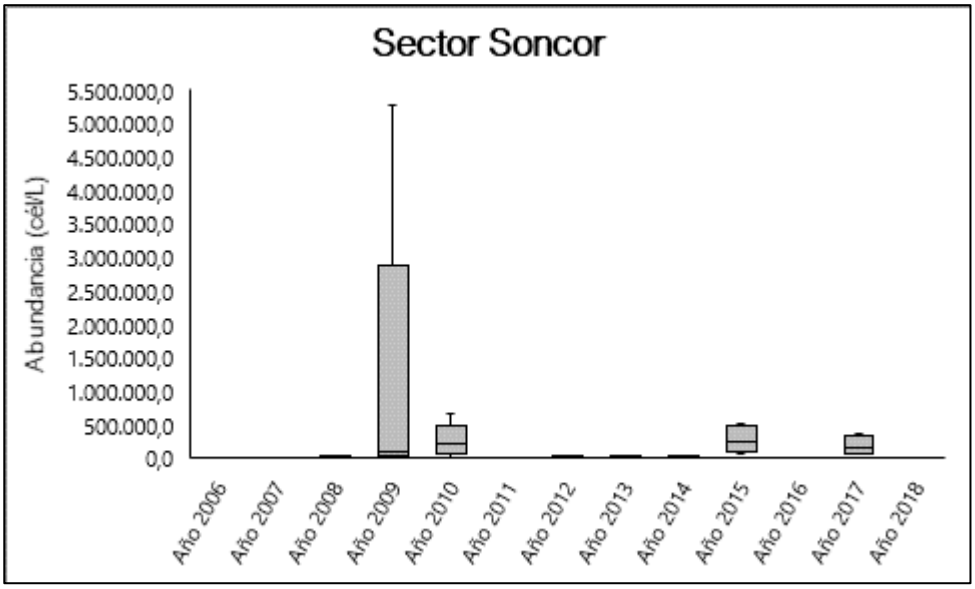
En cuanto al sector de Soncor, los valores de abundancia total de microalgas plantónicas medidos durante todo el periodo de monitoreo (año 2006-2018) han variado entre 42 y 5.275.000 cél/l. Al igual que lo detectado en el sector de Puilar, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de temperatura registrados en el sector (Tabla 6-60). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=35,84; g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a los años 2006-2007-2008-2011-2013-2014-2015 y 2017. Los valores de abundancia total de microalgas planctónicas detectados el año 2018 fue menor respecto a los periodos anteriores. Cabe indicar que el año 2009 fue el periodo que presento significativamente las mayores abundancias de organismos fitoplanctonicos en el sector (Figura 6-77).

Tabla 6-60. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitoplancton (cél/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	183,0	8.895,0	3.827,8	3.659,0	3.402,4	88,9
Año 2007	5	543,0	15.441,0	8.109,0	5.100,0	6.573,4	81,1
Año 2008	5	5.883,0	29.130,0	12.544,8	9.285,0	9.433,4	75,2
Año 2009	5	0,0	5.275.000,0	1.180.000,0	100.000,0	2.296.832,1	194,6
Año 2010	5	0,0	675.000,0	260.000,0	225.000,0	254.705,7	98,0
Año 2011	5	310,0	710,0	432,0	370,0	160,4	37,1
Año 2012	5	0,0	45.400,0	17.820,0	8.000,0	21.283,1	119,4
Año 2013	4	20.000,0	25.000,0	22.750,0	23.000,0	2.061,6	9,1
Año 2014	5	22.000,0	29.000,0	25.800,0	26.000,0	2.588,4	10,0
Año 2015	4	70.000,0	520.000,0	265.000,0	235.000,0	217.025,3	81,9
Año 2016	2	800,0	2.500,0	1.650,0	1.650,0	1.202,1	72,9
Año 2017	4	50.000,0	370.000,0	182.500,0	155.000,0	135.000,0	74,0
Año 2018	5	41,5	337,0	126,3	61,2	124,9	98,9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-77. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

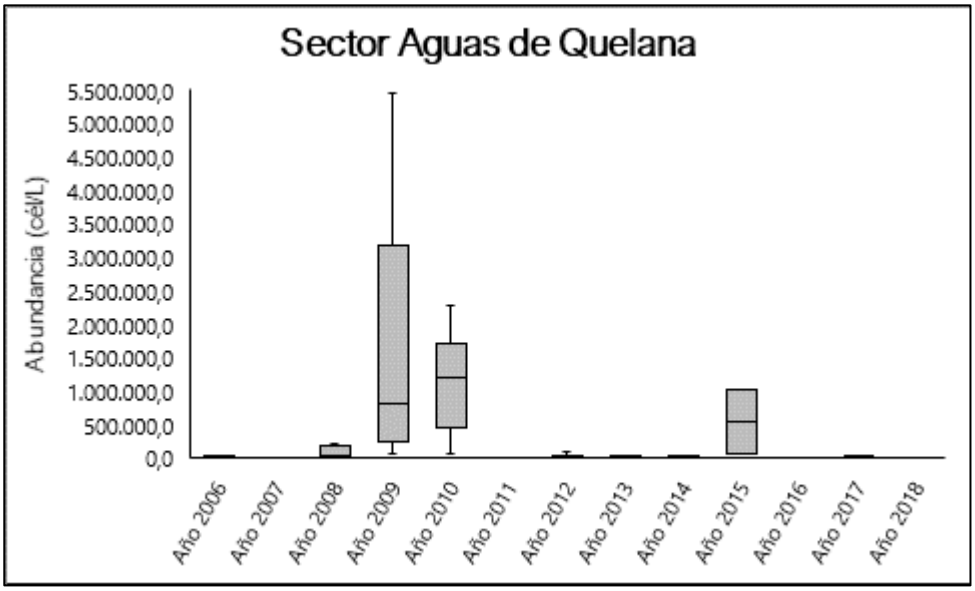
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias del fitoplancton variaron entre 0 y 7.350.000 cél/l, como ha sido la tendencia en todos los sectores evaluados, los distintos coeficientes de variación determinados en los distintos periodos de muestreo indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando a su vez que existe una alta y marcada variabilidad interanual en los valores de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-61). La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas respecto a los niveles de abundancia total de microalgas planctónicas (KW=62,03 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII). Los valores de abundancia total determinados durante el periodo 2018 variaron respecto a los detectados los años 2009 y 2010. Las abundancias de organismos fitoplanctónicos determinadas el año 2018 fueron menores, sin embargo, estuvieron dentro de los rangos detectados en periodos anteriores. (Figura 6-78). Los años 2009-2010 y 2015 fueron los periodos que presentaron una mayor abundancia respecto al resto de los periodos monitoreados. Cabe indicar que el sector de Aguas de Quelana ha tenido una gran variabilidad respecto a los niveles de agua detectados durante todo el periodo de monitoreo producto de las grandes variaciones anuales que este sistema históricamente ha presentado, las que son propias de su dinámica y que fueron descritas en la línea de base del proyecto, encontrándose en numerosas ocasiones varias de sus estaciones de muestreo sin agua superficial suficiente para el muestreo.

Tabla 6-61. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitoplancton (cél/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	743,0	182.215,0	40.224,0	10.602,0	64.940,0	161,4
Año 2007	9	77,0	9.463,0	4.614,3	6.137,0	3.704,3	80,3
Año 2008	9	12.940,0	937.731,0	156.272,4	19.556,0	302.035,5	193,3
Año 2009	10	50.000,0	5.455.000,0	1.788.000,0	800.000,0	1.947.775,4	108,9
Año 2010	10	75.000,0	7.350.000,0	1.632.500,0	1.187.500,0	2.114.895,9	129,5
Año 2011	8	240,0	4.044,0	1.625,5	755,0	1.568,1	96,5
Año 2012	5	0,0	83.400,0	16.880,0	0,0	37.188,3	220,3
Año 2013	6	16.000,0	36.000,0	25.500,0	24.000,0	8.018,7	31,4
Año 2014	6	18.000,0	31.000,0	25.666,7	27.000,0	4.966,6	19,4
Año 2015	2	50.000,0	1.010.000,0	530.000,0	530.000,0	678.822,5	128,1
Año 2016	3	0,0	700,0	300,0	200,0	360,6	120,2
Año 2017	1	40.000,0	40.000,0	40.000,0	40.000,0	-	-
Año 2018	7	51,8	37.049,2	13.261,7	3.325,8	15.770,6	118,9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-78. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

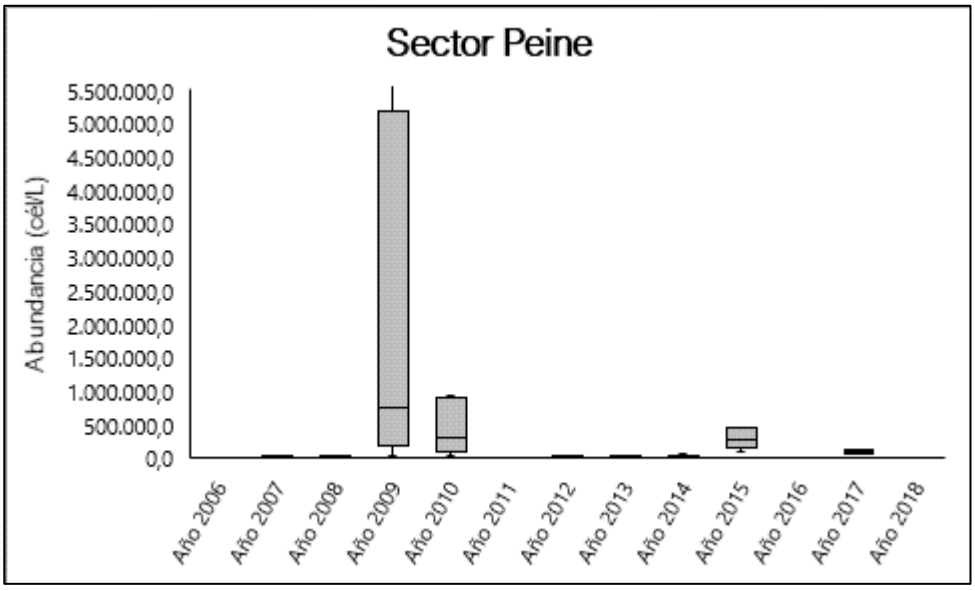
Finalmente, las abundancias totales de microalgas planctónicas determinadas en el sector de Peine han variado entre 0 y 6.500.000 cél/l durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018). Por su parte, al igual que en todos los sectores monitoreados, los coeficientes de variación determinados en el sector de Peine indican una gran variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, además, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-62). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 46,06 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII). Los valores de abundancia total de microalgas planctónicas medidos durante el periodo de monitoreo 2018 variaron significativamente respecto a los valores detectados los años 2009-2010-2013-2014-2015 y 2017. Las abundancias detectadas durante el año 2018 fueron menores que las detectadas en los periodos 2009-2010-2013-2014-2015 y 2017. Al igual que en los otros tres sectores del Salar de Atacama, el periodo de monitoreo 2009 fue el periodo que presentó los mayores niveles de abundancia en el sector de Peine (Figura 6-79). Cabe indicar que respecto al rango de valores de abundancia total de microalgas planctónicas medido durante todo el periodo de monitoreo, los valores detectados el año 2018 se encuentran dentro de este rango, existe un patrón con una tendencia a una baja a moderada abunancia de microalgas planctónicas. Sin embargo el periodo de monitoreo de 2009 existieron mayores abundancias en el sector, las cuales tal vez pudieron deberse a distintos factores, tales como climáticos o de concentración de nutrientes presentes en los cuerpos de agua en los momentos puntuales en los que fue realizado el muestreo. A pesar de esto, la tendencia detectada en la abundancia de microalgas planctónicas se ha mantenido en el tiempo.

Tabla 6-62. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitoplancton (cél/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	3	1.078,0	12.404,0	6.350,3	5.569,0	5.703,3	89,8
Año 2007	5	30,0	23.363,0	7.842,0	3.434,0	9.466,8	120,7
Año 2008	5	0,0	39.820,0	15.562,2	14.933,0	16.246,5	104,4
Año 2009	5	25.000,0	6.500.000,0	2.295.000,0	750.000,0	2.810.660,5	122,5
Año 2010	5	25.000,0	925.000,0	455.000,0	300.000,0	418.105,8	91,9
Año 2011	5	330,0	1.760,0	752,0	440,0	598,0	79,5
Año 2012	5	500,0	39.400,0	16.700,0	4.000,0	19.949,4	119,5
Año 2013	5	26.000,0	37.000,0	30.000,0	27.000,0	5.147,8	17,2
Año 2014	5	19.000,0	48.000,0	32.600,0	32.000,0	11.414,9	35,0
Año 2015	5	100.000,0	460.000,0	290.000,0	270.000,0	154.110,4	53,1
Año 2016	4	300,0	3.500,0	1.500,0	1.100,0	1.423,6	94,9
Año 2017	4	70.000,0	130.000,0	92.500,0	85.000,0	26.299,6	28,4
Año 2018	4	154,7	7.437,5	2.158,0	519,9	3.525,3	163,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-79. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

- Riqueza

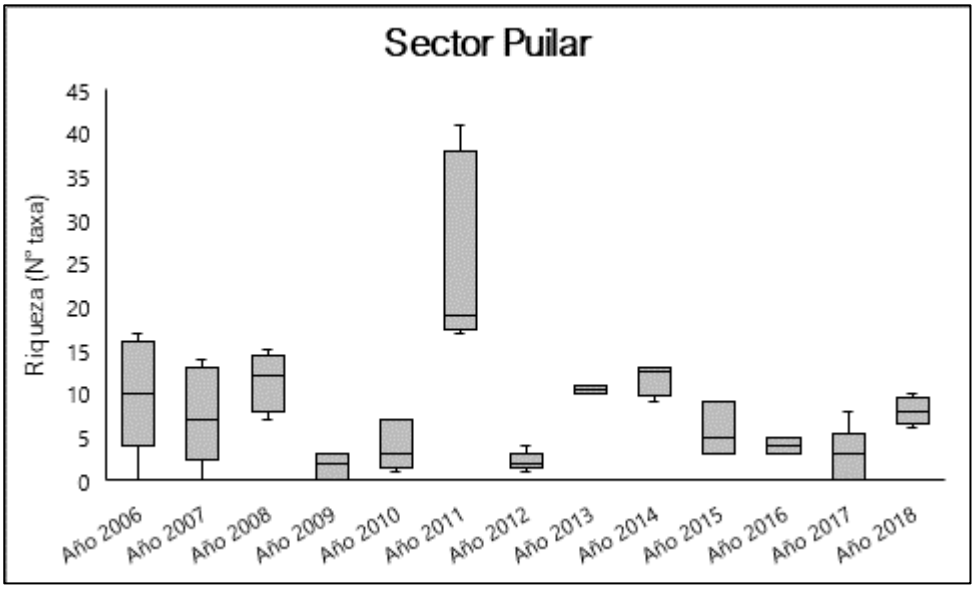
Respecto a la riqueza del fitoplancton, para el sector de Puilar, los valores de riqueza total medidos durante todo el periodo de monitoreo han variado entre 0 y 41 taxa (Tabla 6-63**)** de la misma manera que lo detectado con la abundancia, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando una alta variabilidad interanual en los datos de riqueza registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=37,30 g.l=12, p=0,0002, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a los años 2009-2011-2012 y 2016. La riqueza del fitoplancton fue mayor durante el año 2018 respecto a los años 2009-2012 y 2016 pero fue menor respecto al año 2011. (Figura 6-80). Cabe indicar que el periodo de monitoreo 2011 presentó los mayores niveles de riqueza y que los valores detectados en la actual campaña de monitoreo (año 2018) se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-63. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitoplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0	17	10	10	6,7	66,7
Año 2007	5	0	14	8	7	5,6	73,6
Año 2008	5	7	15	11	12	3,4	29,5
Año 2009	5	0	3	2	2	1,5	94,8
Año 2010	5	1	7	4	3	2,8	70,7
Año 2011	5	17	41	26	19	11,2	43,0
Año 2012	5	1	4	2	2	1,1	49,8
Año 2013	2	10	11	11	11	0,7	6,7
Año 2014	4	9	13	12	13	1,9	16,1
Año 2015	3	3	9	6	5	3,1	53,9
Año 2016	3	3	5	4	4	1,0	25,0
Año 2017	5	0	8	3	3	3,3	116,8
Año 2018	4	6	10	8	8	1,6	20,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-80. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

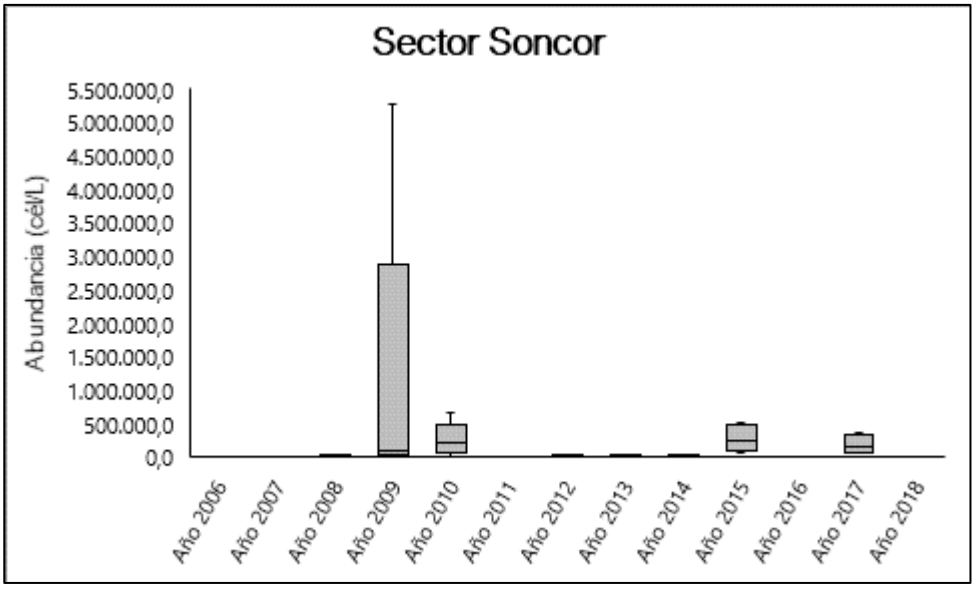
En cuanto al sector de Soncor, los valores de riqueza variaron entre 0 y 37 taxa, además, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de riqueza registrados en el sector (Tabla 6-64). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=33,00 g.l=12, p=0,0009, Anexo XIII), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a los años 2011 y 2012. Los niveles de riqueza del fitoplancton detectados durante el año 2018 fueron mayores que los detectados el año 2012 y menores que los detectados el año 2011. (Figura 6-81). Cabe señalar que el periodo de monitoreo 2011 presentó los mayores niveles de riqueza y que los valores detectados en la actual campaña se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-64. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitoplancton (cél/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	183,0	8.895,0	3.827,8	3.659,0	3.402,4	88,9
Año 2007	5	543,0	15.441,0	8.109,0	5.100,0	6.573,4	81,1
Año 2008	5	5.883,0	29.130,0	12.544,8	9.285,0	9.433,4	75,2
Año 2009	5	0,0	5.275.000,0	1.180.000,0	100.000,0	2.296.832,1	194,6
Año 2010	5	0,0	675.000,0	260.000,0	225.000,0	254.705,7	98,0
Año 2011	5	310,0	710,0	432,0	370,0	160,4	37,1
Año 2012	5	0,0	45.400,0	17.820,0	8.000,0	21.283,1	119,4
Año 2013	4	20.000,0	25.000,0	22.750,0	23.000,0	2.061,6	9,1
Año 2014	5	22.000,0	29.000,0	25.800,0	26.000,0	2.588,4	10,0
Año 2015	4	70.000,0	520.000,0	265.000,0	235.000,0	217.025,3	81,9
Año 2016	2	800,0	2.500,0	1.650,0	1.650,0	1.202,1	72,9
Año 2017	4	50.000,0	370.000,0	182.500,0	155.000,0	135.000,0	74,0
Año 2018	5	41,5	337,0	126,3	61,2	124,9	98,9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-81. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

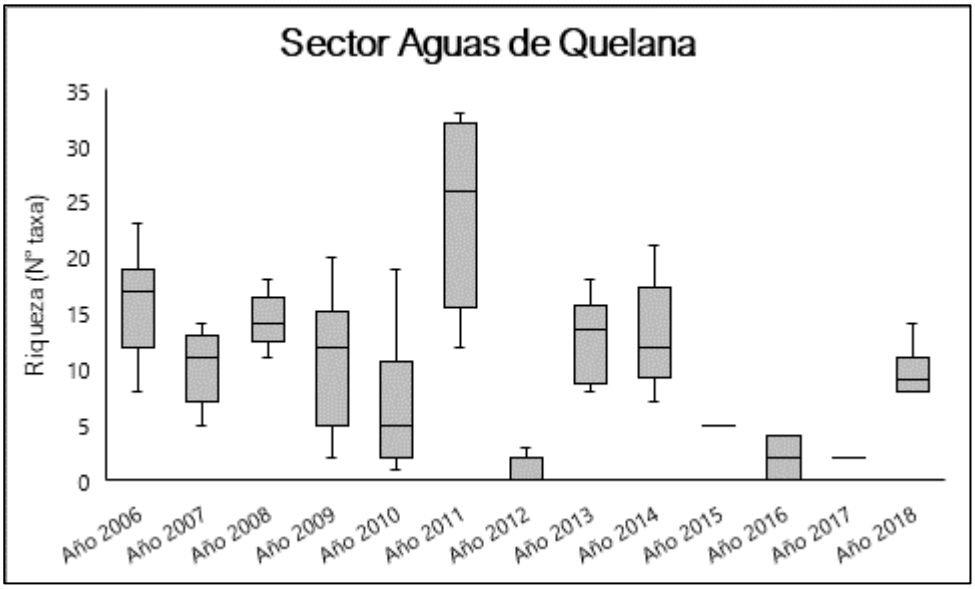
El sector Aguas de Quelana por su parte, presentó un rango de riqueza que ha variado entre 0 y 33 taxa a lo largo de todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), además, los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, señalando la existencia de una gran variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector (Tabla 6-65). La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=44,47 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII) Los niveles de riqueza detectado durante el actual periodo de monitoreo variaron respecto a los detectados durante los años 2006-2008-2011-2012 y 2016. La riqueza del fitoplancton medida el año 2018 fue mayor que la medida los años 2012 y 2016 pero fue menor que la medida los años 2006-2008 y 2011 (Figura 6-82). Cabe señalar que el periodo de monitoreo 2011 presentó los mayores niveles de riqueza y que los valores detectados en la actual campaña se encuentra dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-65. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitoplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	7	8	23	16	17	4,8	30,2
Año 2007	9	5	14	10	11	3,2	31,6
Año 2008	9	11	18	14	14	2,3	15,9
Año 2009	10	2	20	11	12	6,4	59,3
Año 2010	10	1	19	7	5	6,8	95,2
Año 2011	8	12	33	24	26	8,1	33,3
Año 2012	5	0	3	1	0	1,3	163,0
Año 2013	6	8	18	13	14	3,9	30,1
Año 2014	6	7	21	13	12	4,9	38,0
Año 2015	2	5	5	5	5	0,0	0,0
Año 2016	3	0	4	2	2	2,0	100,0
Año 2017	1	2	2	2	2	-	-
Año 2018	7	8	14	10	9	2,1	21,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-82. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitoplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

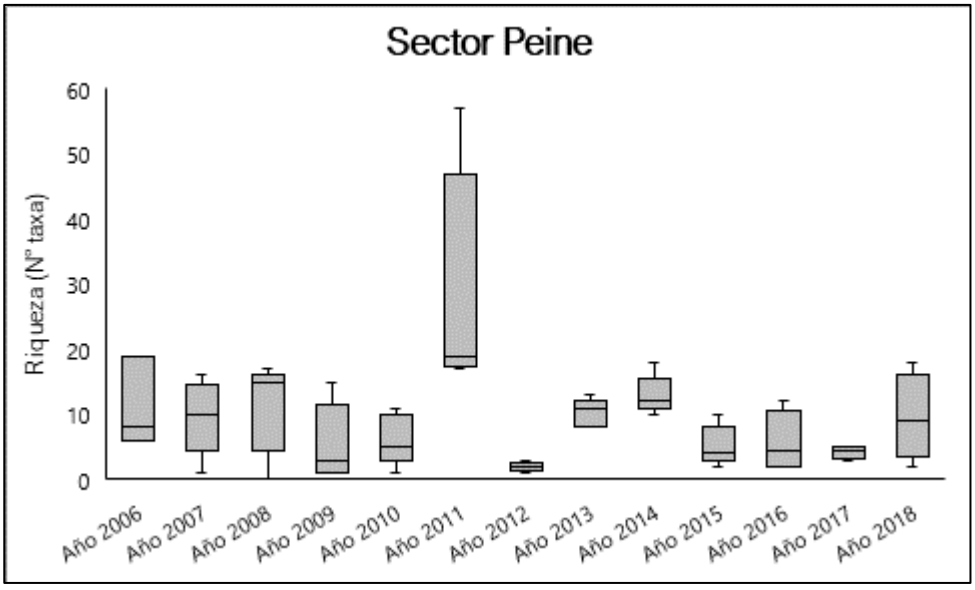
Finalmente, la riqueza de taxa medida en el sector de Peine durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) ha variado entre 0 y 57 taxa y los coeficientes de variación determinados durante todos los periodos de estudio indican una leve variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros y muestran una heterogeneidad interanual en los niveles de riqueza en este sector (Tabla 6-66). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 30,06; g.l=12, p=0,0026, Anexo XIII) (Figura 6-83). Sin embargo, estas diferencias significativas se presentan respecto a los otros periodos de monitoreo los cuales fueron analizadas en sus respectivas campañas de monitoreo. Cabe indicar que el periodo 2018 no presenta diferencias significativas en los niveles de riqueza respecto a los otros años evaluados. Además, los valores detectados en la actual campaña se encuentran dentro del rango histórico de riqueza detectada en este sitio.

Tabla 6-66. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitoplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitoplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	3	6	19	11	8	7,0	63,6
Año 2007	5	1	16	10	10	5,7	59,2
Año 2008	5	0	17	11	15	6,9	62,0
Año 2009	5	1	15	6	3	6,0	106,8
Año 2010	5	1	11	6	5	3,9	62,9
Año 2011	5	17	57	30	19	17,4	58,8
Año 2012	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2013	5	8	13	10	11	2,2	21,3
Año 2014	5	10	18	13	12	3,0	23,1
Año 2015	5	2	10	5	4	3,0	58,3
Año 2016	4	2	12	6	5	4,8	83,3
Año 2017	4	3	5	4	5	1,0	22,5
Año 2018	4	2	18	10	9	6,6	69,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-83. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitoplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia

6.5.2.4 Fitobentos

Los productores primarios que habitan los sustratos de agua son representantes típicos de sistemas lóticos, no obstante, también se encuentran presentes en sistemas lénticos y, junto a las microalgas planctónicas, son los principales responsables de la productividad primaria.

- Abundancia

En relación con el sector de Puilar, los valores de abundancia total de microalgas bentónicas medidos durante todo el periodo de monitoreo han variado entre 0 y 6.547.862 cél/cm^3 (Tabla 6-67), por su parte, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los datos de abundancia registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=36,77 g.l=12, p=0,0002, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a años 2008-2009-2010-2015 y 2017. Las abundancias registradas el año 2018 son mayores que las detectadas en los años 2008-2009-2010-2015 y 2017. (Figura 6-84). Cabe señalar que las abundancias detectadas el año 2007 corresponden a las mayores abundancias detectadas para este sector y que todos los valores detectados durante el actual periodo de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico detectado para este sector manteniendo la tendencia de este parámetro en el tiempo.

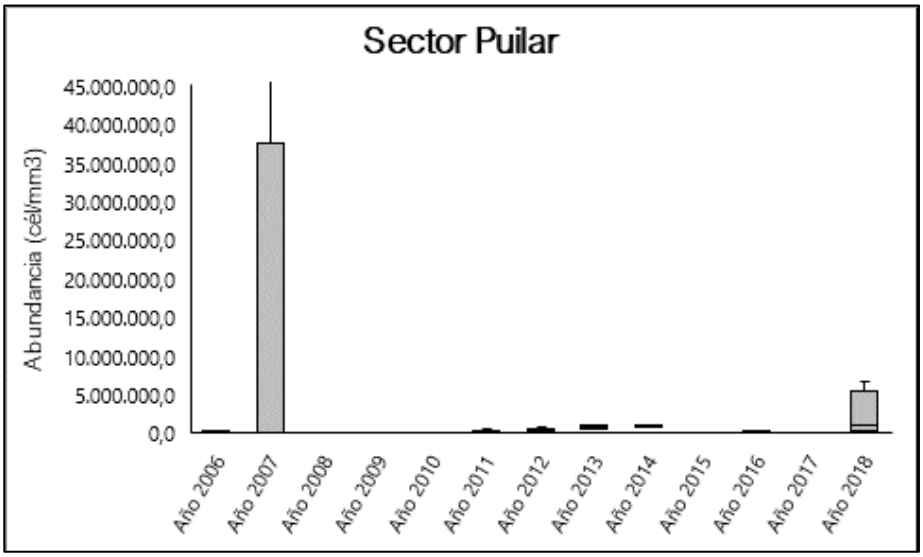
Tabla 6-67. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitobentos (cél/cm^3)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	303,0	380.621,0	92.523,6	13.686,0	162.733,6	175,9
Año 2007	5	0,0	74.543.000,0	15.025.600,0	71.000,0	33.271.928,1	221,4
Año 2008	5	66,0	21.793,0	8.865,8	3.142,0	10.516,5	118,6
Año 2009	5	2.342,9	42.400,0	22.251,4	25.942,9	15.469,4	69,5
Año 2010	5	16.457,1	40.228,6	25.200,0	25.371,4	9.600,9	38,1
Año 2011	5	80.800,0	457.600,0	240.640,0	219.200,0	135.909,9	56,5
Año 2012	5	112.000,0	682.200,0	334.040,0	290.400,0	209.992,6	62,9
Año 2013	2	570.400,0	873.600,0	722.000,0	722.000,0	214.394,8	29,7
Año 2014	4	702.400,0	1.049.600,0	837.200,0	798.400,0	152.486,9	18,2
Año 2015	4	1.400,0	4.600,0	2.775,0	2.550,0	1.541,4	55,5
Año 2016	3	42.800,0	170.000,0	116.933,3	138.000,0	66..165,0	56,6
Año 2017	5	0,0	89.100,0	25.720,0	0,0	39342,9	153,0
Año 2018	4	14.4186,7	6.547.861,7	2.159.426,2	972.828,3	301.6824,3	139,7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-84. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está

representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

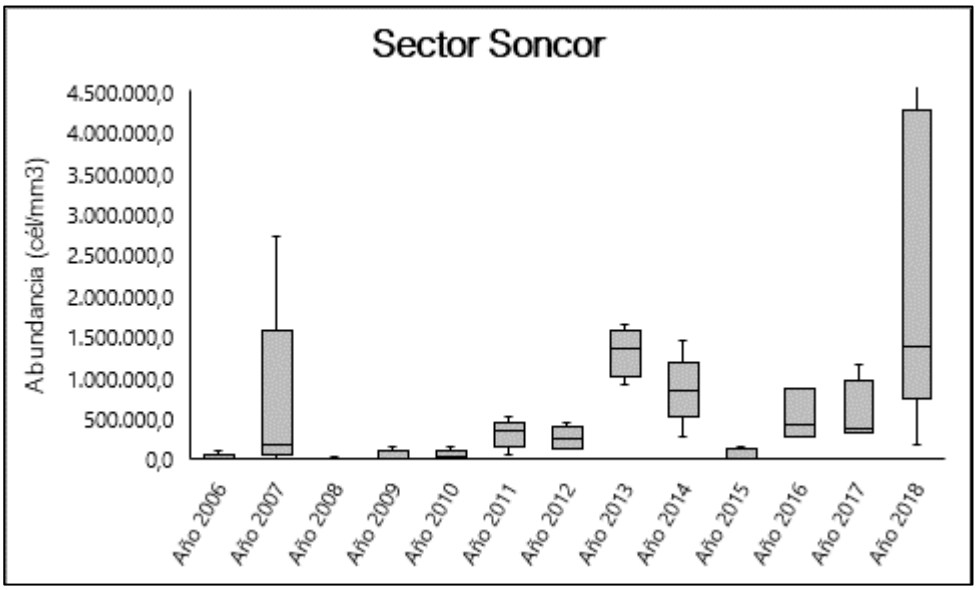
En cuanto al sector de Soncor, los valores de abundancia total de organismos fitobentónicos variaron entre 7.100 y 6.182.406 cél/cm^3, además, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando la existencia una alta variabilidad interanual en los datos de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-68). La comparación interanual de los niveles de riqueza de taxa entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=45,51 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a los años 2006-2008-2009-2010 y 2015. Los valores de abundancia del fitobentos medido en el año 2018 fueron mayores que los detectados en los años 2006-2008-2009-2010 y 2015. (Figura 6-85). Cabe señalar que las abundancias detectadas el año 2018 corresponden a las mayores abundancias detectadas para este sector.

Tabla 6-68. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitobentos (cél/cm^3)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	1834,0	98582,0	24690,6	8088,0	41444,5	167,9
Año 2007	5	5000,0	2731000,0	683800,0	164000,0	1154052,7	168,8
Año 2008	5	186,0	15397,0	3975,2	1184,0	6415,3	161,4
Año 2009	5	2600,0	142628,6	38577,1	7200,0	59834,4	155,1
Año 2010	5	4771,4	149714,3	45845,7	24800,0	60201,9	131,3
Año 2011	5	58800,0	506800,0	297540,0	338800,0	169344,8	56,9
Año 2012	5	123200,0	450400,0	254880,0	241600,0	139344,3	54,7
Año 2013	4	900800,0	1636000,0	1311700,0	1355000,0	307341,9	23,4
Año 2014	5	262400,0	1446400,0	839500,0	838800,0	422458,9	50,3
Año 2015	4	1200,0	149900,0	42850,0	10150,0	71534,6	166,9
Año 2016	3	264400,0	862000,0	516800,0	424000,0	309419,3	59,9
Año 2017	4	315600,0	1145000,0	553450,0	376600,0	398538,1	72,0
Año 2018	5	184066,0	5170756,1	2276603,7	1373127,6	1982220,3	87,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-85. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

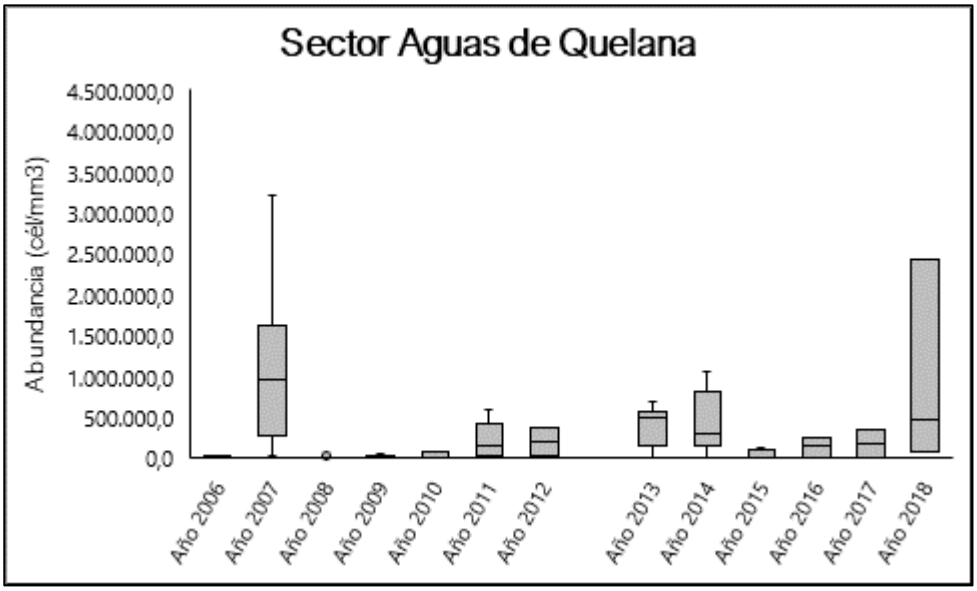
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias variaron entre 0 y 6.729.967 cél/cm^3 y que los distintos coeficientes de variación indican una amplia heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los valores de abundancia total de microalgas bentónicas registrados en el sector (Tabla 6-69). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=19,4 g.l=11, p=0,0534, Anexo XIII) (Figura 6-86). El actual periodo de monitoreo (año 2018) varió respecto a los periodos 2007-2008-2009-2014-2015 y 2016. El año 2018 presentó valores de abundancia mayores que los periodos anteriores.

Tabla 6-69. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitobentos (cél/cm^3)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	10	0,0	35287,0	11119,7	2695,5	13962,8	125,6
Año 2007	10	27000,0	3213000,0	1126100,0	964000,0	980902,2	87,1
Año 2008	10	0,0	21911,0	3541,4	779,5	6786,5	191,6
Año 2009	10	57,1	39428,6	13748,6	9071,4	14533,7	105,7
Año 2010	10	257,1	80685,7	27922,9	7257,2	33355,2	119,5
Año 2011	8	868,0	587200,0	222546,0	136800,0	221414,3	99,5
Año 2012	5	300,0	376400,0	201240,0	216100,0	161526,2	80,3
Año 2013	6	1500,0	676600,0	396750,0	485200,0	249336,9	62,8
Año 2014	6	3100,0	1065600,0	428383,3	301600,0	389467,1	90,9
Año 2015	5	600,0	119000,0	37840,0	800,0	53915,0	142,5
Año 2016	3	3400,0	252000,0	136133,3	153000,0	125155,3	91,9
Año 2017	2	1700,0	341000,0	171350,0	171350,0	239921,3	140,0
Año 2018	7	63503,8	6729697,5	1581444,6	461398,6	2428638,7	153,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-86. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

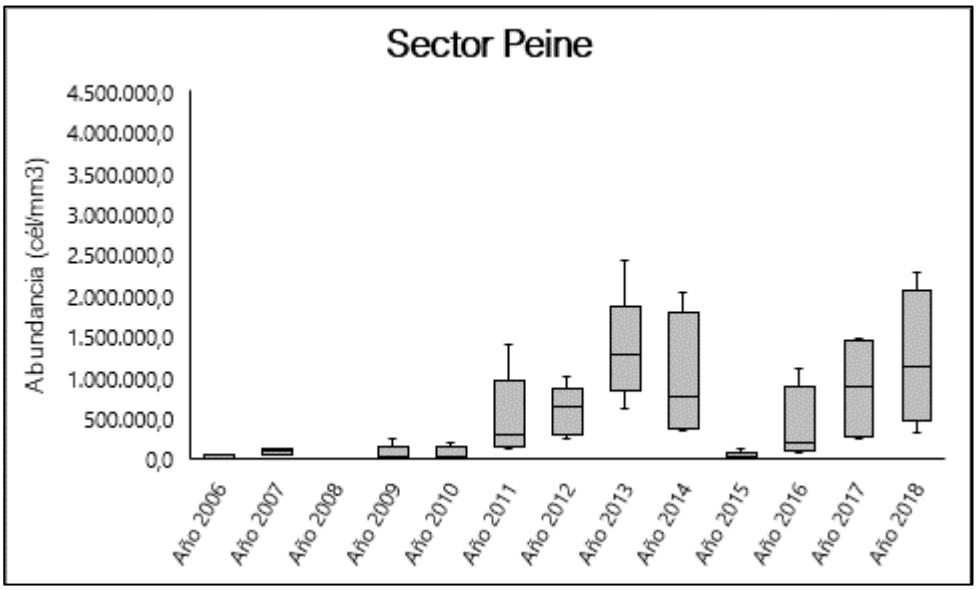
Las abundancias totales de microalgas bentónicas determinadas en el sector de Peine variaron entre 26.200 y 2.291.008 cél/cm^3 durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), por su parte, los coeficientes de variación indican alta variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-70). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con la mayoría de los periodos de monitoreo (KW=49,73 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII). El periodo de monitoreo 2018 varió respecto a todos los periodos evaluados excepto con los años 2006 y 2008. Los valores de abundancia fueron en general mayores respecto a los años anteriores y se mantuvieron dentro del rango histórico para este sector (Figura 6-87).

Tabla 6-70. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Fitobentos (cél/cm^3)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	3	2146,0	50838,0	21785,3	12372,0	25674,6	117,9
Año 2007	5	55000,0	129000,0	97200,0	109000,0	34615,0	35,6
Año 2008	5	0,0	12555,0	4004,4	1675,0	5293,1	132,2
Año 2009	5	7657,0	247314,0	61674,0	18171,0	104057,1	168,7
Año 2010	5	20800,0	190285,7	71771,4	29257,0	72696,3	101,3
Año 2011	5	121400,0	1390400,0	495800,0	291600,0	521127,7	105,1
Año 2012	5	244200,0	1008000,0	590760,0	633600,0	309221,5	52,3
Año 2013	5	606400,0	2440000,0	1339260,0	1271600,0	674561,7	50,4
Año 2014	5	345600,0	2035400,0	1017640,0	764000,0	747867,6	73,5
Año 2015	5	3700,0	114800,0	40560,0	26200,0	43305,9	106,8
Año 2016	4	64000,0	1110000,0	396700,0	206400,0	480514,5	121,1
Año 2017	4	241000,0	1462537,0	864384,3	877000,0	656701,6	76,0
Año 2018	4	154,7	7437,5	2158,0	519,9	3525,3	163,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-87. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

- Riqueza

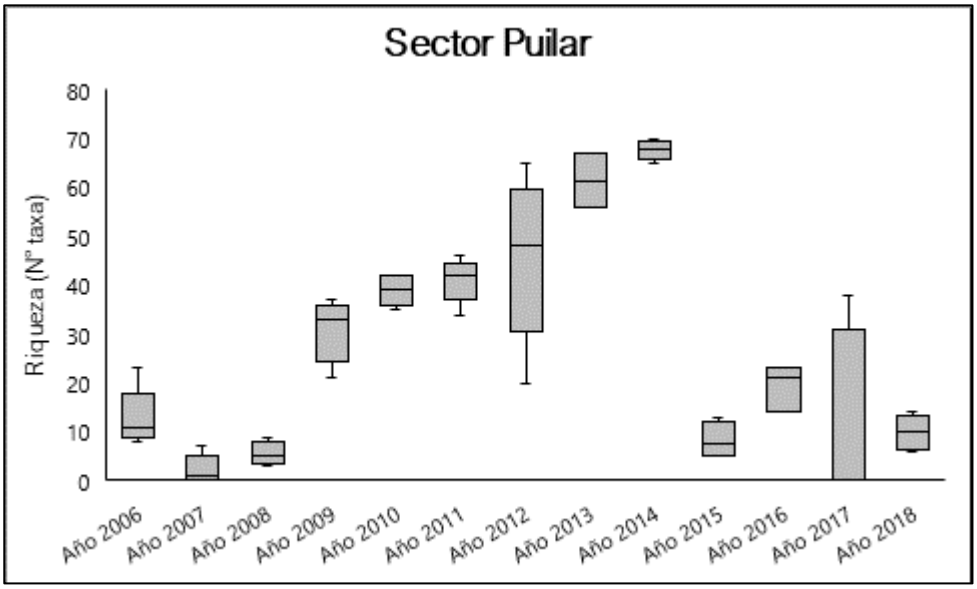
Respecto a la riqueza del fitobentos, para el sector de Puilar, los valores de riqueza total de taxa medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 38 taxa (Tabla 6-71), en conjunto, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando que existe una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=46,97 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a los años 2007-2009-2010-2011-2012 y 2014. Los niveles de riqueza de taxa de microalgas bentónicas fueron mayores en el año 2018 respecto al año 2007 mientras que fueron menores respecto a los años 2009-2010-2011-2012 y 2014. (Figura 6-88). Sin embargo, cabe indicar que todos los niveles de riqueza detectado dentro del actual periodo de monitoreo fueron muy similares a los detectados el año 2006 y se mantuvieron dentro del rango histórico presentado para este parámetro en el sector de Puilar, lo que indicaría un patron ciclico natural respecto a la variación de los niveles de riqueza taxonómica en el sector de Puilar.

Tabla 6-71. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	8	23	13	11	5,9	45,2
Año 2007	5	0	7	2	1	2,9	134,1
Año 2008	5	3	9	6	5	2,4	43,0
Año 2009	5	21	37	31	33	6,4	20,8
Año 2010	5	35	42	39	39	3,1	7,9
Año 2011	5	34	46	41	42	4,5	10,9
Año 2012	5	20	65	46	48	16,8	36,8
Año 2013	2	56	67	62	62	7,8	12,6
Año 2014	4	65	70	68	68	2,1	3,0
Año 2015	4	5	13	8	8	3,6	43,6
Año 2016	3	14	23	19	21	4,7	24,4
Año 2017	5	0	38	12	0	17,7	142,6
Año 2018	4	6	14	10	10	3,7	36,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-88. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

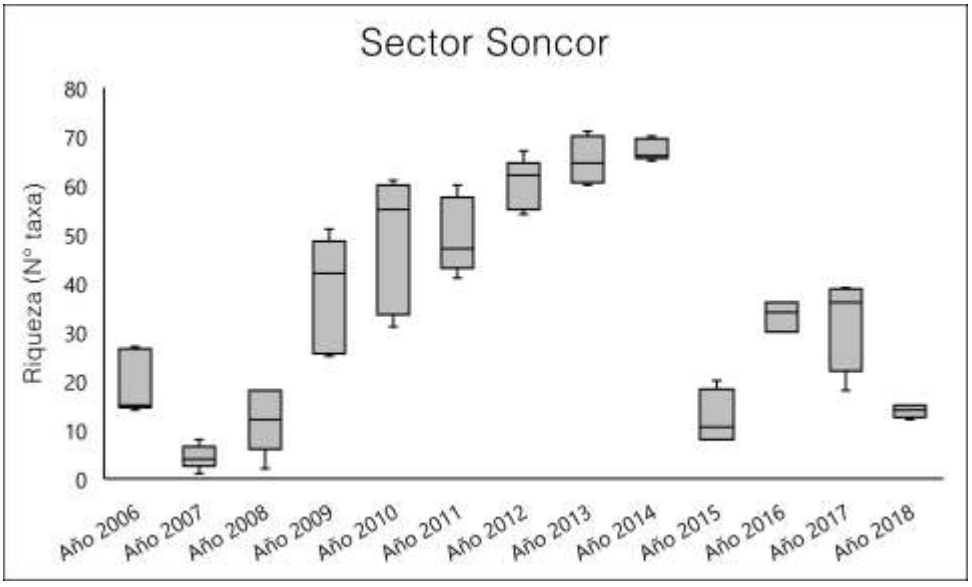
En cuanto al sector de Soncor, los valores de abundancia variaron entre 12 y 39 taxa, al igual que lo detectado en Puilar, los distintos coeficientes de variación determinados en el sector de Soncor indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica detectada en el sector (Tabla 6-72). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=53,56 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII), el actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a todos los periodos excepto con los años 2006-2008 y 2015. Los valores de riqueza fueron menores en el año 2018 respecto a los años registrados los 2009-2010-2011-2012-2013-2014-2016 y 2017, y fueron mayores que los valores detectados el año 2007. (Figura 6-89). Cabe indicar que los valores de riqueza detectados durante el actual periodos estuvieron dentro de los rangos históricos presentados para este este sector.

Tabla 6-72. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	14	27	19	15	6,5	33,5
Año 2007	5	1	8	4	4	2,5	57,0
Año 2008	5	2	18	12	12	6,6	55,3
Año 2009	5	25	51	38	42	11,9	31,2
Año 2010	5	31	61	48	55	13,9	28,7
Año 2011	5	41	60	50	47	7,7	15,6
Año 2012	5	54	67	60	62	5,2	8,7
Año 2013	4	60	71	65	65	5,0	7,6
Año 2014	5	65	70	67	66	2,2	3,2
Año 2015	4	8	20	12	11	5,7	46,4
Año 2016	3	30	36	33	34	3,1	9,2
Año 2017	4	18	39	32	36	9,7	30,2
Año 2018	5	12	15	14	14	1,3	9,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-89. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

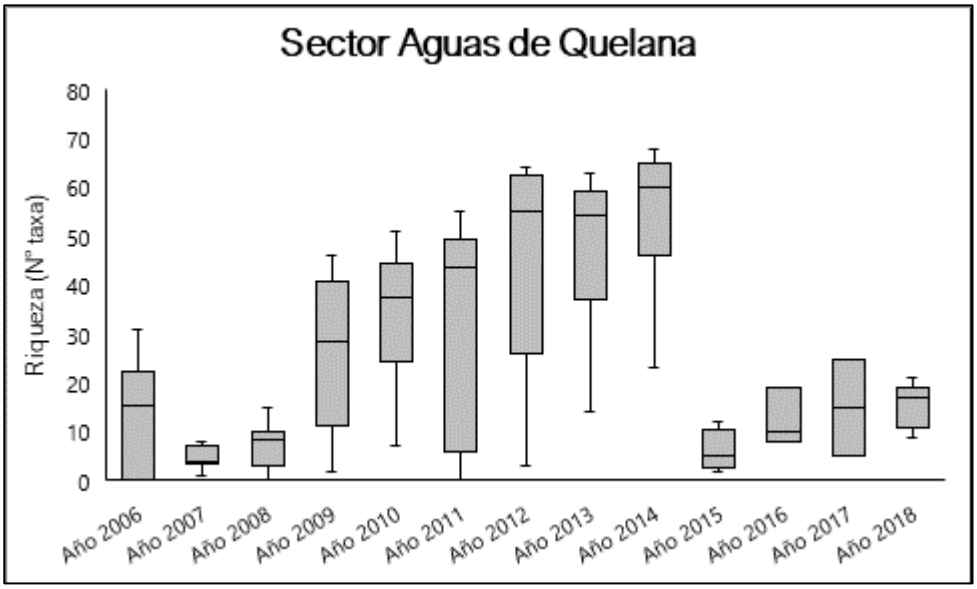
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, los niveles de riqueza medidos a través de todo el periodo de estudio han variado entre 0 y 68 taxa, siendo este valor el nivel de riqueza más alta determinado en todos los sitios del salar de Atacama, además, los coeficientes de variación indican una gran heterogeneidad en los datos, y una alta variabilidad interanual en los niveles de riqueza determinados en el sector (Tabla 6-73). La comparación interanual de los niveles de riqueza taxonómica entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=49,07 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII). Los niveles de riqueza específica determinados en el actual periodo de monitoreo variaron respecto a los niveles determinados los años 2007-2008-2010-2013-2014 y 2015. Los valores de riqueza detectados durante el año 2018 fueron mayores que los detectados en los años 2007 y 2015 pero fueron menores que los detectados durante los años 2008-2010-2013-y 2014 (Figura 6-90). Además, todos los valores detectados durante el actual periodo de monitoreo (año 2018) estuvieron dentro de los rangos históricos presentados para este sector del salar de Atacama.

Tabla 6-73. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	10	0	31	14	16	11,0	78,4
Año 2007	10	1	8	5	4	2,4	49,9
Año 2008	10	0	15	7	9	4,8	67,5
Año 2009	10	2	46	26	29	16,0	62,1
Año 2010	10	7	51	34	38	14,5	42,2
Año 2011	10	0	55	34	44	21,8	65,2
Año 2012	5	3	64	46	55	24,9	53,7
Año 2013	6	14	63	48	55	17,8	37,0
Año 2014	6	23	68	55	60	16,3	29,7
Año 2015	5	2	12	6	5	4,2	67,9
Año 2016	3	8	19	12	10	5,9	47,5
Año 2017	2	5	25	15	15	14,1	94,3
Año 2018	7	9	21	15	17	4,3	28,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-90. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del fitobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

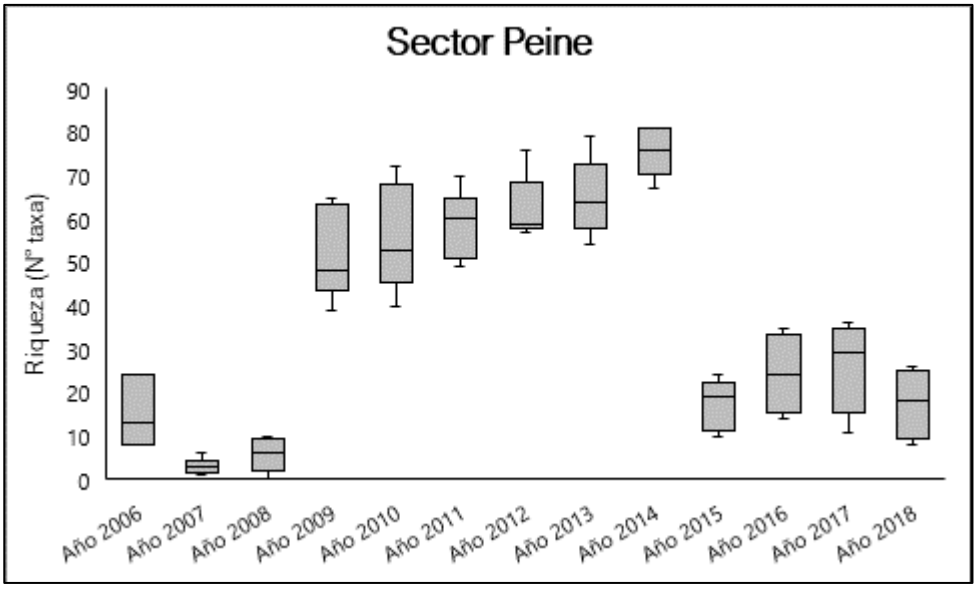
Finalmente, la riqueza de taxa en el sector de Peine varió entre 8 y 36 taxa durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), también, los coeficientes de variación indican variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-74). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW=52,71 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de riqueza medidos variaron respecto a los medidos los años 2007-2009-2010-2011-2012-2013 y 2014. La riqueza de taxa fue mayor el año 2018 respecto al año 2007 pero fue menor respecto a los años 2009-2010-2011-2012-2013 y 2014. (Figura 6-91).

Tabla 6-74. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del fitobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Fitobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	3	8	24	15	13	8,2	54,6
Año 2007	5	1	6	3	3	1,9	62,4
Año 2008	5	0	10	6	6	4,0	69,4
Año 2009	5	39	65	52	48	10,8	20,7
Año 2010	5	40	72	56	53	12,3	22,1
Año 2011	5	49	70	58	60	8,0	13,7
Año 2012	5	57	76	62	59	7,7	12,4
Año 2013	5	54	79	65	64	9,1	13,9
Año 2014	5	67	81	76	76	5,8	7,7
Año 2015	5	10	24	17	19	5,8	33,2
Año 2016	4	14	35	24	24	9,5	39,2
Año 2017	4	11	36	27	30	10,8	40,9
Año 2018	4	8	26	18	18	8,1	46,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-91. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de fitobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia

6.5.2.5 Zooplancton

El zooplancton corresponde al conjunto de animales que viven en la columna de agua, los cuales se caracterizan por su pequeño tamaño, que varían desde unos pocos micrones hasta un par de milímetros incluye. Estos animales son principalmente rotíferos y crustáceos y dentro de estos últimos, los branchiópodos y copépodos. El zooplancton, en conjunto con las microalgas planctónicas y bentónicas corresponden a la base da las tramas tróficas en los ecosistemas acuáticos. A través del tiempo la comparación interanual de los valores de abundancia y riqueza de organismos zooplanctónicos ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

- Abundancia

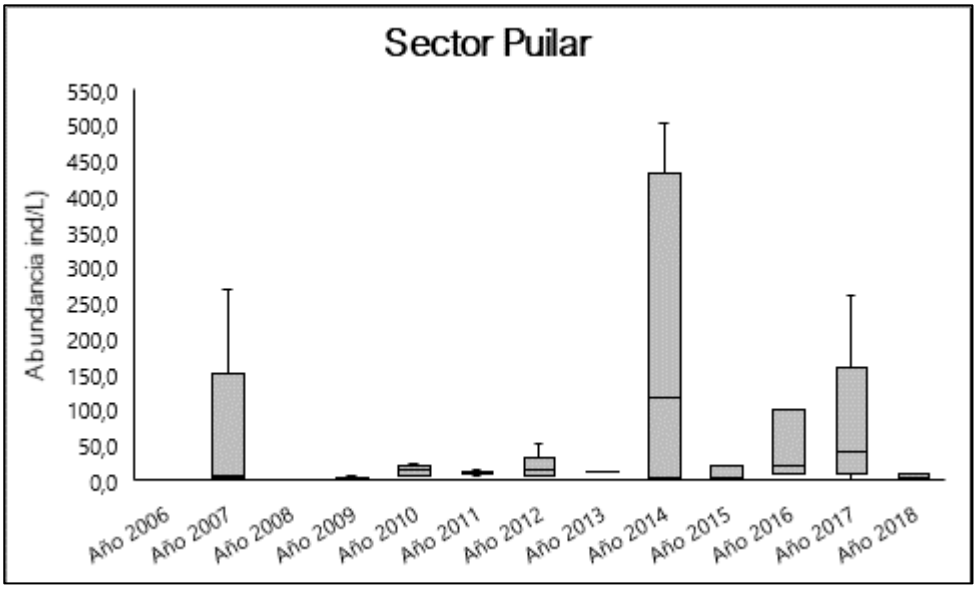
En relación con el sector de Puilar, los valores de abundancia total de individuos zooplanctónicos medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 504 ind/l (Tabla 6-75), además los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad en los datos, señalando una alta variabilidad interanual en valores de abundancia registrados en el sector. La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=31,50 g.l=12, p=0,0016, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a al año 2011 ya que los valores de abundancia registrados el año 2018 fueron menores que los detectados en el año 2011. (Figura 6-92). Sin embargo, los valores de abundancia se mantuvieron dentro del rango historio determinado para este sector del salar de Atacama.

Tabla 6-75. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Zooplancton (ind/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,2	0,9	0,4	0,4	0,3	56,8
Año 2007	5	2,1	269,1	63,4	8,1	115,6	182,5
Año 2008	5	0,2	0,9	0,5	0,4	0,3	53,9
Año 2009	5	1,3	6,3	3,0	2,5	2,0	64,3
Año 2010	5	6,0	24,0	14,4	15,0	7,5	52,1
Año 2011	5	7,2	14,3	11,4	11,4	2,7	23,3
Año 2012	5	5,7	51,4	19,1	14,3	18,5	96,6
Año 2013	2	11,4	12,9	12,2	12,2	1,1	8,7
Año 2014	4	2,9	504,3	184,7	115,7	235,6	127,6
Año 2015	3	1,4	20,0	8,6	4,3	10,0	116,8
Año 2016	3	10,0	100,0	43,3	20,0	49,3	113,8
Año 2017	5	0,0	260,0	76,0	40,0	105,3	138,5
Año 2018	4	0,1	9,7	4,3	3,7	4,6	106,7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-92. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

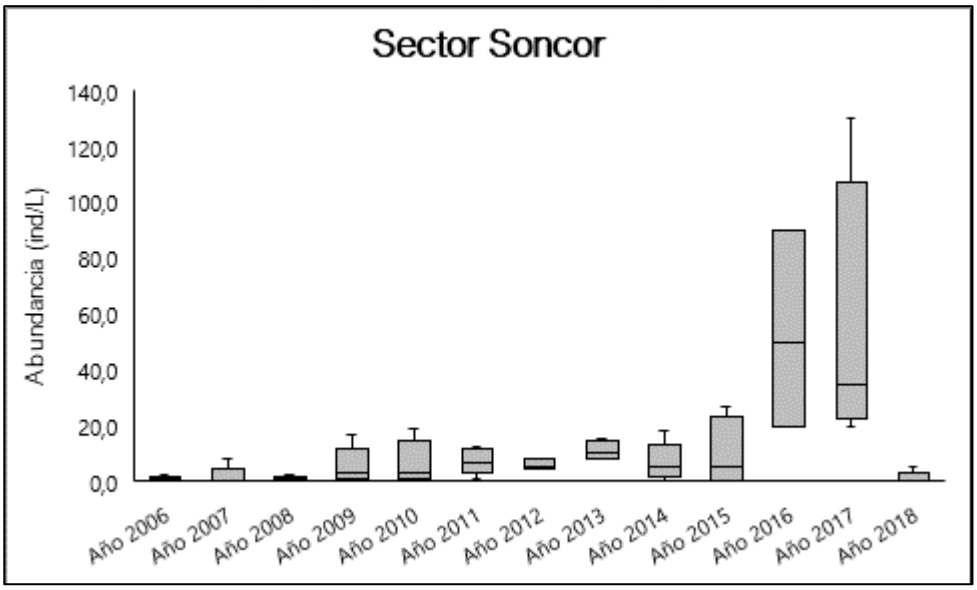
En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de abundancia del zooplancton han variado entre 0 y 130 ind/l, además, los distintos coeficientes de variación indican una alta heterogeneidad y una alta variabilidad interanual en valores de abundancias registrados en el sector (Tabla 6-76). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=32,78 g.l=12, p=0,0010, Anexo XIII). El actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a los años 2011-2012-2013-2016 y 2017. Los valores de abundancia total fueron menores durante el año 2018 respecto a los periodos anteriores. (Figura 6-93). No obstante, cabe indicar que los mayores valores de abundancia fueron detectados los años 2016 y 2017 y son significativamente distintos al resto de los otros periodos de monitoreo, además, todos los valores de abundancia medidos durante el periodo 2018 se encuentran dentro de los rangos históricos determinados para este sector.

Tabla 6-76. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Zooplancton (ind/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0	2,6	1,1	1,0	1,0	87,0
Año 2007	5	0,3	8,0	2,2	0,7	3,3	147,7
Año 2008	5	0,0	2,6	1,1	1,0	1,0	87,1
Año 2009	5	0,0	17,1	5,8	3,2	6,8	116,4
Año 2010	5	0,0	19,0	6,8	3,0	7,8	114,6
Año 2011	5	1,4	12,8	7,7	7,1	4,6	59,6
Año 2012	5	4,3	8,6	6,6	5,7	1,9	29,3
Año 2013	4	8,6	15,7	11,5	10,8	3,5	30,4
Año 2014	5	0,0	18,6	7,2	5,7	7,2	99,9
Año 2015	4	0,0	27,1	9,6	5,7	12,8	133,3
Año 2016	3	20,0	90,0	53,3	50,0	35,1	65,8
Año 2017	4	20,0	130,0	55,0	35,0	50,7	92,1
Año 2018	5	0,0	5,4	1,3	0,3	2,3	183,8

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-93. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

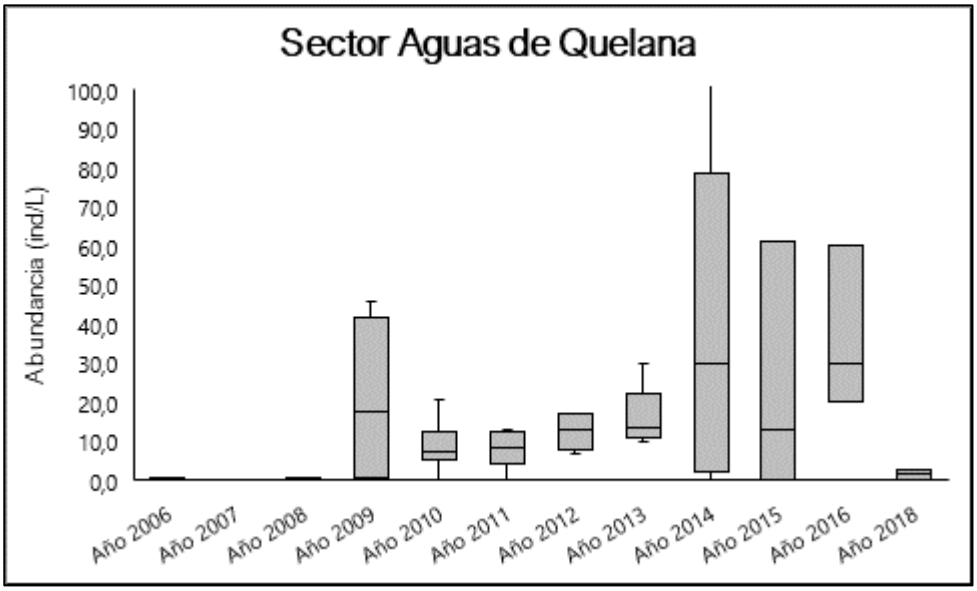
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias totales históricas del zooplancton variaron entre 0 y 130 ind/l, por su parte, los distintos coeficientes de variación indican alta heterogeneidad en los datos, y consigo una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia registrados en el sector (Tabla 6-77). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=44,69 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII) (Figura 6-94**).** Las abundancias del zooplancton detectadas en el actual periodo (año 2018) variaron significativamente respecto a las abundancias detectadas durante los años 2010-2012-2013 y 2016. Los valores de abundancia de individuos zooplanctónicos medidos el año 2018 fueron menores respecto a los otros periodos y fueron similares a lo detectado durante los años 2006-2007 y 2008. Además, se mantuvieron dentro del rango histórico detectado para el sector.

Tabla 6-77. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Zooplancton (ind/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	10	0,0	1,8	0,4	0,4	0,5	118,9
Año 2007	10	0,0	1,1	0,2	0,1	0,3	153,9
Año 2008	10	0,0	1,8	0,4	0,4	0,5	118,9
Año 2009	10	0,0	113,0	27,6	17,5	34,1	123,5
Año 2010	10	0,0	133,0	20,5	7,5	39,9	194,6
Año 2011	8	0,0	12,9	7,9	8,6	4,6	59,1
Año 2012	5	7,1	17,1	12,6	12,9	4,7	37,1
Año 2013	6	10,0	30,0	16,4	13,6	7,6	46,3
Año 2014	6	0,0	121,4	41,4	30,0	48,4	116,8
Año 2015	3	0,0	61,4	24,8	12,9	32,4	130,7
Año 2016	3	20,0	60,0	36,7	30,0	20,8	56,8
Año 2017	1	30,0	30,0	30,0	30,0	-	-
Año 2018	7	0,0	13,8	3,0	1,8	4,9	162,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-94. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

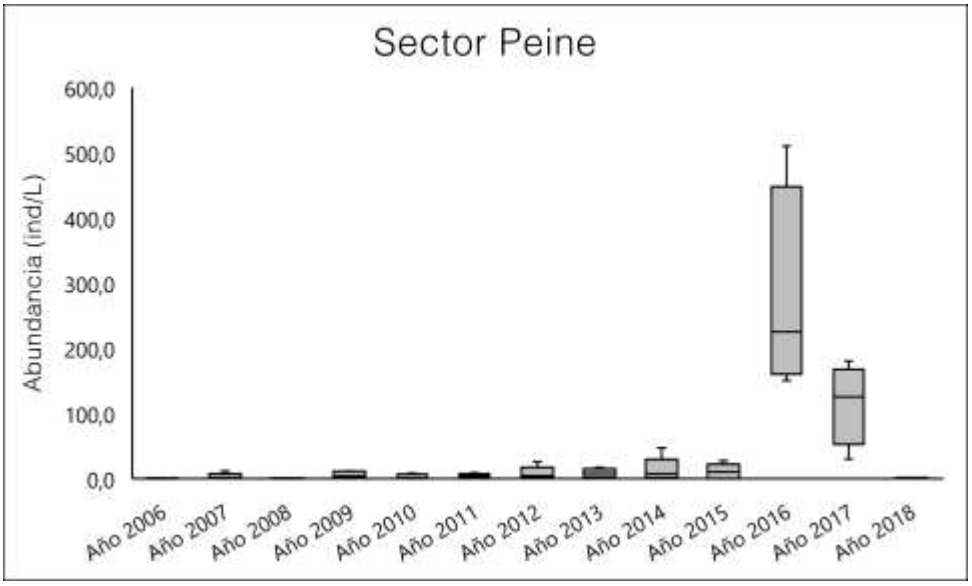
Finalmente, los valores históricos de abundancia total del zooplancton medidos en el sector de Peine variaron entre 0 y 510 ind/l, siendo este el sector que registró los mayores valores de abundancia de todos los sectores monitoreados en el salar de Atacama. Por su parte, los coeficientes de variación indican variabilidad en los datos y una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-78). En relación a la comparación interanual, se presentaron diferencias significativas entre el actual periodo con algunos de los periodos de monitoreo (KW= 36,22; g.l=12, p=0,0003, Anexo XIII). El actual periodo de monitoreo 2018 varió significativamente respecto a los años 2011-2012-2013-2016-2017. Los valores de abundancia del zooplancton medidos el año 2018 fueron menores que los periodos anteriores mencionados. (Figura 6-95). Sin embargo, cabe indicar que los valores detectados durante el periodo 2018 fueron similares a los valores detectados los años 2006, 2007 y 2008 y se encuentran dentro del rango histórico presentado para este parámetro en este sector siendo una tendencia normal y natural en el sector la baja abundancia de estos organismos. Las alzas puntuales en las abundancias posiblemente podrían estar relacionadas con factores como el alza de exigeno disuelto o una baja en la salinidad del sector.

Tabla 6-78. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia Zooplancton (ind/L)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0,0	0,9	0,3	0,2	0,3	112,3
Año 2007	5	0,1	11,8	3,1	1,1	4,9	159,5
Año 2008	5	0,0	0,9	0,3	0,2	0,3	112,4
Año 2009	5	0,6	11,4	6,0	3,8	4,8	81,4
Año 2010	5	0,0	8,0	3,0	1,0	3,4	113,0
Año 2011	5	1,4	8,6	5,1	5,7	2,6	51,2
Año 2012	5	1,4	25,7	8,6	4,3	9,9	115,9
Año 2013	5	1,4	17,1	8,6	8,6	6,6	77,1
Año 2014	5	0,0	47,1	13,7	7,1	19,2	139,9
Año 2015	5	0,0	27,1	10,8	10,0	11,6	107,1
Año 2016	4	150,0	510,0	277,5	225,0	161,5	58,2
Año 2017	4	30,0	180,0	115,0	125,0	62,4	54,3
Año 2018	4	0,1	1,3	0,6	0,6	0,6	94,3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-95. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

- Riqueza

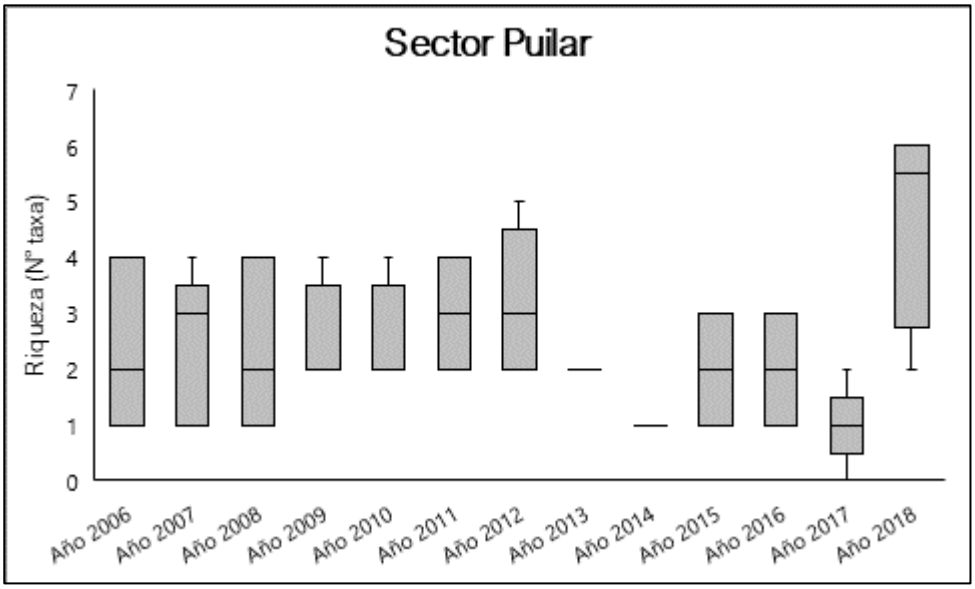
Respecto a la riqueza del Zooplancton, para el sector de Puilar, los valores históricos de riqueza taxonómica medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 6 taxa (Tabla 6-79), además los distintos coeficientes de variación indican heterogeneidad en los datos y una mediana variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=21,25 g.l=12, p=0,0311, Anexo XIII). Las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a los años 2014 y 2017. Los valores de riqueza específica fueron mayores durante el año 2018 y en términos generales se mantuvieron dentro del rango histórico determinado para este sector de salar de Atacama (Figura 6-96).

Tabla 6-79. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zooplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	1	4	2	2	1,5	63,2
Año 2007	5	1	4	2	3	1,3	55,9
Año 2008	5	1	4	2	2	1,5	63,2
Año 2009	5	2	4	3	2	0,9	34,4
Año 2010	5	2	4	3	2	0,9	34,4
Año 2011	5	2	4	3	3	1,0	33,3
Año 2012	5	2	5	3	3	1,3	40,7
Año 2013	2	2	2	2	2	0,0	0,0
Año 2014	4	1	1	1	1	0,0	0,0
Año 2015	3	1	3	2	2	1,0	50,0
Año 2016	3	1	3	2	2	1,0	50,0
Año 2017	5	0	2	1	1	0,7	70,7
Año 2018	4	2	6	5	6	1,9	39,9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-96. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

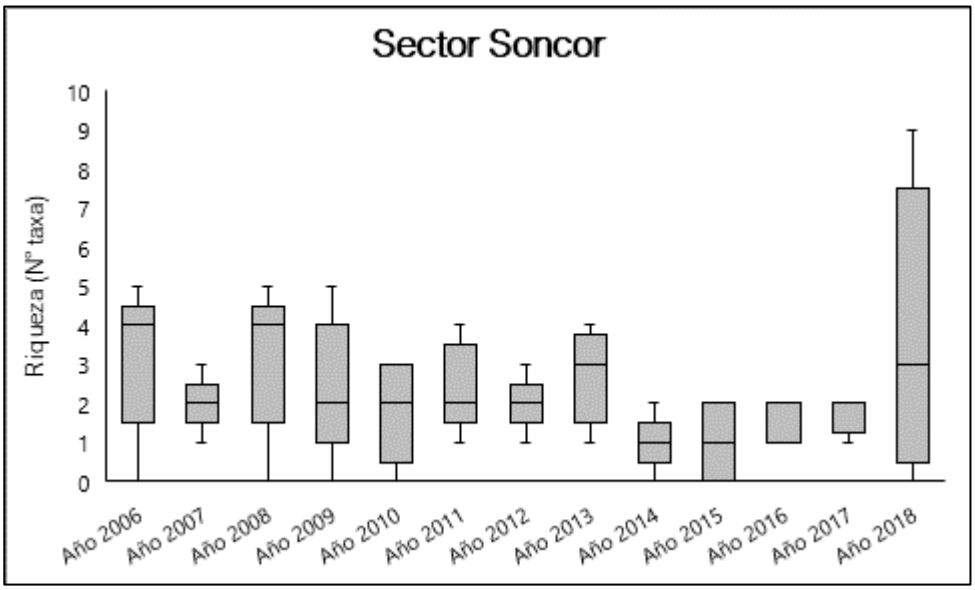
En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de riqueza taxonómica han variado entre 0 y 9 taxa. Siendo este el sector que presentó los mayores valores de riqueza histórica en toda el área del proyecto. Por su parte, los distintos coeficientes de variación indican una heterogeneidad en los datos, sin embargo, esta variabilidad interanual en los niveles de riqueza registrados en el sector no difiere estadísticamente entre ellos (Tabla 6-80). De esta manera, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas (KW=13,94; g.l=12, p=0,2646 Anexo XIII) (Figura 6-97). Cabe indicar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2018) se encuentran dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

Tabla 6-80. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zooplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	0	5	3	4	1,9	60,1
Año 2007	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2008	5	0	5	3	4	1,9	60,1
Año 2009	5	0	5	2	2	1,8	75,7
Año 2010	5	0	3	2	2	1,3	72,4
Año 2011	5	1	4	2	2	1,1	47,5
Año 2012	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2013	4	1	4	3	3	1,3	45,8
Año 2014	5	0	2	1	1	0,7	70,7
Año 2015	4	0	2	1	1	1,2	115,5
Año 2016	3	1	2	1	1	0,6	43,3
Año 2017	4	1	2	2	2	0,5	28,6
Año 2018	5	0	9	4	3	3,7	97,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-97. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

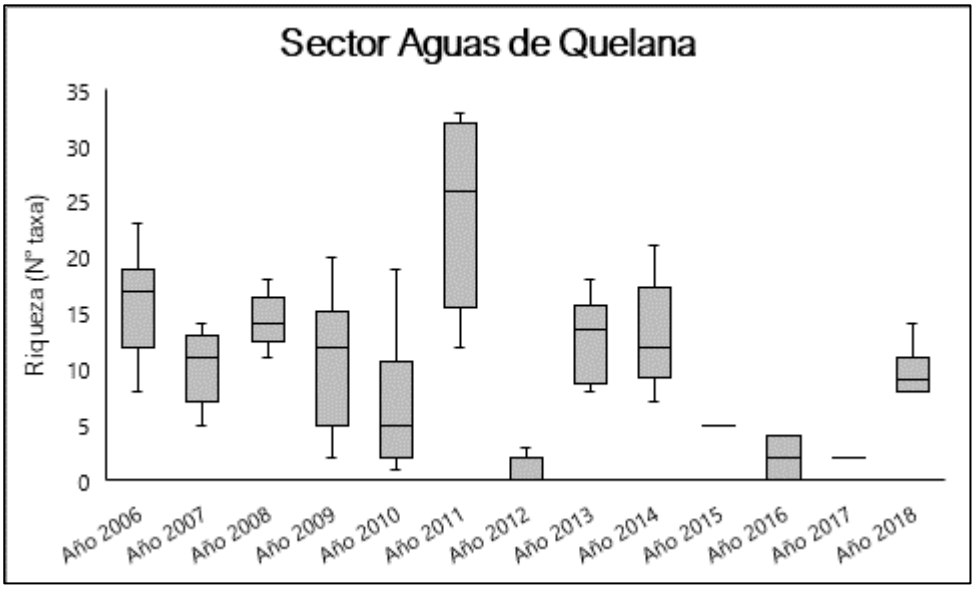
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, el rango histórico de valores de riqueza taxonómica ha variado entre 0 y 5 taxa, además los distintos coeficientes de variación y las desviaciones estándar indican baja dispersión y heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que no existe una alta variabilidad interanual los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector (Tabla 6-81). En complemento, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas respecto a los niveles de riqueza de taxa (KW=8,09 g.l=11, p= 0,6776, Anexo XIII) (Figura 6-98). Además, cabe mencionar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2018) se encuentran dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

Tabla 6-81. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zooplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	10	0	5	2	2	1,9	82,1
Año 2007	10	0	5	2	3	1,7	76,7
Año 2008	10	0	5	2	2	1,9	82,1
Año 2009	10	0	5	3	3	1,8	68,3
Año 2010	10	0	4	2	2	1,1	46,1
Año 2011	8	0	3	2	3	1,2	58,7
Año 2012	5	1	4	2	2	1,1	47,5
Año 2013	6	1	3	2	2	0,8	34,7
Año 2014	6	0	2	1	1	0,6	63,2
Año 2015	3	0	3	1	1	1,5	114,6
Año 2016	3	1	2	1	1	0,6	43,3
Año 2017	1	1	1	1	1	-	-
Año 2018	7	0	5	3	2	1,9	65,3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-98. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del Zooplancton medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

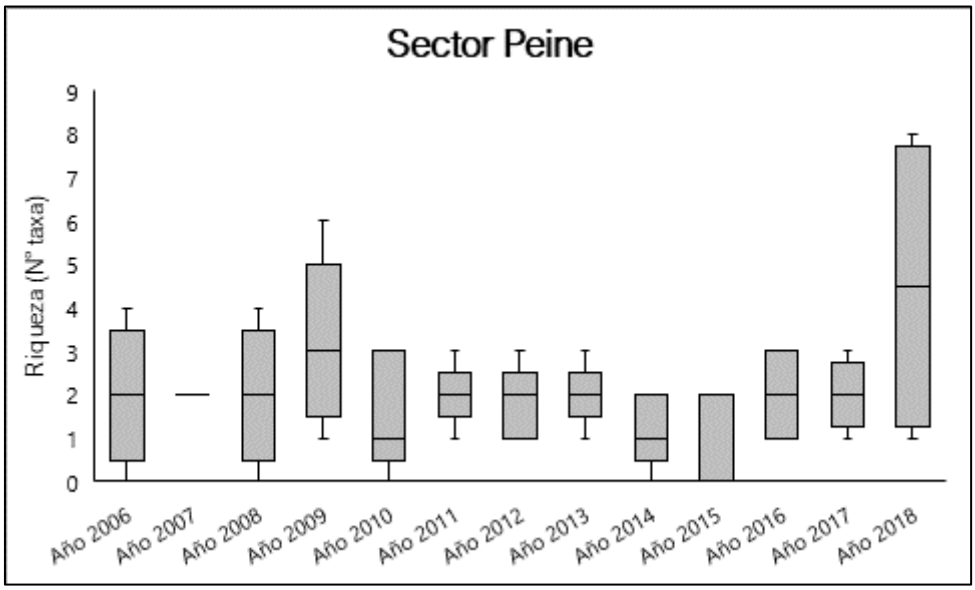
El rango histórico de valores de riqueza de taxa en el sector de Peine varió entre 0 y 8 taxa durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018), además, las desviaciones estándar y los distintos coeficientes de variación determinados a través de los distintos periodos de monitoreo indican menor variabilidad en los datos durante algunos periodos respecto a otros, sin embargo, indican una marcada heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-82). En relación a la comparación interanual, no presentaron diferencias significativas en los niveles de riqueza específica (KW=3,94 g.l=12, p= 0,9794, Anexo XIII). (Figura 6-99). Además, cabe mencionar que los valores de riqueza determinados durante el actual periodo de monitoreo (abril 2018) fueron en general mayores que los periodos anteriores y también se mantuvieron dentro del rango histórico de riqueza determinado para este sector.

Tabla 6-82. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del Zooplancton registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zooplancton (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	3	6	19	11	8	7,0	63,6
Año 2007	5	1	16	10	10	5,7	59,2
Año 2008	5	0	17	11	15	6,9	62,0
Año 2009	5	1	15	6	3	6,0	106,8
Año 2010	5	1	11	6	5	3,9	62,9
Año 2011	5	17	57	30	19	17,4	58,8
Año 2012	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2013	5	8	13	10	11	2,2	21,3
Año 2014	5	10	18	13	12	3,0	23,1
Año 2015	5	2	10	5	4	3,0	58,3
Año 2016	4	2	12	6	5	4,8	83,3
Año 2017	4	3	5	4	5	1,0	22,5
Año 2018	4	2	18	10	9	6,6	69,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-99. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de Zooplancton medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia

6.5.2.6 Zoobentos

La fauna bentónica de los sistemas acuáticos de Chile se compone principalmente de larvas de insectos y crustáceos en diferentes estados de desarrollo. Cabe destacar que los estudios acerca del Zoobentos de sistemas límnicos en Chile son escasos y han sido poco difundidos (Vera y Camousseight, 2006; Camousseight, 2006; Rojas, 2006; Jerez y Moronil, 2006). Los macroinvertebrados bentónicos son un buen bioindicador de la calidad de las aguas continentales, reflejando las condiciones físicas y químicas observadas en los sistemas (Domínguez & Fernández 2009), razón por la cual caracterizar este componente es relevante.

Debido a que los cambios en su composición y abundancia reflejan las variaciones del medio acuático. En este contexto y a través del tiempo la comparación interanual de los valores de abundancia y riqueza de organismos zoobentónicos en el Salar de Atacama ha presentado diferencias significativas desde el punto de vista estadístico las cuales son analizadas a continuación.

- Abundancia

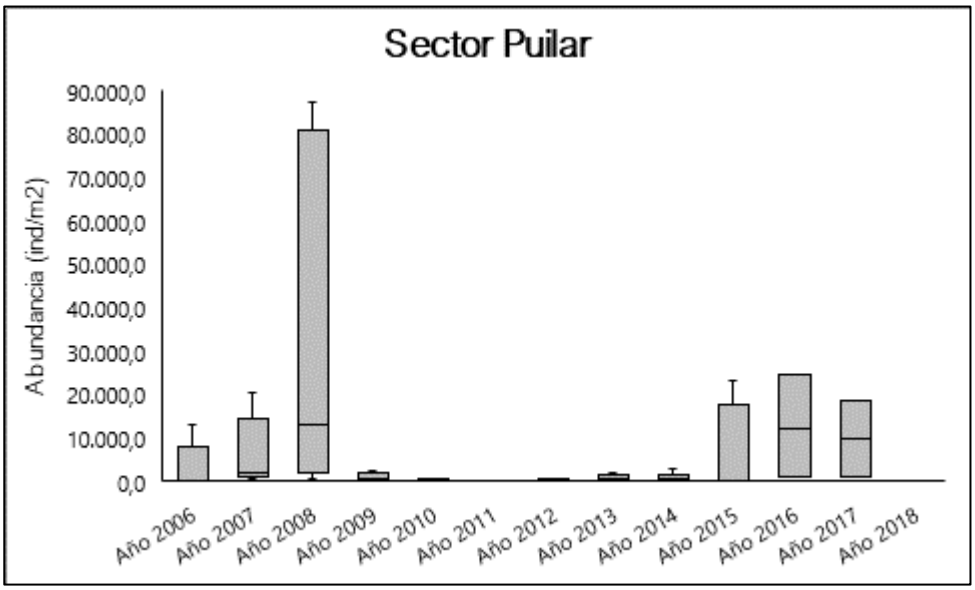
El rango histórico de valores de abundancia total de individuos zoobentónicos medidos durante todo el periodo de monitoreo en el sector de Puilar variaron entre 0 y 87.374 ind/m^2 (**Tabla** 6-83), por su parte las desviaciones estándar y los distintos coeficientes de variación determinados en los distintos periodos de monitoreo indican una alta heterogeneidad en los datos, y una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia total registrados en el sector. La comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican la existencia de diferencias significativas (KW=36,70 g.l=12, p=0,0002, Anexo XIII), las principales diferencias registradas fueron detectadas para el actual periodo de estudio (abril 2018) el cual varió significativamente respecto a los años 2007-2008-2009-2014 y 2017. Los valores de la abundancia de organismos zoobentónicos medida el año 2018 fue menor que la medida los años anteriores. (**Figura** 6-100). No obstante, todos los valores de abundancia para este sector se encuentran dentro del rango histórico de abundancia determinado para este sector del salar de Atacama.

Tabla 6-83. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia zoobentos (ind/m^2)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	126,0	13005,0	3434,4	379,0	5522,7	160,8
Año 2007	5	656,6	20707,1	6646,5	2020,2	8428,5	126,8
Año 2008	5	883,8	87373,7	35858,6	13257,6	41658,7	116,2
Año 2009	5	100,2	2712,9	1029,7	753,6	1028,6	99,9
Año 2010	5	0,0	735,0	276,4	182,0	293,8	106,3
Año 2011	5	12,8	226,0	79,4	49,7	84,4	106,2
Año 2012	5	55,1	661,2	264,5	220,4	250,7	94,8
Año 2013	4	220,4	1873,3	978,0	909,1	688,7	70,4
Año 2014	5	275,5	2975,2	1002,8	661,2	1114,5	111,1
Año 2015	4	110,2	23416,7	5936,8	110,2	11653,3	196,3
Año 2016	3	1010,0	24745,0	12709,2	12372,5	11871,1	93,4
Año 2017	4	1262,5	18685,0	10036,9	10100,0	9986,5	99,5
Año 2018	4	5,6	372,2	108,3	27,8	177,0	163,3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-100. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

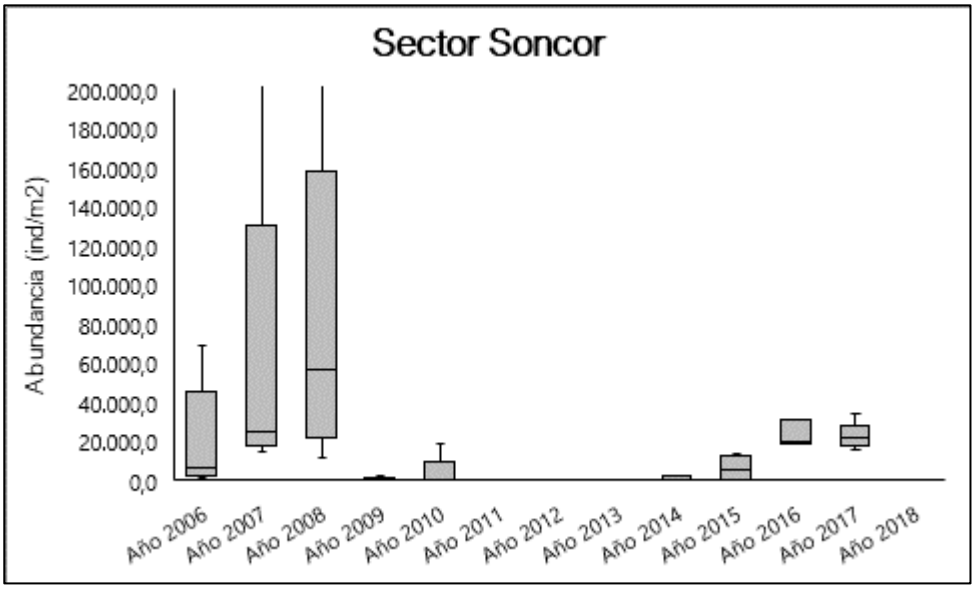
Por otro lado el sector Soncor presentó un rango histórico de valores de abundancia total del Zoobentos que varió entre 0 y 222.380 ind/m2, además los distintos coeficientes de variación y sus respectivas desviaciones estándar indican una alta heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una alta variabilidad interanual en los niveles de abundancia registrados en el sector (Figura 6-83). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican la existencia de diferencias significativas (KW=44,43 g.l=12, p<0,0001, Anexo XIII). El actual periodo de monitoreo (año 2018) varió significativamente respecto a todos los años anteriores excepto con los años 2010 y 2013. Los valores de abundancia del zoobentos determinados el año 2018 fueron menores que los medidos años anteriores (Figura 6-101). Sin embargo, se mantuvieron dentro del rango histórico de valores determinado para este sector.

Tabla 6-84. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia zoobentos (ind/m^2)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	1515,0	69192,0	20303,2	6566,0	28482,6	140,3
Año 2007	5	15151,5	222979,8	64596,0	25000,0	88958,0	137,7
Año 2008	5	11742,4	212121,2	83232,3	56565,7	79909,2	96,0
Año 2009	5	101,0	2712,9	950,1	753,6	1023,1	107,7
Año 2010	5	0,0	19041,0	3948,8	238,0	8437,7	213,7
Año 2011	5	32,4	744,4	386,6	277,3	336,4	87,0
Año 2012	5	165,3	495,9	308,6	220,4	148,9	48,2
Año 2013	2	275,5	275,5	275,5	275,5	0,0	0,0
Año 2014	4	275,5	2754,8	1102,0	688,8	1119,2	101,6
Año 2015	4	110,2	13884,3	6074,4	5151,5	6078,4	100,1
Año 2016	3	19190,0	30805,0	23314,2	19947,5	6498,3	27,9
Año 2017	5	16160,0	33835,0	23179,5	21967,5	6527,0	28,2
Año 2018	5	2,8	113,9	38,9	11,1	47,5	122,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-101. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

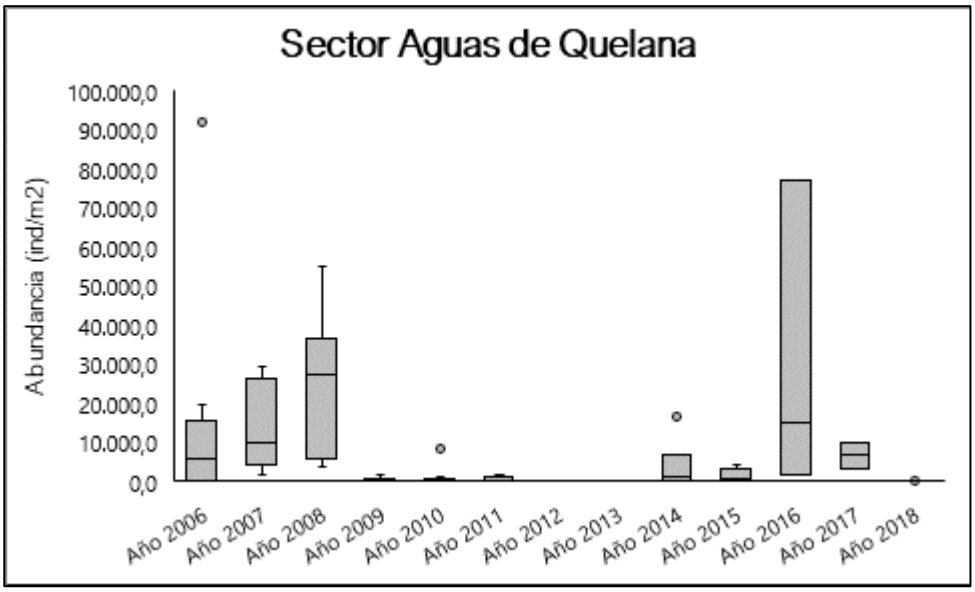
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias históricas de abundancia total variaron entre 0 y 92.045 ind/m^2, también, al igual que lo detectado en la mayoría de los lugares y parámetros evaluados, los distintos coeficientes de variación indican una heterogeneidad en los datos y una alta variabilidad interanual en los valores de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-85). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=50,35 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII). El actual periodo de monitoreo varió respecto a los periodos 2007-2008-2009-2014-2015 y 2016. El año 2018 presentó valores de abundancia total menores que los periodos anteriores (Figura 6-102). Sin embargo, al igual que lo ocurrido con los otros sectores evaluados, los valores de abundancia detectados durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico detectado para este parámetro en el sector Aguas de Quelana.

Tabla 6-85. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia zoobentos (ind/m^2)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	10	0,0	92.045,0	15.176,7	6.060,5	27.881,7	183,7
Año 2007	10	2.020,2	29.545,5	13.686,9	10.101,0	10.874,4	79,5
Año 2008	9	3.914,1	55.303,0	23.302,5	27.399,0	18.315,2	78,6
Año 2009	10	0,0	1.791,0	572,6	335,0	645,4	112,7
Año 2010	10	0,0	8.573,0	1.147,5	0,0	2.649,4	230,9
Año 2011	8	0,0	7.102,5	1.334,9	371,1	2.408,9	180,5
Año 2012	5	0,0	385,7	102,9	18,8	164,5	159,8
Año 2013	6	55,1	495,9	248,0	192,9	186,9	75,4
Año 2014	6	220,4	16.804,4	4.003,7	1.460,1	6.390,6	159,6
Año 2015	4	165,3	4.132,2	1.418,7	688,7	1.829,2	128,9
Año 2016	3	2.020,0	77.013,0	31.310,2	14.897,5	40.100,1	128,1
Año 2017	2	3.535,0	10.100,0	6.817,5	6.817,5	4.642,2	68,1
Año 2018	7	2,8	227,3	85,6	69,4	69,5	81,2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-102. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Abundancia total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

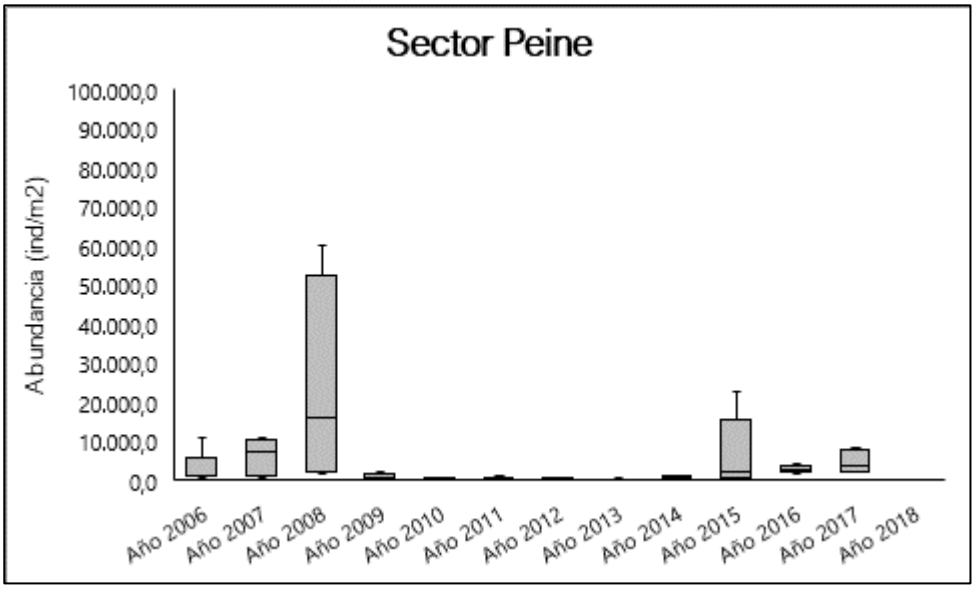
Para el sector Aguas de Quelana por su parte, las abundancias históricas de abundancia total variaron entre 0 y 92.045 ind/m^2, también, al igual que lo detectado en la mayoría de los lugares y parámetros evaluados, los distintos coeficientes de variación indican una heterogeneidad en los datos y una alta variabilidad interanual en los valores de abundancia total registrados en el sector (Tabla 6-86). La comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que existen diferencias significativas (KW=50,35 g.l=11, p<0,0001, Anexo XIII). El actual periodo de monitoreo varió respecto a los periodos 2007-2008-2009-2014-2015 y 2016. El año 2018 presentó valores de abundancia total menores que los periodos anteriores (Figura 6-102). Sin embargo, al igual que lo ocurrido con los otros sectores evaluados, los valores de abundancia detectados durante la actual campaña de monitoreo se encuentran dentro del rango histórico detectado para este parámetro en el sector Aguas de Quelana.

Tabla 6-86. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Abundancia total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Abundancia zoobentos (ind/m^2)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	1.010,0	10.859,0	3.067,6	1.141,0	4.356,0	142,0
Año 2007	5	757,6	11.111,1	6.111,1	7.575,8	4.718,9	77,2
Año 2008	4	1.893,9	60.479,8	23.674,2	16.161,6	27.336,9	115,5
Año 2009	5	0,0	2.449,0	1012,8	716,0	950,6	93,9
Año 2010	5	19,0	961,0	405,6	326,0	419,0	103,3
Año 2011	5	0,0	1.077,0	331,4	15,0	479,1	144,6
Año 2012	5	0,0	716,3	308,6	165,3	308,3	99,9
Año 2013	5	55,1	551,0	286,5	275,5	180,2	62,9
Año 2014	5	110,2	1.487,6	727,3	551,0	620,2	85,3
Año 2015	5	385,7	22.754,8	7.085,4	2.259,0	9.392,8	132,6
Año 2016	4	2.020,0	4.293,0	2.903,9	2.651,3	978,2	33,7
Año 2017	4	2.272,5	8.585,0	4.734,4	4.040,0	2.968,9	62,7
Año 2018	4	44,4	116,7	68,7	56,8	33,8	49,2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-103. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Abundancia total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

- Riqueza

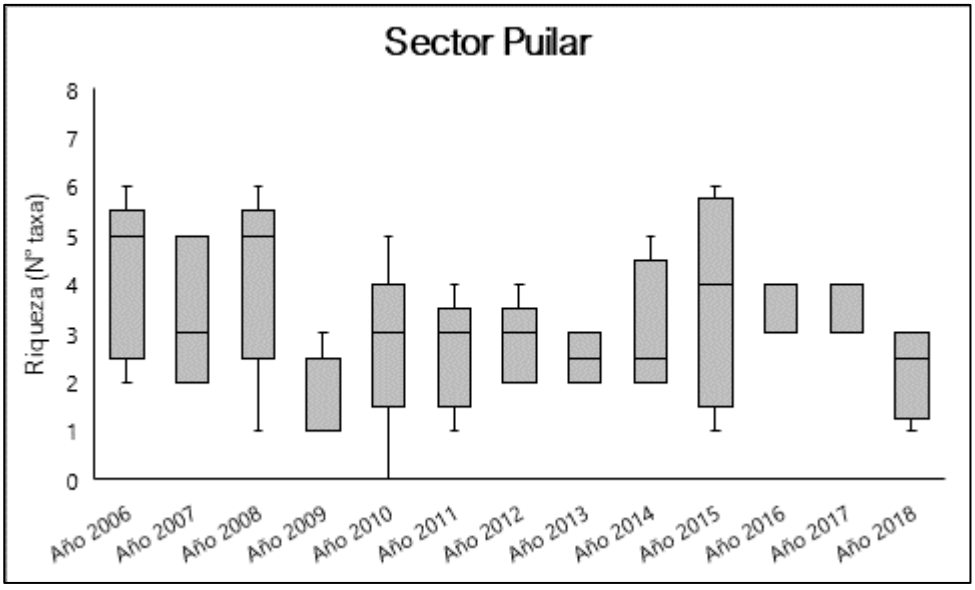
Respecto a la riqueza del zoobentos, para el sector de Puilar, los valores históricos de riqueza taxonómica medidos durante todo el periodo de monitoreo variaron entre 0 y 6 taxa (Tabla 6-87). Además, los distintos coeficientes de variación y las desviaciones estándar determinadas en los distintos periodos de monitoreo indican una leve heterogeneidad en los datos, indicando a su vez que existe una baja variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica registrados en el sector. En complemento, la comparación estadística interanual entre los distintos periodos de estudio en el sector de Puilar indican que no existe diferencias significativas en los valores de riqueza medidos en el sector de Puilar (KW=15,15 g.l=12, p= 0,1961, Anexo XIII), (Figura 6-104). Es importante indicar que los niveles de riqueza determinados en el actual periodo 2018 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

Tabla 6-87. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zoobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	2	6	4	5	1,6	39,1
Año 2007	5	2	5	3	3	1,5	44,6
Año 2008	5	1	6	4	5	1,9	45,8
Año 2009	5	1	3	2	1	0,9	55,9
Año 2010	5	0	5	3	3	1,8	63,9
Año 2011	5	1	4	3	3	1,1	43,9
Año 2012	5	2	4	3	3	0,8	29,9
Año 2013	2	2	3	3	3	0,7	28,3
Año 2014	4	2	5	3	3	1,4	47,1
Año 2015	4	1	6	4	4	2,2	59,1
Año 2016	3	3	4	4	4	0,6	15,7
Año 2017	5	3	4	4	4	0,5	15,2
Año 2018	4	1	3	2	3	1,0	42,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-104. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Puilar. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

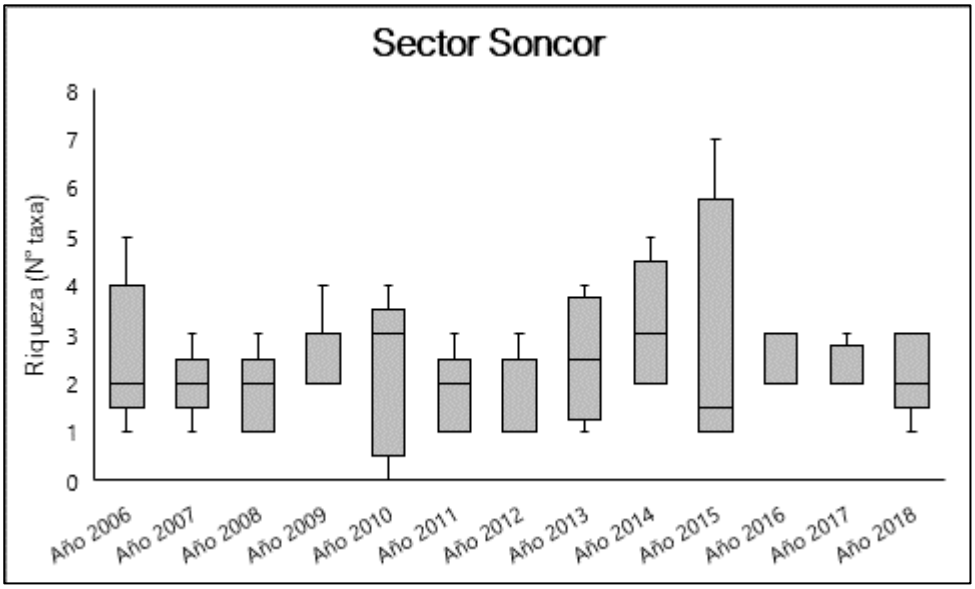
En cuanto al sector de Soncor, los valores históricos de riqueza específica han variado entre 0 y 7 taxa y al igual que en el sector de Puilar, los distintos coeficientes de variación y desviaciones estándar indican una muy leve heterogeneidad en los datos y una baja variabilidad interanual en los niveles de riqueza taxonómica (Tabla 6-88). Por consiguiente, la comparación entre los distintos periodos de estudio en el sector de Soncor indican que no existen diferencias significativas en los valores de riqueza medidos en el lugar a través del tiempo (KW=7,08 g.l=12, p= 0,7985, Anexo XIII) (Figura 6-105). Además, todos los valores de riqueza determinados en el actual periodo 2018 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

Tabla 6-88. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zoobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	1	5	3	2	1,5	58,3
Año 2007	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2008	5	1	3	2	2	0,8	46,5
Año 2009	5	2	4	2	2	0,9	37,3
Año 2010	5	0	4	2	3	1,6	74,7
Año 2011	5	1	3	2	2	0,8	46,5
Año 2012	5	1	3	2	1	0,9	55,9
Año 2013	4	1	4	3	3	1,3	51,6
Año 2014	5	2	5	3	3	1,3	40,7
Año 2015	4	1	7	3	2	2,9	104,4
Año 2016	3	2	3	2	2	0,6	24,7
Año 2017	4	2	3	2	2	0,5	22,2
Año 2018	5	1	3	2	2	0,8	38,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-105. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Soncor. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

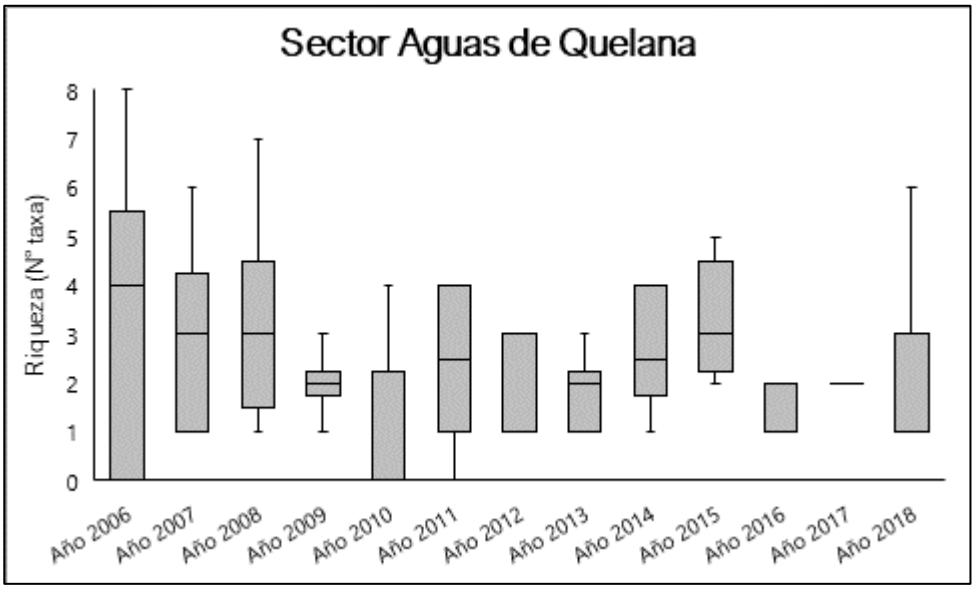
Por otro lado, en el sector Aguas de Quelana el rango histórico de los valores de riqueza taxonómica han variado entre 0 y 8 taxa, siendo este uno de los sectores sector que presentó la mayor riqueza taxonómica históricamente, de igual manera que lo encontrado en los sectores de Puilar y Soncor, los distintos coeficientes de variación indican baja heterogeneidad en los datos, y una escasa variabilidad interanual en los niveles de riqueza especifica determinados en el sector (Tabla 6-89). En complemento a esto, la comparación estadística entre los distintos periodos de estudio en el sector de Aguas de Quelana indican que no existen diferencias significativas (KW=14,26 g.l=11, p= 0,2524, Anexo XIII) (Figura 6-106). Además, y de igual manera que lo evidenciado en los otros sectores del Salar de Atacama, todos los valores de riqueza determinados en el actual periodo 2018 se encuentran dentro del rango histórico de valores determinados para este sector.

Tabla 6-89. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zoobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	10	0	8	4	4	2,8	81,1
Año 2007	10	1	6	3	3	1,8	60,9
Año 2008	9	1	7	3	3	2,0	63,2
Año 2009	10	0	3	2	2	0,9	46,1
Año 2010	10	0	4	1	0	1,5	138,5
Año 2011	8	0	4	2	3	1,6	67,3
Año 2012	3	1	3	2	1	1,2	69,3
Año 2013	6	1	3	2	2	0,8	41,1
Año 2014	6	1	4	3	3	1,2	45,4
Año 2015	4	2	5	3	3	1,3	38,7
Año 2016	3	1	2	2	2	0,6	34,6
Año 2017	2	2	2	2	2	0,0	0,0
Año 2018	7	1	6	3	3	1,7	62,8

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-106. Representación gráfica de la variación interanual de los valores Riqueza total del zoobentos medidos en el sector de Aguas de Quelana. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

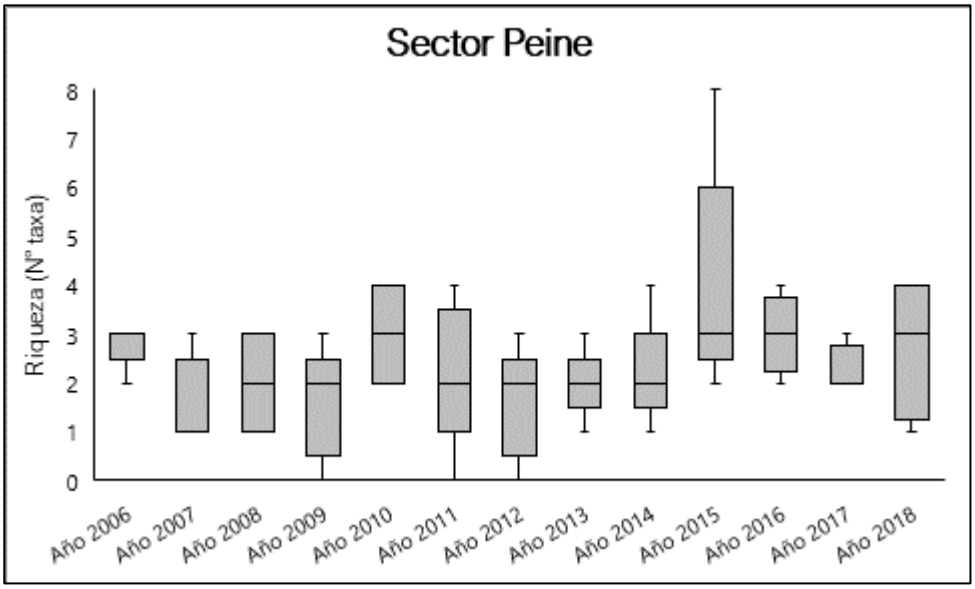
La riqueza de taxa histórica medida en el sector de Peine durante todo el periodo de monitoreo (años 2006-2018) varió entre 0 y 8 taxa, y con conjunto con el sector de Aguas de Quelana, este sitio presentó la mayor riqueza taxonómica históricamente. Además, los coeficientes de variación indican baja variabilidad en los datos y una baja heterogeneidad interanual respecto a este parámetro (Tabla 6-90). En relación a la comparación interanual, no se presentaron diferencias significativas entre los valores de riqueza determinados en el actual periodo respecto al resto de los periodos evaluados (KW=15,29 g.l=12, p= 0,1683, Anexo XIII). Para el periodo de monitoreo 2018 en el sector de Peine los valores de temperatura medidos fueron menores que los medidos los años 2007 y 2017, mientras que estadísticamente fueron mayores que los años medido durante los periodos 2012 y 2013 (Figura 6-107).

Tabla 6-90. Estadígrafos de la variación interanual de los valores de Riqueza total del zoobentos registradas entre los años 2006 y 2018 en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile.

Riqueza Zoobentos (S, N° taxa)							
Periodo	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. Var. (%)
Año 2006	5	2	3	3	3	0,4	16,0
Año 2007	5	1	3	2	1	0,9	55,9
Año 2008	4	1	3	2	2	1,2	57,7
Año 2009	5	0	3	2	2	1,1	71,3
Año 2010	5	2	4	3	3	1,0	33,3
Año 2011	5	0	4	2	2	1,5	67,4
Año 2012	5	0	3	2	2	1,1	71,3
Año 2013	5	1	3	2	2	0,7	35,4
Año 2014	5	1	4	2	2	1,1	49,8
Año 2015	5	2	8	4	3	2,3	58,6
Año 2016	4	2	4	3	3	0,8	27,2
Año 2017	4	2	3	2	2	0,5	22,2
Año 2018	4	1	4	3	3	1,5	54,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-107. Representación gráfica de la variación interanual de los valores de Riqueza total de zoobentos medidos en el sector de Peine. Salar de Atacama. II Región de Chile. (La mediana está representada por la línea horizontal en la caja, los extremos de la caja muestran los interquartiles y los extremos de las líneas verticales muestran el valor mínimo y máximo).



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

7.1 Vegetación

Los resultados obtenidos en 2018 indican que la superficie total cubierta sobre el área de estudio definida en el Borde Este de Salar de Atacama alcanza 14.817,1 ha. El matorral de *T. absinthioides* (Brea) cubre una superficie de 7.820,2 ha, equivalente al 52,8% de toda la vegetación presente en el área. Por su parte, la pradera de grama salada y los matorrales de Cachiyuyo presentan superficies similares de ocupación con 2.235,1 y 2.074,0 ha respectivamente, con porcentajes de 15,1% y 14,0% respectivamente.

De acuerdo a la Tabla 7-1, al comparar los resultados con los reportados el año 2017, se observa una disminución en la superficie de los tipos vegetacionales del matorral de *A. deserticola* – *E. multiflora* (Rica rica-Pingo pingo) (181,6 ha), pradera de *D. spicata* (Grama salada) (114,0 ha) y pajonal de *J. balticus* – *S. americanus* – *B. juncea* (Junquillo – Totora - Suncho) (39,3 ha). Por otra parte, aumentaron las superficies cubiertas por matorral de *T. absinthioides (*Brea) (113,1 ha), matorral de *A. atacamensis* – *A. imbricata* (Cachiyuyo - Ojalar) (258,9 ha) y matorral de *T. atacamensis* (Káuchal) (777,5 ha).

Tabla 7-1: Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2017-2018

Año de monitoreo	Tipo vegetacional (ha)						TOTAL (ha)
	Matorral de Brea	Matorral de Cachiyuyo – Ojalar	Matorral de Rica rica – Pingo pingo	Matorral de Káuchal	Pradera de Grama salada	Pajonal de Junquillo - Totora - Suncho	
2017	7.735,3	1.815,1	769,5	34,3	2.349,1	1.327,4	14.030,7
2018	7.820,2	2.074,0	587,9	811,8	2.235,1	1.288,1	14.817,1
Disminución	--	--	181,6	--	113,7	39,3	
Aumento	113,1	258,9	--	777,5	--	--	

Fuente: Elaboración propia.

Las observaciones de vitalidad realizadas en abril de 2018 en Borde Este mostraron que de los 99 puntos un 69,7% presentaron una vitalidad normal, un 21,2% presentó una vitalidad débil, un 5,1% una vitalidad muy débil y el 4,0% restante correspondieron a zonas sin vegetación. En comparación a la temporada del año 2017 se aprecia un aumento en las categorías débil y muy débil, con incrementos de 6,0% y 5,1% respectivamente. La categoría de vitalidad normal presentó una disminución de un 1% . En la presente campaña no se reportó descripciones en la categoría vigoroso.

Respecto de la vitalidad de la Zona de Conexión, los registros obtenidos en enero y abril de 2018 se distribuyen sólo entre las categorías débil o normal. En enero de 2018, un 89,5% de los puntos de monitoreo presentaron una vitalidad considerada normal y 10,5% una vitalidad considerada débil, mientras que en abril el 78,9% presentaron vitalidad normal y 21,1% presentaron vitalidad débil, esto indica una disminución de la vitalidad de 10,6%. Cabe mencionar que en el año 2017 la observaciones de vitalidad de la Zona de Conexión se concentraron en la categoría vigoroso, lo cual fue inusual respecto de lo observado en los monitoreos. En el presente año, se ha identificado que las descripciones se concentran en la vitalidad normal, regresando al comportamiento histórico observado en los datos.

Respecto al follaje verde en el Monitoreo del Borde Este, se identifica que respecto de lo registrado en 2017 hay un incremento del 8,1% de las observaciones en la categoría entre 25-50%, en desmedro de las categorías 50-75% y 75-100% que disminuyeron en su número de observaciones en un 3,0 y 5,1% respectivamente. Situación similar se aprecia en los puntos monitoreados en Zona de Conexión, donde la proporción de follaje verde disminuyó en su categoría en comparación al año anterior en ambos meses de evaluación. En la Zona de Conexión la mayor expresión de follaje verde se observa en el mes de enero, donde hubo una mayor cantidad de puntos de monitoreo en la categoría 50-75%, en comparación al mes de abril.

Por último, las observaciones de fenológico de la vegetación del Borde Este, reportan dominancia de los estados de fructificación y vegetativo durante la evaluación de abril. En Zona de Conexión, en enero se observa la ocurrencia de los estados de floración y fructificación en igual proporción, mientras que en abril predomina el estado de fructificación.

Respecto de los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en 2018 sobre los ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2, mostraron que de los 71 ejemplares objeto de estudio, 38 de ellos (53,6%) presentaron una vitalidad entre las categorías de muy débil a vigoroso, 33 ejemplares (46,4%) se encontraron secos, sin evidencia de follaje verde ni estructuras reproductivas. Cabe destacar que 9 ejemplares han sido reportados como removidos o desaparecieron del área de estudio (Véase el nota al pie de página 2).

Para la categoría Daño se registró este año un alto porcentaje de ramoneo (78,8% de individuos, 56 ejemplares), en comparación al año 2017 (50,7% de individuos, 36 ejemplares), mientras que solo 6 ejemplares (8,5% de los individuos) no muestran daños en el presente año, esta cifra es baja respecto al año 2017 (31,0%, 22 ejemplares).

7.2 Flora

La flora vascular del Borde Este del Salar de Atacama se encuentra en una zona con déficit hídrico debido a las escasas precipitaciones, pero que en ocasiones puntuales puede variar el régimen pluviométrico permitiendo, entre otras cosas, la emergencia de plantas, principalmente de herbáceas.

Para la presente campaña se detecta una riqueza de 13 taxa dentro de los puntos de muestreo y 4 fuera de ellos, ambos valores dentro del rango histórico observado a lo largo de las campañas, por lo que no se detectan cambios significativos en la componente a lo largo del tiempo. Las especies con mayor frecuencia son *Tessaria absinthioides* (observada en todos los transectos) y *Distichlis spicata* (observada en 6 de los 7 transectos).

De acuerdo con los resultados obtenidos en las parcelas establecidas en los 7 transectos de la presente campaña de monitoreo, se observa una disminución en el número total de especies registradas en los puntos de monitoreo en comparación con el año anterior. Esta disminución se traduce en 5 de los 7 transectos en los cuales destaca la ausencia de hierbas anuales, tales como *Cistanthe salsoloides*, *Exodeconus integrifolius*, *Tiquilia atacamensis*, *Festuca hypsophila*, *Atriplex atacamensis* y *Nitrophila atacamensis*. Esta disminución de especies concuerda con la baja precipitación que hubo este año (19,9 mm) en comparación con el 2017 en donde se registró el máximo histórico (166,2 mm). Respecto del rango histórico observado, tres transectos registraron el mínimo histórico de taxa en sus puntos de muestreo (Transecto 3, 5 y 7), sin embargo, las especies no registradas en estos transectos (*Aloysia desertícola*,

Festuca hypsophila, *Lycium humile*, *Juncus balticus*, *Nitrophila atacamensis*) se han observado en otros transectos y fuera de los puntos de muestreo.

La salinidad y pH del suelo mantienen un comportamiento normal. Para la presente campaña las muestras se tomaron por la ETFA autorizada Algoritmos SPA, seguidamente las muestras fueron evaluadas por el laboratorio ETFA ALS Life Sciences Chile S.A. y también por el laboratorio donde históricamente se han realizado las mediciones desde el año 2012 (Agroanálisis UC); seguir utilizando el laboratorio inicial permite analizar y entregar trazabilidad de los datos históricos, considerando que la metodología del labotorio ETFA ALS Life Sciences Chile S.A es distinta y por lo tanto no es comparable. Los registros observados por la ETFA presentan valores similares a los obtenidos desde el año 2012 a la fecha por Agroanálisis UC. En general, los valores de pH son en promedio 0,1 unidades mas alto, mientras que la conductividad eléctrica son 5,6 dS/m más bajos.

Los suelos presentan pH entre ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino (pH > 7,4), mientras que las conductividades presentan valores entre no salinos (1 muestra en ambos laboratorios) hasta fuertemente salino (48 y 60 muestras), con variaciones puntuales que no permiten concluir que sea un efecto de las actividades del Proyecto, sino más bien sería causado por condiciones de micrositio.

7.3 Fauna

En la campaña 2018 se registraron 24 especies de vertebrados terrestres, de los cuales 3 son reptiles, 15 aves y 6 corresponden a mamíferos. No se observaron anfibios en el área de estudio.

De las tres especies de reptiles registradas en la temporada 2018, *Liolaemus fabiani* fue la más abundante, seguida de *Liolaemus constanzae*. Por su parte, *Liolaemus puna* contó con solo un registro durante la presente temporada, siendo detectada en simpatria con *L. fabiani* y *L. constanzae.*

Corroborando esta tendencia, los datos de monitoreos previos muestran el predominio de las especies Los *L. constanzae* y *L. fabiani* en la zona de estudio. Estas muestran una marcada diferenciación en cuando a sus preferencias de hábitat: *L. constanzae* es la especie dominante en ambientes con vegetación y baja humedad (Rica rica-Pingo pingo y Brea-Cachiyuyo), mientras que *L. fabiani* predomina en los ambientes con alta salinidad y cercanos a los cuerpos de agua (ambiente de Salar, Marginal de Salar y Pajonal). La variación de la abundancia a lo largo del PSA se ha mantenido dentro de rangos normales, no mostrando evidencias de una tendencia hacia la disminución del número de individuos.

En el monitoreo 2018, en ambientes terrestres se avistaron ejemplares pertenecientes a cinco especies de aves acuáticas y terrestres. Similar a lo observado en campañas previas existe un bajo registro de ejemplares en estos sectores, destacando el paso de una bandada de flamencos (*Phoenicoparrus jamesi*) en el sector de Vegas de Carvajal (hábitat Marginal de Salar). Considerando los trece años de seguimiento, las especies con mayor abundancia corresponden a la tortolita de la puna (*Metriopelia aymara),* que se distribuyen en todos los sectores de estudio, y el chorlo de la puna *(Charadrius alticola)* asociado principalmente a ambientes con cuerpos de agua cercanos, como los de Salar o Marginal de Salar. La variación histórica de la abundancia de las aves en los ambientes terrestres prospectados a lo largo del PSA se ha mantenido dentro de rangos normales, no mostrando evidencias de una tendencia hacia la disminución en el número de individuos.

En el monitoreo 2018, en ambientes acuáticos se avistaron 1.815 individuos de aves, los que pertenecen a catorce especies. Al igual que en los monitoreos anteriores las especies dominantes fueron las tres

especies de flamencos, el caití *(Recurvirostra andina)* y el playero de Baird (*Calidris bairdii)*, todas especies asociadas a ambientes acuáticos.

El análisis de los datos de abundancia, considerando los tres sectores, indica que el número de flamencos censados en la temporada 2018, muestra una leve recuperación respecto al año anterior (2017). Sin embargo, estos resultados dan cuenta de las variaciones cíclicas normales dentro de la dinámica poblacional que muestran estas especies, como ya ha sido reportado en la literatura. Este patrón es explicado por eventos de dispersión que son determinados por las condiciones bióticas y abióticas de los sitios reproductivos y de invernación. Siguiendo la proyección de esta dinámica fluctuante, se espera que en los próximos monitoreos comience un ciclo de recuperación en la abundancia, principalmente para las dos especies que muestran la mayor reducción de individuos: la parina grande (*P. andinus*) y la parina chica (*P. jamesi*).

Los resultados de los datos históricos en la abundancia de los flamencos en cada sector muestran diferentes escenarios. El Sistema Lacustre de Soncor presenta la mayor abundancia de pollos de flamenco y de parina grande (*P. andinus*), indicando que las lagunas del sector son un sitio reproductivo importante, particularmente para esta especie. Por su parte, en el Sistema de Aguas de Quelana, el número de pollos registrados ha sido históricamente bajo, interpretándose sobre la base de las observaciones realizadas a lo largo del monitoreo, que estos cuerpos de agua no presentan las características adecuadas para la reproducción masiva de estas aves. Finalmente, en el Sistema de Peine, se observa una tendencia a la disminución de ejemplares de flamencos, alcanzando el mínimo histórico en la campaña actual.

Respecto a las restantes aves registradas en ambientes acuáticos, el análisis por sector indica que, tanto en el Sistema Soncor como en el de Peine, la variación de la abundancia se ha mantenido dentro de los niveles mostrados a lo largo del PSA. Similar al caso de los flamencos, se detectó una disminución de aves acuáticas en el sector de Peine. Por su parte, en el Sistema de Aguas de Quelana, se ha observado una tendencia a la reducción en el número de individuos, lo cual podría relacionarse con variaciones en la superficie de los cuerpos de agua existentes en este sector.

Se estima que estas diferencias son propias de la dinámica poblacional de este grupo faunístico, las que guardan relación con las condiciones meteorológicas y la disponibilidad de recursos para su alimentación y/o nidificación. De esta forma, las fluctuaciones ambientales de variables como la temperatura, precipitaciones y evaporación, derivan en que los cuerpos lacustres modifiquen sus características como albergue para las poblaciones residentes y/o visitantes, tanto en términos de disponibilidad de alimento como de refugio o sitios reproductivos. Por lo tanto, los cuerpos lacustres en Salar de Atacama pueden presentarse como un destino atractivo para las poblaciones de aves acuáticas migratorias, en periodos con condiciones climáticas favorables y con una mayor oferta de recursos.

En cuanto a los mamíferos, durante la campaña 2018 se capturaron cuatro especies de roedores y se obtuvo evidencia indirecta de la presencia de tuco tuco (*C. fulvus).* Según los registros históricos, la especie más abundante durante los doce años de seguimiento es el ratón de pie sedoso (*E. puerulus*), seguido por la lauchita andina (*A. andinus*), mostrando una clara partición del hábitat. El ratón de pie sedoso es la especie dominante en el ambiente de Rica rica-Pingo pingo, mientras que la lauchita andina concentra el mayor número de individuos en el ambiente de Pajonal. El análisis de los datos históricos indica que las variaciones en la abundancia de los micromamíferos se han mantenido dentro de las variaciones obtenidas a lo largo del monitoreo del PSA, con aumentos explosivos en el número de individuos, particularmente en los roedores, después de periodos de mayores precipitaciones.

Por su parte, la presencia de *Pseudalopex sp* se ha verificado a lo largo de todo el monitoreo del PSA, en los dos sectores y ambientes prospectados (evidencia directa), y en prácticamente toda el área de estudio (evidencia indirecta), lo que da cuenta de la alta movilidad de esta especie generalista, que ocupa en forma extensa el borde Este del Salar de Atacama.

7.4 Biota Acuática

7.4.1 Medio Abiótico

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

Respecto a los parámetros fisicoquímicos de importancia limnológica de la columna de agua y del sedimento determinados en la actual campaña de monitoreo (abril 2018) se puede indicar que la temperatura registrada de manera puntual mostró diferencias entre los distintos sistemas muestreados, arrojando una mayor homogeneidad de los valores de Temperatura en los Sectores de Aguas de Quelana y Peine mientras que en los Sectores de Soncor y Puilar existe una mayor variación y mayor heterogeneidad de los valores de Temperatura en las estaciones de muestreo. Los menores valores de temperatura se registraron en Peine.

Para el parámetro pH medido en abril de 2018 se determinó una baja variabilidad en los valores medidos en cada sistema hidrológico y no se detectaron variaciones significativas en los valores de pH medidos en los distintos sectores del área de estudio indicando homogeneidad en el área de estudio en términos de este parámetro. La Conductividad y Salinidad muestran que el sector de Soncor se diferencia significativamente de los sectores de Puilar, Aguas de Quelana y Peine, mostrando mayores niveles de concentración de sales y minerales disueltos presentes en el agua.

En cuanto al parámetro Oxígeno disuelto se determinó que existe poca variabilidad de la concentración de oxígeno en los sectores de Puilar, Aguas de Quelana y Peine, mientras que en el sector de Soncor existe una mayor variación. Además, se detectaron diferencias de los valores de Oxígeno disuelto entre los distintos sistemas hidrológicos, principalmente entre los sectores de Puilar - Soncor respecto a los otros sectores, ya que presentaron los menores valores de concentración de Oxígeno disuelto.

En comparación con los datos históricos, todos los sistemas muestreados presentaron en general condiciones de temperatura bastante variables y valores de pH que permiten la mantención y conservación de la Vida Acuática. Históricamente y durante la actual campaña de monitoreo (abril de 2018) la mayor parte de los sitios monitoreados presentaron bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Sin embargo, cabe destacar y como se mencionó con anterioridad, una característica física y química fundamental del agua salina, y la cual tiene una estrecha relación con la conductividad, es la disminución en la capacidad de disolver el oxígeno, por lo que los cuerpos de agua salina en general presentan menores concentraciones de oxígeno disuelto que los cuerpos de agua dulce y por consiguiente, la biota presente en estos sistemas se encuentra adaptada a estas condiciones de hábitat, lo cual se ve evidenciado con la presencia de las comunidades de biota acuática en todos los sectores prospectados. Cabe indicar también que, en el caso de variables como temperatura superficial y oxígeno disuelto, las principales diferencias detectadas tanto en el actual periodo, como en las comparaciones interanuales estarían dadas principalmente por la condición y horario ambiental al momento del muestreo.

Por su parte los parámetros conductividad eléctrica y Salinidad presentaron concentraciones que permiten indicar que en función de estos parámetros el recurso hídrico se cataloga como aguas no aptas para riego por sus características naturalmente hipersalinas. Sin embargo, estas elevadas conductividades y salinidades no tienen una implicancia directa en el desarrollo de la vida acuática, la cual se encuentra adaptada a dichas condiciones.

7.4.2 Medio Biótico

Respecto a la variable Clorofila-a durante la campaña de abril de 2018, la clorofila medida en la fracción planctónica muestra una alta variabilidad entre los valores medidos en cada sector de monitoreo indicando una heterogeneidad en el sistema respecto a la biomasa, dicha variabilidad se ha mantenido históricamente. Además, no existen diferencias significativas en la productividad primaria en los distintos sistemas hidrológicos del área de estudio. Por otro lado, la clorofila-a medida en la fracción bentónica presento mayor variabilidad en el sector de Aguas de Quelana, y una marcada diferencia entre este mismo sector respecto al sistema Soncor y Peine, los cuales presentaron más bajos valores de concentración de clorofila-a respecto a este sitio, indicando que existe una mayor productividad en términos de biomasa bentónica en Aguas de Quelana respecto al resto del área de estudio probablemente asociado a la variabilidad presente en el sustrato que presenta este sector, dichas diferencias se han mantenido de manera histórica .

En términos del Fitobentos, Zooplancton y del Zoobentos, durante el actual periodo (abril 2018) no existen diferencias en los niveles de Abundancia y Riqueza determinados entre los distintos sistemas y en general, existe una baja variabilidad de estos parámetros entre las estaciones de muestreo de cada sistema hidrológico del área de estudio, presentando una homogeneidad de estos parámetros en toda el área de estudio. Sin embargo, la comparación histórica señala diferencias significativas en todos los sectores estudiados tanto en la abundancia, como en la riqueza de estos componentes, cabe señalar que esta diferencia interanual podría verse explicada por la gran variabilidad y dinamismo que presentan los distintos sistemas estudiados que se ve reflejada por la gran heterogeneidad en los valores de los parámetros comunitarios.

Respecto al Fitoplancton, durante la campaña de abril de 2018 se determinó que existe variabilidad espacial respecto a la Abundancia, pero no respecto a la Riqueza. La variabilidad de la abundancia se detectó principalmente por la mayor abundancia detectada en los sistemas hidrológicos de Peine y Aguas de Quelana respecto a Soncor y Puilar. La baja variabilidad y escasa diferencia en los valores de Riqueza entre los sistemas de estudio, indican un ambiente homogéneo respecto a este parámetro. Por su parte, la comparación histórica interanual -al igual que en el fitobentos- indica la existencia de diferencias significativas en todos los sectores estudiados, y como se mencionó, estas grandes diferencias interanuales podrían verse explicadas por la gran variabilidad y dinamismo que presentan los distintos sistemas estudiados en el tiempo, y que se ve reflejada por la gran heterogeneidad en los valores de los parámetros comunitarios que no responden a un patrón específico.

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

todos los valores determinados en el medio abiótico y biótico se encuentran dentro de los rangos históricos medidos en todos los sectores.