

Campaña de Monitoreo Biótico N° 18 – abril 2024

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

Campaña de Monitoreo Biótico N° 18 – abril 2024
SQMSL861.INFO1.REVO Informe anual Plan de Seguimiento Ambiental Biótico – Proyecto Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama

Rev.	Id	Ejecutor	Revisor	Aprueba	Descripción
B	Nombre	AA – CI – VO – JA	CI	IZ	Propuesta Rev. (B)
	Fecha	04.03.2025	07.04.2025	07.04.2025	
C	Nombre	CI – AA – ES – JMB	CI	IZ	Propuesta Rev. (C)
	Fecha	14.05.2025	14.05.2025	14.05.2023	
O	Nombre	CI	IZ	IZ	Propuesta Rev. (O)
	Fecha	16.05.2025	16.05.2025	16.05.2025	

Contenido

1	Resumen ejecutivo.....	1
1.1	Vegetación y Flora	1
1.1.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales de alta resolución	2
1.1.2	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación - acuífero.....	3
1.1.3	Monitoreo de la flora vascular	4
1.1.4	Monitoreo de Algarrobos	5
1.1.5	Monitoreo de Fauna	8
1.1.6	Monitoreo de Biota acuática.....	10
2	Introducción	11
3	Objetivos.....	15
3.1	Objetivo general.....	15
3.2	Objetivos específicos subcomponente flora y vegetación	15
3.3	Objetivos específicos subcomponente fauna	16
3.4	Objetivos específicos subcomponente biota acuática.....	16
4	Materiales y métodos.....	17
4.1	Área de estudio.....	17
4.2	Flora y vegetación.....	19
4.2.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales	19
4.2.2	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación - acuífero.....	28
4.2.3	Monitoreo de flora vascular	30
4.2.4	Monitoreo de algarrobos	34
4.3	Fauna.....	49
4.3.1	Ubicación de los puntos de monitoreo	49
4.3.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	60
4.3.3	Metodología de muestreo, medición y análisis.....	61
4.3.4	Materiales y equipos utilizados	66
4.3.5	Fechas de muestreo de cada parámetro.....	67
4.4	Biota acuática.....	67

4.4.1	Ubicación de los puntos de monitoreo	67
4.4.2	Parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	71
4.4.3	Metodología de muestreo, medición y análisis	72
4.4.4	Materiales y equipos utilizados	77
4.4.5	Fechas de muestreo de cada parámetro	78
5	Resultados	80
5.1	Flora y vegetación	80
5.1.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales	80
5.1.2	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero	90
5.1.3	Monitoreo de flora vascular	94
5.1.4	Monitoreo de algarrobos	105
5.2	Fauna	132
5.2.1	Riqueza y caracterización de especies	132
5.2.2	Estimación de la riqueza y abundancia	133
5.3	Biota Acuática	141
5.3.1	Medio Abiótico	143
5.3.2	Medio Biótico	149
6	Discusiones	198
6.1	Flora y vegetación	198
6.1.1	Monitoreo vegetación mediante imágenes satelitales	198
6.1.2	Monitoreo vegetación en zona de conexión vegetación - acuífero	210
6.1.3	Monitoreo de la Flora Vascular	225
6.1.4	Monitoreo de Algarrobos	264
6.2	Fauna	284
6.2.1	Abundancia de reptiles	285
6.2.2	Abundancia de aves terrestres	288
6.2.3	Censos de aves en ambientes acuáticos	295
6.2.4	Abundancia de micromamíferos	307
6.2.5	Abundancia de macromamíferos	309
6.3	Biota acuática	311

6.3.1	Medio abiótico	311
6.3.2	Medio biótico	322
7	Conclusiones.....	367
7.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales	367
7.2	Monitoreo trimestral de la vegetación	368
7.3	Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero	368
7.4	Monitoreo de la flora vascular	369
7.5	Monitoreo de algarrobos	370
7.5.1	Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2	370
7.5.2	Fisiología de algarrobos.....	371
7.5.3	Biomasa de algarrobos.....	372
7.6	Fauna.....	373
7.7	Biota acuática.....	373
7.7.1	Medio abiótico	374
7.7.2	Medio biótico	374
8	Referencias	375
8.1	Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales	375
8.2	Monitoreo de la vegetación de la zona de conexión vegetación – acuífero	375
8.3	Monitoreo de la flora vascular	376
8.4	Monitoreo de algarrobos	377
8.4.1	Monitoreo de ejemplares de algarrobo, ubicados en el área del pozo Camar 2.	377
8.4.2	Fisiología de algarrobos.....	378
8.4.3	Biomasa de algarrobos.....	380
8.5	Fauna.....	383
8.6	Biota acuática.....	387

Tablas

Tabla 2-1. Resumen de los parámetros de medición por subcomponente en función del objeto de protección	12
Tabla 4-1. Vértices del Área de estudio PSA biótico – Salar de Atacama	17
Tabla 4-2. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama	19
Tabla 4-3. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	21
Tabla 4-4. Rangos de cobertura utilizados en las descripciones vegetacionales	22
Tabla 4-5. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas	23
Tabla 4-6. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas	23
Tabla 4-7. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico	23
Tabla 4-8. Materiales y equipos utilizados.....	27
Tabla 4-9. Fechas de muestreo vegetación	27
Tabla 4-10. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión.....	28
Tabla 4-11. Materiales y equipos utilizados.....	30
Tabla 4-12. Fechas de monitoreo de la vegetación	30
Tabla 4-13. Ubicación de los puntos de monitoreo de flora	30
Tabla 4-14. Métodos utilizados por la ETFA ALS para el análisis de la conductividad eléctrica y pH de muestras de suelo	33
Tabla 4-15. Materiales y equipos utilizados.....	34
Tabla 4-16. Fechas de muestreo de flora	34
Tabla 4-17. Actualización en la nomenclatura del género <i>Prosopis</i>	35
Tabla 4-18. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados.....	36
Tabla 4-19. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados.....	38
Tabla 4-20. Ubicación de los individuos de algarrobo monitoreados en la quebrada de Camar	39
Tabla 4-21. Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables	43
Tabla 4-22. Criterios utilizados para clasificar la vitalidad de las plantas	44
Tabla 4-23. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas	44
Tabla 4-24. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico	45
Tabla 4-25. Categorías de daño para la evaluación de individuos de algarrobo	45

Tabla 4-26. Materiales y equipos utilizados.....	48
Tabla 4-27. Fechas de muestreo	49
Tabla 4-28. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de transectos para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama.....	50
Tabla 4-29. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama.....	56
Tabla 4-30. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	60
Tabla 4-31. Materiales y equipos utilizados.....	66
Tabla 4-32. Fechas de muestreo Fauna	67
Tabla 4-33. Ubicación de los puntos de muestreo para Biota acuática.....	67
Tabla 4-34. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	71
Tabla 4-35. Índices utilizados para la estimación de descriptores comunitarios	76
Tabla 4-36. Materiales y equipos utilizados.....	77
Tabla 4-37. Fechas de muestreo de biota acuática.....	78
Tabla 5-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama año 2024	85
Tabla 5-2. Especies dominantes y acompañantes en los monitoreos de enero y abril de 2024.....	90
Tabla 5-3. Puntos de muestreo en la Zona de conexión vegetación – acuífero por categoría de cobertura de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2024	91
Tabla 5-4. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas enero-abril de 2024.....	92
Tabla 5-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas enero-abril de 2024.	93
Tabla 5-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2024.....	94
Tabla 5-7. Riqueza de la flora registrada en el periodo 2024	94
Tabla 5-8. Hábito de crecimiento de la flora presente en el Borde Este del Salar de Atacama.....	95
Tabla 5-9. Origen biogeográfico de la flora presente en el Borde Este del Salar de Atacama	96
Tabla 5-10. Frecuencia de las especies durante la campaña 2024.....	97
Tabla 5-11. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences Chile.....	98

Tabla 5-12. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences Chile.....	99
Tabla 5-13. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC	99
Tabla 5-14. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC	100
Tabla 5-15. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences Chile.....	102
Tabla 5-16. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora	102
Tabla 5-17. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora.....	103
Tabla 5-18. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora	103
Tabla 5-19. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo (2006-2024)...	106
Tabla 5-20. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) medidos en enero y abril de 2024 en algarrobos de la Quebrada de Camar.....	110
Tabla 5-21. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs)	112
Tabla 5-22. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial	112
Tabla 5-23. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) medidos en enero y abril de 2023 en algarrobos de la Quebrada de Camar.....	113
Tabla 5-24. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs)	115
Tabla 5-25. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial	115
Tabla 5-26. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Neltuma</i> para ejemplares de algarrobo – enero 2024	116
Tabla 5-27. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Neltuma</i> (ex <i>Prosopis</i>) – enero 2024	118

Tabla 5-28. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Neltuma</i> para ejemplares de algarrobo – abril 2024	120
Tabla 5-29. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Neltuma</i> (ex <i>Prosopis</i>). – abril 2024	122
Tabla 5-30. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Neltuma</i> para ejemplares de algarrobo – julio 2024.....	124
Tabla 5-31. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Neltuma</i> (ex <i>Prosopis</i>). – julio 2024.....	126
Tabla 5-32. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género <i>Neltuma</i> para ejemplares de algarrobo – octubre 2024	128
Tabla 5-33. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género <i>Neltuma</i> (ex <i>Prosopis</i>) – octubre 2024.....	130
Tabla 5-34. Estado de conservación y singularidades de fauna observadas en la campaña 2024.	132
Tabla 5-35. Abundancia de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama	134
Tabla 5-36. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama	135
Tabla 5-37. Abundancia de aves acuáticas en los sistemas lacustres del área de estudio	137
Tabla 5-38. Abundancia de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama.....	140
Tabla 5-39. Índice de visitas de <i>Lycalopex sp.</i> (zorro) y observación de improntas en estaciones de atracción olfativa	140
Tabla 5-40. Índice de visitas de <i>Lycalopex culpaeus</i> (zorro culpeo) y <i>Lycalopex griseus</i> (zorro chilla) obtenidas mediante cámara trampa.....	141
Tabla 5-41. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de caracterización de biota acuática en el Borde Este del Salar de Atacama	142
Tabla 5-42. Valor puntual de los parámetros fisicoquímicos medidos en las estaciones durante la campaña del 2024	143
Tabla 5-43. Promedios $\pm$ error estándar por sector de los parámetros fisicoquímicos medidos durante la campaña del 2024.....	144
Tabla 5-44. Taxonomía del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024	152

Tabla 5-45. Abundancias promedio $\pm$ ee del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024	160
Tabla 5-46. Taxonomía del ensamble de fitobentos durante la campaña de 2024	164
Tabla 5-47. Abundancias promedio $\pm$ ee del ensamble de fitobentos durante la campaña del 2024	173
Tabla 5-48. Taxonomía del ensamble de zooplancton durante la campaña de 2024.....	177
Tabla 5-49. Abundancias promedio $\pm$ ee del ensamble de zooplancton durante la campaña del 2024.	185
Tabla 5-50. Taxonomía del ensamble de zoobentos durante la campaña de 2024.....	187
Tabla 5-51. Abundancias promedio $\pm$ ee del ensamble de zoobentos durante la campaña del 2024.	195
Tabla 6-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2024	205
Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2023-2024	207
Tabla 6-3. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de enero 2007 - 2024	211
Tabla 6-4. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de abril 2007 - 2024	212
Tabla 6-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024.....	215
Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024.....	217
Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024	220
Tabla 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024	223
Tabla 6-9. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2024	227
Tabla 6-10. Prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre dos muestras para las variables Riqueza y Frecuencia de flora	237
Tabla 6-11. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2024 para Riqueza y Abundancia de flora.....	238
Tabla 6-12. Resultado de la prueba de White para los transectos con tendencia estadística	238

Tabla 6-13. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo	246
Tabla 6-14. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2024 con cada año anterior	247
Tabla 6-15. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para el pH.....	247
Tabla 6-16. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 31 puntos con tendencia significativa	250
Tabla 6-17. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo	260
Tabla 6-18. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2024 con cada año anterior	261
Tabla 6-19. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para la Salinidad (CE).....	262
Tabla 6-20. Vitalidad de la población de algarrobos. Campañas 2006 – 2024.....	266
Tabla 6-21. Copa viva (%) de la población de algarrobos. Campañas 2006 – 2024.....	268
Tabla 6-22. Fenología de los ejemplares de la población de algarrobos en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024	271
Tabla 6-23. Individuos de algarrobos con presencia de daño en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2024	273
Tabla 6-24. Abundancia promedio de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.....	285
Tabla 6-25. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.....	290
Tabla 6-26. Indicadores generales de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2024.	294
Tabla 6-27. Número de aves registradas a través de censos en ambientes acuáticos en los monitoreos 2006-2024	296

Figuras

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio y sus vértices	18
Figura 4-2. Distribución espacial de puntos de monitoreo de vegetación en el Borde Este del Salar de Atacama.....	21
Figura 4-3. Vegetación en mosaico y su representación cartográfica. Ejemplo de pradera de <i>Distichlis spicata</i>	26

Figura 4-4. Ubicación de puntos de muestreo de vegetación en la zona de conexión vegetación - acuífero	29
Figura 4-5. Ubicación de los transectos de Flora en el área de estudio	32
Figura 4-6. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados.....	37
Figura 4-7. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones fisiológicas	39
Figura 4-8. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados.....	42
Figura 4-9. Ubicación de los puntos de muestreo de transectos y censos	51
Figura 4-10. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Vegas de Carvajal.....	52
Figura 4-11. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Cruce Camar	53
Figura 4-12. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Aguas de Quelana	54
Figura 4-13. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Cruce SQM	55
Figura 4-14. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Peine.....	56
Figura 4-15. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas. Sistema Soncor.....	58
Figura 4-16. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas. Sistema Aguas de Quelana	59
Figura 4-17. Ubicación de puntos de muestreo para la metodología de censo de aves acuáticas. Sistema Peine	60
Figura 4-18. Ubicación espacial de los puntos de muestreo de Biota Acuática en Sistema Soncor ..	69
Figura 4-19. Ubicación espacial de los puntos de muestreo de Biota Acuática en Sistema Aguas de Quelana.....	70
Figura 4-20. Ubicación espacial de los puntos de muestreo de Biota Acuática en Sistema Peine.....	71
Figura 4-21. Registros fotográficos de toma de muestras de Biota Acuática en lagunas del Salar de Atacama 2024.	75
Figura 5-1. Vitalidad de las formaciones vegetacionales en el Borde Este del Salar de Atacama.....	81
Figura 5-2. Proporción de porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama	82
Figura 5-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.	83

Figura 5-4. Superficie (ha) de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama	86
Figura 5-5. Estado vital de las unidades de vegetación prospectadas trimestralmente	87
Figura 5-6. Porcentaje de copa viva de las unidades de vegetación prospectadas trimestralmente .	88
Figura 5-7. Fenología de las unidades de vegetación prospectadas trimestralmente.....	89
Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación – acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetacional. Campañas de enero y abril de 2024.....	91
Figura 5-9. 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 2024	92
Figura 5-10. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por porcentaje de copa viva. Campañas de enero y abril de 2024.....	93
Figura 5-11. Participación de las categorías fenológicas en los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero en las Campañas de enero y abril de 2024.....	94
Figura 5-12. Regresión lineal entre los datos de pH obtenida entre laboratorios	101
Figura 5-13. Comparación del pH obtenido entre laboratorios por punto de monitoreo	101
Figura 5-14. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios	104
Figura 5-15. Comparación de la CE obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo	105
Figura 5-16. Vitalidad previa al desprendimiento de los individuos desaparecidos	107
Figura 5-17. Vitalidad de los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (Algarrobos).....	107
Figura 5-18. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (Algarrobos)	108
Figura 5-19. Fenología en los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (Algarrobos)	108
Figura 5-20. Presencia de daño en los ejemplares de <i>Neltuma alba</i> (Algarrobos).....	109
Figura 5-21. Valores puntuales de temperatura medidos <i>in situ</i> en la columna de agua durante la campaña de 2024	145
Figura 5-22. Valores puntuales de pH medidos <i>in situ</i> en la columna de agua durante la campaña de 2024.....	146
Figura 5-23. Valores puntuales de oxígeno disuelto <i>in situ</i> en la columna de agua durante la campaña de 2024.	147
Figura 5-24. Valores puntuales de conductividad medidos en la columna de agua durante la campaña de 2024	148
Figura 5-25. Valores puntuales de salinidad <i>in situ</i> en la columna de agua durante la campaña de 2024.....	149
Figura 5-26. Concentración puntual de clorofila a por estación de muestreo, abril 2024	150

Figura 5-27. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	151
Figura 5-28. Composición taxonómica a nivel de género del ensamble de fitoplancton por estación de muestreo, campaña de 2024	151
Figura 5-29. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	153
Figura 5-30. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	154
Figura 5-31. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	155
Figura 5-32. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	155
Figura 5-33. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	156
Figura 5-34. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	157
Figura 5-35. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	157
Figura 5-36. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	158
Figura 5-37. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	158
Figura 5-38. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	159
Figura 5-39. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	163
Figura 5-40. Composición taxonómica a nivel de género del ensamble de fitobentos por estación de muestreo, campaña de 2024	164
Figura 5-41. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	166
Figura 5-42. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024	167
Figura 5-43. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/cm ³ del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	168

Figura 5-44. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/cm ³ del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024	168
Figura 5-45. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	169
Figura 5-46. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024	170
Figura 5-47. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	170
Figura 5-48. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024	171
Figura 5-49. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	171
Figura 5-50. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024	172
Figura 5-51. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	176
Figura 5-52. Composición taxonómica del ensamble de zooplancton por estación de muestreo, campaña de 2024	177
Figura 5-53. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	178
Figura 5-54. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.	179
Figura 5-55. Abundancia promedio ($\pm ee$) ind/l del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	180
Figura 5-56. Abundancia promedio ($\pm ee$) en ind/l del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.	180
Figura 5-57. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	181
Figura 5-58. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	182
Figura 5-59. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024	182
Figura 5-60. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024	183

Figura 5-61. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.....	183
Figura 5-62. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.....	184
Figura 5-63. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.	186
Figura 5-64. Composición taxonómica del ensamble de zoobentos por estación de muestreo, campaña de 2024.	187
Figura 5-65. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.....	188
Figura 5-66. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.	189
Figura 5-67. Abundancia promedio ($\pm ee$) en ind/m ² del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.....	190
Figura 5-68. Abundancia promedio ($\pm ee$) en ind/m ² del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.	190
Figura 5-69. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.	192
Figura 5-70. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.....	192
Figura 5-71. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.	193
Figura 5-72. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.....	193
Figura 5-73. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.	194
Figura 5-74. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.....	194
Figura 5-75. Presencia de <i>Ruppia filifolia</i> en el sistema de Aguas de Quelana y Soncor durante la campaña del 2024.	197
Figura 6-1. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006 – 2024	199
Figura 6-2. Proporción del porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 – 2024	201

Figura 6-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos. Campañas 2006 – 2024.....	203
Figura 6-4. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2024	207
Figura 6-5. Evolución temporal del estado vital de las unidades de vegetación periodo abril 2022 – octubre 2024	208
Figura 6-6. Evolución temporal del porcentaje de copa viva de las unidades de vegetación periodo abril 2022 – octubre 2024	209
Figura 6-7. Evolución temporal de la fenología de las unidades de vegetación periodo abril 2022 – octubre 2024	210
Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024.....	214
Figura 6-9. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión - acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero - abril de 2008 – 2024	219
Figura 6-10. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024.	222
Figura 6-11. Frecuencia de puntos de monitoreo en la zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas de abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024.....	225
Figura 6-12. Riqueza florística en el transecto 1, periodo 2006 – 2024	231
Figura 6-13. Precipitaciones acumuladas en el periodo 2007 - 2024	232
Figura 6-14. Riqueza florística en el transecto 2, periodo 2006 – 2024	233
Figura 6-15. Riqueza florística en el transecto 3, periodo 2006 – 2024	233
Figura 6-16. Riqueza florística en el transecto 4, periodo 2006 – 2024	234
Figura 6-17. Riqueza florística en el transecto 5, periodo 2006 – 2024	235
Figura 6-18. Riqueza florística en el transecto 6, periodo 2006 – 2024	235
Figura 6-19. Riqueza florística en el transecto 7, periodo 2006 – 2024	236
Figura 6-20. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Riqueza en 2024	239
Figura 6-21. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Abundancia en 2024	239
Figura 6-22. pH según ALS Life Sciences Chile S.A. en el periodo 2024.....	241
Figura 6-23. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores.....	242

Figura 6-24. Rangos históricos de pH <i>versus</i> valor reportado en 2024	245
Figura 6-25. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de pH en 2024	253
Figura 6-26. Conductividad Eléctrica según Algoritmos y mediciones ambientales SPA para el año 2024	255
Figura 6-27. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores.....	256
Figura 6-28. Rangos históricos de conductividad eléctrica y las mediciones reportado en 2024....	259
Figura 6-29. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024	267
Figura 6-30. Tendencia de la copa viva (%) de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024	270
Figura 6-31. Tendencia del estado fenológico de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024.....	272
Figura 6-32. Proporción (%) del tipo de daño en individuos de algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2024	274
Figura 6-33. Precipitación anual acumulada vs número de ejemplares de algarrobo por categoría de vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2024.....	277
Figura 6-34. Modificación de los escurrimientos superficiales en el sector de Camar.....	277
Figura 6-35. Número de ejemplares en la categoría Crecimiento normal y Excepcionalmente vigoroso, desaparecidos por año de monitoreo y su relación con las precipitaciones en la zona	278
Figura 6-36. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) en las estaciones Peine – DGA (azul) y Camar – INIA (rojo)	279
Figura 6-37. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) y número de ejemplares de algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2024	280
Figura 6-38. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B *	281
Figura 6-39. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B	282
Figura 6-40. Variación histórica de la conductancia estomática para árboles de las series A y B ...	282
Figura 6-41. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 - 2024.....	286
Figura 6-42. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 – 2024. ...	288
Figura 6-43. Abundancia promedio de reptiles por hábitat en el área de estudio. Campañas 2006 - 2024.....	288

Figura 6-44. Abundancia de especies de flamencos en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2024 (año 2020 no censado).....	299
Figura 6-45. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2024 (año 2020 no censado).....	300
Figura 6-46. Abundancia de flamencos en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2024. (Año 2020 no censado).....	302
Figura 6-47. Abundancia de aves acuáticas (no flamencos) en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2024	303
Figura 6-48. Abundancia de flamencos en Sistema lacustre Peine. Campañas 2006 – 2024** ...	305
Figura 6-49. Abundancia de especies diferentes a los flamencos en el Sistema Peine. Campañas 2006 – 2024.....	306
Figura 6-50. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 - 2024	307
Figura 6-51. Abundancia de micromamíferos por tipo de hábitat. Campañas 2006 – 2024.....	308
Figura 6-52. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 - 2024	309
Figura 6-53. Porcentaje de visitas de macromamíferos en el sector Vega de Carvajal. Campañas 2006 – 2024.	310
Figura 6-54. Porcentaje de visitas de macromamíferos en el sector Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2024	310
Figura 6-55. Registros positivos en los diferentes ambientes. Campañas 2006 – 2024	311
Figura 6-56. Temperaturas históricas promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine).....	313
Figura 6-57. pH histórico promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)	315
Figura 6-58. Oxígeno disuelto histórico promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine).....	316
Figura 6-59. Conductividad eléctrica histórica promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)	318
Figura 6-60. Salinidades históricas promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)	320
Figura 6-61. Clorofila a planctónica histórica promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine).....	321
Figura 6-62. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton en el sistema hidrológico Soncor.....	324

Figura 6-63. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton en el sistema hidrológico Aguas de Quelana.	325
Figura 6-64. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton en el sistema hidrológico Peine.	326
Figura 6-65. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico 327	327
Figura 6-66. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico..... 328	328
Figura 6-67. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema 330	330
Figura 6-68. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema 332	332
Figura 6-69. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema 333	333
Figura 6-70. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitobentos en el sistema hidrológico Soncor..... 335	335
Figura 6-71. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitobentos en el sistema hidrológico Aguas de Quelana. 336	336
Figura 6-72. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitobentos en el sistema hidrológico Peine 337	337
Figura 6-73. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico 338	338
Figura 6-74. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en cel/cm ³ del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico..... 339	339
Figura 6-75. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema 341	341
Figura 6-76. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema. 342	342
Figura 6-77. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema 344	344
Figura 6-78. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zooplancton en el sistema hidrológico Soncor..... 346	346
Figura 6-79. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zooplancton en el sistema hidrológico Aguas de Quelana 347	347

Figura 6-80. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zooplancton en el sistema hidrológico Peine	348
Figura 6-81. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico	349
Figura 6-82. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en ind/l del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico.....	350
Figura 6-83. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema	352
Figura 6-84. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema.	353
Figura 6-85. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema	355
Figura 6-86. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zoobentos en el sistema hidrológico Soncor.....	357
Figura 6-87. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zoobentos en el sistema hidrológico Aguas de Quelana	358
Figura 6-88. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zoobentos en el sistema hidrológico Peine.....	359
Figura 6-89. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico	360
Figura 6-90. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en ind/m ² del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico.....	361
Figura 6-91. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico.....	363
Figura 6-92. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema	364
Figura 6-93. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema	366

Anexos

- Anexo 1. Responsables y participantes del seguimiento ambiental
- Anexo 2. Documento de Respaldo, monitoreo dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos
- Anexo 3. Mapa de vegetación Borde Este
- Anexo 4. Mapa de vegetación trimestral 2024
- Anexo 5. Base de datos Vegetacional
- Anexo 6. Base de datos monitoreo zona de conexión
- Anexo 7. Base de datos florística de terreno, Campaña de monitoreo N° 18 - abril 2024
- Anexo 8. Informes Laboratorio – Muestras de suelo
- Anexo 9. Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales e informes de análisis de metodologías de monitoreo CE y pH
- Anexo 10. Informes Laboratorio agroanálisis - Muestras de suelo
- Anexo 11. Base de datos monitoreo de Algarrobos
- Anexo 12. Registro fotográfico de Algarrobos
- Anexo 13. Informes de fisiología de Algarrobos
- Anexo 14. Informes de Biomasa de Algarrobos
- Anexo 15. Permiso sectorial de captura de fauna
- Anexo 16. Registro fotográfico de fauna silvestre
- Anexo 17. Base de datos fauna
- Anexo 18. Certificado de muestras de agua
- Anexo 19. Permiso de pesca de investigación
- Anexo 20. Registro Fotográfico sitios de muestreo biota acuática
- Anexo 21. Certificado Laboratorio Biota Acuática
- Anexo 22. Medios de verificación de puntos no realizados biota acuática

1 Resumen ejecutivo

El presente informe expone los resultados de la campaña anual N° 18 del Plan de Seguimiento de la componente Biótica correspondiente al periodo 2024, específicamente para las subcomponentes: Vegetación, Flora vascular, Fauna y Biota Acuática, establecido en la Resolución Exenta N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, Región de Antofagasta (en adelante RCA N° 226/2006), correspondiente a la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama” de SQM Salar SpA.

El Plan de Seguimiento Ambiental Biótico (en adelante PSAB), se realiza acorde a lo estipulado en el Considerando 10.3 de la RCA 226/2006, en el cual se indica que el Plan de seguimiento ambiental (PSA) fue diseñado en consideración a los resultados de los antecedentes de línea de base y los potenciales efectos del proyecto sobre los sistemas ambientales, y fue concebido como una herramienta instrumental para el Plan de Contingencias y para evaluar el estado ambiental y funcionamiento hidrogeológico y biótico de los sistemas objeto de protección.

Acorde a lo anterior, el objetivo principal del PSAB es dar cuenta del estado ambiental de la componente biótica del Borde Este del Salar de Atacama, lo cual incluye vegetación, flora vascular, fauna y biota acuática (considerando 10.3.2. de la RCA); además, del contenido de humedad del suelo en el Borde Este (considerando 10.3.1 de la RCA), en virtud de la evolución temporal de las variables estudiadas, dando énfasis en identificar oportunamente posibles cambios en ellas, con el fin de detectar la ocurrencia de efectos no previstos por el Proyecto.

El monitoreo anual se realiza en dos campañas de terreno. La primera en el mes de enero, donde se evalúa la vegetación existente en la Zona de Conexión Vegetación-Acuífero del Borde Este del Salar de Atacama; mientras que la segunda se realiza en el mes de abril, donde el enfoque se da en el monitoreo de la vegetación, flora, fauna y biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama.

A continuación, se presenta los principales resultados correspondientes al seguimiento del año 2024 para cada subcomponente.

1.1 Vegetación y Flora

De acuerdo con lo indicado en el considerando 10.3.2 de la RCA N° 226/2006, el seguimiento de la vegetación y flora permitirá detectar la ocurrencia de eventuales efectos no previstos sobre las formaciones vegetales emplazadas en el Borde Este del Salar de Atacama.

El análisis de estos antecedentes se efectúa sobre la base del muestreo periódico del área de estudio (abril de cada año). Para el caso de la vegetación se evalúa la cobertura de las formaciones vegetales, a partir del análisis de imágenes satelitales de alta resolución y sobre la base de registros de terreno. Para el caso de la Flora, se medirá la riqueza y abundancia de especies de flora, en una red de puntos de muestreo, distribuidos en 7 transectos orientados en sentido Este-Oeste en el Borde Este del Salar de Atacama.

1.1.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales de alta resolución

Se monitorea la superficie cubierta con vegetación del Borde Este del Salar de Atacama mediante un mapa anual de vegetación, el cual se elabora utilizando el método de la cartografía de ocupación de tierras (COT). Para estos fines, se captura una imagen satelital de alta resolución en el mes de abril y se describen en terreno 99 muestras, establecidas en la RCA N° 226/2006.

La campaña para describir las 99 muestras se realiza en abril de 2024. Sobre estas muestras se evalúa la cobertura, además de la vitalidad, copa viva y etapa fenológica de las especies dominantes de cada unidad.

Con respecto a la vitalidad, se determina que un 58,5% de las muestras se clasifican en la categoría Crecimiento normal, seguidos por la categoría Débil (23,2%) y la categoría Muy débil (9%). Estos resultados son consistentes con lo observado históricamente, en vista que para todos los años de monitoreo la categoría de Crecimiento normal es la que predomina en las estaciones de monitoreo.

Las mediciones de terreno de copa viva en el periodo 2024 muestran una mayor proporción en la categoría 25-50% y 5-25%, con un 34,3% y 32,3% de las muestras respectivamente, le sigue la categoría 50-75%, con un 17,1% de las muestras; y con un 6% las categorías <5% y 75-100%.

Por último, las mediciones en terreno correspondiente al estado fenológico de la vegetación en el periodo 2024 indican que se mantienen los estados de crecimiento vegetativo y fructificación como los más frecuentes durante la evaluación histórica (55,5% y 28,2% de las muestras, respectivamente).

Los resultados obtenidos en el 2024 indican que la superficie cubierta con vegetación en el área de estudio alcanza las 14.091,74 ha. El matorral de *Tessaria absinthioides* (brea) continúa siendo el tipo vegetacional predominante en el área, ocupando el 51,92% de la superficie cubierta por vegetación (equivalente a 7.315,86 ha), seguido por la pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada), ocupando el 16,25% y el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar) ocupando un 12,79% de la superficie con vegetación (2.287,65 ha y 1.801,89 ha respectivamente).

Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden al matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo), pradera de *Juncus balticus* – *Schoenoplectus americanus* – *Baccharis juncea* (pajonal) y Matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal), las que se presentan en porcentajes de ocupación menores.

En cuarto lugar, se ubica la pradera de *Juncus balticus* – *Schoenoplectus americanus* – *Baccharis juncea* (Junquillo – Totora – Suncho), ocupando el 9,87% del área con vegetación (1.390,90 ha).

El matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal) y el matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo) son los tipos vegetacionales con la menor ocupación de superficie, tal como ha ocurrido en las mediciones de los años previos. Para el periodo reportado estos tipos abarcan 858,94 ha (6,09%) y 436,59 ha (3,10%) respectivamente.

La pradera de *Cistanthe* sp. (Lukupa) no es reportada en el presente año, debido a que su expresión se relaciona con la ocurrencia de intensas precipitaciones durante el invierno altiplánico, condición que no sucedió en el 2023 y 2024.

La superficie total cubierta con vegetación, así como la superficie de los objetos de protección (Matorral de Brea y Pradera de Junquillo – Totorá – Suncho) del monitoreo actual se encuentran dentro de las magnitudes observadas en los periodos anteriores (2006 – 2023).

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

1.1.1.1 Monitoreo trimestral de la vegetación

De acuerdo con lo estipulado en la acción 14 del Programa de Cumplimiento (PdC) de SQM Salar SpA., aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) mediante la Res. 38/Rol F-041-2016 en agosto 2022, se aumenta el periodo de análisis de la vegetación mediante imágenes satelitales, a una frecuencia trimestral, con la finalidad de dar cuenta de los cambios interanuales que pudiera presentar la vegetación.

El monitoreo trimestral de la vegetación del Borde Este muestra la evolución del estado vital, Porcentaje de copa viva y fenología de las unidades de vegetación durante el año 2024, y su comportamiento a lo largo de los años de monitoreo.

Respecto al estado vital de las unidades, se observa que durante el periodo de estudio (2022-2024), en las muestras de vegetación las categorías Excepcionalmente vigoroso se comporta de manera similar a las de categoría Crecimiento normal (pero de manera menos pronunciada), sin superar los valores máximos observados en el primer semestre del año 2023 (abril).

Por su parte, los valores de las categorías Débil y Muy débil muestran el mismo comportamiento y aumento respecto al año pasado. Sin embargo, sus valores máximos en estas categorías fueron registrados durante la campaña de julio 2022. Finalmente, los valores de la categoría Seco o sin vegetación presentaron un aumento entre abril y julio del 2022 y luego una disminución a partir de octubre del mismo año, comportamiento que se repite en 2024, alcanzando el máximo registrado durante la campaña de julio 2024.

El porcentaje de copa viva, durante el período 2024 desciende de manera regular conforme avanzan las estaciones del año, esto se puede visualizar en las categorías 75-100%, 50-75% y 25-50%, donde se registraron los valores mínimos en octubre del 2022 y los máximos en abril 2023, abril 2022 y enero 2024 respectivamente. Contrariamente, las categorías 5-25% y <5% aumentaron durante el segundo semestre, registrando ambas, su máximo valor en el cuarto trimestre (octubre 2023 y 2022 respectivamente). La categoría 0% o Sin vegetación presentó variaciones y un leve aumento conforme avanzó el año.

Respecto a la fenología, variable complementaria incorporada en la acción 14 del PdC para el período 2024, se puede ver que, conforme avanzan las estaciones del año, las categorías Floración y Fructificación disminuyen de manera abrupta en el monitoreo de invierno. Y de manera contraria, la categoría Crecimiento vegetativo, aumenta de manera regular conforme avanzan las estaciones del año. La categoría Senescente o sin vegetación fluctúa en cada trimestre, sin presentar una tendencia clara.

1.1.2 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación - acuífero

Para realizar el seguimiento de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero, se evalúan las especies dominantes, la cobertura vegetal, la vitalidad, copa viva y etapa fenológica sobre 19 muestras fijas de matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea) en los meses de enero y abril, de acuerdo con lo establecido en el considerando 10.3.2 letra d) de la RCA N° 226/2006. Analizando los datos históricos, se verifica que la composición de especies entre los monitoreos de enero y abril se mantiene constante, con la presencia de *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis*, siendo *T. absinthioides* la más frecuente y que se registra en la mayor parte de los puntos de monitoreo (17 puntos de monitoreo), seguida de *D. spicata* (2 puntos de monitoreo) y en menor proporción por *A. atacamensis* (presente en 9 puntos de monitoreo).

Respecto a las coberturas, se verifica que las más frecuentes en el tiempo corresponden a las categorías Muy abierto y Abierto, con un promedio de 78,5% entre ambas categorías. Con respecto a la comparación de frecuencia entre meses, se verifica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los periodos. En el periodo que se reporta (2024), las frecuencias dominantes corresponden a la cobertura Muy abierto en ambos periodos (enero con 47,4% y abril con 42,1%), seguida en menor proporción por la categoría de cobertura Abierto con 36,8% en enero y 31,6% en abril.

Por otra parte, los registros obtenidos en enero y abril de 2024 indican que la categoría de vitalidad más frecuente es la categoría Crecimiento normal (63,16% enero y 89,47% abril), seguida de la categoría Débil con una frecuencia de 26,32% enero y 5,26% abril. Cabe destacar que los resultados del periodo 2024, se encuentran dentro de los valores observados históricamente.

Respecto al porcentaje de copa viva, históricamente, en el mes de enero se describe una mayor proporción de muestras en niveles mayores de copa viva que en abril (categorías 50-75% y 75-100%), indicando una mayor expresión de follaje verde. Las frecuencias observadas para este periodo (2024), se encuentran dentro de los valores históricos, predominando en ambos meses las categorías medias de copa viva (25 – 50% y 50 – 75%).

Con respecto a la fenología, se observa que en ambos periodos predomina el estado de crecimiento vegetativo, con un 78,95% en enero y un 94,74% en abril. Si bien, en los años anteriores ha predominado el estado de floración en enero y fructificación en abril, en la campaña actual las unidades con estas estructuras reproductivas disminuyeron. En enero un 21,05% de las unidades mostraron flores, y en abril un 5,26% presentaron frutos.

1.1.3 Monitoreo de la flora vascular

El monitoreo de la flora del Borde Este del Salar de Atacama se realiza mediante el monitoreo de siete transectos orientados de este a oeste dispuestos sobre la franja de vegetación presente en el sector. Cada uno de los siete transectos poseen un número variable de puntos de muestreo, los que se ubican sistemáticamente cada 300 m entre sí, llegando a un total de 75. En cada punto de muestreo se levantan cinco parcelas de 4 m², lo que representa un total de 375 parcelas para la caracterización de la flora.

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

La caracterización química del sustrato (pH y salinidad) considera la toma y análisis de muestras por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) ALS Life Sciences Chile. Adicionalmente, se enviaron muestras al laboratorio Agroanálisis UC, el cual se realiza de forma complementaria para dar cumplimiento al análisis histórico de las variables.

La riqueza florística identificada durante las prospecciones de terreno en el Borde Este del Salar de Atacama se ha mostrado relativamente estable entre las campañas 2006 – 2024, en comparación al aumento de especies herbáceas por los episodios de lluvia en el altiplano del 2023, el valor registrado de las precipitaciones acumuladas disminuyó para el año 2024.

Cabe destacar respecto a los episodios de lluvia en el altiplano, el monitoreo del año 2019, periodo en el que registra un total de 34 especies, correspondiente al máximo histórico. Esta situación estuvo directamente relacionada con las intensas precipitaciones estivales, que representan la máxima precipitación desde que se realiza el Plan de Seguimiento (212 mm según la estación Camar de la DGA).

En la presente campaña (2024) se detecta una riqueza de 17 taxa, de las que 13 se observan dentro de los puntos de monitoreo y cuatro (4) se registran fuera de ellos, a través de colectas libres. Estos 17 taxa se agrupan en 11 familias donde Asteraceae presenta la mayor cantidad de registros. Según hábito de crecimiento que predomina es el hábito arbustivo y hierba perenne, mientras que, el origen biogeográfico de las especies es mayoritariamente nativo (en 12 taxa) y endémico (en 3 taxa).

Cabe destacar que se detecta en los transectos a *Nitrophila atacamensis*, especie bajo la categoría de amenaza “En Peligro” desde el año 2019 conforme con el D.S. N° 23/2019 del Ministerio de Medio Ambiente, de acuerdo con el 15° proceso de Clasificación de Especies Silvestres (RCE). Manteniéndose en esta categoría hasta el último proceso finalizado a la fecha (19° Proceso de Clasificación de Especies conforme al D.S. N° 2/2024 del Ministerio de Medio Ambiente).

Las especies más frecuentes en los puntos de muestreo corresponden a *Tessaria absinthioides* registrada en 32 puntos de muestreo (42,6% del total), *Distichlis spicata*, presente en 21 puntos de muestreo (28% del total) y *Nitrophila atacamensis* registrado en 6 puntos de monitoreo (8% del total).

La caracterización química del sustrato según la entidad ETFA para el periodo 2024 indica que el pH en los puntos de muestreo son valores que mayormente se sitúan entre 7,9 – 8,4, correspondientes a la categoría de pH Moderadamente alcalino. En cuanto a la salinidad (conductividad eléctrica), la mayoría de los puntos de monitoreo indican suelos Fuertemente salinos (suelos con más de 6,07 dS/m). En términos de distribución por tipo vegetacional, los valores más altos de salinidad se concentran en los matorrales de *Tessaria absinthioides* en el Borde Este del salar, lo cual es coherente con el gradiente de salinidad que disminuye a medida que se aleja del núcleo del salar.

Por último, se puede ver una relación negativa entre las precipitaciones y los valores de salinidad, evidenciable particularmente durante el trimestre de abril 2023, que posee los valores máximos de precipitación registrados en los monitoreos desde julio 2022, y valores particularmente bajos en las mediciones de conductividad eléctrica.

1.1.4 Monitoreo de Algarrobos

De acuerdo con lo indicado en la RCA N° 226/2006 (letra d, Considerando 10.3.2.2), el PSAB contempla el monitoreo de una población de 71 algarrobos ubicados en los sectores adyacentes al ex pozo de bombeo Camar-2 (actualmente desmantelado y fuera de operación para la extracción de agua) e identificados como ejemplares de la serie A. El monitoreo consiste en determinar anualmente, en el mes de abril, el estado de vitalidad y el porcentaje de copa viva de cada uno de los 71 individuos. Adicionalmente, en el presente informe, y de acuerdo con lo estipulado en la Acción 23 el Programa de Cumplimiento¹ (aprobado por la SMA mediante Res. Ex. N° 38/ROL F-041-2016 de agosto 2022), se incluye dentro del seguimiento la evaluación de su estado fisiológico mediante la medición del potencial hídrico y conductancia estomática y la estimación de la biomasa aérea, además del seguimiento de presencia y daño animal y antrópico asociado. En función de las variables climáticas, como precipitaciones, se analiza su estado de vitalidad y sanitario.

Respecto a las mediciones realizadas y los resultados analizados, entre 2006 y 2024 de los 71 ejemplares objeto de estudio por la RCA N° 226/2006, 15 individuos han sido reportados como desaparecidos en temporadas previas a la campaña actual (2024). La principal causa corresponde a desprendimientos de aluviones producto de las intensas lluvias del invierno altiplánico. Respecto al estado de vitalidad de estos individuos, los resultados del periodo 2024 indican que el 48,21% se encuentran secos (correspondiente a 27 ejemplares).

En la categoría Crecimiento normal, se reportan el 42,86% (24 ejemplares), 7,14% se encuentra en la categoría Débil (4 ejemplares) y 1,79% se reporta como Muy débil. No se reportan ejemplares en la categoría Excepcionalmente vigoroso. En relación con la proporción de copa viva de estos individuos, se observa que el número de ejemplares sin follaje verde alcanza 27 individuos (48,21% del total). Respecto a los individuos que sí presentaron follaje durante el periodo de monitoreo (2024), nueve [9] ejemplares (16,07% del total) se ubican en la categoría 5 – 25%, mientras que seis [6] ejemplares se ubican en las categorías 75 – 100%, seis [6] en la categoría 50 – 75% y seis [6] en la categoría 25 – 50%. Tan sólo el 3,57% representado por dos [2] individuos presentó <5% de copa verde.

Desde el punto de vista fenológico, en el monitoreo 2024, de la totalidad de individuos en pie (56 ejemplares) el 51,79% (29 ejemplares) presenta algún grado de vitalidad en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo. El resto de los individuos que representan el 48,21% (27 ejemplares) se encuentran en una etapa de senescencia. No se identifican ejemplares en las etapas de floración o fructificación, lo cual es concordante con el ciclo fenológico normal de la especie y la temporada del año analizada la cual representa la estación de otoño. Cabe destacar que la floración y fructificación ocurre en primavera y verano, respectivamente.

Finalmente, respecto al parámetro de daño por agentes externos, 27 ejemplares (48,21%) se encuentran secos al momento del monitoreo, por lo cual no se les aplicó la evaluación del tipo de daño. Del resto, correspondiente a 29 individuos, el 46,43% (26 ejemplares) presenta signos de daño animal y tres [3] individuos no presentan daño (5,36%).

¹ Descripción Acción N°23: "Incluir en los informes del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico (PSAB), un análisis de los resultados del estado vital y sanitario de los algarrobos, en función de las variables de temperatura, precipitaciones, nivel freático y nuevas variables antrópicas, presencia y daño asociado a plagas y patógenos, análisis eco-fisiológicos comparativos, medición de potencial hídrico, medición de conductancia estomática y estimación de biomasa".

El aumento de los ejemplares secos o senescentes en el tiempo podría estar relacionado con la modificación natural de la red de drenaje en el 2008, la que produjo una reactivación de cauces de escurrimiento superficial en el lóbulo sur del abanico y un progresivo abandono del sistema de cauces en el sector norte y centro de la población de algarrobos (Hidroestudios, 2020), siendo estos últimos, los que han evidenciado mayor detrimento de la vitalidad y la disminución de proporción de copa viva (%).

Asimismo, a través del tiempo se ha registrado la ocurrencia de aluviones en zona de la quebrada de Camar (2012, 2017 y 2019), los que han llegado a desprender algunos ejemplares producto de la fuerte escorrentía y arrastre de material de las precipitaciones estivales. Adicionalmente, la población de algarrobos se ha visto afectada por el constante ramoneo de burros asilvestrados (daño mecánico), quienes se alimentan de los brotes y ramillas nuevas produciendo una merma en el crecimiento de los individuos.

Para el análisis del estado fisiológico de la población de algarrobos realizada en enero, abril, julio y octubre de 2024, se trabajó con una muestra de 18 individuos de algarrobo (muestra objetivo, serie A) que están distribuidos en torno al pozo ex pozo de extracción Camar-2. Complementariamente, se tomaron muestras en nueve (9) ejemplares alejados de dicho pozo, que se encuentran ubicados hacia el este de la muestra objetivo, pertenecientes a la serie B, y a individuos ubicados en el mismo sector del pozo, pertenecientes a las series C (1 ejemplar), D (1 ejemplar) y AX (2 ejemplares) (muestras testigos). A cada individuo se le midió la conductancia estomática y potencial hídrico (en pre-alba y mediodía).

Posteriormente los datos fueron analizados estableciendo comparaciones entre el estado hídrico de la serie A (muestra objetivo) y las series B y C (muestra testigo), respecto a su ubicación con la tubería que atraviesa la quebrada de norte a sur a la altura del ex pozo de extracción Camar-2 y considerando si los individuos son regados o no².

Los monitoreos indican que se encontraron diferencias en el potencial hídrico al comparar los algarrobos de la serie A (con riego) con los algarrobos de las series B-C (sin riego). Sin embargo, la conductancia estomática no mostró diferencias en las comparaciones realizadas.

Mientras que los algarrobos ubicados aguas arriba de la tubería presentaron valores más bajos de estado hídrico y de conductancia estomática que los algarrobos ubicados aguas abajo, la diferencia se podría explicar debido a la cantidad de árboles sin riego que hay aguas arriba de la tubería. Los algarrobos regados muestran un mejor estado hídrico que los no regados.

Respecto a la Biomasa calculada para los individuos de las series A, B, C y D, los resultados de las mediciones indican que estructura de la población estaría constituida mayoritariamente por individuos vivos, jóvenes o de poco desarrollo, donde la mayor parte de los individuos pertenecen a las clases diamétricas de menor tamaño (< 5 cm), con alturas medias que no superan los 62 cm y donde menos del 8,9% de los individuos es de mayor tamaño (> 20, cm), los que pueden alcanzar hasta los 6,5 m de altura (medición de octubre). Además, la población presentaría una alta capacidad de retoñación, tratándose en su mayoría de individuos

² Como parte de las acciones comprometidas en el Programa de Cumplimiento (PdC) aprobado mediante Res. Ex. N° 38/2022 por la SMA, en el marco del procedimiento sancionatorio Res. Ex. N° 4/ROL F-041-2016, se implementó, en noviembre 2022, un programa de riego de los algarrobos que forman parte del monitoreo comprometido en la RCA 226/2006, correspondiente a la Acción 28.

de hábito arbóreo-arbustivo, con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales, estructura que se ha mantenido constante en el período analizado.

Respecto a la estimación de biomasa, la biomasa aérea total de la población a octubre de 2024 (monitoreo más reciente) alcanzó 8.357,96 kg, concentrándose en su mayoría en individuos vivos. Con respecto a las componentes, la biomasa aérea se acumula en forma decreciente en las ramas, el fuste y las hojas.

Existe una tendencia al incremento en la media del diámetro basal equivalente y en área basal acumulada de la población (Vivos + Secos). Los resultados obtenidos entre abril de 2022 y enero de 2024 indican una tendencia al incremento resultando en la media del diámetro basal equivalente y el área basal de 0,18 cm y 0,2847 m², respectivamente.

En resumen, considerando lo establecido en la RCA N° 226/2006, los monitoreos sobre la vegetación se han realizado anualmente conforme a las metodologías establecidas en dicho documento, evaluando la cobertura de las formaciones vegetales, a partir del análisis de imágenes satelitales de alta resolución y sobre la base de registros de terreno; midiendo la riqueza y abundancia de especies de flora y evaluando la población de Algarrobos presente en torno al ex pozo de extracción Camar 2. Integrando a esto, los parámetros evaluados trimestralmente sobre las plantas de acuerdo en el Plan de Contingencias de SQM Salar SpA.

1.1.5 Monitoreo de Fauna

El Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) realizado por SQM Salar SpA., consigna para el subcomponente fauna, el monitoreo de los animales silvestres en el Borde Este del Salar de Atacama y de la avifauna acuática en los Sistemas Lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine. Esta actividad se realiza anualmente durante el mes de abril, con la finalidad de elaborar un listado faunístico y estimar la abundancia de los distintos grupos de fauna. La RCA N° 226/2006 presenta una tabla de ubicación con los transectos para reptiles y aves terrestres, definiendo así los puntos de muestreo a realizar en los sectores de Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Peine. Los hábitats identificados como relevantes para este componente, y en los cuales se establecen estos puntos de muestreo con distintas metodologías son los siguientes: hábitat de Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo, pajonal, marginal salar y salar, mientras que para las aves acuáticas se consideran 25 puntos de censo en los distintos cuerpos de agua existentes en los Sistemas Lacustres mencionados anteriormente. En la campaña reportada, los censos y transectos asociados al Sistema Peine fueron realizados en el mes de julio 2024, debido al cierre de las lagunas Salada, Saladita e Interna desde el mes de noviembre 2023 hasta mayo 2024 por presencia de polluelos de flamencos (Anexo 2).

Los resultados de riqueza obtenidos durante el presente monitoreo registran un total de 27 especies³, de las cuales tres [3] corresponden a reptiles, 19 especies de aves y cinco [5] mamíferos. Todas las especies son nativas, siendo una [1] de ellas endémica, es decir, su distribución natural se restringe únicamente a nuestro territorio nacional. De las especies detectadas, 14⁴ se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE), donde seis [6] de estas se encuentran

³ El periodo anterior reportó 26 especies

⁴ La temporada de muestreo correspondiente al periodo 2023, se reportaron 12 especies en alguna categoría

clasificadas en alguna categoría de amenaza o casi amenaza. Durante la presente campaña solo se detectó la presencia de una especie doméstica: el burro (*Equus asinus*), el cual no fue considerado en los análisis de abundancia ni riqueza.

1.1.5.1 Reptiles

El análisis para la Clase Reptilia en el periodo 2024, registra a través de la metodología de transectos una riqueza de tres [3] especies, siendo la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*) la que presenta la mayor abundancia, la cual fue registrada en hábitat de pajonal. Posteriormente, se encuentra la lagartija de Constanza (*Liolaemus constanzae*) registrada en el ambiente de Rica rica – Pingo pingo, y finalmente, el reptil con menor abundancia corresponde a la lagartija de la puna (*Liolaemus puna*) con un [1] registro en el ambiente Rica rica – Pingo pingo.

1.1.5.2 Aves

En cuanto a las aves, se registró un total de 19 especies durante la campaña de abril y julio 2024, distribuidas en ambientes terrestres y/o acuáticos.

A través de la metodología de transectos, fue posible identificar seis [6] especies de aves asociadas a ambientes terrestres. Por otra parte, respecto a la avifauna presente en ambientes acuáticos fue posible detectar mediante censos, la presencia de 13 especies pertenecientes a los órdenes Anseriformes, Phoenicopteriformes, Charadriiformes y Passeriformes.

1.1.5.3 Mamíferos

Se identificaron cinco [5] especies de mamíferos, de los cuales dos [2] corresponden a micromamíferos no fosoriales, un [1] micromamífero fosorial y dos [2] macromamíferos. Adicionalmente se identificó una [1] especie doméstica (burro) que no fue considerada en cálculos de abundancia ni riqueza.

Los micromamíferos no fosoriales detectados en la presente campaña fueron el ratón andino (*Abrothrix andinus*) y la lauchita de pie sedoso (*Eligmodontia puerulus*). La abundancia de los estos alcanzó un total de 20 individuos capturados. Por otra parte, se registró el micromamífero fosorial, el tuco tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*), el cual se detectó en Vega de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM, a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones.

En el caso de los macromamíferos, se registró el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) y el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), además de registros indeterminados de zorro (*Lycalopex sp.*). Ambos fueron detectados en el sector Vega de Carvajal, en los hábitats de Rica rica – Pingo pingo, y Brea – Cachiyuyo. Estos registros se evidenciaron tanto a través de las estaciones olfativas (trampas de huellas o huelleros) como mediante trampa cámara, siendo identificados a nivel de especie solo mediante esta última metodología.

En definitiva, considerando los requerimientos de la RCA N° 226/2006, a la fecha se realizó el seguimiento de los animales silvestres en el Borde Este del Salar de Atacama y de la avifauna acuática en los Sistemas Lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, de acuerdo con las metodologías empleada en las campañas de monitoreo pre-operacionales (ver Anexo V adjunto de la Adenda III del EIA).

1.1.6 Monitoreo de Biota acuática

El área de estudio considera la evaluación de los sistemas hidrológicos de Soncor, Aguas de Quelana y Peine. En cada sistema se realiza una evaluación de la calidad del agua en base a sus características fisicoquímicas y bióticas. La caracterización de la calidad de agua es llevada a cabo por una entidad ETFA (ALS Global) en cumplimiento de la normativa legal vigente (D.S. 38/2013 MMA). La evaluación de la biota acuática es realizada de acuerdo con lo establecido en la RCA 226/2006.

En concordancia con su naturaleza, los cuerpos de agua se caracterizan por sus rasgos hipersalinos, baja profundidad y condiciones fisicoquímicas extremas. Entre las variables registradas se distingue valores de pH neutros a ligeramente alcalinos, así como concentración de oxígeno disuelto que fluctúan entre niveles bajos y moderados, y conductividades altas. Las magnitudes registradas durante la campaña del 2024 son coincidentes con lo observado históricamente.

En líneas generales respecto a la campaña actual, se registran diferencias entre las lagunas de los sistemas de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, en cuanto la estructura y composición de los ensambles de microalgas planctónicas y bentónicas. Este resultado es coincidente con las diferencias en las condiciones fisicoquímicas de las lagunas. En el caso de la fauna acuática (zooplancton y zoobentos), se registran leves variaciones entre lagunas, específicamente ensambles zoobentónicos. La fauna acuática planctónica y bentónica fue caracterizada por una reducida diversidad de especies.

En términos del registro histórico, tanto el fitoplancton como el fitobentos han históricamente exhibido importantes variaciones en riqueza y abundancia. Los valores registrados el 2024 se encuentran dentro del rango históricamente observado para los diferentes sistemas. Los ensambles de zooplancton y zoobentos identificados en la campaña actual son coincidentes con lo reportado históricamente. Los rangos de variación históricos observados para la riqueza promedio del fitoplancton en Soncor oscilan entre $22,1 \pm 1,08$ taxa a $2,25 \pm 0,19$ taxa, en Aguas de Quelana entre $23,63 \pm 0,94$ taxa a $2,0 \pm 0,71$ taxa, y en Peine entre $27,4 \pm 3,35$ taxa a $2,0 \pm 0,14$ taxa. Para el fitobentos la variación de la riqueza media estimada para Soncor oscila entre $61,56 \pm 0,71$ taxa y $4,13 \pm 0,32$ taxa, en Aguas de Quelana entre $53,33 \pm 2,58$ taxa a $3,0 \pm 0,37$ taxa, y en Peine entre $73,4 \pm 1,12$ taxa a $3,0 \pm 0,37$ taxa. En el caso de la abundancia media, para Soncor, el rango de oscila entre $1.088.625 \pm 59.407,6$ cel/l a 296 ± 96 cel/l, mientras que en Peine entre $3.811.667 \pm 862.110$ cel/l a 654 ± 251 cel/l, y en Aguas de Quelana entre $1.795.500 \pm 196.806,6$ cel/l a 450 ± 251 cel/l. Para el fitobentos, en Soncor oscila entre $58607,1 \pm 11752,2$ cel/cm³ a $3533,0 \pm 316,2$ cel/cm³, en Aguas de Quelana entre $15.884.857 \pm 2.040.996$ cel/cm³ a $2795,00 \pm 295,77$ cel/cm³, y en Peine entre $14.201.800 \pm 4.183.915$ cel/cm³ a $40560,0 \pm 8661,2$ cel/cm³.

En el caso de las macrófitas, se identifica únicamente una especie, *Ruppia filifolia* la que corresponde a una herbácea perenne que habita sumergida en aguas salinas, la cual fue detectada en Aguas de Quelana y en Soncor (laguna Puilar).

Finalmente, en consideración a los requerimientos establecidos en la RCA N°226/2006, a la fecha se ha mantenido el seguimiento de la biota acuática de los ambientes lacustres del área de estudio, de acuerdo con la metodología empleada en las campañas de monitoreo pre-operacionales (ver sección V.2.4 de Anexo V adjunto de la Adenda III del EIA).

2 Introducción

El proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama” de SQM Salar SpA., fue aprobado mediante Resolución Exenta N° 226 el 19 de octubre de 2006 por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta (en adelante RCA N° 226/2006), y permite la operación actual de SQM en el Salar de Atacama. El proyecto calificado favorablemente se localiza en la Región de Antofagasta, provincia El Loa, Comuna de San Pedro de Atacama en el Salar de Atacama y tiene como objetivo la producción de cloruro de potasio y salmuera rica en litio.

El proyecto tal como lo indica el Considerando 10 de la RCA N° 226/2006 contempla la ejecución de un Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) con el objetivo de monitorear las variables hidrogeológicas y bióticas en función de los objetos de protección (sistemas ambientales). El PSA, es considerado como *“una herramienta instrumental para el Plan de Contingencias, esto es, considera el monitoreo de las variables que permitirán establecer cuando es necesario activar a desactivar el Plan de Contingencias, en función de variables hidrogeológicas (niveles) y de los componentes receptores (Biota). Adicionalmente, permitirá evaluar el estado ambiental y el funcionamiento hidrogeológico y biótico de los sistemas, información que, en caso de ser necesario, podría ser utilizada para determinar posibles causas de un deterioro ambiental de los sistemas que son objeto de protección”* (Considerando 10.1, RCA N° 226/2006).

Acorde con lo anterior, en el presente informe se exponen los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental de la componente biótica (PSAB) correspondiente al periodo 2024 (Informe PSAB N° 18). Los subcomponentes reportados en este documento corresponden a: flora y vegetación, fauna silvestre y biota acuática. El PSAB se desarrolla en función de lo establecido en el Considerando 10.3 (Flora y vegetación), Considerando 10.4 (fauna) y Considerando 10.5 (biota acuática) de la RCA N° 226/2006 en los cuales se establecen las metodologías, parámetros y frecuencia de medición.

El objetivo principal del PSAB (Plan de Seguimiento Ambiental Biótico) es dar cuenta del estado ambiental de la componente biótica del Borde Este del Salar de Atacama, en virtud de la evolución temporal de las variables estudiadas, dando énfasis en identificar oportunamente posibles cambios en ellas, con el fin de detectar la ocurrencia de efectos no previstos por el proyecto en operación.

Para establecer la condición basal, previo a la operación del proyecto se ejecutaron dos mediciones en noviembre 2005 y abril 2006, las cuales permitieron determinar la frecuencia de monitoreo quedando establecido que se ejecutaría de manera anual durante el mes de abril hasta el término de la vida útil del proyecto. Por lo cual, a partir de 2007 y hasta la fecha (2024) se ha realizado el seguimiento ambiental en virtud de lo señalado en la RCA N° 226/2006.

El seguimiento se realiza considerando para cada subcomponente biótica y la definición de parámetros que han permitido evaluar en el tiempo el comportamiento de los sistemas objeto de protección. En la siguiente Tabla, se observa un resumen de estos parámetros en función de los objetivos del seguimiento y objetos de protección definidos en la RCA N° 226/2006. Cabe destacar que en el presente informe se incorporan como

parte de los contenidos, la Acción 23⁵ del Programa de Cumplimiento (PdC) aprobado mediante Resolución Exenta N° 38 del 29 de agosto de 2022 por la Superintendencia de Medio Ambiente. Por lo cual, se incorporaron nuevas variables, asociadas al daño fitosanitario, análisis eco fisiológicos (potencial hídrico y conductancia estomática), análisis de biomasa, daño por ramoneo o de origen antrópico en la Población de Algarrobos de Camar.

Tabla 2-1. Resumen de los parámetros de medición por subcomponente en función del objeto de protección

Componente ambiental	Subcomponente	Objeto de protección	Parámetro de medición	Metodología de seguimiento
Medio biótico	Vegetación	Sistema de vegetación Borde Este	Estimación de la cobertura (superficie), Estado de Vitalidad, Porcentaje de copa verde, Fenología.	Carta de Ocupación de Tierras (COT). Estimación visual de vitalidad, copa viva, estado fenológico, estratificación, especies dominantes Imágenes satelitales de alta resolución.
	Vegetación en la Zona de conexión vegetación - acuífero		Cobertura vegetal, Vitalidad, Porcentaje de copa viva, Fenología.	Carta de Ocupación de Tierras (COT). Estimación visual de; cobertura, vitalidad, copa viva, estado fenológico, estratificación, especies dominantes.
	Población de Algarrobos sector Camar 2		Vitalidad, Porcentaje de copa viva, Fenología, Daño (afectación antrópica y animal), Potencial hídrico y conductancia estomática*, Variables dendrométricas*, Contenido Humedad del Suelo (CHS)*	Estimación visual de ejemplares de algarrobos para determinar; vitalidad, copa viva, estado fenológico, daño por agentes antrópicos y/o animal. Mediciones en terreno con cámara de presión para determinar potencial hídrico. Mediciones en terreno con porómetro de flujo para determinar conductancia estomática. Mediciones in situ de; diámetro máximo de copa, diámetro basal, diámetro a la altura de pecho, largo del vástago, diámetro del fuste, altura total. Para determinar mediante modelo de regresión la biomasa aérea.
	Flora		Riqueza y abundancia	Transectos mediante el registro de las especies de flora vascular y su cobertura, de acuerdo con la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1979).

⁵ Incluir en los informes del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico (PSAB), un análisis de los resultados del estado vital y sanitario de los algarrobos, en función de las variables de temperatura, precipitaciones, nivel freático y nuevas variables antrópicas, presencia y daño asociado a plagas y patógenos, análisis eco fisiológicos comparativos, medición de potencial hídrico, medición de conductancia estomática y estimación de biomasa.

Tabla 2-1. Resumen de los parámetros de medición por subcomponente en función del objeto de protección

Componente ambiental	Subcomponente	Objeto de protección	Parámetro de medición	Metodología de seguimiento
	Suelo		pH y salinidad del suelo	Toma de muestras de suelo en los mismos transectos de flora y análisis en laboratorio.
	Fauna silvestre	Hábitat para la biota terrestre asociada al sistema Vegetación Borde Este	Riqueza, abundancia total, abundancia promedio, índice de visitas.	Transectos, censo, trampas Sherman, trampas cámara, estaciones olfativas.
	Biota acuática	Hábitat para la biota asociada a los sistemas lacustres	Mediciones abióticas: Temperatura, Conductividad eléctrica, pH, Oxígeno disuelto. Medio biótico (riqueza y abundancia): Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Plantas acuáticas.	Toma de muestras de aguas y procedimientos en laboratorio. Reconocimiento <i>in situ</i> de la cobertura relativa de macrófitos e identificación de taxa presentes.

* Parámetros incluidos al PSAB por Acción 23 del Plan de Cumplimiento

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

De acuerdo con la Tabla anterior, el presente documento correspondiente al Informe N° 18 del PSAB 2024, reporta los resultados considerando las siguientes materias de análisis que permiten determinar el estado de los subcomponentes bióticos presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, acorde lo establecido en la RCA N° 226/2006.

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

Este informe de seguimiento se elaboró considerando los estándares establecidos en Resolución Exenta 223/2015: Instrucciones generales sobre la elaboración de Plan de seguimientos de variables ambientales,

los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental de la Superintendencia de Medio Ambiente.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

El objetivo general del presente informe de seguimiento, es dar cuenta del estado ambiental y la evolución temporal del componente biótico, en particular para las subcomponentes flora y vegetación, fauna y biota acuática del Borde Este del Salar de Atacama, correspondientes al periodo anual 2024, con la finalidad de verificar que éstos evolucionan según lo proyectado y detectar la ocurrencia de eventuales efectos no previstos sobre los objetos de protección definidos durante la evaluación del proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama”, aprobado mediante Resolución de Calificación Ambiental Res. Ex. N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, Región de Antofagasta.

De acuerdo con lo anterior y a lo establecido en la citada RCA, los objetivos específicos del presente informe de Seguimiento Ambiental para cada subcomponente son los que se detallan a continuación.

3.2 Objetivos específicos subcomponente flora y vegetación

- Detectar las posibles variaciones en la cobertura de las formaciones vegetales identificadas en el área de estudio del Proyecto durante la descripción de Línea Base (2006) y las campañas de monitoreo previas a la operación, mediante el análisis de imágenes satelitales captadas en abril, a fin de comparar situaciones equivalentes de desarrollo de la cubierta vegetal.
- Evaluar eventuales variaciones en los polígonos de vegetación que se encuentran en la zona de conexión entre la napa subterránea y el sistema radicular de la formación arbustiva de *Tessaria absinthioides* – *Atriplex atacamensis*.
- Detectar eventuales cambios a nivel de abundancia y riqueza de las especies de flora vascular en el área de estudio y detectar cambios a nivel del sustrato (variables micro-ambientales como pH y salinidad) y relacionarlos con las mediciones efectuadas sobre la flora.
- Evaluar el estado vital de los ejemplares de Algarrobos ubicados en el sector del ex pozo de extracción de agua denominado Camar 2, a través de la determinación de su estado de vitalidad, porcentaje de copa viva, estado fenológico y detectar daños de carácter animal, antrópico u otros, que estén afectando a la población objeto de estudio.
- Caracterizar el estado fisiológico de la población de los algarrobos presentes en el cono aluvial de la Quebrada de Camar mediante la medición de variables que permiten determinar el estado hídrico.
- Estimar la biomasa de la población de algarrobos ubicados en la Quebrada de Camar, mediante la búsqueda, análisis y selección de funciones alométricas de biomasa aérea según componente (fuste, ramas, hojas y total).

3.3 Objetivos específicos subcomponente fauna

- Detectar eventuales cambios a nivel de abundancia y riqueza de las especies de fauna en cada estación de muestreo definida.
- Evaluar la abundancia de reptiles y aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama.
- Evaluar la abundancia de aves acuáticas presente en los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine.
- Evaluar la abundancia de micromamíferos y macromamíferos (carnívoros) en el Borde Este del Salar de Atacama.

3.4 Objetivos específicos subcomponente biota acuática

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos en la columna de agua (pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y salinidad) y sedimento (temperatura y conductividad eléctrica) para cada uno de los sistemas lagunares.
- Evaluar la productividad fotosintética mediante la estimación de clorofila fracción planctónica (fitoplancton) y bentónica (fitobentos) para cada sistema lagunar.
- Determinar los parámetros ecológicos de diversidad alfa en los componentes biológicos: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos y Zooplancton, para cada sistema lagunar.
- Desarrollar un análisis espacio-temporal de las distintas variables bióticas y abióticas de los distintos sistemas hidrológicos, mediante la comparación de campañas de muestreo de años anteriores.

4 Materiales y métodos

4.1 Área de estudio

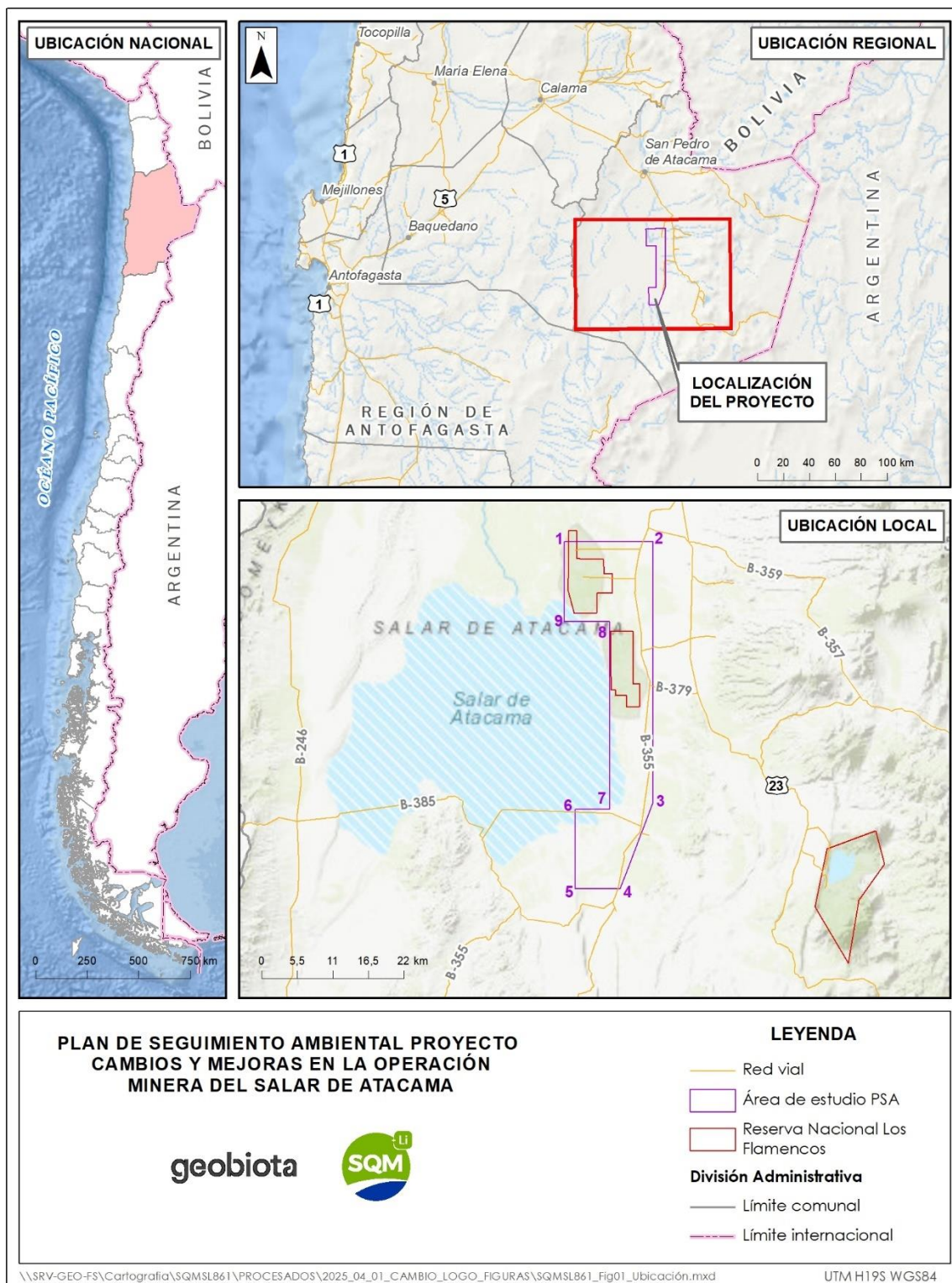
El área de estudio objeto del presente Plan de Seguimiento Ambiental Biótico, corresponde a la cuenca endorreica del Salar de Atacama, específicamente en el Borde Este del Salar, correspondiente a la división político-administrativa de la Región de Antofagasta, provincia El Loa, comuna de San Pedro de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

Tabla 4-1. Vértices del Área de estudio PSA biótico – Salar de Atacama

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2 Flora y vegetación

4.2.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

4.2.1.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El monitoreo anual de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama mediante imágenes satelitales contempla como base la realización 99 puntos de monitoreo fijos en el tiempo, los que fueron establecidos en la campaña pre-operacional efectuada en abril de 2006. Su ubicación se estableció durante el proceso de evaluación ambiental del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” específicamente en el Anexo V.II de la Adenda III del EIA y que se presenta en la siguiente Tabla 4-2 y la Figura 4-2. De manera complementaria, se utilizan los 19 puntos de monitoreo de la zona de conexión vegetación-acuífero (detallados en la sección 4.2.2. de este informe).

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

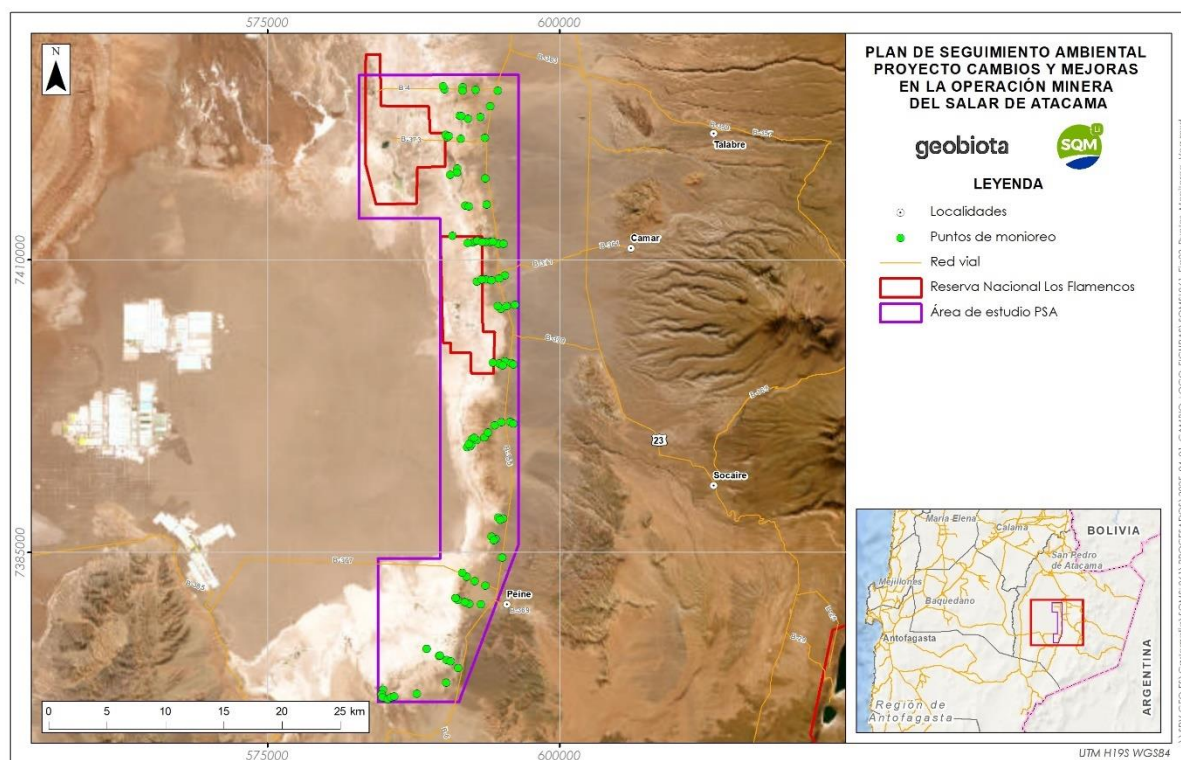
Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
N-01	590.161	7.424.778	N-34	595.130	7.396.082	N-67	590.570	7.373.893
N-02	591.798	7.424.803	N-35	595.838	7.396.132	V-01	590.057	7.424.786
N-03	595.369	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

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

Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
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-56	588.634	7.376.709	V-44	595.560	7.406.139
N-24	594.707	7.406.016	N-57	590.313	7.375.868	V-48	594.400	7.401.258
N-25	594.244	7.401.231	N-58	590.691	7.375.667	V-53	595.926	7.401.167
N-26	594.825	7.401.123	N-59	591.382	7.375.196	V-56	596.207	7.401.116
N-27	595.339	7.401.013	N-60	584.875	7.373.209	V-63	593.872	7.395.243
N-28	592.133	7.394.229	N-61	584.826	7.372.866	V-65	593.059	7.394.688
N-29	592.275	7.394.370	N-62	584.812	7.372.573	V-66	592.772	7.394.651
N-30	592.431	7.394.509	N-63	585.228	7.372.439	V-69	592.127	7.394.296
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, Geobiota 2025.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

De acuerdo con lo indicado en la RCA N°226/2006, para detectar posibles variaciones en las formaciones vegetales identificadas en el área de estudio, el monitoreo considera las especificaciones resumidas en la Tabla 4-3.

Cabe mencionar que al procesamiento de los datos se incorporó una optimización metodológica, presentado al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), mediante carta GMPL 039/2019 la consulta de pertinencia “Optimización de la presentación de cobertura vegetal del Plan de Seguimiento Biótico”, sobre la cual la autoridad ambiental resolvió mediante Resolución exenta 128/2019 el no ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Esta optimización metodológica tuvo por objeto subsanar las limitaciones del Plan de Seguimiento Ambiental de la vegetación, aplicando un ajuste a la asignación del tipo vegetacional y a la cobertura de unidades vegetacionales.

Tabla 4-3. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
Biota	Plantas	Vegetación	Estimación de la cobertura medida como superficie.	Carta Ocupación de Tierras (COT).

Tabla 4-3. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
			Estado de vitalidad, porcentaje de copa viva y fenología de cada unidad vegetacional. Análisis de imagen satelital de alta resolución.	Caracterización visual mediante criterios establecidos la clasificación de: vitalidad (Seco, Muy débil, Débil, Crecimiento normal, Excepcionalmente vigoroso), porcentaje de copa viva y fenología (Senescente, Crecimiento vegetativo, Floración, Fructificación). Procesamiento imagen satelital y determinación del índice de vegetación NDVI.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.1.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

El monitoreo de la cobertura de las formaciones vegetales se realiza aplicando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT), el cual es un método cartográfico que permite caracterizar la vegetación presente en un área determinada, estimando las formaciones vegetales, tipos vegetacionales y su cobertura. Este monitoreo consta de noventa y nueve [99] descripciones de terreno, en las que se registra el tipo biológico presente, estimando en forma visual su cobertura, su estratificación en término de altura y las especies dominantes que lo componen. Las categorías de cobertura utilizadas se presentan en la Tabla 4-4.

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

Cobertura	Rango (%)	Código
Densa	75-100	6
Semidensa	50-75	5
Abierta	25-50	4
Muy abierta	10-25	3
Rala	5-10	2
Zona de vegetación escasa (ZVE)	<5	1

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a Etienne y Prado, 1982.

Adicionalmente, de acuerdo con la RCA N° 226/2006, en cada descripción de terreno se registra la vitalidad y el porcentaje de copa viva (follaje), de acuerdo con las categorías definidas en la siguiente 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	Crecimiento normal	Presenta gran parte de su follaje verde y producción de frutos. Sin signos de patógenos.
4	Excepcionalmente vigoroso	Presentan abundancia de follaje y estructuras reproductivas.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a Etienne y Prado, 1982.

Tabla 4-6. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas

Código	Rango de porcentaje de copa viva (follaje verde)
0	0
1	<5
2	5-25
3	25-50
4	50-75
5	75-100

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a Etienne y Prado, 1982.

En forma complementaria a lo establecido en la RCA N° 226/2006, se describe en terreno el estado fenológico predominante en las especies que dominan cada 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, hojas, flores y/o 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, Geobiota 2025.

4.2.1.4 Análisis de la imagen satelital

Tal como se establece en la RCA N° 226/2006, el monitoreo de vegetación se realiza sobre la base de imágenes satelitales multispectrales de alta resolución, las que deben ser tomadas en el mes de abril, en forma paralela a la toma de datos en terreno. Las imágenes deben ser captadas por el satélite Quickbird en modalidad multispectral (3 bandas en espectro de luz visible y 1 banda en espectro infrarrojo) y Pancromática (1 banda en espectro visible, en rangos de gris). La modalidad multispectral posee una resolución de 2,4 m mientras que, la imagen pancromática posee una resolución de 0,6 m. Para el caso del monitoreo del periodo 2024, se utilizaron imágenes del satélite Geoeye 1, cuya captura se realizó el 05 de abril de 2024. Esta imagen satelital se constituye de una imagen pancromática de resolución 50 cm y una imagen multispectral de 4 bandas con una resolución espacial de 2 m. El cambio de satélite se debe a que el satélite Quickbird⁶ capturó su última escena el 17 de diciembre del 2014. En su reemplazo, se han adquirido imágenes que se encuentran en igual estándar de resolución, lo cual no implica un cambio en la metodología establecida para la cuantificación de la vegetación.

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

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

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

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

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

⁶ <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/quickbird/>

Dónde:

ρ_R : Reflectancia en la banda del rojo.

ρ_{IRC}^{PIRC} : Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

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

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

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

4.2.1.5 Segmentación, clasificación y atribución de la vegetación

La construcción del mapa de vegetación correspondiente al periodo abril 2024, contempla en su primera etapa la identificación de unidades de vegetación homogénea (UVH), sobre la imagen satelital. Para estos fines se realiza una segmentación o delimitación de cada UVH (o polígono) mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), cuyo proceso consiste en la identificación de estas unidades a partir de criterios de similitud de colores, tonos y texturas en la imagen y las variaciones del NDVI del periodo de análisis. Posteriormente y en base a la información colectada en terreno, se define la formación, tipo vegetacional y cobertura de las plantas sobre el territorio. Para estos fines, la RCA contempla el monitoreo de 99 unidades vegetacionales, las que son complementadas con las descripciones realizadas en el marco del monitoreo de zona de conexión vegetación – acuífero⁷ (RCA N°226/2206), correspondiente a diecinueve [19] puntos de terreno, contabilizando un total de 118 descripciones vegetacionales.

En una segunda etapa, los tipos vegetacionales definidos a partir de las descripciones de terreno son extrapolados a las UVH no cubiertas por el muestreo, utilizando como criterio las similitudes de color, grano y textura entre las unidades identificadas sobre la imagen satelital y aquellas con datos de terreno. Como resultado, se obtiene un mapa de la vegetación a una escala 1:50.000, el cual posee una unidad mínima

⁷ Sección 5.2. del presente informe.

cartografiable 5 ha, entendiendo por unidad mínima cartografiable, a la unidad espacial de menor superficie que podrá ser representada e identificada adecuadamente en un mapa.

El mapa de vegetación correspondiente al periodo 2024, es entregado en el Anexo 3 de este informe, en el cual se ilustra la distribución y representatividad de cada una de las formaciones y tipos vegetacionales, desagregados por categoría de cobertura vegetal.

4.2.1.5.1 Mosaicos de vegetación

La vegetación en mosaico corresponde a formaciones vegetacionales que se presentan en forma de parches discontinuos y que individualmente pueden cubrir una pequeña superficie. Conforme a la escala de trabajo y la unidad mínima cartografiable definida, estos parches de vegetación no podrían ser representados en el mapa, por lo que, para definir una adecuada representación cartográfica y dar cuenta de la particular condición ecológica en que se desarrollan, fueron integrados en unidades vegetacionales homogéneas de mayor tamaño, las que fueron definidas como mosaicos de vegetación, donde la vegetación se inserta en una matriz de suelo desnudo (Figura 4-3).

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.1.6 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información en terreno, se utilizaron formularios digitales cargados en una Tablet, o celulares de terrero y GPS Garmin modelo MAP62.

Tal como lo establece la RCA N°226/2006, para la elaboración de la cartografía se utilizó una imagen de alta resolución, la cual fue capturada para el monitoreo actual por el satélite Geoeye-1 el 05 de abril 2024.

En la siguiente Tabla se resumen los materiales y equipos utilizados:

Tabla 4-8. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Monitoreo de la vegetación	GPS ETREX Tablet Celular con aplicación TimeStamp Camera Imágenes satelitales de alta resolución capturada por el satélite Geoeye el 05 de abril de 2024

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.1.7 Fechas de muestreo

El muestreo de la vegetación en los 99 puntos de monitoreo en el Borde Este del Salar de Atacama acorde a lo establecido en la RCA N° 226/2006 se realiza en el mes de abril de cada año. Por otra parte, y de acuerdo con la Acción 14⁸ detallada en el Plan de Cumplimiento asociado al proceso sancionatorio, aprobado mediante Resolución N° 38/ROL F-041-2016 del 29 de agosto de 2022 por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), se aumenta la frecuencia de monitoreo de la cobertura vegetal mediante el uso de imágenes satelitales y validación en terreno (en los 99 puntos de monitoreo definidos para el Borde Este del Salar) a una frecuencia trimestral cuyos resultados son presentados en este informe. Por tanto y de acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4-9. se detallan las fechas en las cuales se realizaron en terreno el muestreo de la vegetación.

Tabla 4-9. Fechas de muestreo vegetación

Subcomponente	Sector	Fecha de muestreo
Vegetación	Borde Este – Primer trimestre	08 al 10 de enero de 2024 16 al 21 de enero de 2024 31 de enero de 2024
	Borde Este – Segundo trimestre	14 al 23 de abril de 2024
	Borde Este – Tercer trimestre	08 al 24 de julio de 2024
	Borde Este – Cuarto trimestre	08 al 25 de octubre de 2024

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Los permisos de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos sector Soncor y Aguas de Quelana, se adjuntan en Anexo 2 y los profesionales responsables y participantes del monitoreo son indicados en el Anexo 1.

⁸ Aumentar la frecuencia de monitoreo de la cobertura vegetal de la cuenca del Salar de Atacama mediante imágenes satelitales de alta resolución.

4.2.2 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación - acuífero

4.2.2.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

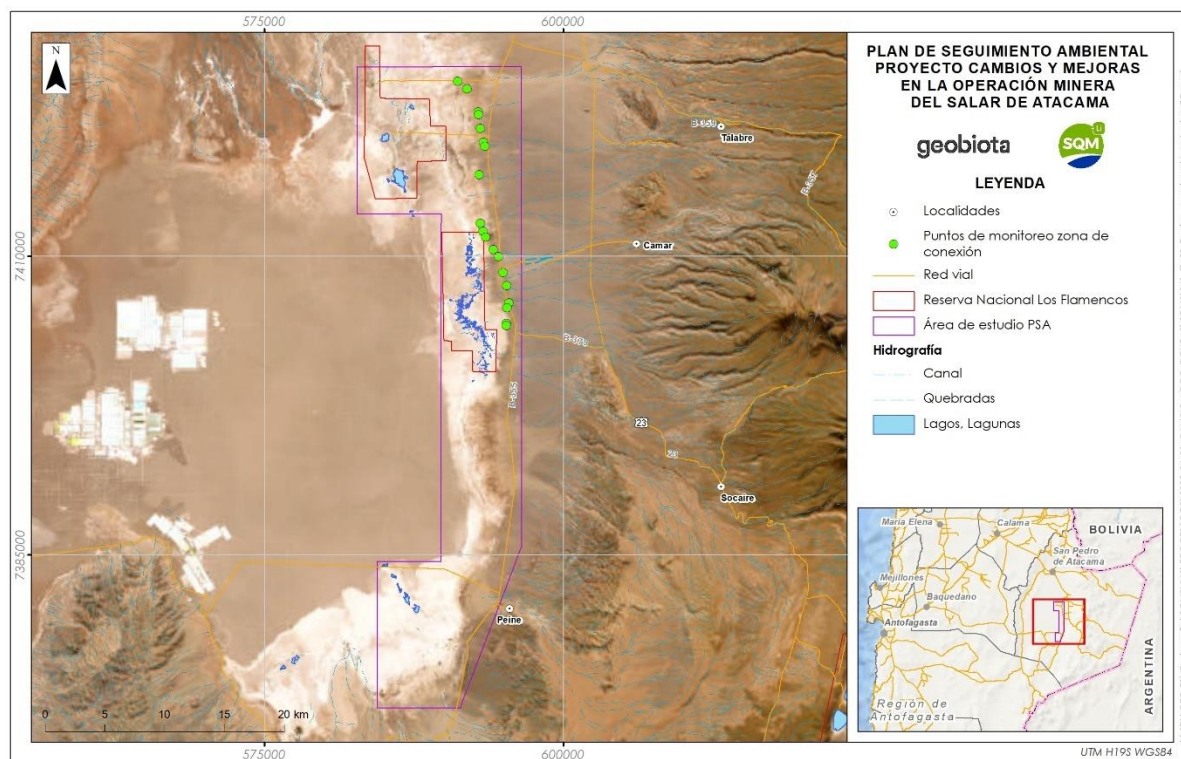
El monitoreo anual de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero, contempla la caracterización del sector donde se presume la conexión entre las raíces de las plantas y la napa de agua subterránea de la formación arbustiva de *Tessaria absinthioides* - *Atriplex atacamensis*, a través del levantamiento de 19 puntos de monitoreo fijos en el tiempo, los que fueron establecidos en la campaña pre-operacional del Proyecto, efectuada en abril de 2006. En la Tabla 4-10 se presentan las coordenadas de estos puntos y la distribución de ellos se ilustra en la Figura 4-4.

Tabla 4-10. Ubicación de los puntos de monitoreo de vegetación en la zona de conexión

Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Parcela	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	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, Geobiota 2025.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

Las mediciones para caracterizar el estado y evolución de las variables han sido establecidas de acuerdo con lo autorizado en la RCA N° 226/2006 (Considerando 10.3.2.2), en las que se incluyen las especies dominantes, cobertura vegetal, porcentaje de copa verde y el estado vital de la vegetación. De forma complementaria a las exigencias de la RCA, se agrega la fenología a las variables a medir.

4.2.2.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

El método empleado para la caracterización de la zona de conexión vegetación – acuífero corresponde a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), un método cartográfico que permite caracterizar la vegetación presente en un área determinada, estimando las formaciones vegetales, tipos vegetacionales y su cobertura. Adicionalmente, el monitoreo incluye la determinación de las especies dominantes dentro de cada U VH, para ello se consideró como dominante a las especies que cuenten con una cobertura igual o superior al 5% dentro de la unidad y como acompañantes a las especies de cobertura inferior a este porcentaje. El monitoreo incluye también, la descripción del estado vital, copa viva (%) y fenología de las especies dominantes de cada U VH.

Los rangos de cobertura, vigor, porcentaje de copa viva y fenología utilizados en las descripciones vegetacionales para el monitoreo de la zona de conexión vegetación – acuífero corresponden a las especificadas en la sección anterior, específicamente en la Tabla 4-4, Tabla 4-5, Tabla 4-6 y Tabla 4-7.

4.2.2.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información en terreno, se utilizaron formularios digitales cargados en una Tablet, celulares de terrero y GPS Garmin modelo MAP62.

En la siguiente Tabla se resumen los materiales y equipos utilizados:

Tabla 4-11. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material o equipo utilizado
Monitoreo de la vegetación	GPS Garmin modelo MAP62
	Tablet
	Celular con aplicación TimeStamp Camera

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.2.5 Fecha de muestreo de cada parámetro

Para el seguimiento de la vegetación en la zona de conexión, se realizan dos mediciones al año en la época de crecimiento de las plantas (considerando 10.3.2.2 de la RCA N° 226/2006), para lo cual se consideró en el periodo 2024 la visita a terreno en; enero y abril. El detalle de las fechas de terreno son las siguientes:

Tabla 4-12. Fechas de monitoreo de la vegetación

Componente	Sector	Fecha de muestreo
Vegetación	Zona de conexión vegetación-acuífero (enero)	16 al 19 de enero de 2024
	Zona de conexión vegetación-acuífero (abril)	16 al 22 de abril de 2024

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Los profesionales responsables y participantes del monitoreo son indicados en el Anexo 1.

4.2.3 Monitoreo de flora vascular

4.2.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El monitoreo de flora se realiza mediante un conjunto de siete transectos orientados en sentido Este-Oeste, en los que se dispone un total de 75 puntos de muestreo fijos en el tiempo, ubicados sistemáticamente cada 300 m. La ubicación de los puntos de muestreo fue definida en la RCA N° 226/2006, la cual se especifica en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13. Ubicación de los puntos de monitoreo de flora

Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
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

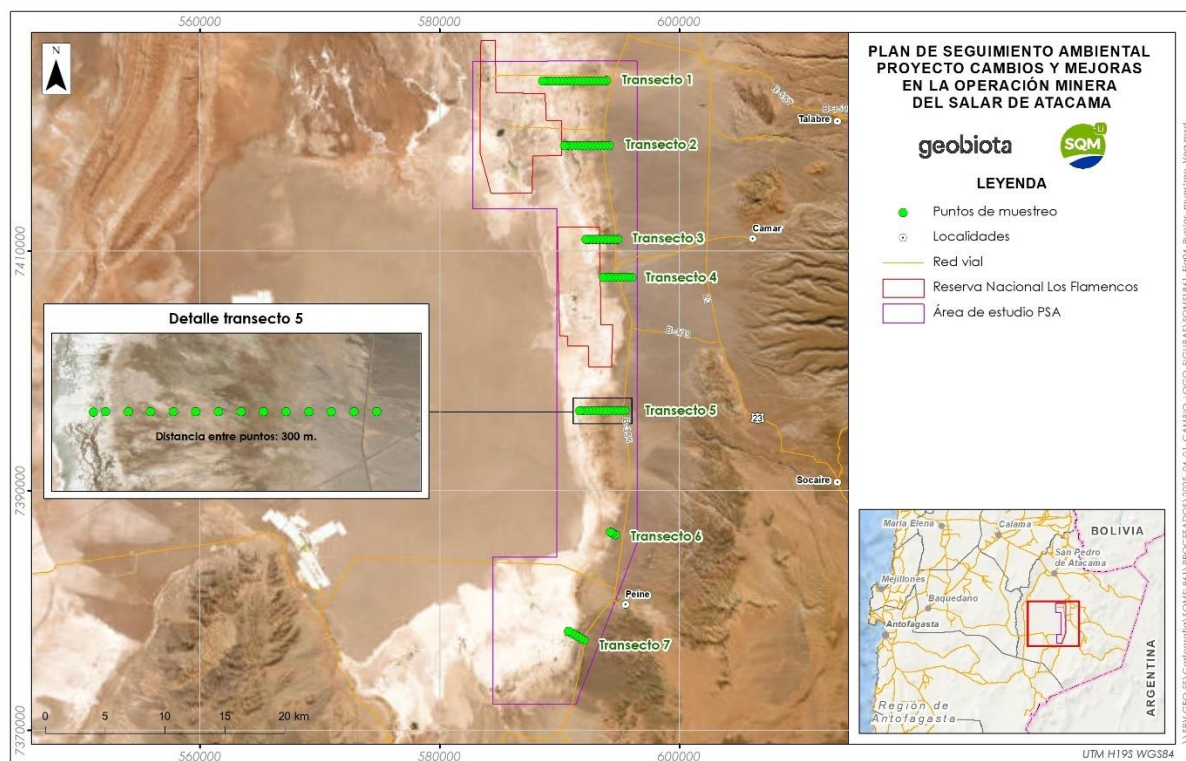
Tabla 4-13. Ubicación de los puntos de monitoreo de flora

Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
TF-1-07	592.158	7.424.201	TF-2-13	590.588	7.418.784	TF-5-05	594.268	7.396.645
TF-1-08	591.858	7.424.201	TF-2-FIN	590.447	7.418.766	TF-5-06	593.968	7.396.645
TF-1-09	591.558	7.424.201	TF-3-01	594.879	7.410.951	TF-5-07	593.668	7.396.644
TF-1-10	591.258	7.424.200	TF-3-02	594.579	7.410.951	TF-5-08	593.367	7.396.644
TF-1-11	590.958	7.424.200	TF-3-03	594.279	7.410.951	TF-5-09	593.067	7.396.644
TF-1-12	590.658	7.424.200	TF-3-04	593.979	7.410.951	TF-5-10	592.767	7.396.644
TF-1-13	590.358	7.424.200	TF-3-05	593.679	7.410.951	TF-5-11	592.467	7.396.644
TF-1-14	590.058	7.424.200	TF-3-06	593.379	7.410.951	TF-5-12	592.167	7.396.644
TF-1-15	589.758	7.424.200	TF-3-07	593.079	7.410.951	TF-5-13	591.867	7.396.644
TF-1-16	589.458	7.424.200	TF-3-08	592.779	7.410.950	TF-5-FIN	591.707	7.396.639
TF-1-17	589.158	7.424.199	TF-3-09	592.479	7.410.950	TF-6-01	594.689	7.386.303
TF-1-18	588.858	7.424.199	TF-3-FIN	592.235	7.410.963	TF-6-02	594.429	7.386.453
TF-1-FIN	588.617	7.424.200	TF-4-01	596.073	7.407.802	TF-6-FIN	594.283	7.386.540
TF-2-01	594.188	7.418.785	TF-4-02	595.773	7.407.802	TF-7-01	592.086	7.377.526
TF-2-02	593.888	7.418.785	TF-4-03	595.473	7.407.802	TF-7-02	591.826	7.377.676
TF-2-03	593.588	7.418.785	TF-4-04	595.173	7.407.801	TF-7-03	591.566	7.377.826
TF-2-04	593.288	7.418.785	TF-4-05	594.873	7.407.801	TF-7-04	591.306	7.377.975
TF-2-05	592.988	7.418.785	TF-4-06	594.573	7.407.801	TF-7-05	591.046	7.378.125
TF-2-06	592.688	7.418.785	TF-4-07	594.273	7.407.801	TF-7-FIN	590.786	7.378.275

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

Para la caracterización del estado y evolución de la flora, en la RCA N° 226/2006 se estableció el registro de la riqueza florística y la medición de la frecuencia de especies presentes (abundancia). Además, de la caracterización del sustrato donde la flora se desarrolla, a través de una descripción del suelo y mediciones de salinidad y pH.

4.2.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

El monitoreo de flora considera en cada punto de muestreo, el registro de las especies de flora vascular y su cobertura, de acuerdo con la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1979). Esto permite construir el catálogo de riqueza florística del sector, determinar la frecuencia de taxa y evaluar su variación en el tiempo. Por otra parte, en cada punto de muestreo también se extrae una muestra de suelo para efectuar análisis de pH y conductividad eléctrica, permitiendo evaluar el sustrato en el cual se desarrollan las plantas. Cada punto de muestreo corresponde a un conglomerado compuesto por cinco parcelas de 4 m², determinando un total de 375 parcelas. Las parcelas se encuentran separadas entre sí por una distancia de 10 m y dispuestas en forma de "X".

Adicionalmente, se registran las especies vegetales observadas fuera del área de muestreo, con el objetivo de conformar un catálogo florístico para toda el área de estudio, tal como lo establece la RCA N° 226/2006. Las taxa que no son identificadas a nivel de especie en terreno son colectadas, prensadas y herborizadas

para su identificación en gabinete. La determinación taxonómica de las colectas se realiza en base a bibliografía especializada por la especialista botánica Sra. María Teresa Serra V.

La nomenclatura taxonómica utilizada para la denominación de los taxa registrados, al igual que la caracterización por origen geográfico, hábito de crecimiento y distribución en Chile continental, siguen el “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).

Por otra parte, la caracterización del sustrato, a su vez, está asociada a puntos de muestreo en la parcela central. Se realizó la extracción de muestras de suelo por parte de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) ALS Life Sciences Chile para la toma de muestras de suelo y análisis de laboratorio. La metodología utilizada para los análisis se detalla en la tabla a continuación. En Anexo 8, se entrega la resolución correspondiente y resultados de los análisis de las muestras.

Tabla 4-14. Métodos utilizados por la ETFA ALS para el análisis de la conductividad eléctrica y pH de muestras de suelo

Parámetro	Método de muestreo
CE	Método basado en Handbook of Soil and Land Survey Handbook, Method 4A 1 Electrical Conductivity, 1992. QWI-IO-CE-01 Emisión B mod. 6 QWI-IO-LIXI-01 Emisión B mod. 3
pH	Método basado Handbook of Soil and Land Survey Handbook, Method 3A 1 soil pH, 1992. QWI-IO-pH-01 Emisión B mod. 3 QWI-IO-LIXI-01 Emisión B mod. 3

Fuente: Elaboración propia, a partir de información disponible en Anexo 8.

De manera complementaria, también se enviaron las muestras al Laboratorio de Servicios de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Agroanálisis UC). Este Laboratorio utiliza los métodos expuestos en el documento técnico “Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos de Chile”, publicado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el año 2006 y preparado por la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (conductividad en suspensión 1:2,5, pH suspensión de cloruro de potasio 1:2,5).

Es importante señalar que, el Laboratorio Agroanálisis UC corresponde a la entidad que ha ejecutado el análisis de pH y la conductividad eléctrica del suelo desde el año 2012, y se ha optado por mantener este laboratorio, para dar continuidad al análisis histórico de la variable, permitiendo mantener la trazabilidad histórica del monitoreo.

4.2.3.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro de la información en terreno, se utilizaron formularios digitales cargados en una Tablet, celulares de terrero y GPS Garmin modelo MAP62.

Para la extracción de las muestras de suelo se utilizó, pala de plástico, flexómetro, guantes de látex, bolsas con cierre hermético para almacenar la muestra en una caja de plumavit aislapol y etiquetas para la rotulación de las muestras.

En la siguiente Tabla se resumen los materiales y equipos utilizados:

Tabla 4-15. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Flora	GPS Garmin modelo MAP62 Tablet Celular con aplicación TimeStamp Camera
Suelo	Pala Flexómetro Bolsas con cierre hermético Caja de plumavit aislapol Etiquetas para rotulación

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.3.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

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

Tabla 4-16. Fechas de muestreo de flora

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Flora	Borde Este	15 al 17 de abril de 2024 19 al 20 de abril de 2024 22 de abril 2024
Suelo	Borde Este	15 al 17 de abril de 2024 19 al 20 de abril de 2024 22 de abril 2024

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Los profesionales responsables y participantes del monitoreo son indicados en el Anexo 1.

4.2.4 Monitoreo de algarrobos

De acuerdo con lo establecido en el Considerando 10.3.2.2 de la RCA N° 226/2006, el PSAB considera realizar el seguimiento a una población de individuos de algarrobos que se emplaza entorno al pozo ex pozo de

extracción de agua Camar-2⁹ los cuales corresponden a 71 individuos censados en la etapa pre-operacional del proyecto (2006) y que han sido identificados como Serie A.

Cabe destacar que recientemente, las especies nativas y endémicas del género *Prosopis* en Chile han modificado su nomenclatura tradicional propuesta por Burkart (1976) siendo reemplazados por los géneros *Neltuma* y *Strombocarpa*, según estudios actuales de Hughes et al. (2002), que justifican la desintegración del género *Prosopis* L. En este sentido, las nuevas evidencias filogenéticas han demostrado que el antiguo género *Prosopis* presenta un origen polifilético con tres linajes separados, cada uno con afinidades de géneros de las Leguminosae mimosoideas. La proposición original de *Prosopis* realizada por Burkart (1976) ya distinguía secciones que reunían especies de distintos orígenes y antigüedad, destacando, para la flora de Chile, las secciones Algarobia y Strombocarpa. La primera de ellas es representada por los Algarrobos que actualmente integran el género *Neltuma*, y la segunda, es representada por el tamarugo y otras afines que actualmente integran el género *Strombocarpa* (Hughes et al., 2022). Los tres linajes descritos corresponden en gran medida a los enunciados por Burkart (1976) como secciones y series y no modifican la información acerca de sus atributos biológicos, origen y distribución geográfica, descripción morfológica o anatómica, ecología ni estado de conservación (RCE, CITES). Si bien, la nomenclatura del género *Prosopis*¹⁰ aún se mantiene en las leyes, decretos y resoluciones que regulan a las especies que lo componen, ya se ha reconocido la denominación de *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis en las principales bases de datos botánicas, tanto nacionales como internacionales (Instituto de Botánica Darwinion Flora del Cono Sur¹¹, Catálogo de Plantas nativas del Herbario de la Universidad de Concepción¹², International Plant Names Index (IPNI)¹³).

Por lo anteriormente expuesto, en adelante, las especies de Algarrobos, tamarugo y afines serán nombradas de acuerdo con la nueva nomenclatura propuesta por Hughes et al. (2022) expuesta en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17. Actualización en la nomenclatura del género *Prosopis*

Rodríguez et al. 2018	Hughes et al. 2022
<i>Prosopis alba</i> Griseb.	<i>Neltuma alba</i> (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis var. alba
<i>Prosopis burkartii</i> Muñoz	<i>Strombocarpa burkartii</i> (Muñoz) C.E. Hughes & G.P. Lewis
<i>Prosopis chilensis</i> (Mol.) Stuntz. Emend. Burkart	<i>Neltuma chilensis</i> (Mol.) C.E. Hughes & G.P. Lewis var. chilensis
<i>Prosopis flexuosa</i> DC var. flexuosa	<i>Neltuma flexuosa</i> (DC) C.E. Hughes & G.P. Lewis var. flexuosa

⁹ El pozo Camar-2 se encuentra fuera de operación y desmantelado. Por lo tanto, actualmente no está en funcionamiento y se considera solo como un punto de referencia y de observación.

¹⁰ Nomenclatura vigente aún en el Catálogo de Plantas Vasculares de Chile (Rodríguez, R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez & A. Marticorena. 2018.) y en la página de clasificación de especies del Ministerio del Medio Ambiente https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/Prosopis_alba.pdf.

¹¹ Recientemente actualizado en la página web del Instituto de Botánica Darwinion <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/DetalleEspecie.asp?forma=&variedad=&subespecie=&especie=alba&genero=Neltuma&espcod=200674>.

¹² <http://catalogoplantas.udec.cl/?q=catalogo&combine=neltuma+alba>.

¹³ IPNI (2023). International Plant Names Index. Published on the Internet <http://www.ipni.org>, The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium. [Retrieved 25 July 2023]. <https://www.ipni.org/n/77303585-1>.

Tabla 4-17. Actualización en la nomenclatura del género *Prosopis*

Rodríguez et al. 2018	Hughes et al. 2022
<i>Prosopis flexuosa</i> DC var. fruticosa	<i>Neltuma flexuosa</i> (DC) C.E. Hughes & G.P. Lewis var. fruticosa (Meyen) C.E. Hughes & G.P. Lewis
<i>Prosopis strombulifera</i> (Lam.) Benth.	<i>Strombocarpa strombulifera</i> (Lam.) A. Gray
<i>Prosopis tamarugo</i> Phil.	<i>Strombocarpa tamarugo</i> (Phil.) C.E. Hughes & G.P. Lewis

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.4.1 Ubicación de los ejemplares de monitoreo

4.2.4.1.1 Ejemplares de algarrobo objeto de seguimiento

El monitoreo de algarrobos (*Neltuma alba*) se realiza sobre 71 ejemplares fijos en el tiempo, y que corresponden a los presentados en la Figura I.5.3 y el Anexo V.IV, de la Adenda III del EIA del proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama”. Para efectos del monitoreo, cada ejemplar ha sido rotulado con un código identificador (Serie A-XX), los que se indican en la Tabla 4-18, mientras que su distribución espacial en el área se presenta en la Figura 4-6.

Tabla 4-18. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados

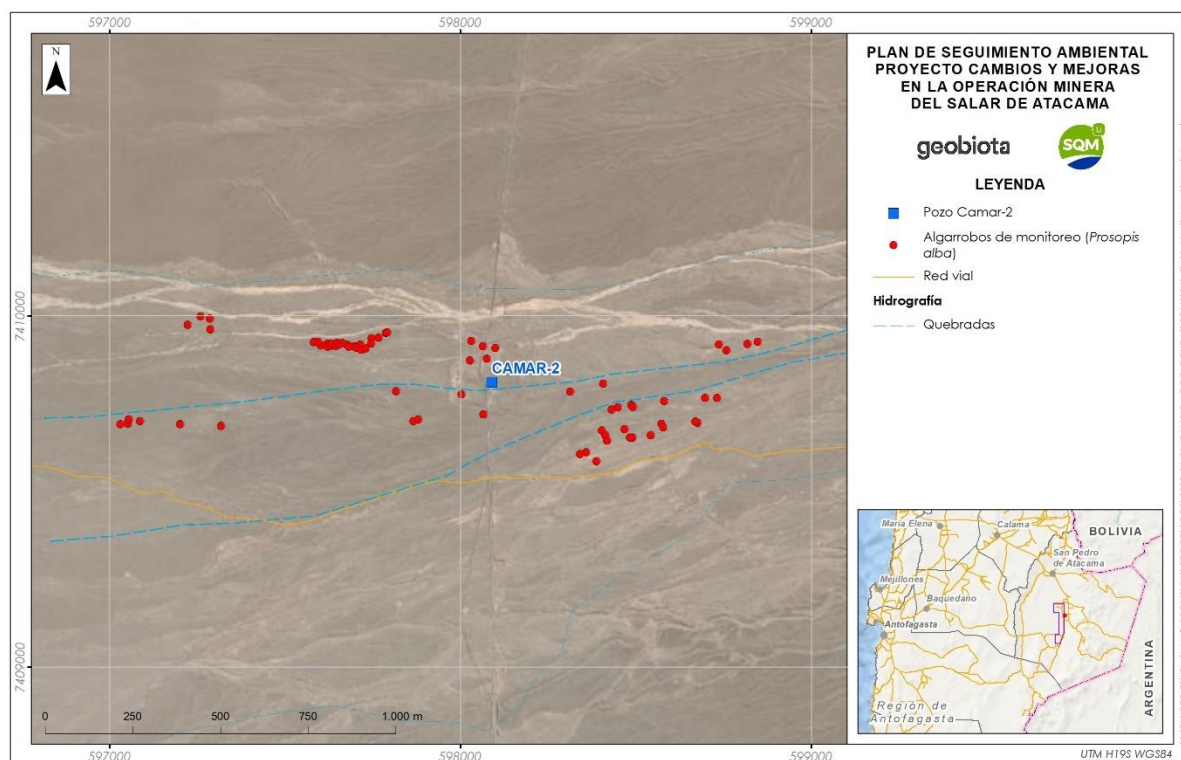
Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-01	598.100	7.409.909	A-25	597.655	7.409.919	A-49	598.579	7.409.683
A-02	598.065	7.409.914	A-26	597.665	7.409.923	A-50	598.543	7.409.660
A-03	598.032	7.409.929	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

Tabla 4-18. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados

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, Geobiota 2025.

Figura 4-6. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.4.1.2 Ejemplares de algarrobos con mediciones del estado fisiológico

De acuerdo con lo indicado en la Acción 23 detallada en el Plan de Cumplimiento (en adelante PdC) aprobado mediante Resolución N°38/ROL F-041-2016 del 29 de agosto de 2022 por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), se incluirá en los informes anuales de seguimiento, mediciones del potencial hídrico y conductancia estomática. En este contexto, se realizan mediciones para determinar los parámetros de interés en un grupo de 18 individuos de la Serie A que corresponde a la población objetivo. También se considera un grupo de nueve [9] ejemplares de otras Series que también son monitoreadas de manera mensual en el

contexto de la Acción 24¹⁴ del PdC (Estudio “Análisis Vitalidad de Algarrobos Series A, B, C y D”). Cabe destacar que, los individuos monitoreados, están distribuidos aguas arriba y aguas abajo la tubería de agua superficial, y algunos individuos cuentan con un sistema de riego implementado en razón a la Acción 28¹⁵ del PdC. En la siguiente Tabla 4-19 se indican los individuos de Algarrobos en los cuales se determina su estado fisiológico y en la Figura 4-7 se visualiza su distribución espacial.

Tabla 4-19. Ubicación de los individuos de Algarrobos monitoreados

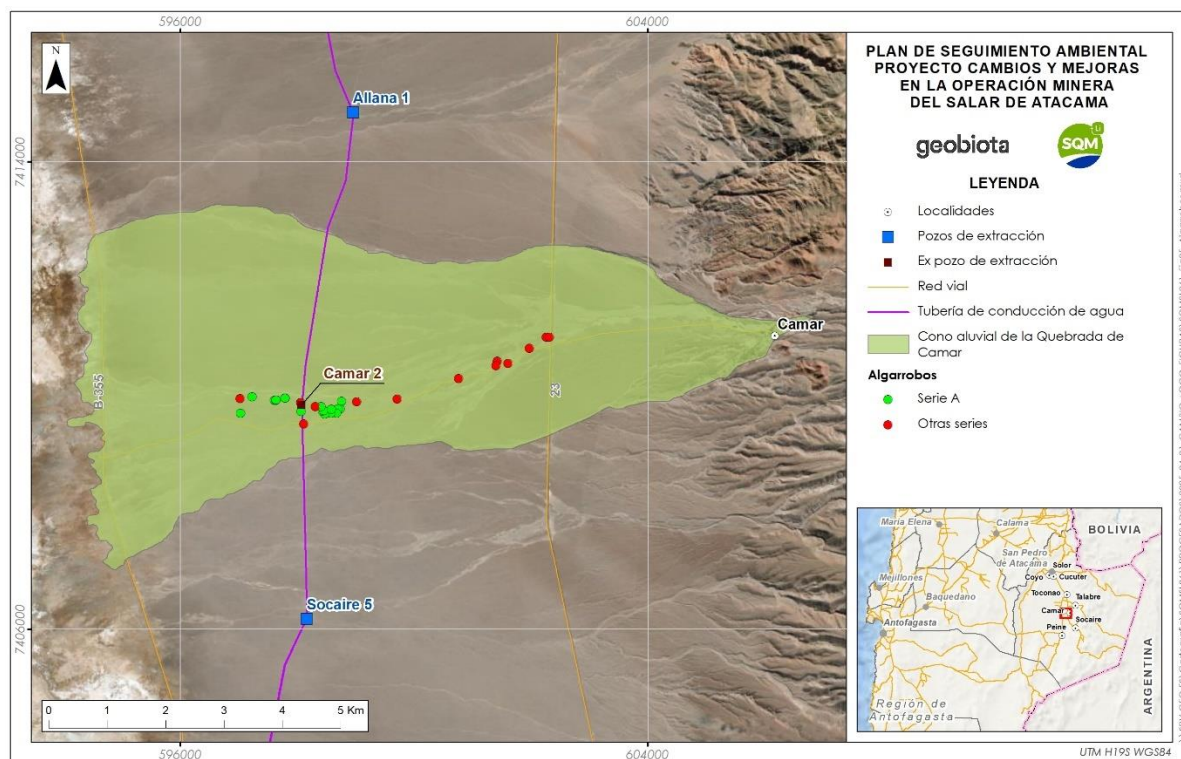
Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Sistema de riego	Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Sistema de riego
	Este	Norte			Este	Norte	
A-04	598.066	7.409.720	Si	A-47	598.581	7.409.758	Si
A-07	597.031	7.409.692	Si	A-58	598.407	7.409.807	Si
A-12	597.223	7.409.975	Si	B-02	599.016	7.409.889	No
A-17	597.603	7.409.916	Si	B-03	599.710	7.409.937	No
A-21	597.632	7.409.915	Si	B-04	600.761	7.410.288	No
A-22	597.634	7.409.921	Si	B-09	601.420	7.410.585	No
A-30	597.788	7.409.952	Si	B-10	601.403	7.410.509	No
A-31	597.792	7.409.953	Si	B-11	601.603	7.410.548	No
A-33	598.759	7.409.902	Si	B-17	601.972	7.410.806	No
A-36	598.732	7.409.766	Si	B-20	602.261	7.410.998	No
A-37	598.698	7.409.766	Si	B-21	602.313	7.410.998	No
A-38	598.677	7.409.695	Si	C-58	598.113	7.409.516	No
A-40	598.574	7.409.693	Si	D-28	598.055	7.409.453	No
A-41	598.469	7.409.677	Si	AX-01	598.305	7.409.804	Si
A-43	598.432	7.409.734	Si	AX-02	597.020	7.409.942	No
A-44	598.449	7.409.740	Si	–	–	–	–

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

¹⁴ Implementar programa de seguimiento de flora y vegetación de la quebrada Camar.

¹⁵ Implementar programa de riego de los algarrobos que forman parte del monitoreo comprometido en la RCA 226/2006.

Figura 4-7. Distribución de los individuos de Algarrobo con mediciones fisiológicas



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.4.1.3 Ejemplares de algarrobo con estimación de biomasa

De acuerdo con lo indicado en la Acción 23 detallada en el PdC aprobado mediante Resolución N° 38/ROL F-041-2016 del 29 de agosto de 2022 por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), se incluirá en los informes anuales de seguimiento la estimación de la biomasa de los ejemplares que son monitoreados, para lo cual se han considerado todos los individuos distribuidos en el cono aluvial de la Quebrada de Camar y que son identificados como Serie B, C y D, además de la Serie A que es parte de la población objetivo del seguimiento. Cabe destacar que, las Series B, C y D son monitoreadas de manera mensual en el contexto de la Acción 24 del PdC (Estudio “Análisis Vitalidad de Algarrobos Series A, B, C y D”). En la Tabla 4-20 se identifican los individuos y sus coordenadas de ubicación (coordenadas UTM, WGS84 19S), además su distribución espacial se presenta en la Figura 4-7.

Tabla 4-20. Ubicación de los individuos de algarrobo monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-04	598.066	7.409.720	B-16	601.856	7.410.736	D-03	599.294	7.409.926
A-05	598.004	7.409.777	B-17	601.972	7.410.806	D-09	599.070	7.409.990
A-06	597.867	7.409.701	B-18	602.174	7.410.934	D-10	598.731	7.409.609

Tabla 4-20. Ubicación de los individuos de algarrobo monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-07	597.031	7.409.692	B-20	602.261	7.410.998	D-11	598.693	7.409.626
A-08	597.052	7.409.693	B-21	602.313	7.410.998	D-12	598.710	7.409.682
A-09	597.055	7.409.705	C-01	598.556	7.409.676	D-13	598.570	7.409.716
A-10	597.087	7.409.700	C-02	598.553	7.409.678	D-14	598.603	7.409.715
A-11	597.201	7.409.691	C-03	598.559	7.409.682	D-16	598.562	7.409.705
A-12	597.223	7.409.975	C-05	598.561	7.409.683	D-17	598.540	7.409.679
A-13	597.288	7.409.962	C-06	598.567	7.409.681	D-18	598.578	7.409.639
A-14	597.286	7.409.993	C-07	598.568	7.409.678	D-19	598.564	7.409.621
A-17	597.603	7.409.916	C-08	598.570	7.409.679	D-20	598.550	7.409.624
A-18	597.621	7.409.920	C-09	598.577	7.409.681	D-21	598.537	7.409.626
A-19	597.621	7.409.913	C-10	598.588	7.409.673	D-22	598.529	7.409.626
A-21	597.632	7.409.915	C-13A	598.593	7.409.689	D-23	598.523	7.409.610
A-22	597.634	7.409.921	C-13B	598.586	7.409.688	D-24	598.098	7.409.448
A-23	597.645	7.409.915	C-14	598.602	7.409.693	D-25	598.160	7.409.501
A-25	597.655	7.409.919	C-15	598.603	7.409.693	D-26	598.113	7.409.457
A-26	597.665	7.409.923	C-16	598.618	7.409.703	D-28	598.055	7.409.879
A-27	597.679	7.409.918	C-17	598.623	7.409.690	D-29	598.107	7.409.900
A-28	597.683	7.409.912	C-18	598.624	7.409.692	D-30	598.086	7.409.861
A-29	597.747	7.409.936	C-19	598.630	7.409.704	D-31	598.078	7.409.798
A-30	597.788	7.409.952	C-21	598.557	7.409.718	D-34	598.695	7.409.708
A-31	597.792	7.409.953	C-22	598.560	7.409.720	D-35	598.660	7.409.717
A-33	598.759	7.409.902	C-23	598.595	7.409.728	D-37	599.230	7.409.982
A-34	598.819	7.409.920	C-24	598.595	7.409.721	D-38	598.117	7.410.175
A-35	598.848	7.409.926	C-25	598.599	7.409.719	D-39	598.116	7.410.182
A-36	598.732	7.409.766	C-26	598.606	7.409.726	D-40	598.119	7.410.189
A-37	598.698	7.409.766	C-27	598.598	7.409.709	D-41	598.118	7.410.190
A-38	598.677	7.409.695	C-28	598.614	7.409.713	D-42	598.118	7.410.207
A-39	598.670	7.409.699	C-29	598.625	7.409.722	D-43	598.117	7.410.214
A-40	598.574	7.409.693	C-31	598.097	7.409.466	D-46	598.516	7.409.637
A-41	598.469	7.409.677	C-32	598.113	7.409.482	D-47	598.509	7.409.661

Tabla 4-20. Ubicación de los individuos de algarrobo monitoreados en la quebrada de Camar

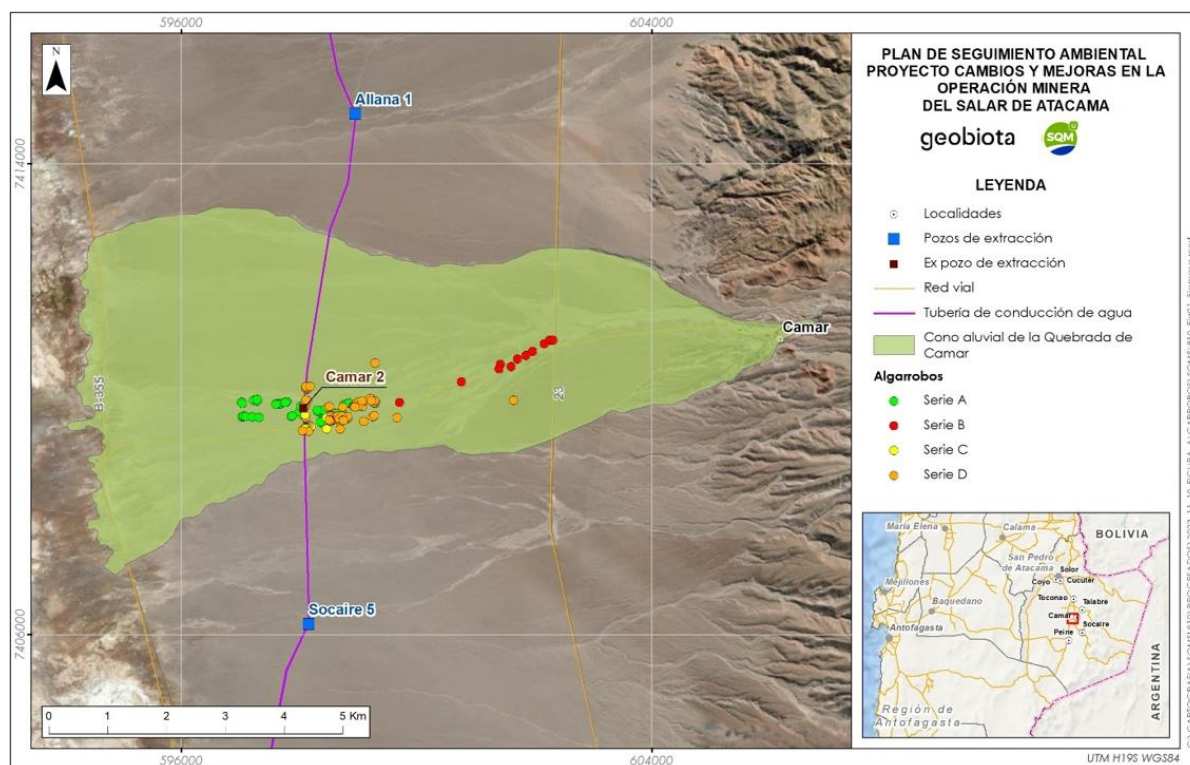
Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
A-42	598.403	7.409.674	C-34	598.117	7.409.483	D-48	598.679	7.409.705
A-43	598.432	7.409.734	C-36	598.121	7.409.469	D-49	598.728	7.409.637
A-44	598.449	7.409.740	C-37	598.121	7.409.490	D-50	598.745	7.409.632
A-45	598.488	7.409.746	C-39	598.133	7.409.492	D-51	598.760	7.409.662
A-46	598.492	7.409.741	C-40	598.135	7.409.494	D-52	598.755	7.409.668
A-47	598.581	7.409.758	C-41	598.133	7.409.490	D-53	598.795	7.409.663
A-48	598.314	7.409.784	C-42	598.137	7.409.491	D-54	598.822	7.409.679
A-49	598.579	7.409.683	C-43	598.141	7.409.484	D-55	598.810	7.409.698
A-50	598.543	7.409.660	C-44	598.152	7.409.473	D-56	598.829	7.409.702
A-51	598.491	7.409.653	C-45	598.150	7.409.474	D-57	598.741	7.409.692
A-52	598.483	7.409.654	C-46	598.155	7.409.499	D-58	599.249	7.409.977
A-53	598.414	7.409.660	C-47	598.184	7.409.520	D-59	601.641	7.410.610
A-54	598.419	7.409.645	C-48	598.184	7.409.523	D-60	599.289	7.409.931
A-55	598.388	7.409.586	C-49	598.198	7.409.549	D-61	598.987	7.409.858
A-56	598.359	7.409.612	C-50	598.152	7.409.544	D-62	598.743	7.409.654
A-58	598.407	7.409.807	C-51	598.156	7.409.526	D-63	598.714	7.409.620
A-59	597.880	7.409.705	C-53	598.138	7.409.519	D-64	599.100	7.409.867
A-60	597.318	7.409.687	C-54	598.131	7.409.523	D-66	599.083	7.409.874
A-63	597.715	7.409.919	C-55	598.132	7.409.521	D-67	598.742	7.409.681
A-64	597.703	7.409.910	C-56	598.131	7.409.516	D-68	598.114	7.410.168
A-65	597.718	7.409.904	C-58	598.113	7.409.506	D-71	599.083	7.409.873
A-66	597.731	7.409.907	C-59	598.111	7.409.505	D-72	599.015	7.409.861
A-67	597.746	7.409.922	C-60	598.095	7.409.489	D-73	598.997	7.409.858
A-68	597.767	7.409.938	C-62	598.141	7.409.504	D-74	598.944	7.409.853
A-70	598.028	7.409.873	C-63	598.178	7.409.518	D-75	598.488	7.409.686
A-71	597.817	7.409.786	C-66	598.557	7.409.715	D-76	598.502	7.409.655
AX-01	598.305	7.409.804	C-67	598.563	7.409.723	D-77	598.704	7.409.632
AX-02	597.020	7.409.942	C-69	598.602	7.409.736	D-78	598.766	7.409.642
AX-03	597.037	7.409.920	C-71	598.602	7.409.695	D-79	598.750	7.409.652
AX-76	597.609	7.409.906	C-72	598.575	7.409.725	D-80	598.664	7.409.601

Tabla 4-20. Ubicación de los individuos de algarrobo monitoreados en la quebrada de Camar

Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)		Punto	Coordenadas UTM (WGS84, 19S)	
	Este	Norte		Este	Norte		Este	Norte
B-01	598.922	7.409.874	C-74	598.105	7.409.481	D-81	598.703	7.409.537
B-02	599.016	7.409.889	C-75	598.098	7.409.481	D-82	598.942	7.409.788
B-03	599.710	7.409.937	C-76	598.109	7.409.492	D-83	598.950	7.409.740
B-04	600.761	7.410.288	C-77	598.102	7.409.488	D-84	598.740	7.409.726
B-09	601.420	7.410.585	C-78	598.469	7.409.679	D-85	598.116	7.410.127
B-10	601.403	7.410.509	C-79	598.469	7.409.679	D-86	598.760	7.409.733
B-11	601.603	7.410.548	D-01	599.662	7.409.953	D-87	598.303	7.409.801
B-15	601.710	7.410.672	D-02	599.297	7.409.919	D-88	599.097	7.409.867

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-8. Distribución de los individuos de Algarrobo monitoreados



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

El monitoreo de los individuos de algarrobo ubicados en torno al ex pozo de extracción de agua Camar-2 actualmente fuera de operación y desmantelado identificados como Serie A, considera la evaluación mensual de la vitalidad y la estimación del porcentaje de copa viva, acorde a lo establecido el considerando 10.3.2.2 de la RCA N° 226/2006. Complementariamente, el seguimiento de los 71 individuos incluye la determinación del estado fenológico y la identificación de daño ya sea antrópico o animal. Por otra parte, acorde a lo indicado en la Acción 23¹⁶ del Plan de Cumplimiento (PdC) aprobado mediante Res.Ex. N° 38/ROL F-041-2016 del 29 de agosto de 2022 por la Superintendencia del Medio Ambiente, se realizan mediciones del potencial hídrico y de conductancia estomática, además de mediciones de variables dendrométricas para la estimación de la biomasa. Acorde a lo anterior, en la siguiente Tabla 4-21 se detalla los parámetros considerados para el seguimiento de los ejemplares de algarrobos.

Tabla 4-21. Parámetros establecidos, responsables de la ejecución y medición de las variables

Componente	Variable	Parámetro	Frecuencia del monitoreo	Responsables del monitoreo
Medio Biótico	Población de <i>Neltuma alba</i>	Vitalidad, Copa viva, Fenología, Afectación animal/antrópica.	Anual	Geobiota y monitores ambientales de la Unidad ambiental (UMA) de Camar.
		Potencial hídrico y conductancia estomática.	Trimestral	
		Estimación de biomasa.	Trimestral	

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.4.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

Para el monitoreo de los ejemplares de Algarrobo, la RCA N° 226/2006 contempla la evaluación en terreno de la vitalidad y el porcentaje de copa viva (follaje). En forma complementaria a lo establecido en la RCA, desde el inicio de los monitoreos se ha evaluado el estado fenológico de los ejemplares y desde abril 2017, se registra el nivel de daño causado por agentes externos sobre cada individuo. En complemento, desde diciembre de 2021 y como parte de la Acción 23 del PdC, se realiza toma de datos de nuevos parámetros, tales como potencial hídrico, conductancia estomática y medición de variables dendrométricas para la estimación de la biomasa aérea. La metodología de cada una de estas variables de monitoreo se detalla a continuación.

4.2.4.3.1 Vitalidad

De acuerdo con lo establecido en la RCA N° 226/2006, se registra la vitalidad sobre cada ejemplar de algarrobo. La vitalidad es una forma de evaluación del estado sanitario general de los individuos, cuyas categorías de evaluación se presentan en la Tabla 4-22.

¹⁶ Incluir en los informes del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico (PSAB), un análisis de los resultados del estado vital y sanitario de los algarrobos, en función de las variables de temperatura, precipitaciones, nivel freático y nuevas variables antrópicas, presencia y daño asociado a plagas y patógenos, análisis eco-fisiológicos comparativos, medición de potencial hídrico, medición de conductancia estomática y estimación de biomasa.

Tabla 4-22. 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	Crecimiento normal	Presenta gran parte de su follaje verde y producción de frutos. Sin signos de patógenos.
4	Excepcionalmente vigoroso	Presentan abundancia de follaje y estructuras reproductivas.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a considerando 10.3.2.2 RCA N° 226/2006.

4.2.4.3.2 Copa viva (follaje verde)

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

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

Tabla 4-23. Escalas utilizadas para clasificar el porcentaje de copa viva de las plantas

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a considerando 10.3.2.2 RCA N° 226/2006.

4.2.4.3.3 Fenología

La fenología se refiere a la relación de las manifestaciones temporales periódicas o estacionales de las plantas, tales como la aparición de tallos y hojas, floración y producción de frutos y semillas, con respecto con las condiciones meteorológicas. Las categorías de fenología se presentan en la Tabla 4-24.

Tabla 4-24. Categorías utilizadas para la descripción de estado fenológico

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.4.3.4 Daño por agentes externos

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

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

Las categorías utilizadas para la evaluación de daños por agentes externos se presentan en la Tabla 4-25.

Tabla 4-25. Categorías de daño para la evaluación de individuos de algarrobo

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a considerando 10.3.2.2 RCA N° 226/2006.

4.2.4.3.5 Potencial hídrico

Este parámetro se mide en dos intervalos del día; pre-alba y al mediodía.

El potencial hídrico pre-alba (entre las 5:45 y 6:45 am) se mide de manera de registrar la capacidad de recuperación hídrica de los árboles durante la noche (Acevedo *et al.*, 1985). Las mediciones se realizan con una cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) utilizando nitrógeno gaseoso como gas presurizado, en ramillas formadas durante la temporada anterior. Se seleccionan dos [2] ramillas por árbol, las que se guardan al interior de una bolsa plástica sellada con una capa de papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980). Cada

ramilla se corta, se desenvuelve y se introduce inmediatamente en la cámara de presión para medir su potencial hídrico.

Asimismo, el potencial hídrico en mediodía fue medido para registrar el estado hídrico al momento de mayor demanda de vapor de agua por parte de la atmósfera, debido a la alta radiación y mayor déficit de presión de vapor. Previo a la medición, se eligen dos ramillas y se envuelven en bolsas plásticas con papel aluminio (Meyer & Ritchie, 1980) durante 1 hora aproximadamente, para equilibrar el potencial hídrico foliar y xilemático. Posteriormente, se mide entre las 12:00 y 13:00 horas el potencial hídrico, de la misma forma que se describió para la medición de pre-alba.

4.2.4.3.6 Conductancia estomática

La transpiración corresponde al flujo de vapor de agua desde las plantas hacia la atmósfera. Este flujo ocurre a través de los estomas, hacia la atmósfera.

Los estomas son pequeños poros ubicados en la parte superior e inferior de una hoja, cuya apertura responde a condiciones ambientales (Absorbiendo y expulsando CO₂ y humedad).

La conductancia estomática es la velocidad de paso de CO₂ o vapor de agua a través de los estomas y es una función de la densidad, tamaño y grado de apertura de los estomas. Para realizar las mediciones de conductancia estomática, se utiliza un porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01 que mide la conductancia estomática de las hojas. Las mediciones se realizan entre las horas de máxima apertura estomática, en hojas adultas y sanas de exposición Este, de 10:00 a 11:30 am.

Finalmente, tanto para la determinación de la conductancia estomática, así como el potencial hídrico, se realiza análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre:

- Individuos de la serie A, que corresponden a la población objeto del seguimiento histórico en el contexto del PSAB, y el resto de los individuos de las series B y C.
- Individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería que atraviesa de norte a sur el área de estudio.
- Individuos con riego y sin riego.

Cuando se determinaron diferencias significativas entre los criterios evaluados, se procedió a realizar una prueba de separación de medias, por medio de la prueba DGC (Di Rienzo *et al.*, 2011), al 5% de probabilidad de error lo que es igual a un nivel de confianza del 95%. Cuando no se cumplió con el supuesto de normalidad de la varianza, se transformaron los datos a su valor inverso o recíproco (Pérez, 2018) y cuando persistió el problema se usó un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa InfoStat v.2020.

4.2.4.3.7 Estimación de la biomasa

Para estimar la biomasa de la población de algarrobos presentes en el cono aluvial de la Quebrada de Camar, se registran en terreno, aquellas variables más utilizadas por los modelos de regresión reportados por la literatura y que permiten estimar en forma eficiente la cantidad de biomasa aérea, las cuales corresponden a; diámetro máximo de la copa (mcw), diámetro de copa a los 90° del mcw (cw90) y altura total (ht). Además,

para los individuos plurifustales que se registraron para todos los diámetros basales mayores a 2,5 cm las siguientes variables:

- Diámetro basal (db). Diámetro medido en la base del fuste (0,1 m del suelo) en cm.
- Diámetro a la altura del pecho (d1.3). Diámetro medido a 1.3 m del suelo, en cm. (según se presente)
- Largo del vástago (hf). Se debe medir el largo del fuste desde la base hasta el extremo superior en cm.
- Diámetro del fuste más largo (dls). Corresponde al diámetro del fuste más largo medido a los 0,1 m de altura en cm.

Además, se contaron todos los individuos con diámetros basales menores a 2,5 cm, y se les midió la altura individual (cm). Debido a que los individuos presentaron más de un vástago, la caracterización de la población según la clase diamétrica se realizó utilizando el Diámetro basal equivalente (Dbe), que estima el diámetro que tendría cada árbol si tuviera un único fuste conformado por los diámetros basales a una altura de 10 cm del suelo de todos los vástagos existentes. Esto se calculó con siguiente fórmula (Álvarez *et al.*, 2011):

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

Donde:

Dbe = Diámetro basal equivalente (cm)

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

A partir de esta información se determinaron los siguientes parámetros:

- Rango diamétrico (Dbe) (cm).
- Altura media por rango diamétrico (m).
- Abundancia (N° de vástagos).
- Área basal (m²).
- Área de copa (Acopa) (m²).
- Volumen de copa (Vc) (m³).

Luego, con la información de terreno se procedió a probar una selección de modelos de regresión, los cuales corresponden a modelos tradicionales para estudios de biomasa (Prodan *et al.*, 1997; Husch 2003; Laar y Akça, 2007; Picard *et al.*, 2012). Se preseleccionaron 135 modelos de regresión para estimar la biomasa reportada por la literatura. Para la selección de los mejores modelos, desde el punto de su aplicabilidad a la población local de ejemplares de Algarrobo, se descartaron aquellos modelos cuyas variables o rangos de aplicación estuvieran alejados de las características de los individuos de la población bajo estudio, o la información disponible publicada fuera insuficiente para la aplicación del modelo. Luego, con aquellos inicialmente seleccionados se calculó preliminarmente la biomasa aérea total de cada individuo, determinándose el máximo, mínimo, media y desviación estándar de los resultados de biomasa obtenidos. Estos resultados individuales se agruparon en bandas de confianza en torno a la desviación estándar de la media. Finalmente

se seleccionaron sólo aquellos modelos cuyos resultados de biomasa promedio se agruparon dentro del rango 50% - 100% de la desviación estándar de la media, según el número de funciones disponibles. Se considera este valor como conservador para el intervalo de confianza en el que se mueve el estadígrafo de posición. Esto teniendo en cuenta que los individuos de la población censada presentan una alta variabilidad de tamaños y las funciones aplicadas provienen de poblaciones de diversas especies del género y, a su vez, con diversos tamaños y hábitos de crecimiento.

Para la determinación de la biomasa aérea se realizó mediante la aplicación del conjunto de modelos seleccionados a cada individuo de la población, obteniéndose un valor medio de biomasa aérea para cada componente (fuste, ramas, hojas y total). Cabe mencionar, que las funciones de regresión empleadas no son aditivas, puesto que, cada componente de la biomasa y el total se ajusta por separado (regresiones independientes). Por tanto, el total de la suma de cada componente de la biomasa individual difiere del total de biomasa por individuo ajustado por separado (Parresol, 2001).

4.2.4.4 Materiales y equipos utilizados

Para el registro del estado de vitalidad de los Algarrobos se utilizaron formularios en formato electrónico mediante el uso de Tablet, además de celulares con aplicación para el registro fotográfico y GPS. Para el caso de las mediciones de potencial hídrico, se utilizó una cámara de presión tipo Scholander, la que no requiere calibración. Por otro lado, para la medición de conductancia estomática, se utilizó un porómetro marca Meter SC-1, el que se calibra previo a realizar las mediciones cada día por el profesional a cargo respecto de las condiciones ambientales presentes en ese momento. En la siguiente Tabla, se detallan los materiales y equipos utilizados para cada estudio.

Tabla 4-26. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Estado de vitalidad individuos <i>Neltuma alba</i>	GPS ETREX Tablet Celular con aplicación TimeStamp Camera
Potencial hídrico y conductancia estomática	Porómetro de flujo estacionario marca Meter, modelo SC-01 Cámara de presión Scholander
Medición de variables dendrométricas	Pie de metro. Huincha de medir (30 m) Clinómetro GPS ETREX Celular con aplicación TimeStamp Camera

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.2.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

El seguimiento de los 71 ejemplares de Algarrobo se realiza de forma anual en el mes de abril, cuyo mes es considerado como el periodo de mayor actividad vegetativa. Los parámetros asociados al potencial hídrico y conductancia estomática, así como los asociados a la biomasa, se ejecutan de manera trimestral acorde a

lo establecido en la Acción 24 del Programa de Cumplimiento¹⁷. Las fechas de monitoreo de cada una de estas variables se expone a continuación:

Tabla 4-27. Fechas de muestreo

Subcomponente	Sector	Seguimiento	Fechas de muestreo
Ejemplares de <i>Neltuma alba</i>	Cono aluvial de la Quebrada de Camar	Censo y determinación de la vitalidad serie A	22/04/2024- 26/04/2024
		Potencial hídrico y conductancia estomática	24/01/2024 – 26/01/2024 03/04/2024 – 05/04/2024 25/07/2024 – 26/07/2024 02/10/2024 – 04/10/2024
		Estimación Biomasa	22/01/2024 – 25/01/2024 02/04/2024 – 05/04/2024 02/07/2024 – 05/07/2024 14/10/2024 – 17/10/2024

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.3 Fauna

4.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

4.3.1.1 Transectos para el monitoreo de reptiles, aves terrestres y mamíferos

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

- Hábitat de Rica rica-Pingo pingo
- Hábitat de Brea-cachiyuyo
- Hábitat de pajonal
- Hábitat marginal de salar
- Hábitat de salar

En función de estos hábitat, se definieron los transectos que son monitoreados para la subcomponente fauna terrestre, correspondiente a las clases reptiles, aves terrestres y mamíferos. Las coordenadas con la ubicación de todos los transectos prospectados y fijos en el tiempo se presentan en la Tabla 4-28, mientras que la ubicación espacial de estos se presenta de manera global en la Figura 4-9 y diferenciada por sector en la Figura 4-10, Figura 4-11, Figura 4-12, Figura 4-13 y en la Figura 4-14. Cabe mencionar que, a partir de la

¹⁷ Res.Ex.N° 38/ROL F-041-2016 del 29 de agosto de 2022, SMA.

campaña realizada el año 2015 se hizo una modificación en el transecto N°9, ubicado en el sector de Aguas de Quelana. Este transecto originalmente quedó establecido según RCA N°226/2006 como hábitat de Rica rica – Pingo pingo, sin embargo, se encontraba inserto en una zona de transición compartiendo características similares al hábitat de Brea – Cachiyuyo, por lo cual fue desplazado al sector donde se realizan las capturas de micromamíferos mediante trampas Sherman, zona que presenta una formación de Rica rica – Pingo pingo. De esta forma, se homologó este ambiente de fauna con la definición de ambientes para la vegetación, realizando la prospección mediante las distintas metodologías en el ambiente definido como hábitat de Rica rica – Pingo pingo. El desplazamiento de este punto no conlleva mayores diferencias en cuanto a la composición de especies, en especial cuando se considera que la caracterización busca contrastar la fauna existente en los distintos ambientes definidos. Así mismo, fue incluido el transecto 1, como punto complementario a lo definido en la RCA con la finalidad de contar con un muestreo de todos los ambientes existentes en cada sector dentro de la metodología de muestreo, considerando un total de 17 transectos, sus ubicaciones son expuestas en la siguiente tabla.

Tabla 4-28. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de transectos para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM WGS84 19S		Fin Coordenada UTM WGS84 19S	
			Este	Norte	Este	Norte
Vega de Carvajal	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	1*	594.403	7.419.114	594.289	7.419.402
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	2	593.604	7.417.442	593.604	7.417.142
	Hábitat de pajonal	3	591.552	7.417.741	591.552	7.417.441
	Hábitat marginal de salar	4	590.390	7.417.761	590.390	7.417.461
Cruce Camar	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	5	594.795	7.411.582	594.795	7.411.282
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	6	593.336	7.411.444	593.336	7.411.144
	Hábitat de pajonal	7	592.801	7.411.838	592.801	7.411.538
	Hábitat marginal de salar	8	592.572	7.411.612	592.572	7.411.312
Aguas de Quelana	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	9**	595.919	7.407.056	595.921	7.406.756
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	10	595.236	7.403.528	595.236	7.403.228
	Hábitat de pajonal	11	594.436	7.403.523	594.436	7.403.223
	Hábitat marginal de salar	12	593.865	7.403.528	593.865	7.403.228
Cruce SQM	Hábitat de Rica rica - Pingo pingo	13	595.743	7.396.234	596.059	7.396.390
	Hábitat de Brea – Cachiyuyo	14	593.999	7.395.270	593.999	7.394.970
	Hábitat de pajonal	15	592.019	7.394.176	592.019	7.393.876
	Hábitat marginal de salar	16	591.566	7.394.039	591.566	7.393.739
Peine	Hábitat de salar	17	586.152	7.383.148	585.962	7.383.264

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

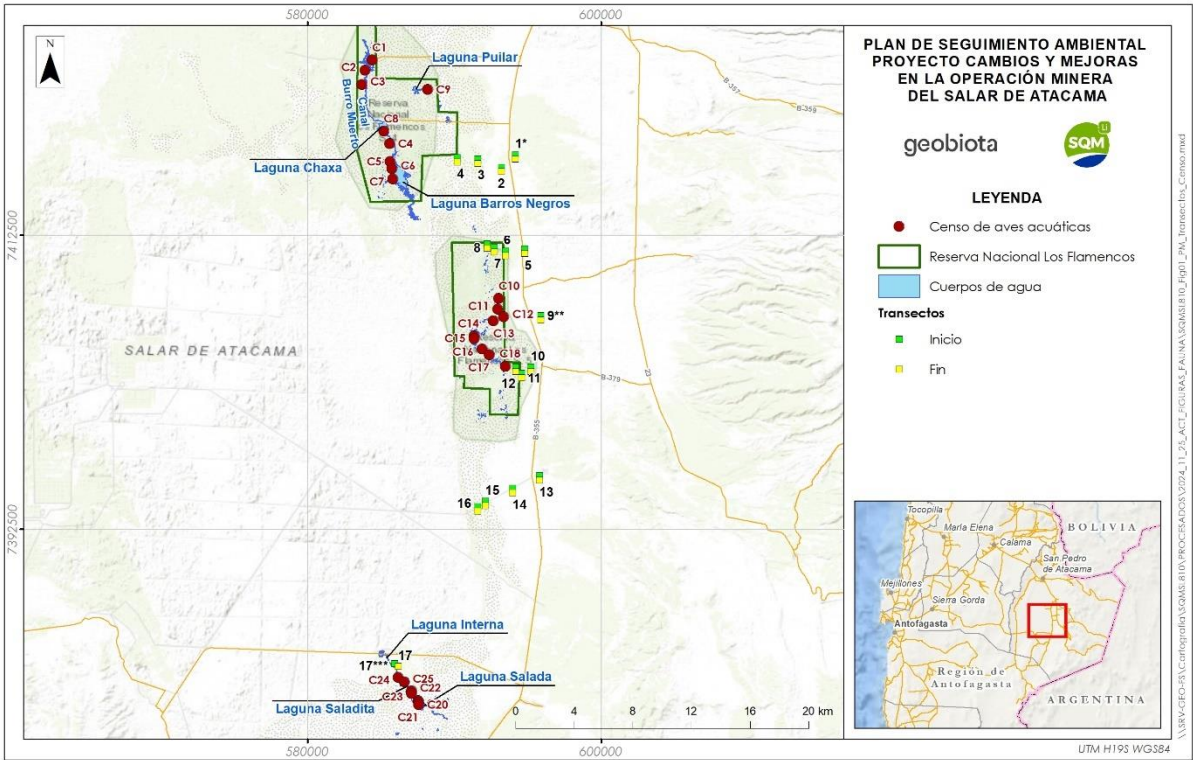
Tabla 4-28. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de transectos para la prospección de fauna terrestre en el Borde Este del Salar de Atacama

Sector	Hábitat	Transecto N°	Inicio Coordenada UTM WGS84 19S		Fin Coordenada UTM WGS84 19S	
			Este	Norte	Este	Norte

(**) 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).

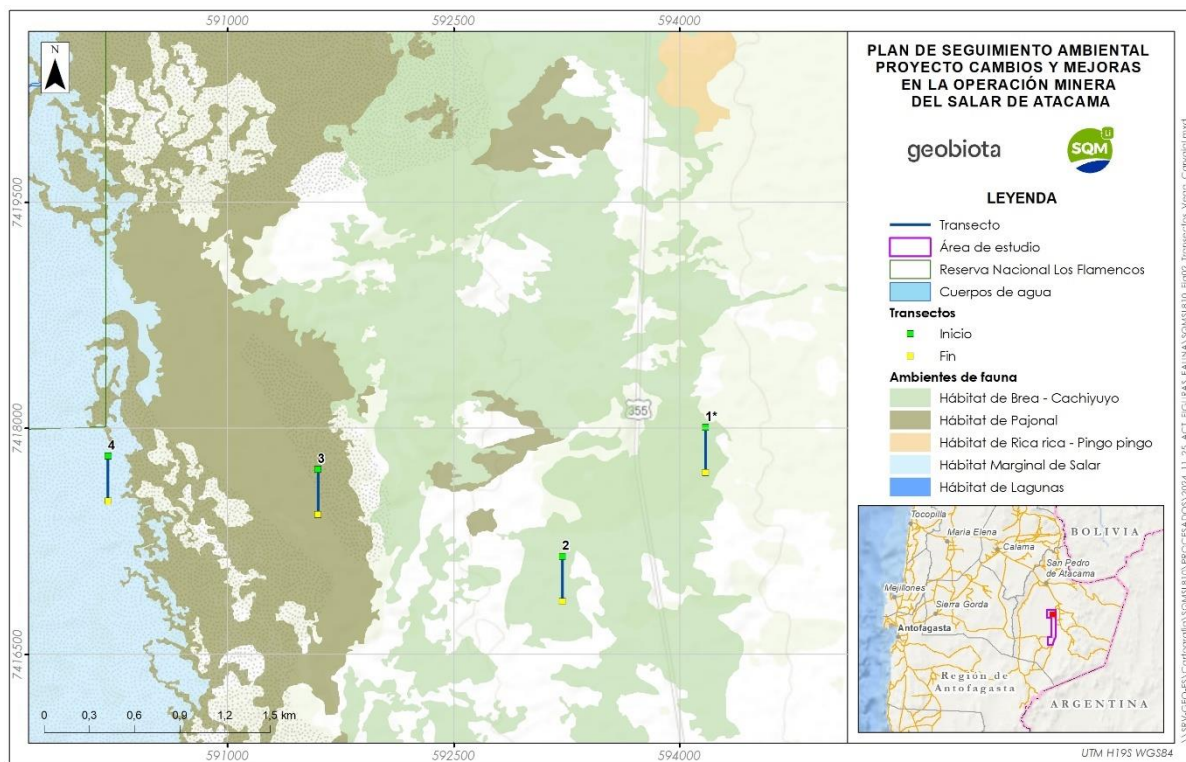
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-9. Ubicación de los puntos de muestreo de transectos y censos



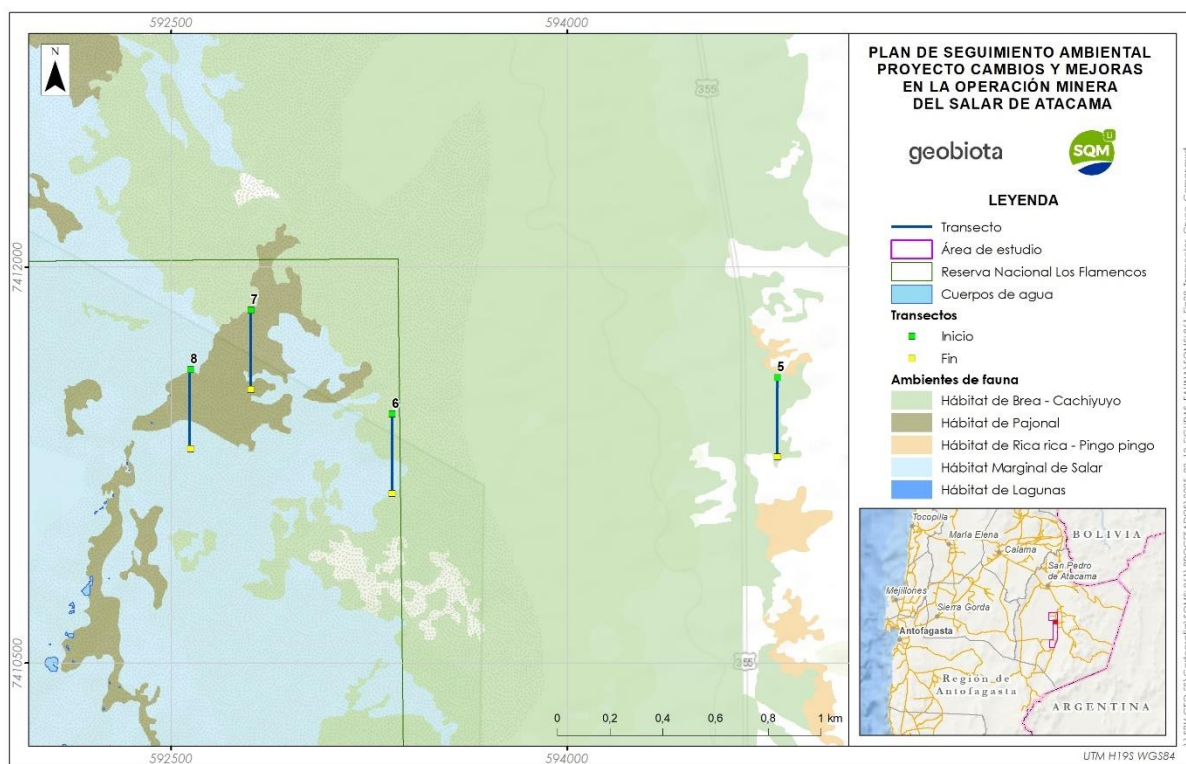
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-10. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Vegas de Carvajal



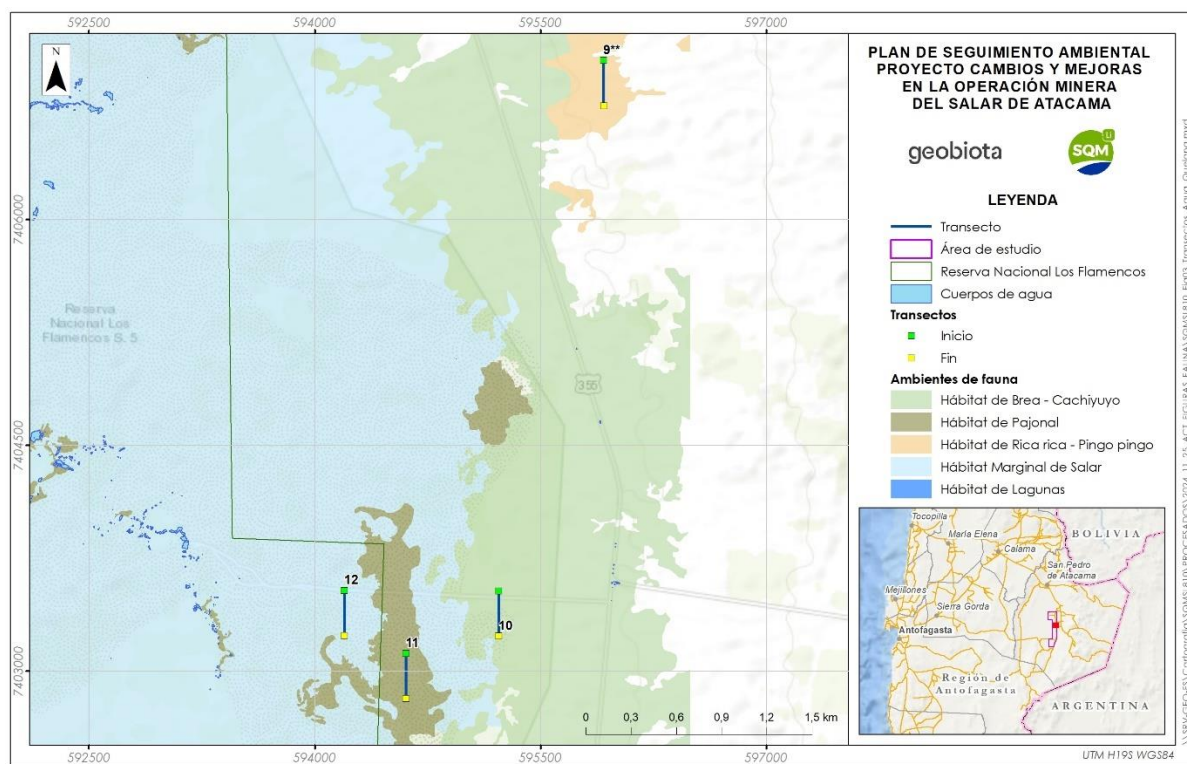
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-11. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Cruce Camar



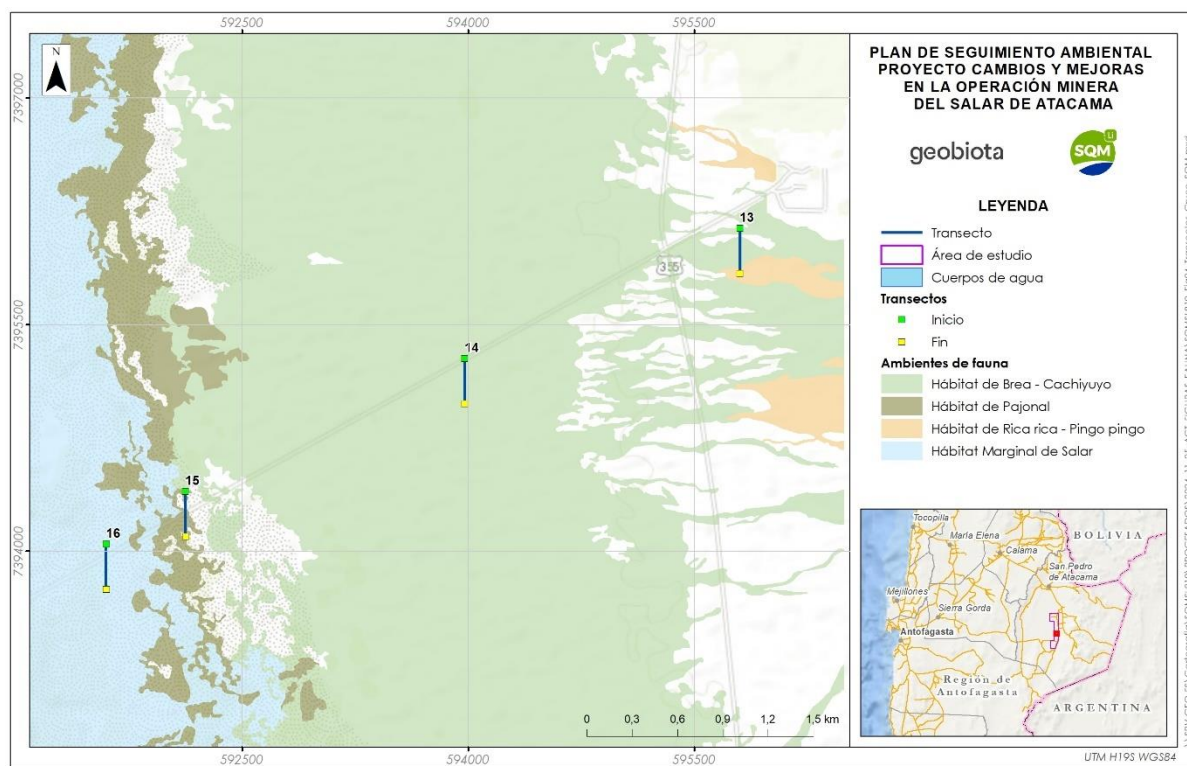
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-12. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Aguas de Quelana



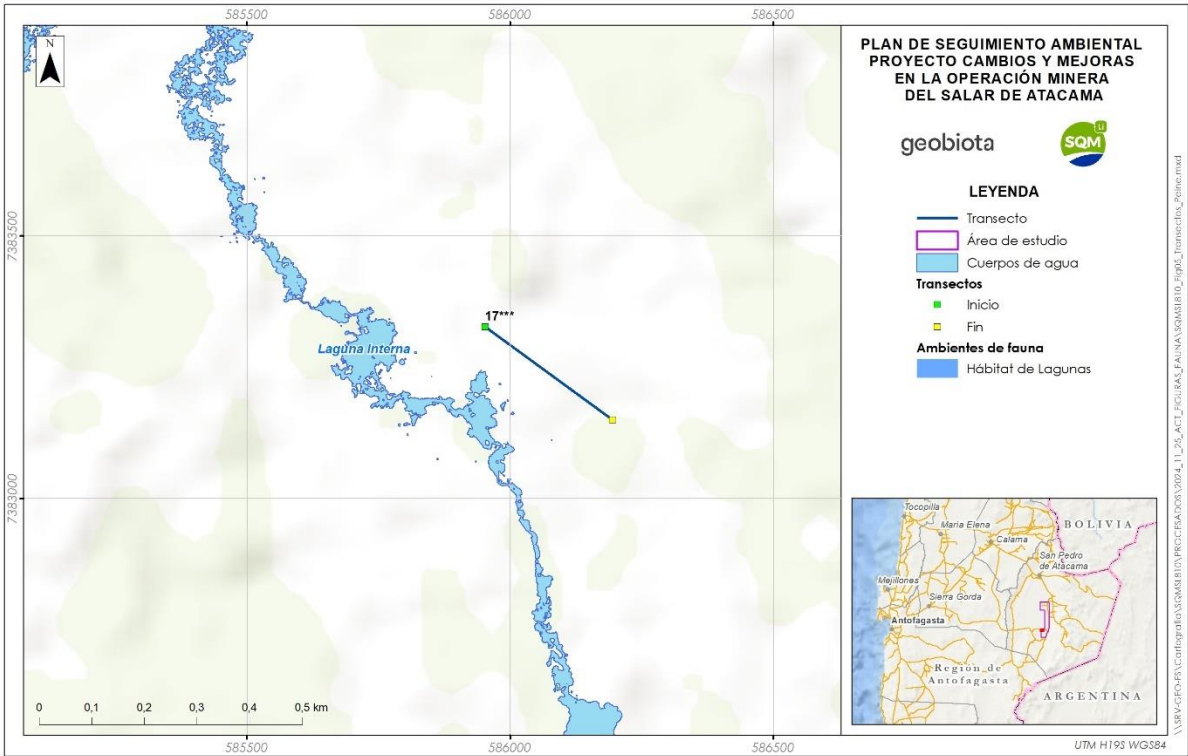
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-13. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Cruce SQM



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-14. Distribución de transectos de monitoreo de fauna terrestre en el área de estudio. Sector Peine



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.3.1.2 Censos para el monitoreo de aves en ambientes acuáticos

Para el censo de aves acuáticas, la RCA N° 226/2006 establece en el considerando 10.4.4 c), que, para el seguimiento se deberá considerar los sistemas lacustres Soncor y Peine, y una submuestra en Aguas de Quelana, con esto se considera una muestra de 25 puntos de observación de aves, los cuales se definieron en el informe de Monitoreo Anual N° 1. Las coordenadas de los puntos de presentan en la Tabla 4-29 y su distribución respecto de las lagunas se presenta en la Figura 4-15 (sistema Soncor), Figura 4-16 (Sistema Aguas de Quelana) y Figura 4-17 (Sistema Peine). Debido a la cercanía del sector Canal Chaxa-Barros Negros con la Laguna Chaxa, los datos obtenidos en el punto de muestreo N° 4, son analizados junto con los registros de Laguna Chaxa.

Tabla 4-29. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama

Sistema	Sector	Punto N°	Coordenadas UTM (Datum WGS84 19S)	
			Este	Norte
Soncor	Canal Burro Muerto	1	584.405	7.424.456
		2	583.914	7.423.749
		3	583.717	7.422.793

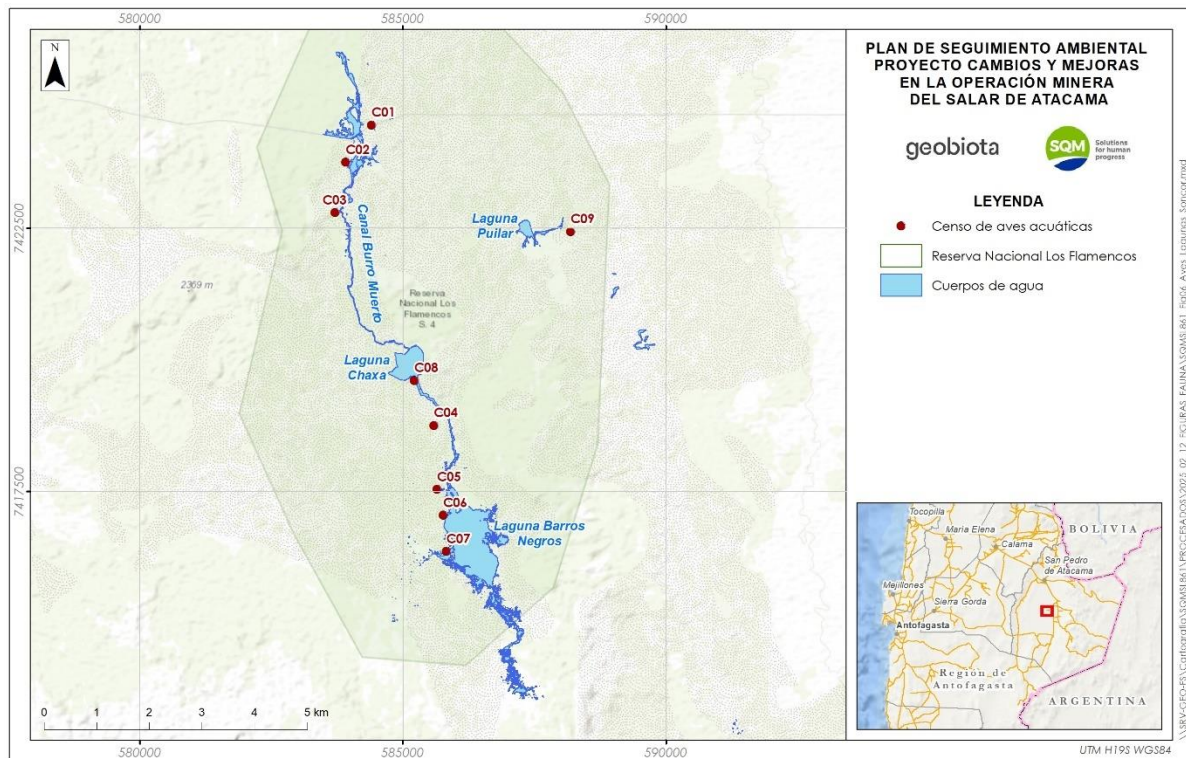
Tabla 4-29. Ubicación de puntos de observación de aves en ambientes acuáticos en el Salar de Atacama

Sistema	Sector	Punto N°	Coordenadas UTM (Datum WGS84 19S)	
			Este	Norte
	Canal Chaxa – Barros Negros*	4	585.593	7.418.750
	Laguna Barros Negros	5	585.649	7.417.536
		6	585.771	7.417.048
		7	585.828	7.416.359
	Laguna Chaxa	8	585.220	7.419.607
	Laguna Puilar	9	588.193	7.422.435
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	10	593.032	7.408.202
		11	592.994	7.407.472
		12	593.389	7.406.950
		13	592.665	7.406.680
		14	591.360	7.405.651
		15	591.361	7.405.479
		16	591.924	7.404.770
		17	592.395	7.404.358
		18	593.496	7.403.591
Peine	Laguna Salada	19	587.562	7.380.813
		20	587.592	7.380.721
		21	587.581	7.380.535
	Laguna Saladita	22	587.101	7.381.486
		23	587.094	7.381.285
	Laguna Interna	24	586.196	7.382.395
		25	586.614	7.382.105

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

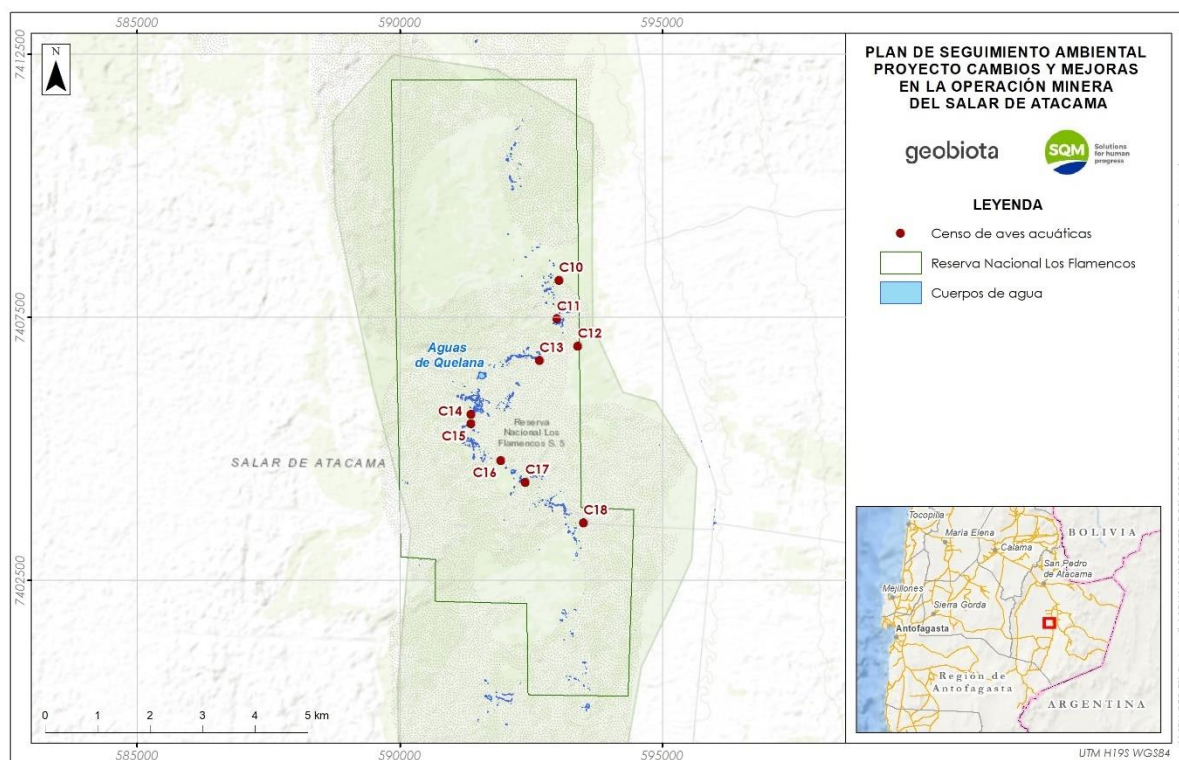
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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



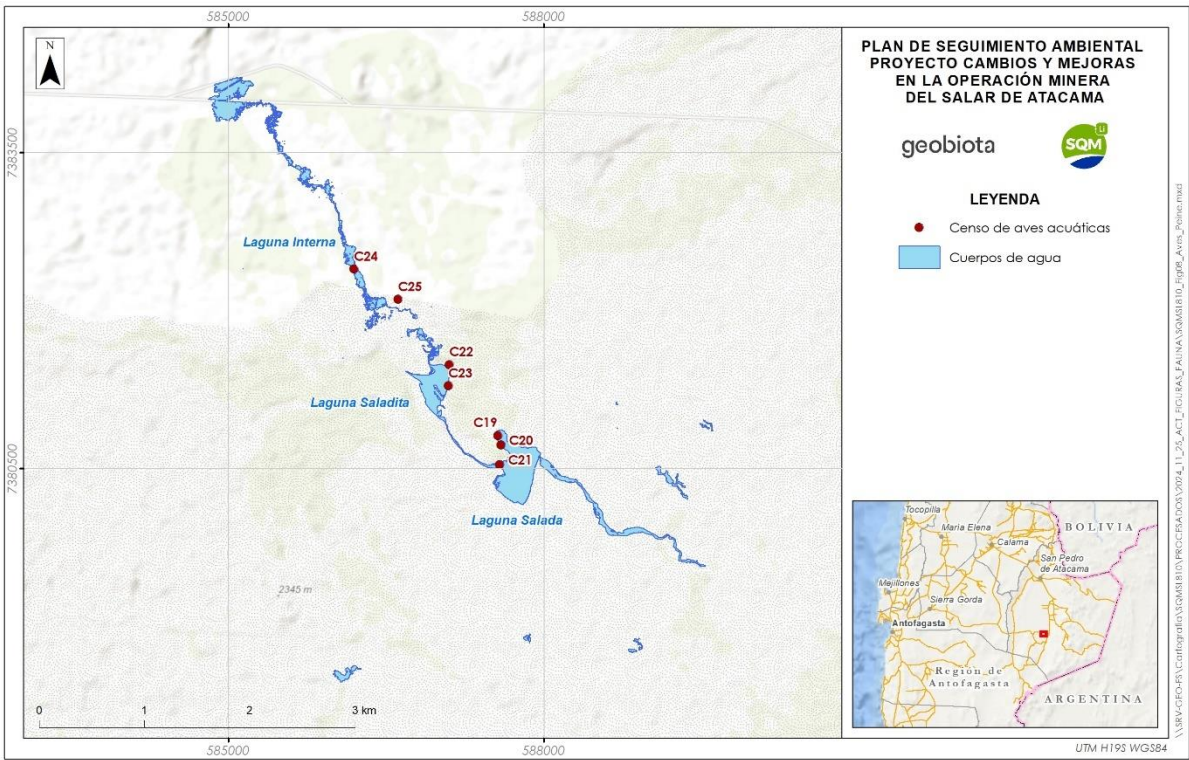
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

El monitoreo de reptiles, aves de ambientes terrestres y mamíferos consideró el registro del número de especies (riqueza) y el registro de ejemplares para las distintas especies presentes en los hábitats registrados en los transectos, permitiendo identificar la evolución de las variables ambientales a partir de la abundancia promedio. Por su parte, para el monitoreo de las aves de ambientes acuáticos, se consideró el registró de ejemplares para las distintas especies presentes en los sistemas lacustres mediante censos, con lo cual fue posible identificar la evolución de las variables ambientales a partir de su abundancia total. Los parámetros considerados para el seguimiento de fauna silvestre son descritos en la siguiente Tabla 4-30.

Tabla 4-30. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
Biota	Fauna silvestre	Reptiles	Riqueza y abundancia promedio	Transectos
		Aves acuáticas	Riqueza y abundancia total	Censo

Tabla 4-30. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
		Aves terrestres	Riqueza y abundancia promedio	Transectos
		Micromamíferos	Riqueza y abundancia promedio	Trampas Sherman
		Macromamíferos	Riqueza y abundancia promedio	Trampas cámara Estaciones olfativas Transectos

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

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

4.3.3 Metodología de muestreo, medición y análisis

En forma previa a las actividades de terreno, se obtuvieron los Permisos Sectoriales para la Captura de Animales de Especies Protegidas de Fauna Silvestre (reptiles y micromamíferos), los que fueron autorizados por la Dirección Regional de Antofagasta y la Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPROREN) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), mediante la Resolución exenta N° 168/2023 y N° 169/2023. Los respectivos permisos de captura se encuentran disponibles en el Anexo 15.

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

Cabe destacar que, no se considerarán metodologías para el seguimiento de especies de anfibios, debido a que no se registraron ejemplares de este grupo durante las campañas de Monitoreo Preoperacionales y tampoco se describen para esta zona en la literatura consultada.

4.3.3.1 Transectos para la evaluación de reptiles

Para evaluar la abundancia se realizaron diecisiete [17] transectos lineales, los que tuvieron una longitud de 300 metros cada uno. 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 (De la Maza y Bonacic, 2013). Este método permite registrar

el número de ejemplares de cada especie presente en los distintos hábitats y estimar la abundancia promedio.

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

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

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

4.3.3.2 Transectos para la evaluación de aves en ambientes terrestres

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

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

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

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

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

4.3.3.3 Censos para la evaluación de aves en ambientes acuáticos

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

Para el caso de los censos realizados entre los años 2006 y 2024, se consideraron veinticinco [25] puntos de observación (Tabla 4-29). La distribución de los puntos de observación en el perímetro de los sistemas

lacustres mencionados se muestra en la Figura 4-15, Figura 4-16 y Figura 4-17. En cada punto se seleccionaron estaciones de observación, las que permitieron abarcar mediante un barrido visual toda el área de interés, manteniendo una distancia que facilitó la identificación de las especies y el conteo de los individuos evitando interferir en sus actividades. Se realizaron conteos dobles repetitivos realizados por 2 observadores en forma independiente, aceptándose el censo cuando la diferencia entre ambos observadores no sobrepasó el 5%.

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).

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

4.3.3.4 Trampas Sherman para la evaluación de micromamíferos

Para el estudio de roedores y marsupiales, se instalaron treinta [30] trampas Sherman en los tres hábitats considerados relevantes para este grupo (Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo y Pajonal) los cuales se emplazan en sectores definidos previamente, correspondientes a Vega de Carvajal y Aguas de Quelana (Figura 4-10 y Figura 4-12)¹⁸. Siguiendo la metodología, se consideraron un total de seis puntos de muestreo, donde fueron instaladas las trampas asociadas a los transectos 1, 2, 3, 9, 10 y 11 (puntos de muestreo de mamíferos MM1 a MM6).

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

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

En Anexo 15 se adjunta el permiso que permite la captura de reptiles, y micromamíferos con fines de investigación de las profesionales a cargo del monitoreo.

4.3.3.5 Estaciones de atracción olfativa para la evaluación de Macromamíferos

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

¹⁸ La ubicación de las estaciones fue establecida durante el proceso de evaluación ambiental del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” (figura I.6.2 del Anexo I, Adenda III, RCA 226/2006).

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

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

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

4.3.3.6 Determinación del origen biogeográfico y singularidad de las especies

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

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

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

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

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

4.3.3.7 Fauna singular

La identificación de especies de fauna singular se realizó sobre la base de las características de sensibilidad de las especies presentes en el área de estudio, considerando factores como: endemismo, origen biogeográfico, categoría de conservación, límites de distribución¹⁹, distribución restringida²⁰ y criterios de protección según la Ley de Caza (criterios BSE), correspondiente a la Ley N° 19.473 y su reglamento DS N° 5/1998 emitido por el Servicio agrícola y ganadero (SAG). Para el caso específico de las aves, se utilizó además la información existente en el “South American Classification Committee²¹”, (SACC, 2024).

Con respecto al criterio BSE, establecido en el Reglamento de la Ley de Caza, es posible asignar 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).

4.3.3.8 Estado de conservación de las especies

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

Las referencias señaladas se consideran excluyentes, prevaleciendo el criterio asignado por los decretos aprobados de acuerdo con el RCE. Cuando alguna especie no se encuentra clasificada conforme a dicho sistema, se utilizó la clasificación del Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 5/1998). En forma complementaria se consultó la literatura especializada para cada grupo, según establece la minuta “Prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna silvestres” (CONAMA, 2009).

Las categorías de conservación consideradas corresponden a: En Peligro crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazada (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD), según lo establecido

¹⁹ El Proyecto se localiza en o cercano al límite de distribución geográfico de una o más especies nativas (latitudinal o altitudinalmente). Singularidad incorporada en abril 2023.

²⁰ Presencia de especies con distribución restringida. Singularidad incorporada en abril 2023.

²¹ SACC, 2024. List Classification of Birds, Version 23 June 2024 by South American Classification Committee. <https://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.htm>.

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).

4.3.4 Materiales y equipos utilizados

Para realizar el levantamiento de la información y caracterización del componente fauna, se utilizaron los siguientes materiales y equipos: una cámara fotográfica Canon SX50, y una cámara fotográfica Canon D30, dos binoculares Carson 3D 10x50, un Telescopio monocular Sightmark 6-100 x 100, un Telescopio monocular Celestron Ultima 22-66 x 100, y cuatro GPS marca Garmin modelo eTrex. En la Tabla 4-31, se detallan los equipos y materiales utilizados en cada grupo faunístico.

Otros materiales utilizados en terreno fueron: un trípode, guías de campo, Tablet con aplicaciones por metodología y libreta de apuntes específicas por grupo taxonómico. Para el caso de micromamíferos, se utilizaron trampas de captura viva tipo Sherman (90). Para la implementación de estaciones de atracción olfativa para macromamíferos (i.e. trampas huella), se utilizaron harneros, palas y brochas, además del atractor olfativo BobCat Urine (orina de Lince). Finalmente, de manera complementaria para macromamíferos se instalaron 4 trampas cámaras, en los puntos definidos como M1, M2, M4 y M5.

Tabla 4-31. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Reptiles	GPS Cámara fotográfica Binoculares
Censo de aves acuáticas	GPS Cámara fotográfica Binoculares telescopio Trípode Contador
Censo de aves terrestres	GPS Cámara fotográfica Binoculares
Micromamíferos	GPS Cámara fotográfica Binoculares Trampas de captura viva tipo Sherman Algodón Avena machacada Vainilla Alcohol para desinfectar Guantes de nitrilo Guantes de cabritilla Protección respiratoria Bolsa para manipulación

Tabla 4-31. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Macromamíferos	GPS Cámara fotográfica Binoculares Atractor olfativo Brocha Cernidor Pala Trampas cámara

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.3.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

En la Tabla 4-32 se puede observar las fechas en las que se desarrolló la campaña de abril y julio 2024 para el subcomponente fauna.

Tabla 4-32. Fechas de muestreo Fauna

Componente	Sector	Fechas de muestreo	Actividades realizadas
Fauna	Borde Este	12 al 21 de abril 2024	Muestreo en Sector Soncor y Aguas de Quelana
		20 al 22 de julio 2024	Muestreo en sector Peine

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Los profesionales responsables y participantes del monitoreo son indicados en el Anexo 1.

4.4 Biota acuática

4.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

El seguimiento de las variables relevantes comprometidas para este subcomponente ambiental es realizado en los sistemas lacustres de Soncor el que incluye las lagunas Barros Negros, Chaxa, Burro Muerto y Puilar, el sistema Aguas de Quelana, compuesto por un gran número de cuerpos lacustres dispersos y de dimensiones variables y el Sistema Peine con las lagunas Salada, Saladita e Interna, de acuerdo con lo estipulado en el Considerando 10.5.2 de la RCA N° 226/2006. Las estaciones de monitoreo en cada uno de los sistemas y cuerpos lacustres se detallan en la Tabla 4-33 y su ubicación espacial se puede visualizar en la Figura 4-18 (Sistema Soncor), Figura 4-19 (Sistema Aguas de Quelana) y Figura 4-20 (Sistema Peine).

Tabla 4-33. Ubicación de los puntos de muestreo para Biota acuática

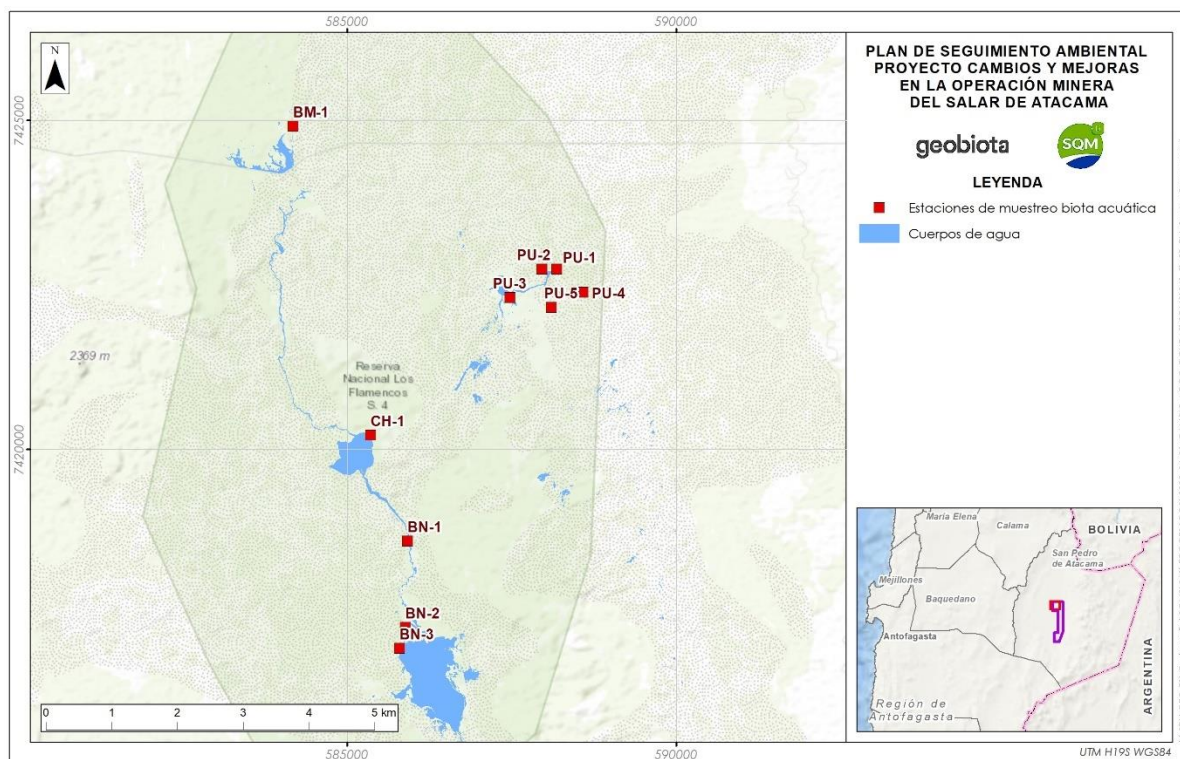
Sistema	Estación	Laguna	Coordenadas UTM Datum WGS84 19S	
			Este	Norte
Aguas de Quelana	Q-0	Quelana 0	593.353	7.403.585

Tabla 4-33. Ubicación de los puntos de muestreo para Biota acuática

Sistema	Estación	Laguna	Coordenadas UTM Datum WGS84 19S	
			Este	Norte
	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
Soncor	PU-1	Puilar	588.187	7.422.739
	PU-2	Puilar	587.968	7.422.499
	PU-3	Puilar	587.476	7.422.307
	PU-4	Puilar	588.591	7.422.392
	PU-5	Puilar	588.107	7.422.157
	BN-1	Barros Negros	585.921	7.418.603
	BN-2	Barros Negros	585.885	7.417.292
	BN-3	Barros Negros (canal)	585.800	7.416.973
	CH-1	Laguna Chaxa	585.356	7.420.213
	BM-1	Canal Burro Muerto	584.178	7.424.913
Peine	PE-1	Laguna Interna	586.442	7.381.893
	PE-2	Laguna Interna	586.278	7.382.019
	PE-3	Laguna Interna	585.912	7.381.850
	SA-1	Laguna Salada	586.814	7.381.285
	SA-2	Laguna Saladita	587.604	7.380.483

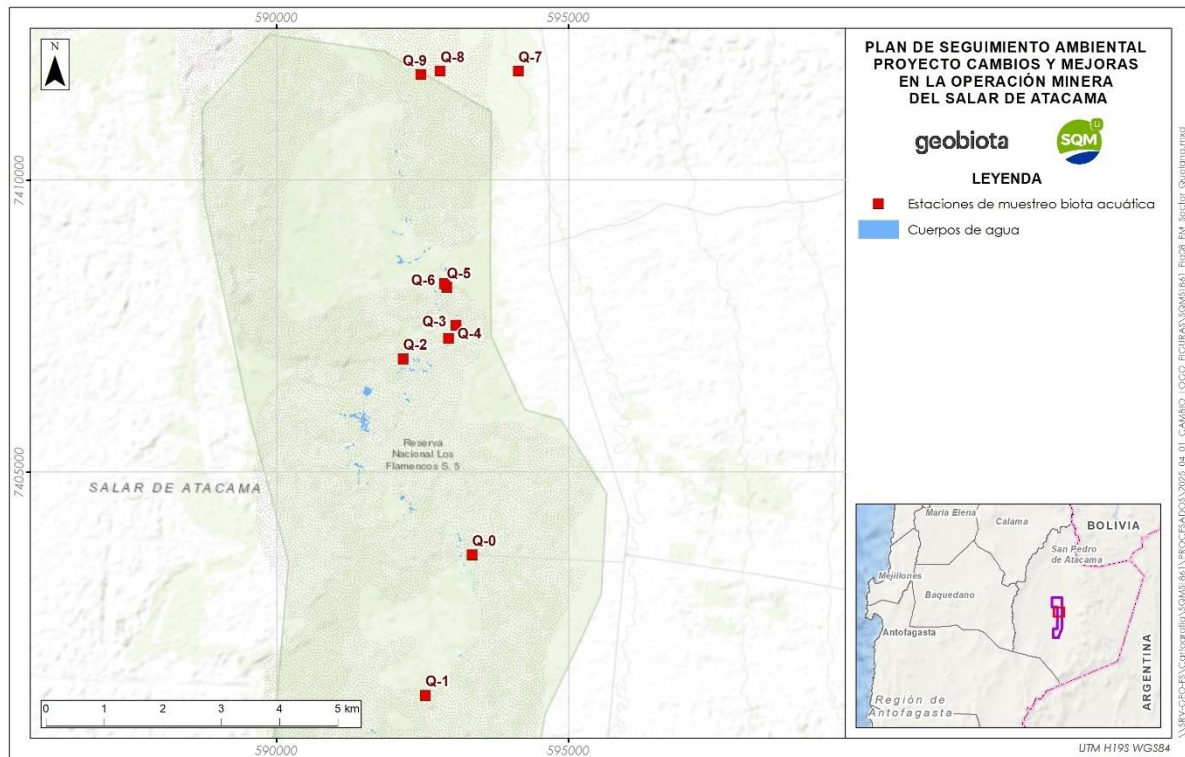
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-18. Ubicación espacial de los puntos de muestreo de Biota Acuática en Sistema Soncor



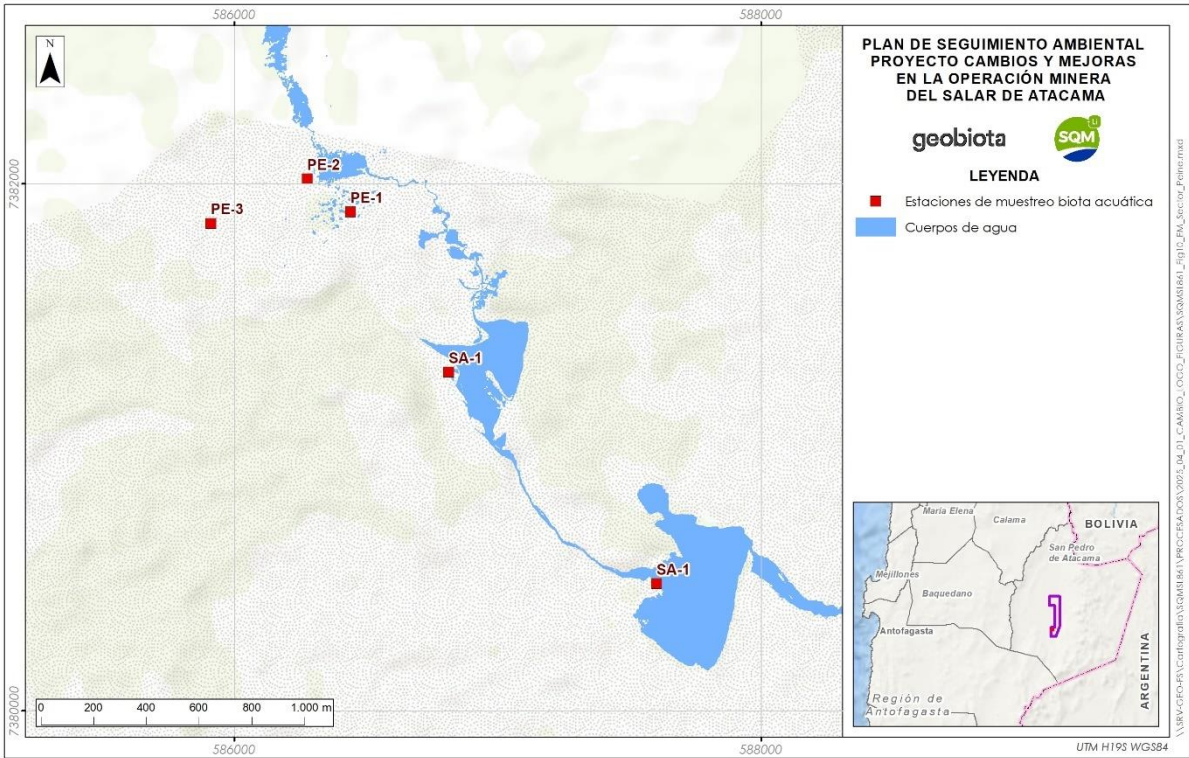
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-19. Ubicación espacial de los puntos de muestreo de Biota Acuática en Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 4-20. Ubicación espacial de los puntos de muestreo de Biota Acuática en Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

De acuerdo con el 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 que se indican en la Tabla 4-34.

Tabla 4-34. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
Biota acuática	Agua superficial	Calidad del agua	pH, Conductividad eléctrica, Temperatura, Oxígeno disuelto, Salinidad (parámetro adicional a los exigidos por RCA).	Toma de muestra y análisis de acuerdo con la NCh 411. Mediciones in-situ usando sonda multiparámetros y análisis de laboratorio (ETFA; INN; ISO/IEC 17025:2005, ISO 9001, 14001, OHSAS).

Tabla 4-34. Síntesis de parámetros para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Metodologías utilizadas
	Sedimento	Calidad del sedimento	Temperatura, Conductividad eléctrica.	Toma de muestra y análisis de acuerdo con procedimientos establecidos en “Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life”.
	Fitobentos	Composición y diversidad	Abundancia total, Riqueza total y Biomasa (contenido de clorofila).	Muestra de sedimento mediante testigo core 10 mm diámetro. Técnica de identificación y conteo mediante cámara Sedgwick-Rafter.
	Fitoplancton	Composición y diversidad	Abundancia total, Riqueza total y, Biomasa (1contenido de clorofila).	Filtrado 10 L. Técnica de identificación y conteo mediante cámara Sedgwick-Rafter.
	Zoobentos	Composición y diversidad	Abundancia total, Riqueza total e Índice de Shannon Weiner	Muestra de sedimento mediante testigo core 70 mm diámetro. Identificación taxonómica mediante lupa binocular.
	Zooplancton	Composición y diversidad	Abundancia y Riqueza totales	Filtración 10 L. de agua red 60 um. Identificación taxonómica mediante lupa binocular.
	Plantas acuáticas	Composición y diversidad	Porcentaje de cobertura absoluta	Parcelas y transectos.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.4.3 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.

4.4.3.1 Medio abiótico

4.4.3.1.1 Parámetros físicos y químicos del agua

4.4.3.1.1.1 Toma de muestras de aguas y procedimientos analíticos

La toma de muestras y las mediciones in situ realizadas en la columna de agua y sedimento fueron ejecutadas por un inspector ambiental asociado al laboratorio ALS Global, entidad ETF A (N° 029-03 Res. Ex. 59/2022 y Res. Ex. 1648/2022 SMA) acreditada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). La toma de muestras y su manejo fue realizado siguiendo las metodologías analíticas sugeridas por “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, AWWA y WEF; 2005 y 2012), y los protocolos establecidos por el laboratorio ALS Global Ltda. destinados a la colecta, preservación y transporte apropiado de las muestras. El laboratorio ALS Global está acreditado por el Instituto Nacional de Normalización (INN) bajo los estándares de competencia establecidos en la norma internacional ISO/IEC 17025:2005. Como parte del protocolo de muestreo se realiza la colecta de muestras de clorofila desde la fracción bentónica.

Estas muestras son analizadas por el laboratorio Plancton Andino SpA. el cual se encuentra acreditado bajo la Norma ISO/IEC 17025:2005 (certificado LE 1345).

4.4.3.1.1.2 Mediciones *in-situ*

Las mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos fueron realizadas siguiendo la metodología establecida por la APHA AWWA y WEF 2012 con una sonda multiparámetro (HANNA hi9829). La sonda fue calibrada diariamente previo a la realización de las mediciones. El equipo multiparámetro cuenta con un GPS incorporado que permite archivar la ubicación donde se miden los parámetros. La medición consistió en la inmersión de la sonda por un período de 5 minutos y/o hasta que la lectura de los parámetros se estabiliza, cuidando de mantener los sensores sumergidos en la columna de agua, sin perturbar el fondo. Los parámetros registrados corresponden a los detallados a continuación:

- g. Temperatura (°C): precisión de 0,01 °C.
- h. pH: precisión 0,01 unidades de hidrógeno.
- i. Conductividad eléctrica (µS/cm): precisión 1 µS/cm de precisión.
- j. Oxígeno Disuelto (mg/L): precisión de 0,01 mg/L. Esta sonda multiparamétrica cuenta con un barómetro incorporado para la compensación concentración de OD. La saturación del oxígeno disuelto en el agua depende de factores que incluyen temperatura, presión atmosférica/altitud y salinidad, el equipo está diseñado para realizar mediciones considerando estas variables, por lo que funciona sobre los 4000 m de altura sin perder precisión.

4.4.3.1.1.3 Toma de muestras en la columna de agua y sedimentos

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

4.4.3.2 Medio biótico

4.4.3.2.1 Fitobentos

Para la estimación de la composición y abundancia de los organismos fitobentónicos se obtuvieron muestras en duplicado para cada estación de muestreo, las cuales fueron extraídas mediante un testigo de un centímetro de diámetro, y fijadas con una solución de lugol, para su preservación y posterior análisis en laboratorio (Figura 4-21.A). Para el análisis de las muestras se realizó un recuento en microscopía de acuerdo con el método de recuentos de células o colonias en Cámara Sedgwick-Rafter. En este análisis solo se consideraron los individuos vivos (con cloroplastos o remanentes). La identificación se realizó utilizando literatura lo más actualizada posible con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más detallado posible. Los resultados fueron expresados en número de células por centímetro cúbico (cel/cm³).

4.4.3.2.2 Fitoplancton

Para la estimación de la composición y abundancia de fitoplancton se tomaron muestras en duplicado mediante el uso de una red de 60µm de apertura de malla y filtrando un volumen conocido y estandarizado (10 L) (Figura 4-21.B). Posteriormente, la muestra fue fijada mediante una solución de lugol para su preservación y 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).

4.4.3.2.3 Zoobentos

Los organismos asociados al sustrato (bentos) de las lagunas fueron colectados muestras en duplicado, mediante un testigo de sedimento de 0,0085 m², y fijada con etanol al 70% para su preservación posterior análisis en el laboratorio (Figura 4-21.C). Las muestras en el laboratorio fueron cernidas con 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/m²).

4.4.3.2.4 Zooplancton

Para la estimación de la composición y abundancia de los organismos que habitan permanente o temporalmente la columna de agua se colectaron muestras en duplicado para cada estación de muestreo. Las muestras fueron colectadas mediante una red de zooplancton de 110µm de apertura de malla, filtrando un volumen conocido y estandarizado (10 L) (Figura 4-21.D). En terreno las muestras fueron fijadas con etanol al 70%, para su preservación y posterior análisis en laboratorio. Para el recuento de organismos, se utilizó una cámara de recuento zigzagante de 10ml (cámara Bogorov), analizando la totalidad de la muestra. La identificación taxonómica se realizó de acuerdo con la información sistemática más reciente con la finalidad de llegar hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los resultados fueron expresados en número de individuos por litro (ind/L).

4.4.3.2.5 Clorofila-a en fracción Planctónica y Bentónica

Para determinar la clorofila-a en la fracción planctónica y bentónica las muestras fueron colectadas por el Inspector Ambiental autorizado y estas fueron enviadas al laboratorio. Las muestras fueron analizadas de acuerdo con lo establecido en Standard Methods 10.200 Plankton (H), (2012), por el laboratorio Plancton Andino SpA (fracción bentónica) y por el laboratorio ALS Global Ltda (fracción planctónica), ambos acreditados bajo los estándares de competencia técnica de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005. Los resultados fueron expresados como µg/L y mg/m² de Clorofila a total.

4.4.3.2.6 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, sin embargo, en la presente campaña también fue identificada en el sistema hidrológico de Peine (Figura 4-21.E-F).

La identificación de las plantas acuáticas se realizó en base a la bibliografía más reciente. La cobertura de las distintas especies se estimó visualmente de acuerdo con una modificación del protocolo de Braun-Blanquet. Para lo anterior, se establecieron 4 rangos de valores, los cuales representan la productividad local de cada especie:

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

Figura 4-21. Registros fotográficos de toma de muestras de Biota Acuática en lagunas del Salar de Atacama 2024.



A.- Toma de muestra en Aguas de Quelana (Q-6)

Figura 4-21. Registros fotográficos de toma de muestras de Biota Acuática en lagunas del Salar de Atacama 2024.



B.- Toma de muestras en canal Burro Muerto (BM-1)



C.- Cobertura de macrófitas en los cuerpos de agua.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.4.3.3 Análisis estadísticos en las distintas matrices de estudio

El componente biótico, en particular fitoplancton, fitobentos, zooplancton y zoobentos se evaluó además en base a la estimación de descriptores comunitarios. Estos descriptores están dirigidos a caracterizar atributos del ensamble de taxa completo en base a variaciones en las relaciones entre la presencia y la abundancia de los taxa. Los descriptores comunitarios estimados corresponden a riqueza de especies (número total de especies, S), índice de diversidad de Shannon (H'), índice de equitatividad de Pielou (J') e índice de dominancia de Simpson (L). * La estimación de estos índices como descriptores está sujeta a la disponibilidad de la información. Junto a estos descriptores se evaluó la abundancia total y promedio de individuos considerando un error estándar.

Tabla 4-35. Índices utilizados para la estimación de descriptores comunitarios

Diversidad de Shannon (H' expresada en Ln).	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$	Donde: H': índice de diversidad de especies. pi: n° de individuos de la especie i con respecto al total de individuos de todas las especies (ni/N). N: abundancia total de especies. ni: número de individuos de la especie i. S: número de especies.
Índice de equitatividad (J') según Pielou (1966).	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$	Donde: J': índice de equidad de Pielou. H': índice de diversidad de Shannon-Wiener. H'max: máxima diversidad.
Dominancia (Simpson)* Índice de Dominancia de especie se estimó a partir del recíproco del índice de Simpson (1-D) (Magurran, 2013).	$D = \frac{\sum_{i=1}^S 1n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$	Donde: ni = número de individuos especie i. N = número total de individuos.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

La estimación de los índices de diversidad fue realizada usando el paquete vegan de R-CRAN (Oksanen *et al.*, 2019), para cada estación y sistema hidrológico en el caso del reporte estacional, y para sistemas hidrológicos en el análisis histórico. Todos los gráficos presentes en el informe fueron elaborados utilizando el paquete de ggplot2, del programa Rstudio (R Core Team, 2021).

4.4.4 Materiales y equipos utilizados

En la siguiente Tabla, se detallan los materiales y equipos utilizados para las mediciones de los parámetros abióticos para lo cual se utiliza un equipo multiparámetro para las mediciones *in situ* y recolección de muestras para los análisis en laboratorio, además se detallan los materiales y equipos para la recolección de muestras bióticas.

Tabla 4-36. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
Medio abiótico	Multiparamétrico HANNA INSTRUMENTO HI9829 (pH) Multiparamétrico HANNA INSTRUMENTO HI9830 (temperatura) Multiparamétrico HANNA INSTRUMENTO HI9831 (OD) Multiparamétrico HANNA INSTRUMENTO HI9832 (CE) Multiparamétrico HANNA INSTRUMENTO HI9833 (Salinidad) Rotuladores Frascos
Medio biótico	Testigo de sedimento de 1 cm de diámetro Testigo de sedimento de 10 cm de diámetro Red de 100 micras con copo receptor Cuadrantes/cinta métrica de 2 metros Red de 60 micras con copo receptor Frascos 250 ml de macroinvertebrados

Tabla 4-36. Materiales y equipos utilizados

Variable de medición	Material/equipo utilizado
	Frascos Falcon 15 ml clorofila bentónica y perifiton
	Frascos Falcon 50 ml fitoplancton y zooplancton
	Cinta métrica (1)
	Etanol 1 L
	Piseta
	Placa Petri
	Redes de plancton
	Embudo
	Pipeta Lugol
	Plato
	Lugol
	Red de fitoplancton (60 micras)
	Red de zooplancton (100 micras)
	Testigo o core de 10 cm de diámetro
	Testigo o core de 1 cm de diámetro
	Tamices de 200, 300 y 500 micras

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

4.4.5 Fechas de muestreo de cada parámetro

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

Tabla 4-37. Fechas de muestreo de biota acuática

Componente	Sector	Fechas de muestreo
Biota Acuática	Soncor (Chaxa)	10 de abril de 2024
	Soncor (Barros Negros)	10 de abril de 2024
	Aguas de Quelana (Q-0 al Q-4)	15 de abril de 2024
	Aguas de Quelana (Q-5 al Q-9)	16 de abril de 2024
	Soncor (Puilar y Burro Muerto)	29 de abril de 2024
	Peine	16 de julio de 2024

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Cabe mencionar que el sector Peine fue visitado en diferentes fechas por profesionales de ALS (25/07/2024) y Geobiota (16/07/2024). Como resultado, se dispone de datos biológicos para el punto PE-1 (Laguna Interna), pero no hay información sobre la calidad del agua ni de los sedimentos. Cabe indicar que el escenario sin columna de agua ha sido reportado en campañas anteriores en distintas lagunas a lo largo del periodo histórico del seguimiento.

Los profesionales responsables y participantes del monitoreo son indicados en el Anexo 1.

5 Resultados

5.1 Flora y vegetación

5.1.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Se presentan los resultados del mapa de vegetación del mes de abril 2024 (Anexo 3. Mapa de Vegetación Borde Este), a fin de detectar cambios en la distribución, abundancia y vitalidad de la vegetación. Toda la información recopilada en terreno, a saber: tipo biológico, especies dominante, cobertura por especie, estado vital, porcentaje de copa vida y fenología se presenta en el Anexo 5.

A continuación, se analizan las caracterizaciones en terreno, para luego presentar los resultados de las superficies de cada tipo vegetacional identificado en el área de estudio.

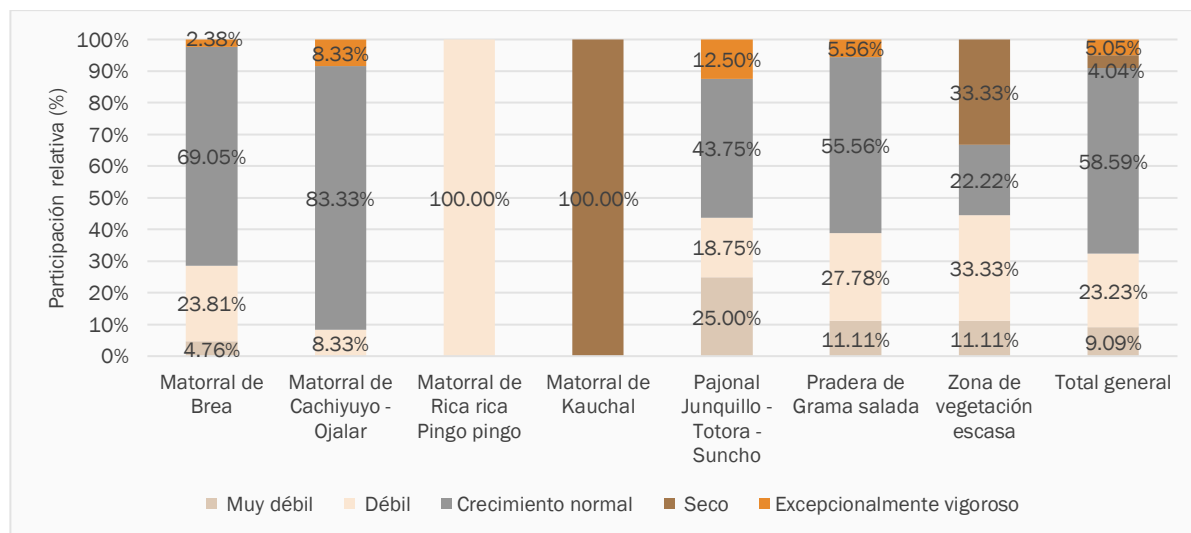
5.1.1.1 Análisis de las caracterizaciones de terreno

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

5.1.1.1.1 Estado vital

Durante el periodo 2024, se realizaron 99 observaciones de vegetación, la mayoría se ubicó en la categoría de Crecimiento normal, concentrando el 58,59% de las muestras, equivalente a 58 descripciones de terreno. Un 23,23% (23 unidades) se identificó como Débil, mientras que un 9,09% (9 unidades) como Muy débil. Finalmente, se registran cinco [5] puntos (5,05%) en la categoría Excepcionalmente vigoroso y cuatro [4] (4,04%) en la categoría Seco. Estos resultados se presentan de manera diferenciada por formación vegetacional en la Figura 5-1. El detalle de las descripciones vegetacionales de terreno se entregan en el Anexo 5.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En el área de estudio existen 42 unidades de vegetación con presencia de Matorral de Brea, de ellas 29 presentaron una vitalidad en Crecimiento normal (69,05% del total); mientras que, diez [10] unidades se clasifican en la categoría Débil (23,81%). En proporciones menores, dos [2] descripciones equivalentes al 4,76% se encuentran en la categoría Muy débil y una [1] (2,38%) en la categoría Excepcionalmente vigoroso. No se evidenciaron unidades secas en este periodo.

Por su parte, las caracterizaciones realizadas sobre matorrales de Cachiuyo - Ojalar, se distribuyeron en diez [10] descripciones en la categoría de Crecimiento normal (83,33%), una [1] en la categoría Débil y una [1] en la categoría Excepcionalmente vigoroso (8,335% del total cada una). Las categorías Seco y Muy débil no se observaron en este periodo.

Se realizó una única muestra en el matorral de Rica rica – Pingo pingo y matorral de Káuchal, las que se identificaron en la categoría Débil y Crecimiento normal respectivamente, tal como se observa en la Figura 5-1.

El 43,75% de las muestras de la pradera Junquillo – Totorá – Suncho (7 de 16 puntos) presentaron vitalidad en la categoría Crecimiento normal. Seguido de cuatro [4] unidades (25%) en categoría Muy débil. Mientras que las categorías Débil y Excepcionalmente vigoroso se observan en tres [3] y dos [2] unidades respectivamente (18,75% y 12,50% del total cada una). La categoría Seco no se observa en este periodo.

La pradera de Grama salada presentó la mayor parte de los registros en la categoría Crecimiento normal (10 unidades; 55,56% del total), seguido por la categoría Débil con cinco [5] registros (27,78%). En menor proporción se observa la categoría Muy débil con dos [2] unidades (11,11%) y Excepcionalmente vigoroso con una [1] unidad (5,56%).

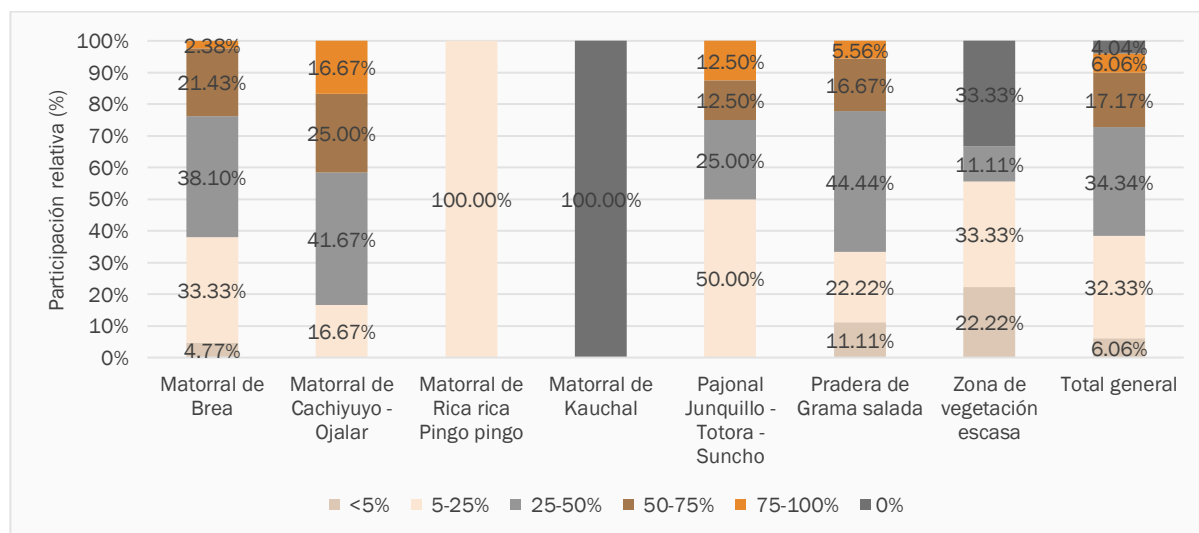
Además, se registraron 9 unidades de vegetación escasa (cobertura vegetal inferior al 5%). De estas, tres [3] presentan plantas en las categorías Débil y Seco, equivalentes a 33,33% cada una, seguido de dos [2] unidades en la categoría Crecimiento normal (22,22%) y una [1] Muy débil (11,11%).

5.1.1.1.2 Porcentaje de copa viva

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

A nivel general, de las 99 descripciones de vegetación realizadas en el 2024, el 34,34% de las muestras (34 puntos) presentan copa viva entre 25-50%. Por otra parte, se identificaron 32 descripciones (32,32% del total) con copa viva entre 5-25% y 17 descripciones en la categoría 50-75% (17,17% del total). Además, se identificaron seis [6] descripciones con copa viva entre 75-100% (6,06% del total) y seis [6] descripciones en la categoría <5% (6,06%). Finalmente, se registran cuatro [4] descripciones (4,04%) con copa viva 0%.

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Las evaluaciones particulares en cada formación vegetacional mostraron que la mayoría de los registros del matorral de Brea se presentaron en las categorías 5-25% y 25-50% (33,33% y 38,10% de las muestras, equivalentes a 14 y 16 descripciones respectivamente). A continuación, la categoría 50-75% con una representación del 21,43% (9 descripciones), seguido por la categoría <5% con un 4,76% (2 registros) y la categoría 75-100% con un [1] registro (2,38% de las muestras totales).

Las descripciones realizadas en el matorral de Cachiuyo – Ojalar, dan cuenta que el porcentaje de copa viva de esta formación se ubica con cinco [5] unidades en categoría de 25-50% (41,67% del total), seguido por tres [3] unidades en la categoría 50-75% (25% del total), y dos [2] unidades en las categorías 5-25% y 75-100% respectivamente (16,67% del total cada una).

El matorral de Rica rica – Pingo pingo y Káuchal poseen un único registro, el cual se encuentra en la categoría 5-25% para cada uno.

Por su parte, las descripciones realizadas en la pradera de Junquillo – Totora – Suncho, dan cuenta que el porcentaje de copa viva de esta formación se ubica en las categorías mayores a 5% de follaje verde. En particular, se observan ocho [8] registros dentro de la categoría 5-25% (50% de la representatividad), cuatro

[4] dentro del rango 25-50% (25% del total), dos [2] en la categoría 50-75% y 75-100% (12,75% del total cada una).

La pradera de Grama Salada presentó 18 registros, los cuales se distribuyen principalmente en las categorías 25-50% con 8 descripciones (44,44 del total). Luego, con cuatro [4] descripciones (22,22%) la categoría 5-25%, con tres [3] descripciones (16,67 del total) la categoría de 50-75%, con dos [2] descripciones (11,11% del total) la categoría <5% y finalmente con 1 unidad (5,56%) la categoría de 75-100%.

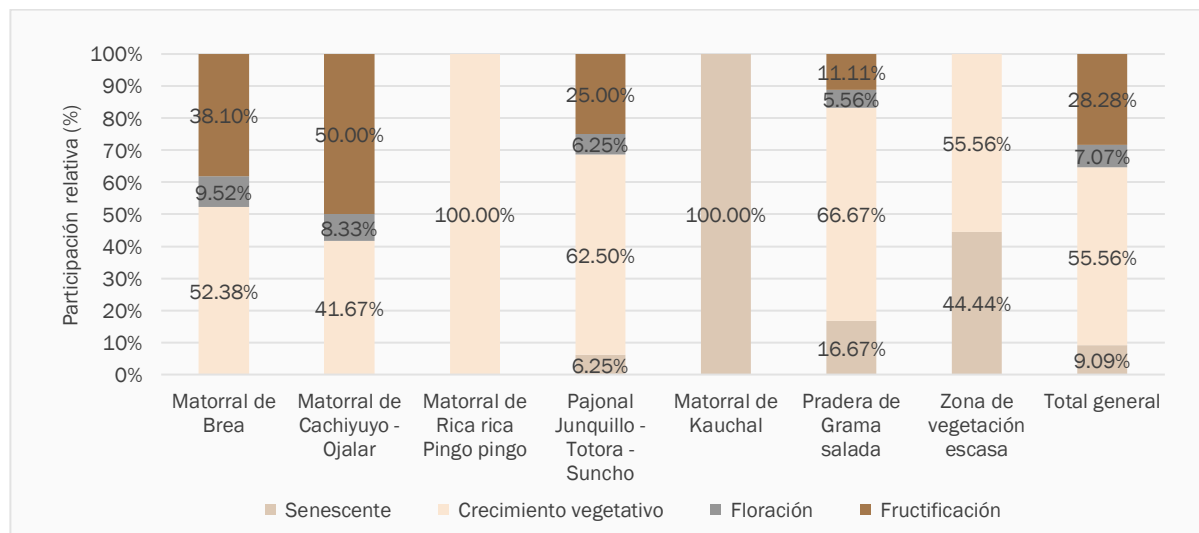
Además, se registraron 9 unidades de zona de vegetación escasa. Estas unidades presentaron las siguientes categorías de porcentaje de copa verde: tres [3] unidades en la categoría 0% y tres [3] en la categoría 5-25% representando el 33,33% del total cada una, seguidas de la categoría <5% con dos [2] descripciones (22,22% del total) y, finalmente la categoría 25-50% representada con una [1] unidad descriptiva (11,12% del total).

5.1.1.1.3 Fenología

A continuación, se analiza las etapas fenológicas que presentan los distintos tipos vegetacionales del Borde Este del Salar de Atacama en el mes de abril 2024, los cuales se grafican en la Figura 5-3 y las que se presentan detalle en el Anexo 5.

De las 99 unidades de vegetación descritas en terreno, un 55,56% (55 muestras) se encuentran en la categoría de Crecimiento vegetativo, seguido por la categoría de Fructificación con un 28,28% de participación (28 muestras) y la categoría Senescente con un 9,09% (9 muestras). Finalmente, la categoría de Floración fue la menos representada con un 7,07% de las muestras (7 unidades).

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Respecto al comportamiento de la fenología a nivel de tipo vegetacional, cabe destacar que el matorral de Brea (con 42 unidades), el 52,38% del total de unidades visitadas se ubicó en la categoría Crecimiento vegetativo (con 22 unidades), mientras que la categoría Fructificación registró un 38,1% (16 observaciones) y la

categoría Floración se presentó en un 9,52% (4 observaciones). No se registraron observaciones en la categoría Senescente.

En el matorral de Cachiyuyo – Ojalar dominó la fase de fructificación, al presentarse en 6 muestras (50% del total), seguido por la etapa de Crecimiento vegetativo en 5 muestras (41,67%). Mientras que, la categoría Floración se presentó en un 8,33% de total (con 1 unidad) y sin presentar registros para la categoría Senescente.

Por otra parte, el matorral de Rica rica – Pingo pingo y el matorral de Káuchal, fueron descritas mediante un [1] punto de monitoreo cada uno. El matorral de Rica rica – Pingo pingo se registra en la etapa de Crecimiento vegetativo mientras que, el matorral de Káuchal en Senescente.

La pradera de Junquillo – Totora – Suncho registró en 10 puntos la fase fenológica de Crecimiento vegetativo con un 62,5%, seguido de cuatro registros (25% del total) con fructificación y uno [1] en la categoría de Floración y Senescente respectivamente (6,25% del total para cada uno).

Por su parte, la pradera de Grama Salada registra en 12 unidades (66,67% del total) la categoría de Crecimiento vegetativo, mientras que en tres [3] se registra la categoría Senescente (16,67% del total), en dos [2] Fructificación (11,11% del total) y en un [1] registro la fase de Floración (5,56% del total).

Se realizaron 9 descripciones en zonas de vegetación escasa, en cinco de ellas se observaron plantas con crecimiento vegetativo (55,56% del total) y cuatro [4] en categoría Senescente (44,44% del total).

5.1.1.2 Superficie de las formaciones vegetacionales mediante imágenes satelitales

En esta sección, se presentan los resultados de la clasificación de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama, la cual se realizó sobre la base de la interpretación y análisis de imágenes satelitales capturadas en el mes de abril de 2024 y descripciones de terreno efectuadas en el periodo 2024.

La vegetación del Borde Este del periodo 2024 se constituye de seis tipos vegetacionales, 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*)

La distribución de los tipos vegetacionales en el Borde Este del Salar se presentan en el Anexo 3 correspondiente al periodo de abril 2024 y Anexo 4 correspondiente al periodo trimestral (enero, julio y octubre).

Los resultados obtenidos en el periodo 2024 (Tabla 5-1 y Figura 5-4) indican que la superficie cubierta con vegetación en el Borde Este de Salar de Atacama alcanza 14.091,74 ha. La formación vegetacional con mayor representación corresponde al matorral de Brea, que cubre una superficie de 7.315,86 ha, equivalente al 51,92% de toda la vegetación presente en el área.

Las praderas de Grama salada y el matorral de Cachiyuyo - Ojalar presentan superficies de ocupación de 2.289,36 y 1.801,89 ha respectivamente, con porcentajes de 16,25% y 12,79%, cada uno. Las otras formaciones vegetacionales identificadas corresponden al Pajonal, matorral de Káuchal y matorral de Rica rica – Pingo pingo, que ocupan una superficie de 1.389,10 ha (9,86%), 858,94 ha (6,10% del total) y 436,59 ha (3,10% del total) respectivamente.

El detalle de las superficies por tipo vegetal y cobertura se presenta en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama año 2024

Nº	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)
1	Matorral de <i>Aloysia deserticola</i> - <i>Ephedra multiflora</i> (Rica rica-Pingo pingo)	Abierto	25 – 50	3,74
		Muy Abierto	10 – 25	190,71
		Ralo	5 – 10	242,14
	Subtotal			436,59
2	Matorral de <i>Atriplex atacamensis</i> – <i>Atriplex imbricata</i> (Cachiyuyo - Ojalar)	Semidenso	50 – 75	35,94
		Abierto	25 – 50	148,24
		Muy abierto	10 – 25	795,17
		Ralo	5 – 10	822,54
	Subtotal			1.801,89
3	Matorral de <i>Tessaria absinthioides</i> (Brea)	Denso	75 – 100	141,19
		Semidenso	50 – 75	566,3
		Abierto	25 – 50	1.210,93
		Muy abierto	10 – 25	2.768,96
		Ralo	5 – 10	2.628,48
	Subtotal			7.315,86
4	Matorral de <i>Tiquilia atacamensis</i> (Káuchal)	Muy abierto	10 – 25	836,7
		Ralo	5 – 10	22,24
	Subtotal			858,94
5	Pradera de <i>Distichlis spicata</i> (Grama salada)	Denso	75 – 100	122,24
		Semidenso	50 – 75	280,82
		Abierto	25 – 50	336,04
		Muy abierto	10 – 25	561,21
		Ralo	5 – 10	989,25
	Subtotal			2.289,36
6	Pajonal de <i>Juncus balticus</i> - <i>Schoenoplectus americanus</i> - <i>Baccharis juncea</i> (Junquillo - Totora – Suncho)	Denso	75 – 100	313,04
		Semidenso	50 – 75	226,14

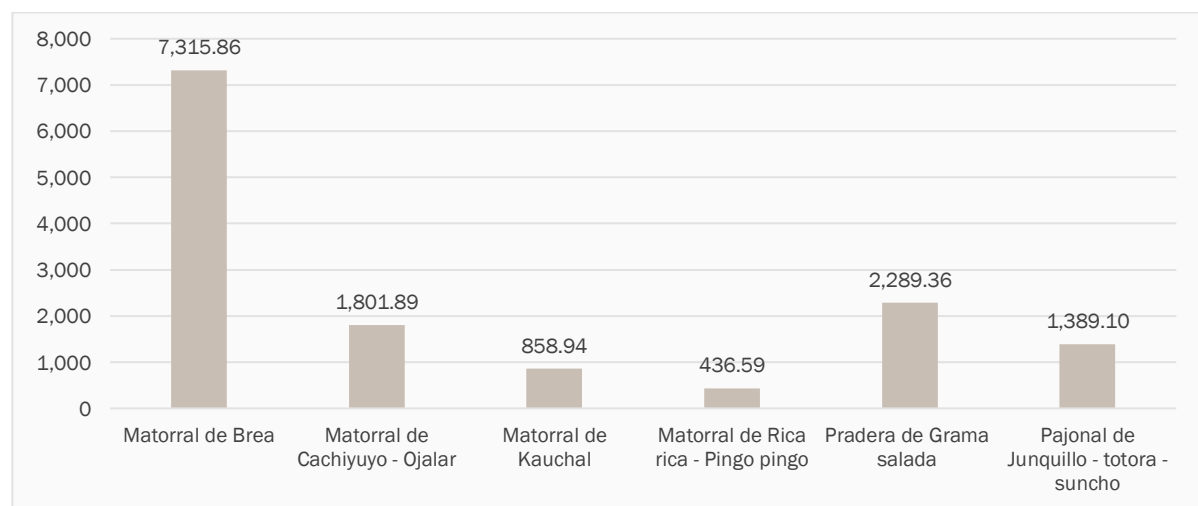
Tabla 5-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama año 2024

N°	Formación	Cobertura	Cobertura (%)	Superficie (Ha)
		Abierto	25 – 50	186,06
		Muy abierto	10 – 25	373,86
		Ralo	5 – 10	289,8
	Subtotal			1.389,10
Total				14.091,74

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

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

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



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.1.3 Monitoreo trimestral de la vegetación

5.1.1.3.1 Estado vital

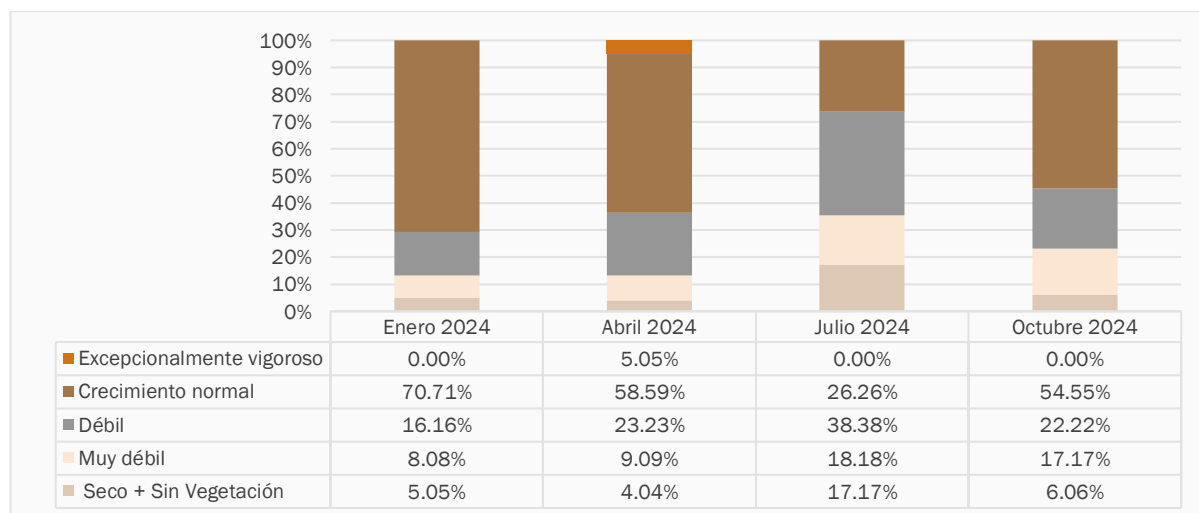
En la Figura 5-5 se presenta el comportamiento de la variable Estado vital para el período 2024. En él se puede ver que, en las muestras de vegetación las categorías Excepcionalmente vigoroso y Crecimiento normal disminuyen, teniendo sus valores máximos en el primer semestre del año 2024. Mientras que, los valores de las categorías Débil y Muy débil ascienden con el paso de los monitoreos durante el año registrando sus valores máximos durante el segundo semestre.

Los valores de la categoría Seco o sin vegetación disminuyó levemente hacia el segundo semestre.

De manera general, se observa que la categoría Crecimiento normal se encuentra presente a lo largo del año y mantiene mayor proporción que el resto de las categorías para cada uno de los registros, excepto en julio donde la categoría con mayor representatividad corresponde a la categoría Débil. Las categorías Muy débil y

Seco o sin vegetación varían levemente aumentando al segundo semestre manteniendo menor representatividad. La categoría Excepcionalmente vigoroso solo se presenta en el monitoreo de abril y en una baja proporción.

Figura 5-5. Estado vital de las unidades de vegetación prospectadas trimestralmente



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

La evolución del estado vital de la vegetación descritas en el marco de este informe se presenta de forma gráfica en la Figura 5-5, de ella se observa lo siguiente:

La descripción catalogada con Crecimiento normal presenta una disminución en el tiempo a lo largo del monitoreo. Se observa que, en el período correspondiente a la temporada de verano y otoño de 2024, se presentan los valores máximos para los registros con un 70,71% y un 58,59%, respectivamente.

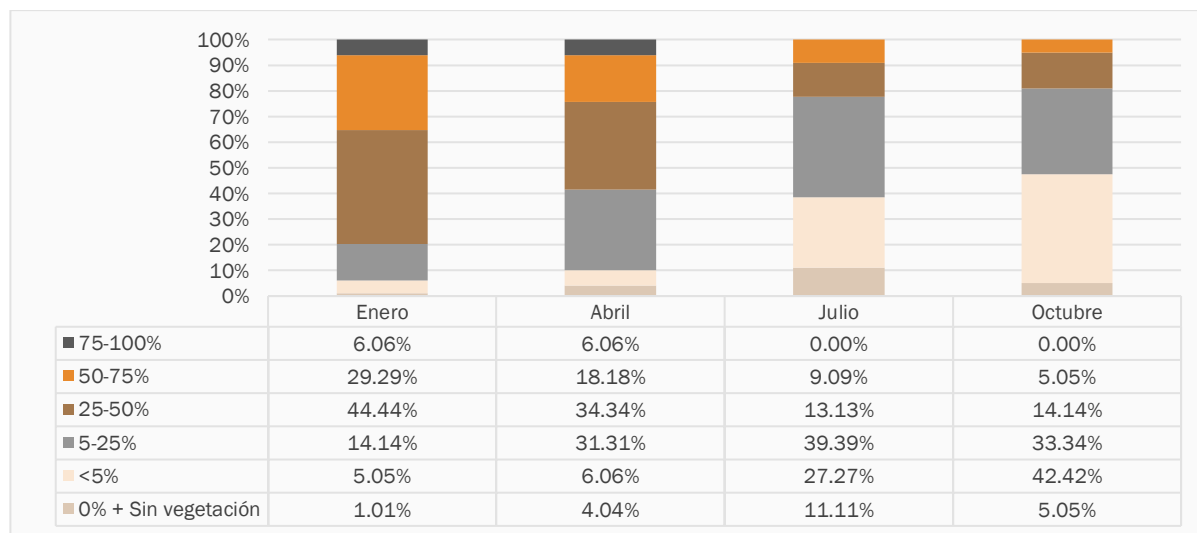
Así mismo, la categoría catalogada como Muy débil muestra el comportamiento inverso al anterior descrito, presentando los valores máximos para los registros de verano y otoño de 2024 con un 18,18% y 17,17%.

5.1.1.3.2 Porcentaje de copa viva

En la Figura 5-6 se presenta el comportamiento de la variable porcentaje de copa viva durante el período 2024. Se puede ver que, conforme avanzan las estaciones del año, las categorías 75-100%, 50-75% y 25-50% descienden de manera regular. Contrariamente, las categorías 5-25% y <5% aumentaron considerablemente durante el segundo semestre, registrando ambas, su máximo valor, la primera en el tercer trimestre (julio) con 39,39% y la segunda en el cuarto trimestre (octubre) con 42,42%.

Sucede de manera similar con la categoría 0% o sin vegetación, que sólo se registró en una estación de muestreo durante el primer trimestre, y tuvo su mayor expresión durante el tercer trimestre (julio).

Figura 5-6. Porcentaje de copa viva de las unidades de vegetación prospectadas trimestralmente



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

La evolución del porcentaje de copa viva (o follaje verde) de las unidades de vegetación descritas en el marco de este informe se presenta de forma gráfica en la Figura 5-6, desde donde se extrae lo siguiente:

- Durante los meses monitoreados, se observa un aumento en la cantidad de categoría 0% o sin vegetación conforme avanza el año. Así, el máximo se observa en el mes de julio donde el 11,11% de las muestras se ubicó en esta categoría y el mínimo fue en enero donde el 1,01% de las muestras se ubicó en esta categoría.
- La categoría <5% tiene un leve descenso entre enero y abril, pero en general muestra un aumento en el tiempo donde el máximo se registra para el mes de octubre.
- En la categoría 5-25% de copa verde también muestra un aumento en el tiempo y una leve disminución entre los meses de julio y octubre. Se observa el máximo de registros en el mes de julio y el mínimo en el mes de enero.
- Las categorías 25-50%, 50-75% y 75-100%, presentan una notoria baja hacia el segundo trimestre donde los registros disminuyen en más de la mitad e incluso no se presentan registros en el segundo semestre para la categoría 75-100%.

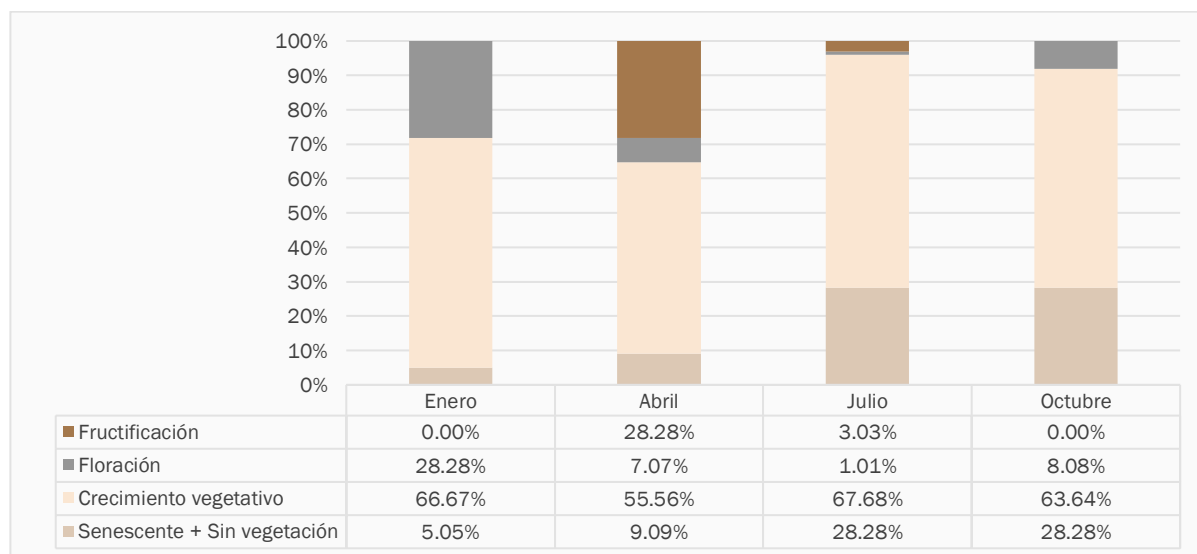
Los resultados muestran que, en general la proporción de copa viva disminuyó durante el trimestre julio y octubre 2024, aumentando hacia los meses más favorables (enero y abril), respondiendo al proceso natural de las distintas temporadas. Y, junto con ello, describe que el mayor porcentaje de copa viva presente para todo el período en estudio corresponde a la categoría 5-25% coincidiendo con la descripción del desarrollo para el lugar, su tipo biológico, arquitectura y proyección de copa y tipo de vegetación.

5.1.1.3.3 Fenología

En la Figura 5-7 se presenta el comportamiento de la variable Fenología para el período 2024. Se puede ver que, conforme avanzan las estaciones del año, las categorías Floración y Fructificación descienden de manera abrupta. Sucede de manera contraria con la categoría Senescente o sin vegetación, que aumenta de

manera regular a medida que avanzan las estaciones del año. La categoría Crecimiento vegetativo fluctúa en cada trimestre, con una baja variabilidad. Considerando que la formación más abundante en el Borde Este del salar corresponde al matorral de *Tessaria absinthioides*, cuyo ciclo fenológico tiene su floración en enero y fructificación en abril, es de esperarse que, ambas categorías presenten sus máximos valores durante los primeros dos trimestres del período estudiado.

Figura 5-7. Fenología de las unidades de vegetación prospectadas trimestralmente



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

La evolución de la fenología de las unidades de vegetación descritas en el marco de este informe se presenta de forma gráfica en la Figura 5-7, desde donde se extrae lo siguiente:

- Tal como se ha observado en la caracterización del vigor y porcentaje de copa verde, las unidades monitoreadas Secas o sin vegetación van aumentando en el periodo analizado. Respecto a la fenología, estas unidades se desarrollan en la categoría de senescencia, la cual presenta el mismo comportamiento. El valor máximo se ha registrado en los meses de julio y octubre con un 28,28% mientras que el valor mínimo se ubicó en el mes de enero donde solo un 5,05% de las muestras se catalogaron como senescentes.
- En el caso de la categoría de Crecimiento vegetativo, se observa una tendencia a la estabilidad en el periodo, con excepción de los meses de abril a julio donde se registra la mayor variación, aumentando la proporción. Es en el mes de julio donde se registra la mayor proporción en esta categoría, con el 67,28% de las muestras. Por otro lado, en el mes de abril se registra el valor mínimo, donde un 55,56% de las muestras se catalogaron con crecimiento vegetativo.
- La etapa fenológica de Floración presenta un comportamiento esperable en oposición al de senescente, donde el máximo se registró en el mes de enero (donde un 28,28% de los registros presentaron desarrollo de flores) y el mínimo se registró en el mes de julio con un 1,01%.

- La fase fenológica de Fructificación solo se registró en el segundo y tercer trimestre, disminuyendo de abril a julio en el cambio de estación de otoño a invierno. El valor máximo se registra en abril con un 28,28% y el mínimo en julio con 3,03%.

Finalmente, la categoría Crecimiento vegetativo es la que presenta mayor cantidad de registros para todo el período en estudio.

5.1.2 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al periodo 2024 de las unidades vegetacionales que se encontrarían en la zona de conexión entre la napa subterránea y el sistema radicular de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama.

5.1.2.1 Especies dominantes

A partir de los resultados, se observa que la especie con mayor representación en la zona de conexión es *Tessaria absinthioides*, al identificarse en 17 puntos de monitoreo en enero y 18 puntos en abril de 2024. En efecto, en el mes de enero, se evidenció como especie dominante en 16 puntos, y como especie acompañante en uno [1] de los puntos, mientras que, en abril se evidenció como especie dominante en 17 puntos y como acompañante en uno (Tabla 5-2).

Por otra parte, se visualizó a la herbácea *Distichlis spicata* como especie dominante en siete [7] puntos de monitoreo en enero y ocho [8] puntos en abril. Como especie acompañante, también fue encontrada en dos [2] puntos tanto en enero como en abril.

Por último, también es posible encontrar *Atriplex atacamensis* dentro de la zona de conexión, aunque con una menor frecuencia que las ya mencionadas, presentándose generalmente como especie acompañante (Tabla 5-2).

Tabla 5-2. Especies dominantes y acompañantes en los monitoreos de enero y abril de 2024

Monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>
Enero	16	1	7	1	4	2
Abril	17	1	8	1	3	2

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

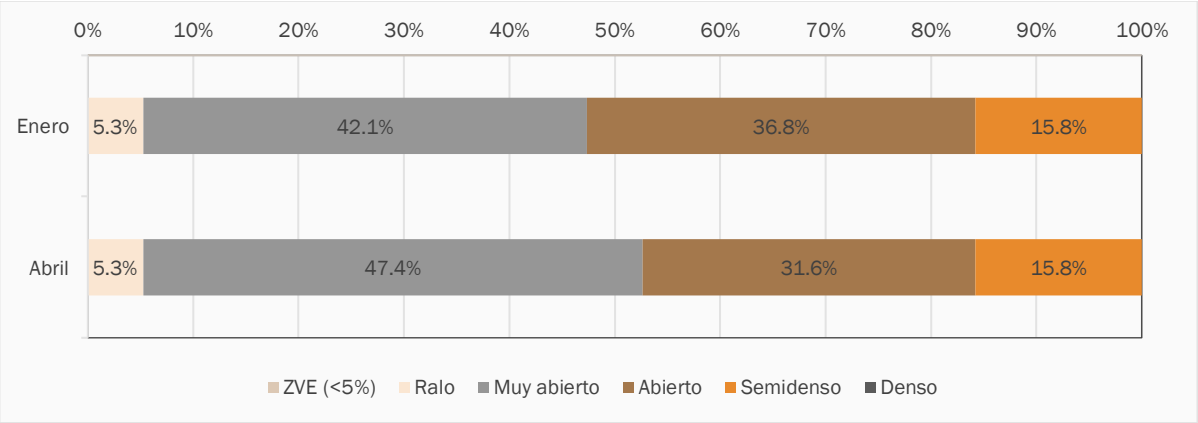
5.1.2.2 Cobertura vegetal

La Figura 5-8 y Tabla 5-3 muestran los resultados obtenidos de las mediciones de cobertura en enero y abril de 2024 en la zona de conexión vegetación – acuífero. El detalle de las descripciones vegetacionales se entregan en el Anexo 6 del presente informe.

Las descripciones de la vegetación en los monitoreos de enero 2024 demostraron que las coberturas varían de rala (5 – 10% de recubrimiento) a semidensa (50 – 75% de recubrimiento), siendo la categoría de muy abierta (10 – 25%) la más frecuente con ocho [8] registros (42,1% de las muestras). Le siguen proporcionalmente la categoría de abierta con siete [7] registros y semidensa (25 – 50% de recubrimiento) con tres [3] registros. En abril, las proporciones se mantuvieron relativamente similares, la categoría más frecuente fue igualmente la cobertura muy abierta con 47,4% de los registros.

Al comparar los registros de ambos meses, se observa que las categorías de cobertura rala y semidensa se mantienen, mientras que la proporción de muestras que presentó una cobertura muy abierta en enero aumentó en un 5,3%, correspondiente a una [1] muestra que pasó de abierta a muy abierta en abril. Consecuentemente, en abril, la proporción de muestras pertenecientes a la categoría abierta disminuyó en un 5,3% (1 muestra).

Figura 5-8. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación – acuífero, por categorías de cobertura de la unidad vegetacional. Campañas de enero y abril de 2024



ZVE: Zona de vegetación escasa, cobertura menor al 5%.
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-3. Puntos de muestreo en la Zona de conexión vegetación – acuífero por categoría de cobertura de la vegetación. Campañas de enero y abril de 2024

Año de monitoreo	Mes de monito-reo	Categorías de cobertura						Total
		Zona de ve-getación escasa	Ralo	Muy abierto	abierto	Semidenso	Denso	
2024	Enero	-	1	8	7	3	-	19
	Abril	-	1	9	6	3	-	19

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

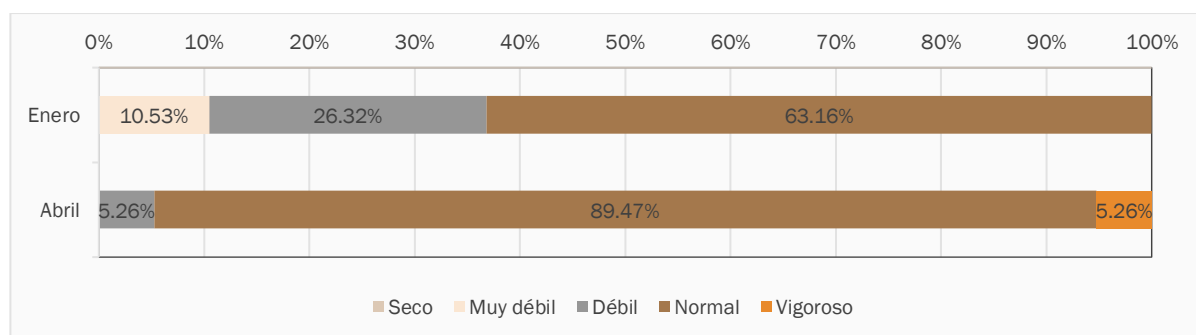
5.1.2.3 Vitalidad

La Figura 5-9 y Tabla 5-4 muestran los resultados obtenidos en las mediciones de vitalidad de la vegetación de la zona de conexión vegetación-acuífero de enero y abril 2024. El detalle de cada una de las descripciones se presenta en el Anexo 6.

En el monitoreo de enero, 12 muestras (63,16% del total) presentaron Crecimiento normal y cinco (5) tuvieron vitalidad Débil (representando un 26,32% del total). Por su parte, las mediciones realizadas en abril mostraron que 17 puntos (89,47% del total) presentaron Crecimiento normal, en tanto las categorías Débil y Excepcionalmente vigoroso, cada una presentó solo un punto.

Al comparar los registros de enero y abril de 2024, se observa que la mayor parte de los registros se mantiene en categoría de vitalidad Crecimiento normal, mientras que una porción de las descripciones sufre variaciones entre los periodos: seis [6] registros pasan de las categorías Muy Débil y Débil a Crecimiento normal, mientras que un registro a pasa de Crecimiento normal a Excepcionalmente vigoroso.

Figura 5-9. 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 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-4. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas enero-abril de 2024.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad					Total
		Seco	Muy débil	Débil	Crecimiento normal	Excepcionalmente vigoroso	
2024	Enero	-	2	5	12	-	19
	Abril	-	-	1	17	1	19

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

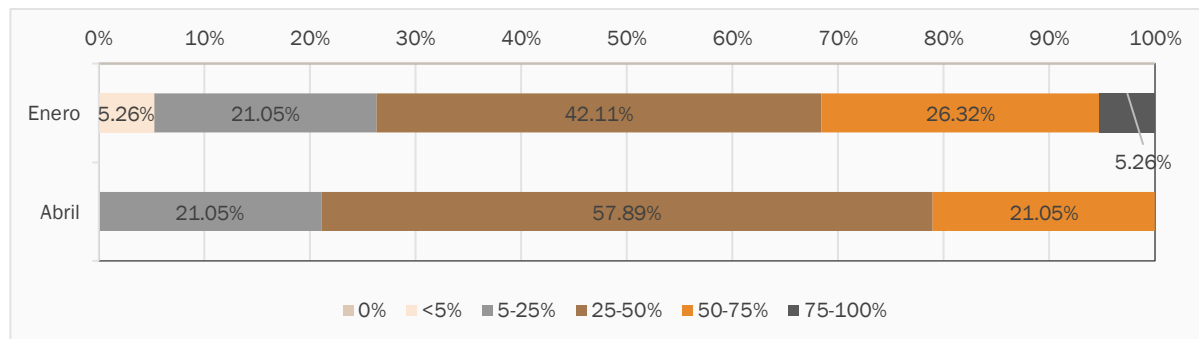
5.1.2.4 Porcentaje de copa viva

La Figura 5-10 y Tabla 5-5 muestra los resultados del análisis del porcentaje de copa viva en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año. El detalle de cada una de las descripciones se presenta en el Anexo 6.

Los resultados obtenidos muestran que, tanto en enero como en abril, los registros se concentran en la categoría de 25-50% de copa viva, con ocho [8] registros en enero y once [11] en abril.

Al comparar los registros de enero y abril de 2024, se observa que las unidades en categoría 25-50% aumentaron un 15,78% (3 registros). Mientras que, las unidades en categoría 50-75% redujeron en un 5,27% (un registro) y las categorías <5% y 75-100% no se registraron a diferencia de enero.

Figura 5-10. Clasificación de los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero, por porcentaje de copa viva. Campañas de enero y abril de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas enero-abril de 2024.

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva						Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
2024	Enero	-	1	4	8	5	1	19
	Abril	-	-	4	11	4	-	19

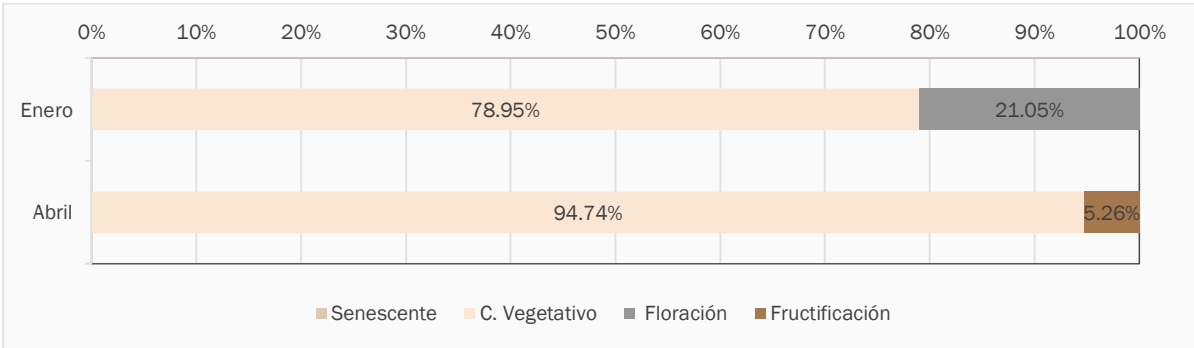
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.2.5 Estado fenológico

La Figura 5-11 y Tabla 5-6 muestra los resultados obtenidos en cuanto al estado fenológico de los tipos vegetacionales monitoreados en la zona de conexión vegetación-acuífero para el presente año.

En el monitoreo ejecutado en el mes de enero se identifica que un porcentaje menor de los registros se encuentran en desarrollo de sus procesos reproductivos, donde la fase fenológica floración se presenta con 4 registros (21,05% del total). Para el mes de abril, se identifica un [1] registro (5,26% del total) en una etapa de fructificación, siendo esta una etapa culmine del ciclo fenológico. Sin embargo, tanto en enero como en abril, la categoría fenológica de mayor representación es la de crecimiento vegetativo con 15 (78,95% del total) y 18 (94,74% del total) registros respectivamente.

Figura 5-11. Participación de las categorías fenológicas en los puntos de muestreo en la zona de conexión vegetación-acuífero en las Campañas de enero y abril de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapa fenológica. Campañas enero-abril de 2024

Año de monitoreo	Mes	Etapa fenológica				Total
		Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	
2024	Enero	-	15	4	-	19
	Abril	-	18	-	1	19

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.3 Monitoreo de flora vascular

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo anual de la flora en el periodo 2024, el cual incluye un análisis de la riqueza y abundancia de taxa en el Borde Este del Salar de Atacama, así como del pH y salinidad de sustrato donde se desarrolla la flora. La base de datos de las descripciones en terreno se adjunta en Anexo 7.

5.1.3.1 Riqueza de flora en el Borde Este

En el periodo 2024 se registró un total de 17 taxa, los que incluyen los registros dentro y fuera de los puntos de muestreo (Tabla 5-7). Dentro de los puntos de muestreo se identificaron 13 taxa, mientras que fuera de ellos, se identificaron 4 taxa. Estas especies se agruparon en 11 familias, donde Chenopodiaceae tiene la mayor cantidad (4 taxa), seguido de Asteraceae, Boraginaceae y Poaceae (3 taxa cada una).

Tabla 5-7. Riqueza de la flora registrada en el periodo 2024

Lugar	Familia	Especie
Dentro de los puntos de muestreo	Asteraceae	Baccharis juncea (Cass.) Desf.
		Tessaria absinthioides (Hook. & Arn.) DC.

Tabla 5-7. Riqueza de la flora registrada en el periodo 2024

Lugar	Familia	Especie
	<i>Boraginaceae</i>	<i>Tiquilia atacamensis</i> (Phil.) A.T. Richardson
	<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Atriplex atacamensis</i> Phil.
		<i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. <i>imbricata</i>
		<i>Nitrophila atacamensis</i> (Phil.) Hieron. ex Ulbr.
		<i>Sarcocornia andina</i> (Phil.) Freitag, M.A. Alonso & M.B. Crespo
	<i>Cyperaceae</i>	<i>Schoenoplectus americanus</i> (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller
	<i>Juncaceae</i>	<i>Juncus balticus</i> Willd. subsp. <i>mexicanus</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Kirschner
	<i>Juncaginaceae</i>	<i>Triglochin concinna</i> Burt Davy
	<i>Poaceae</i>	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene
		<i>Festuca rigescens</i> (J. Presl) Kunth
	<i>Solanaceae</i>	<i>Lycium humile</i> Phil.
Fuera de los puntos de muestreo	<i>Boraginaceae</i>	<i>Tiquilia paronychioides</i> (Phil.) A.T. Richardson
	<i>Ephedraceae</i>	<i>Ephedra multiflora</i> Phil. ex Stapf
	<i>Fabaceae</i>	<i>Hoffmannseggia doellii</i> Phil.
	<i>Verbenaceae</i>	<i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En la Tabla 5-8 se presenta la clasificación de las taxa identificadas en la campaña 2024 respecto a su hábito de crecimiento, diferenciados entre taxa dentro y fuera de los puntos de muestreo. Dentro de los puntos de muestreo predominan taxa con hábito hierba perenne y arbustivo, identificándose seis [6] y seis [6] especies de cada hábito respectivamente, además de una hierba anual, correspondiente a *Nitrophila atacamensis*. No se observaron especies arbóreas, hierbas anuales o perennes y/o suculentas en el periodo 2024. Respecto a los registros fuera de parcela (FP), predominan arbustos y hierbas perennes, identificándose 3 y 1 especies de cada hábito respectivamente. No se registraron especies arbóreas, hierbas anuales o suculentas en el periodo 2024.

Tabla 5-8. Hábito de crecimiento de la flora presente en el Borde Este del Salar de Atacama

Hábito de crecimiento	Dentro puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo	
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación
Árbol	0	0%	0	0%
Arbusto	6	46,15%	3	75%
Hierba perenne	6	46,15%	1	25%
Hierba anual	1	7,69%	0	0%
Hierba anual o perenne	0	0%	0	0%

Tabla 5-8. Hábito de crecimiento de la flora presente en el Borde Este del Salar de Atacama

Hábito de crecimiento	Dentro puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo	
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación
Suculento	0	0%	0	0%
Total	13	100%	4	100%

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Respecto al origen biogeográfico de la flora registrada en los puntos de muestreo, se identificaron 10 especies nativas (76,92% del total) y tres especies endémicas (23,08% del total), correspondientes a *Atriplex atacamensis*, *Nitrophila atacamensis* y *Tiquilia atacamensis*. No se registraron especies introducidas o indeterminadas (Tabla 5-9).

Por otro lado, de las especies registradas fuera de los puntos de muestreo, se identificaron 1 de origen nativo (25% del total) y tres [3] especies endémicas (75% del total), correspondientes a *Atriplex atacamensis*, *Nitrophila atacamensis*, *Tiquilia atacamensis* y *Tiquilia paronychioides*. No se registraron especies introducidas o indeterminadas (Tabla 5-9).

Tabla 5-9. Origen biogeográfico de la flora presente en el Borde Este del Salar de Atacama

Origen biogeográfico	Dentro puntos de muestreo		Fuera de puntos de muestreo	
	N° de taxa	% de participación	N° de taxa	% de participación
Nativo	10	76,92%	1	25%
Endémico	3	23,08%	3	75%
Introducido	0	0%	0	0%
Indeterminado	0	0%	0	0%
Total	13	100%	13	100%

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Cabe destacar que de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE)²², a partir julio de 2020 en el 15° proceso de clasificación de especies RCE (D.S. N° 23/2019 del Ministerio del Medio Ambiente), se oficializó a *Nitrophila atacamensis* bajo la categoría de conservación “En Peligro”, siendo esta especie la única en categoría registrada en la campaña de 2024.

5.1.3.2 Frecuencia de flora en el Borde Este

En la Tabla 5-10 se presenta la frecuencia de las especies registradas en el monitoreo 2024, de acuerdo con la cantidad de puntos de monitoreo donde apareció cada taxa. La especie más frecuente fue *Tessaria absint-*

²² El 27 de abril de 2012, el Decreto N° 29 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente dictó el nuevo Reglamento para Clasificar Especies según Estado de Conservación (denominado con la sigla RCE).

hioides registrada en 32 puntos de monitoreo (42,67% del total de puntos de muestreo), seguido por *Distichlis spicata* presente en 21 puntos (28% del total). En menor medida, *Nitrophila atacamensis* fue registrado en 6 puntos de muestreo (8% del total) y *Atriplex atacamensis* en 5 (6,67% del total).

Tabla 5-10. Frecuencia de las especies durante la campaña 2024

N°	Especie	N° de puntos de muestreo	% del total de puntos de muestreo
1	<i>Atriplex atacamensis</i>	5	6,67%
2	<i>Atriplex imbricata</i>	2	2,67%
3	<i>Baccharis juncea</i>	2	2,67%
4	<i>Distichlis spicata</i>	21	28%
5	<i>Festuca rigescens</i>	2	2,67%
6	<i>Juncus balticus</i> subsp. <i>mexicanus</i>	3	4,00%
7	<i>Lycium humile</i>	2	2,7%
8	<i>Nitrophila atacamensis</i>	6	8,00%
9	<i>Sarcocornia andina</i>	2	2,67%
10	<i>Schoenoplectus americanus</i>	1	1,33%
11	<i>Tessaria absinthioides</i>	32	42,67%
12	<i>Tiquilia atacamensis</i>	1	1,33%
13	<i>Triglochin concinna</i>	3	4,00%

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.3.3 Parámetros de suelo

En la siguiente sección se presentan los resultados de la caracterización del pH y Conductividad Eléctrica del suelo medidos en las parcelas de flora.

De acuerdo con la legislación vigente, la determinación de estos parámetros se debe realizar a través de una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) con certificación según lo dispuesto por la resolución Exenta N° 573/2022. A raíz de esto, las ETFA ALS Life Sciences Chile fue la encargada de extraer y analizar las muestras de terreno (En Anexo 8 se adjunta la Resolución de la ETFA).

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

5.1.3.3.1 pH del sustrato según laboratorio ETFA

A continuación, se presentan los resultados de las muestras de suelo de las parcelas de flora prospectadas en la campaña actual, pertenecientes a los 7 transectos monitoreados el año 2024, en donde se observa que los valores de pH variaron de neutro a muy fuertemente alcalino.

Tabla 5-11. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences Chile

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos 2024	% Año 2024
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		4	5,3
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		2	2,7
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		15	20,0
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		32	42,7
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		22	29,3
Total			75	100

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a Schoeneberger et al., 2002.

La Tabla 5-11 presenta el valor de pH obtenido en el laboratorio para los transectos de muestreo de flora según la escala de pH de Schoeneberger et al., 2002. La Tabla 5-12 muestra los valores obtenidos en cada punto de monitoreo de acuerdo con su ubicación desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha, nomenclatura de colores equivalente a Tabla 5-11).

Se observa que los valores de pH se presentan de forma homogénea en los puntos de monitoreo, sin un patrón claro respecto de su ubicación (más o menos cerca del núcleo del salar). Valores muy fuertemente alcalinos son observables en la mayoría de los transectos, tanto en parcelas ubicadas hacia el margen del salar, como en aquellas ubicadas hacia el núcleo. Así mismo, valores neutros son observados en puntos cercanos al núcleo, como en puntos alejados de él (TF2 y TF5).

Tabla 5-12. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences Chile

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

S/I: Sin información levantada en terreno; (-): No aplica

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.en base a informe de laboratorio (Anexo 8)

5.1.3.3.2 pH del sustrato según Agroanálisis UC (complementario)

Los resultados se presentan en la tabla a continuación donde se aprecia que las muestras de suelo de las 75 parcelas de flora prospectadas en la campaña actual variaron entre un pH Ligeramente alcalino a Fuertemente alcalino. Concentrándose en la categoría Moderadamente alcalino (pH entre 7,9 y 8,4), donde se ubica el 62,7% de las muestras. En menor medida, hay 18 puntos en la categoría Fuertemente alcalino y 1 Muy fuertemente alcalino (24,0% y 1,3% del total).

Tabla 5-13. Rangos de pH del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC

Categorías de pH	pH	Color	Nº de puntos 2024	% Año 2024
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		2	2,7
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8		7	9,3
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4		47	62,7
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0		18	24,0
Muy fuertemente alcalino	> 9,0		1	1,3
Total			25	100

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a Schoeneberger et al., 2002.

La Tabla 5-13 presenta los valores de pH obtenidos por el laboratorio Agroanálisis UC para las muestras de suelo colectadas en las parcelas de flora. Estos se presentan desde el margen al núcleo del Salar (lectura de izquierda a derecha, nomenclatura de colores equivalente Tabla 5-14).

Al igual que los resultados del laboratorio ETF A ALS, los resultados del laboratorio Agroanálisis UC sugieren que la ubicación de las muestras no estaría relacionada con los valores de pH registrados, dado que estos se muestran de una forma más bien homogénea, y siempre en categorías de pH alcalino. Se destaca también, el transecto TF5 que posee valores de pH neutro en las parcelas más cercanas al núcleo, incluso con parcelas con muestras ligeramente alcalinas. Situación similar se da en el transecto TF7 ubicado en su totalidad en el margen del salar y mostrando valores ligeramente alcalinos, moderadamente alcalinos y fuertemente alcalinos. Solo en el TF1, en la parcela 19 (la más cercana al núcleo de todo el monitoreo), un valor muy fuertemente alcalino, lo que podría sugerir que valores mayores a 9 unidades de pH se encontrarían en sectores aún más adentrados hacia el núcleo del salar, donde ya no crece vegetación.

Tabla 5-14. Distribución de rangos de pH en los transectos de muestreo de flora. Laboratorio Agroanálisis UC

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025 en base a informe de laboratorio (Anexo 8)

5.1.3.3.3 Comparación de las mediciones de pH entre laboratorios

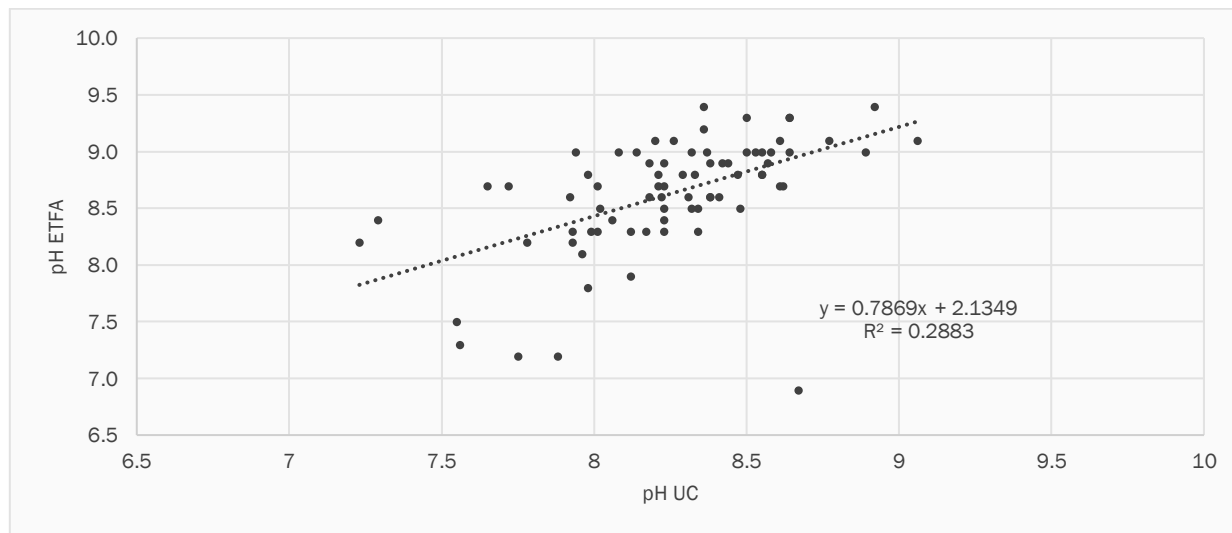
Se comparan los análisis del pH según ambos laboratorios con la finalidad de conocer el nivel de relación entre los datos. Se utiliza el modelo matemático de regresión lineal, con el supuesto que ambos laboratorios debieran tener bajas diferencias entre sí, y estarían dadas por la metodología utilizada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

Se calculó un coeficiente de determinación R^2 de 0,29 que representa una baja correlación entre los resultados de ambos laboratorios, la pendiente de la recta que define la ecuación de los datos es positiva y no significativa (valor p 0,078 menor al nivel de significancia del 95%), lo que podría guardar relación con la cantidad de datos analizados.

Los valores del pH otorgados por Agroanálisis UC son menores a lo reportado por la ETF A ALS Life Sciences Chile (Figura 5-13), lo que podría estar relacionado a los métodos empleados para su análisis. Para efectos

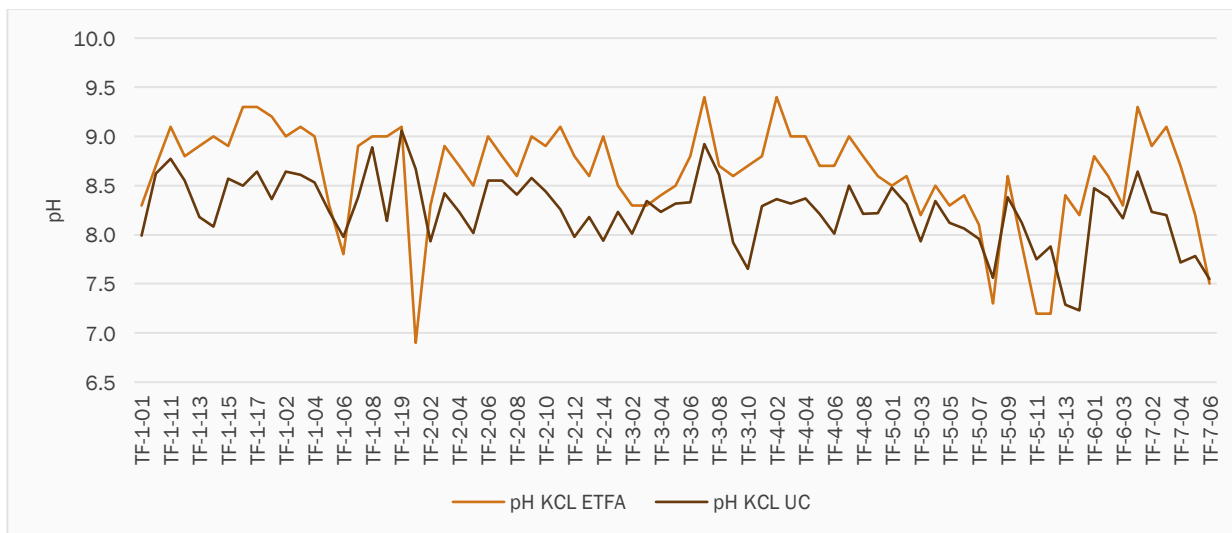
de representar las relaciones de los valores obtenidos entre las mediciones de ambos laboratorios, se presenta la regresión lineal en la Figura 5-12.

Figura 5-12. Regresión lineal entre los datos de pH obtenida entre laboratorios



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-13. Comparación del pH obtenido entre laboratorios por punto de monitoreo



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.3.3.4 Conductividad eléctrica del sustrato según la ETFA ALS Life Sciences Chile

En la Tabla 5-15 se sintetizan los resultados obtenidos por el laboratorio de ALS Life Sciences Chile, para las muestras obtenidas en la campaña de monitoreo N° 18. Los resultados indican que, los puntos de muestreo varían de sustratos No salinos a Fuertemente salinos. En 46 puntos de muestreo (61,3% del total) se reporta

una salinidad superior a 6,07 dS/m, catalogando estas muestras como Fuertemente salinas. En 13 puntos de muestreo (17,3% del total) la CE indicó suelos Moderadamente salinos y en 11 puntos de muestreo (14,7% del total) se registró suelo Ligeramente salino. En menor medida, tres (3) muestras se ubicaron en suelos Muy ligeramente salinos (4% del total) y 2 en suelos No salinos (2,7%).

Tabla 5-15. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora. Laboratorio ALS Life Sciences Chile

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	N.º de puntos 2024	% Año 2024
No salino	0 – 0,98		2	2,7
Muy ligeramente salino	0,98 – 1,71		3	4,0
Ligeramente salino	1,71 – 3,16		11	14,7
Moderadamente salino	3,16 – 6,07		13	17,3
Fuertemente salino	> 6,07		46	61,3
Total			75	100

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a USDA NRCS, 2001.

La Tabla 5-16 presenta los valores obtenidos por la ETFA, para la medición de conductividad eléctrica en cada uno de los transectos de muestreo de flora. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal (Este) hacia el núcleo del Salar (Oeste).

Se observa que la salinidad, medida a través de la conductividad eléctrica, puede no guardar una relación directa con la ubicación de las muestras en el transecto de flora, dado que la mayoría de las muestras son fuertemente salinas y aquellas ubicadas en categorías de salinidad menores son posibles de encontrar tanto en parcelas del margen del salar, como en las del núcleo.

Tabla 5-16. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora

TR	Conductividad eléctrica (dS/m)																		
	Margen del salar											Núcleo del salar							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF1	1,6	11,4	8,8	13,9	42,7	7,9	10,8	20,1	5,6	9,8	12,2	16,6	18,5	2,4	1,5	5,0	7,9	2,0	19,8
TF2	1,1	4,8	5,4	9,5	3,1	8,7	6,8	2,9	8,9	4,1	2,7	3,5	18,4	3,1					
TF3	28,4	14,2	7,7	7,7	7,4	3,2	4,9	5,8	8,0	6,3									
TF4	2,7	2,2	7,3	11,0	10,8	9,7	19,7	18,4	26,7										
TF5	15,1	11,7	4,4	12,8	11,7	15,8	8,1	3,1	10,5	9,4	5,3	4,1	2,7	2,4					
TF6	18,1	10,8	12,6																
TF7	6,7	0,0	6,6	0,0	6,8	4,5													

TR: Transecto

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a informe de laboratorio (Anexo 8).

5.1.3.3.5 Conductividad eléctrica del sustrato según Agroanálisis UC (Complementario)

En la Tabla 5-17 se sintetizan los resultados obtenidos por el laboratorio Agroanálisis UC en los análisis de Conductividad eléctrica para las muestras levantadas en la campaña de monitoreo N° 18 (en Anexo 10 se presentan los análisis de laboratorio). Los resultados indican que, en 59 puntos de muestreo, equivalentes al 78,70% del total, se desarrolla un sustrato Fuertemente salino, registrándose valores de salinidad superior a los 6,07 dS/m. Mientras que, en 8 puntos de muestreo (10,70% del total) el suelo se registró moderadamente salino.

Tabla 5-17. Rangos de conductividad eléctrica del suelo en transectos de muestreo de flora

Categorías de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Color	N° de puntos 2024	% Año 2024
No salino	0 - 0,98		2	2,7
Muy ligeramente salino	0,98 - 1,71		1	1,3
Ligeramente salino	1,71 - 3,16		5	6,7
Moderadamente salino	3,16 - 6,07		8	10,7
Fuertemente salino	> 6,07		59	78,7
Total			75	100

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. En base a USDA NRCS, 2001.

La Tabla 5-18 presenta los valores obtenidos en el Laboratorio Agroanálisis para la medición de CE. en cada uno de los transectos de muestreo de flora monitoreados en 2024. Los resultados se ordenan desde aquellos medidos en la zona marginal (Este) hacia el núcleo del Salar (Oeste).

Del mismo modo que los datos de la ETFA los resultados del laboratorio Agroanálisis UC muestran que no habría una relación directa entre la salinidad y la ubicación de las parcelas de flora en el Borde Este del Salar, dado que prácticamente todas las muestras son fuertemente salinas y aquellas ubicadas en categorías de salinidad menores son posibles de encontrar tanto en parcelas cercanas al núcleo del salar, como en parcelas más marginales.

Tabla 5-18. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora

TR	Conductividad eléctrica (dS/m)																		
	Margen del salar											Núcleo del salar							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF-1	1,9	12,4	17,3	24,8	48,3	28,8	20,8	21,4	13,6	17,8	31,5	13,1	13,1	6,7	4,5	6,2	13,4	4,2	47,0
TF-2	1,3	6,4	7,6	15,3	2,7	12,3	10,7	4,1	12,3	5,2	10,8	23,1	107,5	15,3	-	-	-	-	-
TF-3	44,8	33,6	14,7	15,8	15,8	2,7	5,3	12,3	16,8	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TF-4	2,7	3,7	10,2	19,7	19,2	11,8	29,8	53,2	46,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TF-5	18,0	16,1	4,6	10,0	15,3	11,3	7,8	2,9	9,8	13,9	7,3	5,4	8,2	13,5	-	-	-	-	-
TF-6	41,8	25,9	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5-18. Conductividad eléctrica obtenida en cada punto de muestreo de flora

TR	Conductividad eléctrica (dS/m)																		
	Margen del salar											Núcleo del salar							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TF-7	8,5	13,4	12,0	26,8	9,6	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

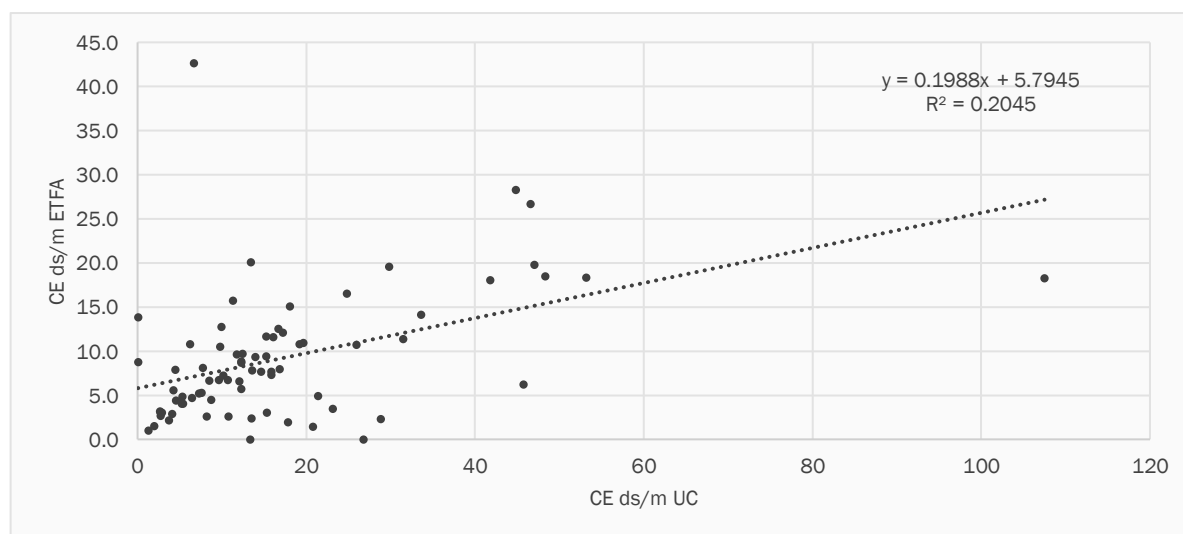
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a informe de laboratorio (Anexo 8).

5.1.3.3.6 Comparación de las mediciones de la conductividad eléctrica entre laboratorios

Se comparan los análisis de la conductividad eléctrica según ambos laboratorios, con la finalidad de conocer el nivel de relación de ambos datos. Se utiliza el modelo matemático de regresión lineal, con el supuesto que ambos laboratorios debieran tener bajas diferencias entre sí, y estas debieran estar dadas solo por la metodología utilizada para determinar la CE. Los resultados indican que la CE entre laboratorios alcanza un valor R^2 de 0,20, lo que representa una baja correlación entre los resultados de ambos laboratorios y una diferencia no significativa de los datos (valor p 0,0000009, menor al nivel de significancia del 95%) (Figura 5-14).

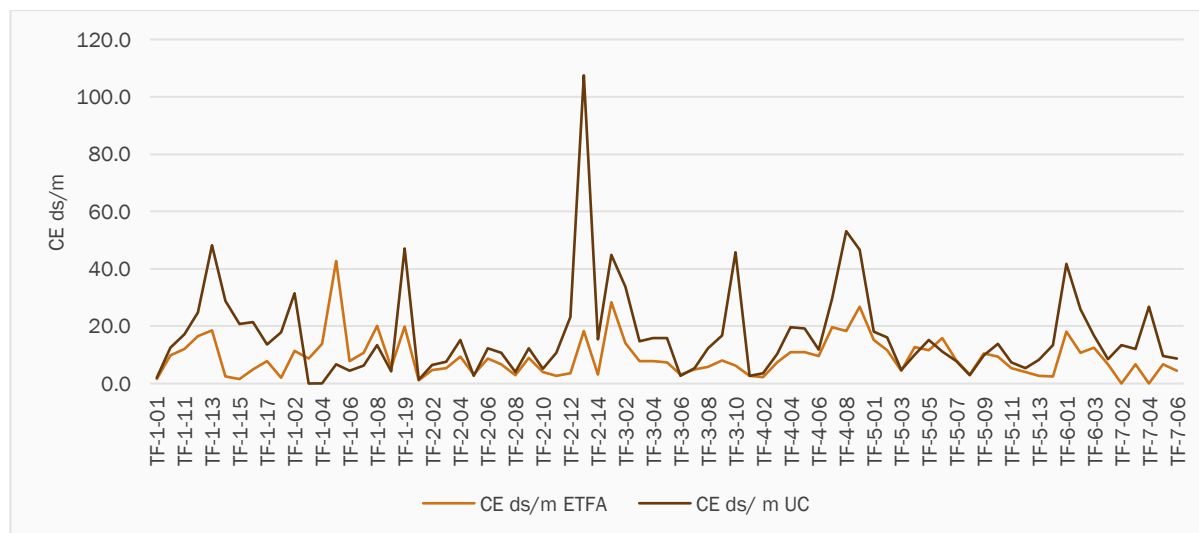
En la mayoría de los casos, los valores de conductividad eléctrica analizados por el laboratorio Agroanálisis UC fueron más altos que los registrados por la ETFA ALS Life Sciences Chile (Figura 5-14).

Figura 5-14. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) obtenida entre laboratorios



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-15. Comparación de la CE obtenida entre laboratorios por punto de monitoreo



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4 Monitoreo de algarrobos

En esta sección se exponen los resultados de las mediciones de vitalidad, porcentaje de copa viva (follaje verde), fenología y daño por agentes externos, efectuadas durante abril de 2024 en la población de Algarrobos (*Neltuma alba*²³) ubicada en las inmediaciones del ex pozo Camar-2 (actualmente fuera de operación para la extracción de agua).

Del universo ejemplares objeto de seguimiento (71 individuos definidos e identificados la RCA N° 226/2006), 15 han sido registrados como desaparecidos, de los cuales 12 ejemplares fueron notificados como desprendidos durante las temporadas previas al 2024, de los cuales, al menos ocho [8] fueron reportados como desprendidos producto del aluvión que tuvo lugar en febrero de 2019, mientras que para los individuos desaparecidos previo al 2019 se desconoce la causa de su desprendimiento, pudiendo aludirse a efectos de animales, humanos o escorrentías. Por tanto, del universo de ejemplares objeto de seguimiento, 56 ejemplares se encuentran en pie y en condiciones de ser analizados.

Cabe destacar que, los valores porcentuales presentados en esta sección contemplan sólo a los individuos existentes en terreno hasta la fecha (56 individuos), descontando de los análisis a aquellos ejemplares desaparecidos o desprendidos por acción de aluviones u otra afectación en distintos periodos. No obstante, en

²³ El Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Prosopis* sp., sector quebrada Camar, provincia de El Loa, Región de Antofagasta" (2018), estableció que los ejemplares de algarrobos ubicados en el lecho aluvional del piedemonte de la quebrada Camar corresponden en su totalidad a *Prosopis alba* (sinónimo de *Neltuma alba*). Esta especie está actualmente clasificada como Preocupación Menor (LC), según el D.S. N° 13/2013 del MMA. En el EIA Cambios y mejoras esta especie se había identificado como *Prosopis flexuosa*, especie clasificada como Vulnerable (VU), según el D.S. N° 13/2013 MMA.

las tablas y anexos presentados (Anexo 11. Base de datos Monitoreo de Algarrobos), se detallan los resultados del seguimiento, incluyendo la categoría “desaparecidos”. Por otra parte, en el Anexo 12 se entrega el registro fotográfico de los individuos monitoreados.

En la temporada transcurrida entre el monitoreo de 2023 y 2024, desapareció un nuevo individuo correspondiente al A-18. Cabe mencionar que el individuo desaparecido se reportó seco desde el monitoreo de 2019 y como desaparecido en febrero de 2022. En abril 2023 se encontró desprendido aún con su placa, sin embargo, en los monitoreos posteriores, asociados al Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar²⁴, se reportó desaparecido nuevamente.

En la Tabla 5-19 a continuación, se resumen los individuos que han sido reportados como desaparecidos en todo el periodo del seguimiento, con la fecha e identificación de los árboles desaparecidos. En el Anexo 12 se adjunta el registro fotográfico con los individuos objeto de seguimiento.

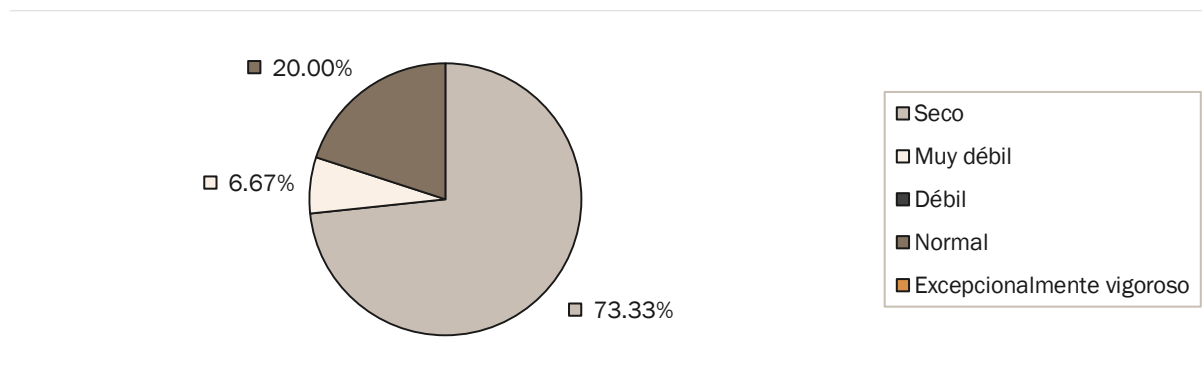
Tabla 5-19. Individuos desaparecidos o desprendidos en el periodo de monitoreo (2006-2024)

ID árbol	Año de desprendimiento	Estado previo al desprendimiento	Observaciones
A-69	2012	Seco	Crecimiento normal en 2010, seco desde 2011
A-20	2014	Seco	Crecimiento normal en 2008, seco desde 2009
A-24	2014	Seco	Débil en 2007, seco desde 2008
A-57	2017	Seco	Seco desde el monitoreo de línea base (2006)
A-01	2019	Muy débil	Muy débil en 2018
A-02	2019	Crecimiento normal	Crecimiento normal en 2018
A-03	2019	Crecimiento normal	Crecimiento normal en 2018
A-15	2019	Seco	Débil en 2013, seco desde 2014
A-16	2019	Seco	Crecimiento normal en 2008, seco desde 2009
A-32	2019	Crecimiento normal	Crecimiento normal en 2018
A-61	2019	Seco	Seco desde el monitoreo de línea base (2006)
A-62	2019	Seco	Crecimiento normal en 2007, seco desde el 2008
A-63	2022	Seco	Débil en 2007, seco desde el 2008
A-67	2022	Seco	Seco desde el monitoreo de línea base (2006)
A-18	2023	Seco	Seco desde 2019

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En la Figura 5-16, se ilustra el estado vital de los individuos desaparecidos previo a su desprendimiento. Al respecto, se observa que el 71,43% (correspondiente a 11 ejemplares) se encontraban secos en los monitoreos previos a su desprendimiento, mientras que el 21,43% (tres [3] individuos) tenía Crecimiento normal y un 7,14% (un [1] ejemplar) se encontraba en la categoría de vitalidad Muy débil.

Figura 5-16. Vitalidad previa al desprendimiento de los individuos desaparecidos

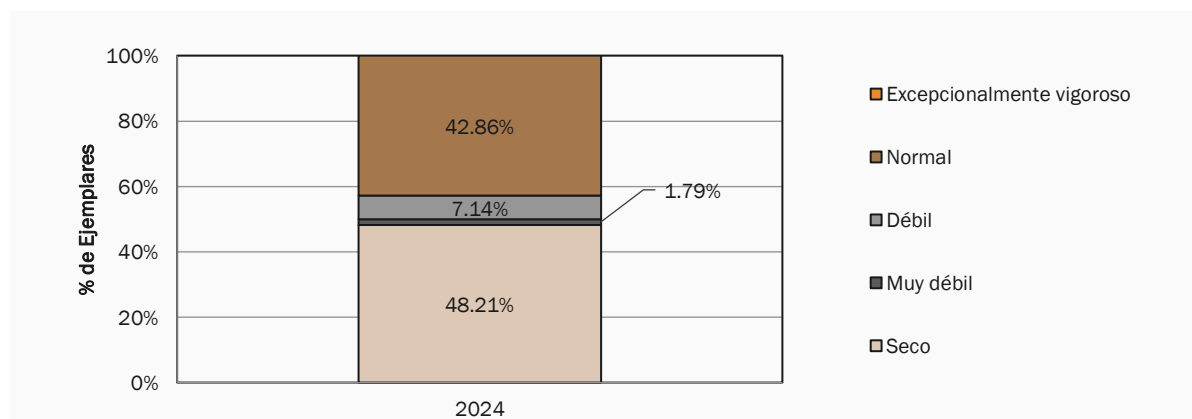


Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4.1 Estado de vitalidad

De los 56 individuos en pie que son reportados en este periodo, el 48,21% (27 ejemplares) se encuentran secos y el 51,79% (29 ejemplares) presenta alguna categoría de vitalidad (Figura 5-17). De estos últimos, la mayoría presenta Crecimiento normal, con el 42,86% (24 ejemplares) dentro de esta categoría, mientras que el 7,14% (cuatro [4] individuos) presenta una vitalidad Débil y tan sólo un 1,79% (representado por un [1] individuo) presenta una vitalidad Muy débil. Durante esta campaña de monitoreo 2024 no se registraron individuos dentro de la categoría de vitalidad Excepcionalmente vigoroso.

Figura 5-17. Vitalidad de los ejemplares de *Neltuma alba* (Algarrobos)

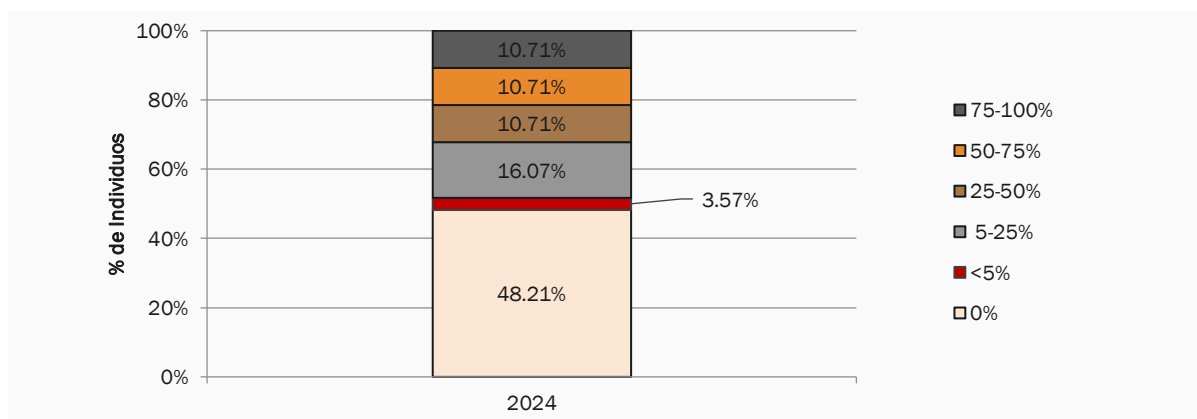


Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4.2 Copa viva

Los resultados de las mediciones de copa viva realizadas en los Algarrobos durante el periodo 2024, registraron que el 51,79% (29 individuos) de los algarrobos presentó algún grado de copa verde, de los cuales la mayoría se posiciona dentro las categorías medias de copa verde, donde el 16,07% de los individuos (9 ejemplares) pertenece a la categoría de 5 – 25%, mientras las categorías 25 - 50%; 50 – 75% y 75 – 100% se posiciona cada una con el 10,71% de los individuos (6 ejemplares). Del resto, el 3,57% de los individuos (2 ejemplares) <5% de copa verde. El 48,21% de los ejemplares (27 individuos) no presentó follaje verde (categoría 0%). En la Figura 5-18, se visualiza el detalle de los resultados.

Figura 5-18. Proporción (%) de copa viva de ejemplares de *Neltuma alba* (Algarrobos)



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4.3 Estado fenológico

Con respecto a la fenología de los individuos, en 2024 se reporta que el 51,79% de los individuos en pie (29 ejemplares) se registró en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo y el 48,21% de ellos se registró en una etapa de senescencia (27 individuos). No se identificaron individuos en las etapas fenológicas de floración ni fructificación. Los resultados de las mediciones de fenología realizadas en abril de 2024 se muestran en la Figura 5-19.

Figura 5-19. Fenología en los ejemplares de *Neltuma alba* (Algarrobos)

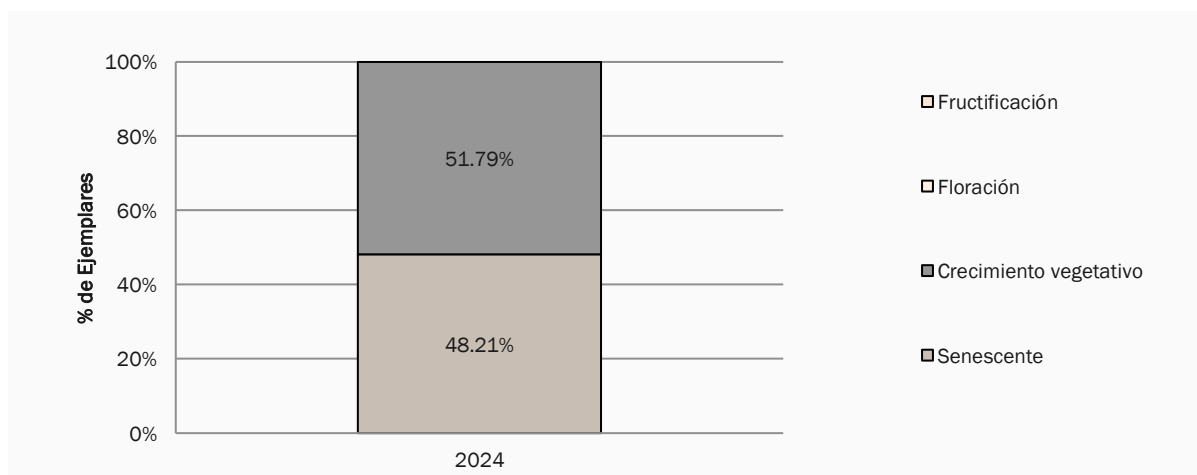


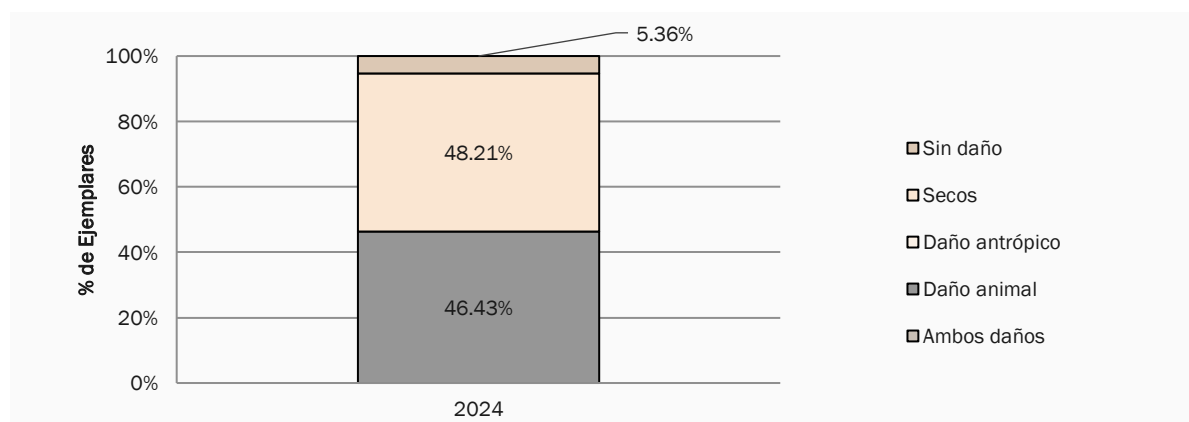
Figura 5-19. Fenología en los ejemplares de *Neltuma alba* (Algarrobos)

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4.4 Daño por agentes externos

Al igual que en los análisis anteriores, los cálculos se establecieron en referencia a los 56 individuos que se encuentran en pie en terreno, excluyendo a aquellos individuos desaparecidos en temporadas anteriores producto de aluviones o a la acción antrópica y/o animal. Los resultados para el periodo de reporte (2024) asociados a la presencia de daño antrópico y animal se presentan en la Figura 5-20.

Al respecto, se observa que 27 ejemplares (48,21%) se encontraban secos al momento del monitoreo, por lo que no se les realizó evaluación del tipo de daño. Del resto de ejemplares, 26 presentaron signos de daños animal (46,43% del total), asociados al ramoneo de burros y tres [3] se encontraron sin daño (animal o antrópico), correspondiente al 5,36% del total. Estos resultados indican que la totalidad de individuos con algún grado de vitalidad presenta daño por animales.

Figura 5-20. Presencia de daño en los ejemplares de *Neltuma alba* (Algarrobos)

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4.5 Estado Fisiológico

5.1.4.5.1 Primer semestre

En la Tabla 5-20, muestra variaciones en los parámetros fisiológicos de los árboles entre enero y abril de 2024, a través de los valores de potencial hídrico de ramilla medidos en pre-alba (Ψ_{pa}) y mediodía (Ψ_{md}), además de la conductancia estomática (gs). El potencial hídrico en pre-alba corresponde a un indicador del estado hídrico del suelo y la capacidad de absorción de agua por la planta, mientras que el potencial hídrico medido a medio día refleja el estado hídrico de la planta bajo condiciones de máxima transpiración. Para ambas variables valores más negativos indican mayor estrés hídrico. Por su parte, la conductancia estomática representa la apertura de estomas y está relacionada con la transpiración y la capacidad fotosintética, para esta variable valores más altos indican mayor actividad.

En general, los resultados extraídos de la Tabla 5-20, indican que los valores de potencial hídrico en pre-alba y mediodía son menos negativos en abril en comparación con enero, lo que podría indicar una mejora en la

disponibilidad de agua hacia abril, tal vez debido a las lluvias estivales que frecuentemente se desarrollan en febrero o a una menor demanda hídrica. Se observan excepciones, como el árbol A44, donde el potencial hídrico a medio día es más negativo en abril, lo que podría sugerir un aumento en el estrés hídrico debido a condiciones puntuales del sitio.

Respecto a la conductancia estomática, la mayoría de los árboles muestran una disminución de enero a abril, lo que correspondería a una respuesta al estrés hídrico. Sin embargo, algunos árboles muestran un incremento hacia abril (A37, A47), lo que podría indicar adaptaciones locales o un ambiente más favorable para estos individuos en ese mes en específico. Sin embargo, dentro de la población estudiada, se observan casos específicos interesantes, entre ellos el árbol A44, que muestra valores de potencial hídrico de ramilla al mediodía más negativo en abril que en enero, lo que contrasta con la tendencia general de mejora de la población. Así mismo, los árboles A37 y B17 muestran un aumento de la conductancia estomática en abril, indicando una mejora en la actividad fotosintética de estos individuos, posiblemente vinculado a una mejor disponibilidad de agua o condiciones más favorables. Del mismo modo, los árboles B03 y B10 muestran valores muy negativos de potencial hídrico en pre-alba y medio día en ambas fechas, lo que sugiere que estos árboles estarían enfrentando un estrés más severo en comparación con otros. Así mismo, el árbol D28 posee una conductancia estomática elevada en enero ($396.88 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), la cual disminuye notablemente en abril, posiblemente debido a cambios puntuales en las condiciones ambientales. En el Anexo 13 se entregan los informes de Fisiología correspondientes al periodo de enero y abril 2024.

Tabla 5-20. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) medidos en enero y abril de 2024 en algarrobos de la Quebrada de Camar

Árbol	Enero 2024			Abril 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
A04	-1,55	-2,80	225,78	-1,25	-1,80	243,50
A07	-1,55	-2,60	227,93	-1,60	-2,55	214,70
A12*	-	-	287,05	-1,30	-	214,48
A17*	-	-	254,13	-	-	147,45
A21*	-	-	298,93	-	-	164,68
A22*	-	-	393,37	-	-	231,63
A30*	-	-	250,95	-	-	182,75
A31*	-1,70	-2,50	270,73	-	-	186,03
A33	-1,90	-2,30	238,08	-1,95	-2,45	150,83
A36	-1,65	-2,90	221,03	-1,90	-2,80	201,28
A37	-1,85	-2,90	242,50	-1,70	-1,90	263,08
A38*	-0,80	-1,50	350,98	-	-	226,03
A40	-1,95	-3,00	211,55	-2,00	-2,70	205,38
A41*	-1,00	-1,10	305,98	-	-	263,33

Tabla 5-20. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) medidos en enero y abril de 2024 en algarrobos de la Quebrada de Camar

Árbol	Enero 2024			Abril 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)
A43*	-	-	271,53	-	-	267,55
A44	-1,65	-2,80	226,15	-1,50	-2,90	216,13
A47	-1,95	-2,45	194,48	-1,50	-2,30	289,15
A58	-1,55	-1,85	324,18	-1,35	-2,20	222,03
B02*	-	-	197,68	-	-	165,50
B03	-2,85	-3,60	154,93	-2,65	-2,70	166,45
B04	-2,60	-3,40	207,35	-2,40	-3,60	170,53
B09	-2,65	-2,75	271,08	-1,95	-2,30	267,80
B10	-3,25	-3,30	165,43	-2,95	-3,05	143,55
B11	-2,65	-2,90	223,05	-2,60	-3,40	186,80
B17	-2,10	-2,80	306,78	-1,95	-2,45	329,58
B20	-1,65	-2,10	371,15	-1,45	-2,05	373,53
B21	-1,25	-2,85	302,88	-1,65	-2,95	252,25
C58*	-	-	213,63	-	-	51,30
D28*	-1,50	-1,80	396,88	-	-	249,88
AX01*	-1,20	-1,30	265,90	-	-	271,58
AX02*	-	-	192,55	-	-	203,05

*: árboles no medidos en alguno de los dos periodos por falta de ramillas

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.1.4.5.1.1 Comparación de algarrobos de la Serie A y Series B-C

La Tabla 5-21 presenta los resultados registrados en la Tabla 5-20 pero agrupando los promedios de la serie A v/s los de las series B y C.

El potencial hídrico en pre-alba y medio día, medidos en la serie A tienen valores significativamente menos negativos en comparación con la serie B-C en ambos periodos, lo que indicaría que los ejemplares de la serie A manejan de mejor manera el estrés hídrico nocturno y durante el medio día que los árboles de las series B-C. Respecto a la conductancia estomática, no se observan diferencias significativas entre las series.

Respecto a los cambios a nivel temporal, los valores promedio del potencial hídrico medido a en pre-alba mejoran ligeramente de enero (-1,91 MPa) a abril (-1,87 MPa); indicando una posible menor demanda hídrica debido a la disminución de las temperaturas o un aumento en la disponibilidad de agua en el suelo. Por otra parte, en el potencial hídrico medido a medio día, no se observan cambios significativos entre enero y abril (-

2,62 MPa y -2,59 MPa respectivamente); lo que indicaría que las condiciones ambientales a medio día se mantendrían constantes en el tiempo.

Por otra parte, la conductancia estomática disminuye significativamente entre enero ($257,47 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y abril ($214,19 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), lo que puede interpretarse como una respuesta adaptativa de los árboles para reducir la pérdida de agua a través de la transpiración en abril, posiblemente en preparación para el inicio de un período más seco.

Tabla 5-21. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs)

Serie	Enero 2024			Abril 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
A	$1,59 \pm 0,10 \text{ a}$	$-2,39 \pm 0,18 \text{ a}$	$266,40 \pm 12,32 \text{ a}$	$-1,61 \pm 0,09 \text{ a}$	$-2,40 \pm 0,13 \text{ a}$	$216,11 \pm 9,48 \text{ a}$
B-C	$-2,38 \pm 0,23 \text{ b}$	$-2,96 \pm 0,17 \text{ b}$	$241,39 \pm 21,91 \text{ a}$	$-2,20 \pm 0,19 \text{ b}$	$-2,81 \pm 0,19 \text{ a}$	$210,73 \pm 30,14 \text{ a}$
Promedio*	$-1,91 \pm 0,14$	$-2,62 \pm 0,14$	$257,47 \pm 11,73$	$-1,87 \pm 0,12$	$-2,59 \pm 0,12$	$214,19 \pm 12,03$

*Valores promedio corresponden a las medias ± 1 Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según la prueba de Kruskal Wallis (Ψ_{pa} y Ψ_{md}) y DGC (gs) de separación de medias.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2024), Anexo 13.

5.1.4.5.1.2 Comparación de Algarrobos según su ubicación respecto de la tubería de agua superficial

En la Tabla 5-22 se muestran los resultados obtenidos, comparando los individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería para las mediciones realizadas en enero y abril 2024.

Respecto al potencial hídrico en pre-alba, tanto en enero como en abril los árboles ubicados aguas debajo de la tubería presentaron valores menos negativos, pero solamente en enero estas diferencias fueron significativas. Este comportamiento, indicaría que los individuos ubicados aguas abajo estarían enfrentando un menor estrés hídrico nocturno, posiblemente debido a una mejor condición hídrica en el sector.

Al observar los valores del potencial hídrico al medio día, se aprecia que tanto en enero como en abril no hay diferencias significativas al comparar los árboles aguas arriba y aguas debajo de la tubería. Lo que sugiere que, durante las horas de mayor estrés hídrico, ambos grupos enfrentan condiciones similares.

Respecto a la conductancia estomática, a pesar de que se observa una reducción en abril, esta diferencia no es significativa.

Tabla 5-22. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial

Ubicación respecto de la tubería	Enero 2024			Abril 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Aguas arriba	$-1,92 \pm 0,16 \text{ b}$	$-2,54 \pm 0,17 \text{ a}$	$250,77 \pm 12,88 \text{ a}$	$-1,97 \pm 0,13 \text{ a}$	$-2,65 \pm 0,12 \text{ a}$	$223,03 \pm 15,53 \text{ a}$
Aguas abajo	$-1,58 \pm 0,04 \text{ a}$	$-2,43 \pm 0,22 \text{ a}$	$279,83 \pm 21,56 \text{ a}$	$-1,38 \pm 0,11 \text{ a}$	$-2,18 \pm 0,38 \text{ a}$	$203,81 \pm 10,63 \text{ a}$
Promedio*	$-1,85 \pm 0,13$	$-2,52 \pm 0,14$	$260,15 \pm 11,22$	$-1,87 \pm 0,12$	$-2,59 \pm 0,12$	$216,83 \pm 11,07$

Tabla 5-22. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial

Ubicación respecto de la tubería	Enero 2024			Abril 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)

*Valores promedio corresponden a las medias ± 1 Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según la prueba DGC de separación de medias.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2024), Anexo 13.

5.1.4.5.2 Segundo semestre

En la Tabla 5-23, se presentan los valores de potencial hídrico de ramilla medidos en pre-alba (Ψ_{pa}) y mediodía (Ψ_{md}), en julio y octubre de 2024. En julio, los valores de la población objetivo (serie A) fluctuaron entre -1,2 y -2,75 MPa en Ψ_{pa} , entre -2,2 y -2,65 MPa en Ψ_{md} , y entre 84,58 y 191,13 mmol m⁻² s⁻¹ en gs. En octubre, de la población objetivo (serie A) fluctuaron entre -0,8 y -1,7 MPa en pre-alba (Ψ_{pa}), entre -1,05 y -2,9 MPa en mediodía (Ψ_{md}), y entre 107,00 y 383,87 mmol m⁻² s⁻¹ en conductancia estomática (gs). Con el objetivo de evaluar la población objetivo (individuos de la Serie A) a los cuales se les ha implementado un sistema de riego con otros ejemplares emplazados aguas arriba de la tubería superficial sin sistema de riego, se midieron los mismos parámetros cuyos resultados son presentados en conjunto en la Tabla 5-23. En Anexo 13 se entregan los informes de fisiología correspondientes al periodo de julio y octubre 2024.

Tabla 5-23. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) medidos en enero y abril de 2023 en algarrobos de la Quebrada de Camar

Árbol	Julio 2024			Octubre 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)
A04*	-	-	-	-	-	150,08
A07	-1,65	-2,40	185,75	-0,90	-1,60	187,70
A12*	-	-	-	-0,80	-1,30	266,43
A17*	-	-	-	-	-	383,87
A21*	-	-	-	-	-	-
A22*	-	-	-	-	-	-
A30*	-	-	-	-	-	-
A31*	-	-	-	-	-	-
A33	-2,55	-2,40	84,58	-1,60	-1,05	278,73
A36	-2,75	-2,60	115,80	-1,25	-1,55	112,60
A37	-1,20	-2,20	191,13	-1,20	-1,80	152,25
A38*	-	-	-	-	-	-
A40*	-	-	-	-1,20	-2,00	205,23

Tabla 5-23. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), potencial hídrico de ramilla de mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) medidos en enero y abril de 2023 en algarrobos de la Quebrada de Camar

Árbol	Julio 2024			Octubre 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)
A41*	-	-	-	-	-	-
A43*	-	-	-	-	-	154,90
A44	-2,70	-2,65	122,20	-1,10	-2,40	107,00
A47*	-	-	101,05	-1,15	-2,10	227,50
A58	-2,00	-2,40	120,67	-1,70	-2,90	225,28
B02*	-	-	-	-	-	282,23
B03	-3,45	-3,00	95,90	-2,25	-2,60	109,10
B04	-2,90	-2,90	87,90	-2,30	-3,25	117,48
B09	-2,85	-2,65	132,25	-1,80	-2,40	130,05
B10	-3,50	-3,55	82,10	-1,50	-2,80	154,45
B11	-2,90	-3,50	76,90	-3,10	-3,90	89,45
B17	-2,65	-2,25	122,97	-2,75	-3,20	195,35
B20	-1,00	-2,00	61,85	-	-	260,00
B21	-2,75	-3,30	133,55	-2,25	-3,70	152,93
C58*	-	-	-	-	-	-
D28*	-	-	-	-	-	-
AX01*	-	-	-	-1,20	-2,00	321,00
AX02**	-3,80	-	-	-	-	-

*: árboles no medidos por falta de ramillas

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2024), Anexo 13.

5.1.4.5.2.1 Comparación de algarrobos de la Serie A y Series B-C

La Tabla 5-24 presenta los resultados registrados en la Tabla 5-23 pero agrupando los promedios de la serie A v/s los de las series B y C. En julio 2024, no se encontraron diferencias significativas al comparar el potencial hídrico en pre-alba ($p=0,1424$), sin embargo, al comparar con un nivel de confianza del 90%, Ψ_{md} y gs muestran diferencias ($p=0,0534$ y $p=0,0903$, respectivamente). Se alcanzaron los valores más bajos en los árboles de la serie B (-2,89 MPa para Ψ_{md} y 99,18 mmol m⁻² s⁻¹ para gs), mientras que para el Ψ_{pa} se alcanza una media de -2,49 MPa. Por otro lado, en octubre 2024 se encontraron diferencias significativas al comparar el potencial hídrico en pre-alba ($p=0,0002$) y mediodía ($p=0,0005$), con los valores más bajos en los árboles de las series B-C (-2,28 y -3,12 MPa para Ψ_{pa} y Ψ_{md} , respectivamente). Por el contrario, no se encontraron diferencias al comparar la conductancia estomática ($p=0,2535$) alcanzando una media de 187,74 mmol m⁻² s⁻¹.

Tabla 5-24. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs)

Serie	Julio 2024			Octubre 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)
A	-2,14±0,26 a	-2,44±0,07 a	131,60±15,49 a	-1,21±0,10 a	-1,86±0,19 a	204,30±22,84 a
B-C	-2,75±0,27 a	-2,89±0,20 b	99,18±9,60 b	-2,28±0,20 b	-3,12±0,21 b	165,67±22,44 a
Promedio*	-2,49±0,20	-2,70±0,13	114,31±9,55	-1,68±0,17	-2,41±0,21	187,74±16,39

*Valores promedio corresponden a las medias ± 1 Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según la prueba de Kruskal Wallis (Ψ_{pa} y Ψ_{md}) y DGC (gs) de separación de medias.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2024), Anexo 13.

5.1.4.5.2.2 Comparación de algarrobos según su ubicación respecto de la tubería de agua superficial

Al analizar los datos de la Tabla 5-25, comparando los individuos ubicados agua arriba de la tubería y aguas abajo. En julio 2024 se encontraron diferencias significativas solo en gs ($p=0,0402$), alcanzando los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba (109.2 mmol m⁻² s⁻¹). Por el contrario, no se encontraron diferencias entre ambos grupos de árboles en Ψ_{pa} ($p=0,2367$) y Ψ_{md} ($p=0,5440$). Las variables de potencial hídrico alcanzan un valor promedio de -2,49 MPa para Ψ_{pa} y -2,7 MPa para Ψ_{md} . En octubre 2024 no se encontraron diferencias significativas en ninguna variable, alcanzando valores promedio de -1,65 MPa para Ψ_{pa} ($p=0,0687$), -2,39 MPa para Ψ_{md} ($p=0,0880$) y 193,8 mmol m⁻² s⁻¹ ($p=0,1644$). Es importante señalar que los valores de potencial hídrico observados en el grupo de árboles aguas abajo se basa en solo dos datos, lo que limita la capacidad de realizar comparaciones significativas y de obtener conclusiones robustas.

Tabla 5-25. Potencial hídrico de ramilla en pre-alba (Ψ_{pa}), mediodía (Ψ_{md}) y conductancia estomática (gs) para individuos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la tubería de agua superficial

	Julio 2024			Octubre 2024		
	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Ψ_{pa} (MPa)	Ψ_{md} (MPa)	gs (mmol m ⁻² s ⁻¹)
Aguas arriba	-2,55±0,21 a	-2,72±0,14 a	109,20±8,67 b	-1,76±0,16 a	-2,51±0,21 a	181,97±16,56 a
Aguas abajo	-1,65±0,00 a	-2,40±0,00 a	185,75±0,00 a	-0,85±0,05 a	-1,45±0,15 a	247,02±51,66 a
Promedio*	-2,49±0,20	-2,70±0,13	114,31±9,55	-1,65±0,16	-2,39±0,20	193,80±16,76

*Valores promedio corresponden a las medias ± 1 Error Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según la prueba DGC de separación de medias.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025. en base a resultados de Laboratorio SAP, UChile (2024), Anexo 13.

5.1.4.6 Estimación de la biomasa

5.1.4.6.1 Primer semestre

La estimación de la biomasa en la campaña de enero de 2024 da cuenta de 256 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 190 árboles (74,30%).

Los 66 árboles (27,3%) restantes se encuentran desaparecidos, incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 71,60% de los árboles (136 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 28,40% restante (54 árboles) actualmente no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en la Tabla 5-26, la mayor parte de los individuos (79,40%, 151 árboles) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm y 2,6 a 5 cm) con alturas medias que no superan los 0,62 m. Los individuos de mayor tamaño (> 20 cm de diámetro) sólo representan el 8,90% (17 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 6,5 m de altura.

La mayoría de los individuos (90,0%, 171 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), cuyo número promedio fluctúa entre 2 y 259 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,6684 m² para el total de la población, en donde el 72,60% de esta lo acumulan ocho individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,06 y 111,69 m², mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m² de área de copa.

Solo un 7,40% de los árboles medidos (14 árboles) registraron frutos, concentrándose en tres árboles de gran tamaño (Dbe>62,5 cm) pertenecientes a la serie B.

En Anexo 14 se entregan los informes de biomasa correspondientes al periodo de enero y abril 2024.

Tabla 5-26. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – enero 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media (m)			Área basal acumulada (m2)			Área de copa (m2)		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
0-2,5	6,8	3,8	5,9	0,13	0,08	0,11	0,0129	0,0029	0,0158	0,07	0,03	0,06
2,6-5	11,7	7,9	10,2	0,65	0,57	0,62	0,0158	0,0073	0,0231	1,42	1,37	1,40
5,1-7,5	20,0	21,0	20,3	0,52	0,78	0,60	0,0048	0,0031	0,0079	1,33	3,03	1,90
7,6-10	34,7	6,5	23,4	0,94	1,39	1,12	0,0178	0,0135	0,0313	2,58	3,81	3,07
10,1-12,5	31,5	-	31,5	1,25	-	1,25	0,0587	-	0,0587	5,87	-	5,87
12,6-15	3,0	22,0	12,5	0,94	0,53	0,74	0,0154	0,0132	0,0286	8,71	1,53	5,12
15,1-17,5	12,0	7,0	9,5	1,63	0,60	1,12	0,0209	0,0207	0,0416	5,99	0,75	3,37
17,6-20	133,3	11,0	102,8	1,80	1,67	1,77	0,0861	0,0248	0,1109	12,31	5,45	10,60
20,1-22,5	15,0	1,0	8,0	2,22	0,93	1,58	0,0376	0,0337	0,0713	25,39	2,73	14,06
22,6-25	6,0	-	6,0	2,40	-	2,40	0,1744	-	0,1744	17,40	-	17,40
25,1-27,5	2,3	-	2,3	3,00	-	3,00	0,1665	-	0,1665	18,40	-	18,40
27,6-30	1,0	6,0	3,5	3,55	2,10	2,83	0,0697	0,0632	0,1329	19,84	12,46	16,15

Tabla 5-26. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – enero 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media (m)			Área basal acumulada (m2)			Área de copa (m2)		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
40,1-42,5	13,0	-	13,0	2,4	-	2,4	0,1279	-	0,1279	42,10	-	42,10
50,1-52,5	1,0	-	1,0	3,5	-	3,5	0,2043	-	0,2043	45,25	-	45,25
60,1-62,5	7,0	-	7,0	4,5	-	4,5	0,3036	-	0,3036	54,10	-	54,10
62,6-65,0	1,0	-	1,0	5,1	-	5,1	0,3187	-	0,3187	102,64	-	102,64
65,1-67,5	23,0	-	23,0	5,25	-	5,25	0,3356	-	0,3356	111,69	-	111,69
80,1-82,5	2,0	-	2,0	6,5	-	6,5	0,5153	-	0,5153	88,42	-	88,42
Total/Media	11,8	5,2	9,9	0,66	0,31	0,56	2,4860	0,1824	2,6684	5,39	0,82	4,09

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

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Fuente: Cuadro1, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (enero 2024)

La Tabla 5-27 presenta la biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) de la población de árboles estudiada.

La biomasa aérea alcanza los 8.357,96 kg para el total de la población medida (136 árboles “Vivos” y 54 árboles “Secos”), con un valor promedio por individuos de 43,99 kg. El 95,70% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 4,3% restante a individuos secos.

El 77,6% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 51,0 y los 81,0 cm y con alturas que van entre los 3,5 m hasta 6,5 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001; ver capítulo 1.3).

La biomasa total de frutos (peso húmedo) alcanza los 49,72 kg distribuida en 14 individuos de la Serie A y B, en donde un 70,2% se concentra en tres individuos de gran tamaño (>62,5 cm) de la Serie B. Es importante señalar que un 92,8% de los individuos (13 árboles) que presentan frutos, registraron frutos en la medición de enero de 2024.

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 9,9% corresponde al fuste, 87,3% a ramas, 2,8% a hojas. Es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos. Esto debido a que, en el caso de aquellos secos, no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Por otro lado, se excluyó del análisis la biomasa de frutos ya que no se registró presencia de estos en todos los individuos de la población.

Tabla 5-27. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) – enero 2024

Rango Dbe (cm)	N° Individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total
0-2,5	94	39	133	16,74	4,03	20,77	14,37	2,88	17,25	2,3	-	2,3	-	-	-	15,49	3,63	19,12
2,6-5,0	11	7	18	13,08	6,31	19,39	32,4	13,94	46,34	3,28	-	3,28	-	-	-	28,54	11,77	40,31
5,1-7,5	2	1	3	3,52	3,1	6,62	4,51	0,26	4,77	0,82	-	0,82	-	-	-	9,5	6,55	16,05
7,6-10,0	3	2	5	8,75	6,17	14,92	0,97	0,59	1,56	1,02	-	1,02	-	-	-	44,46	29,47	73,93
10,1-12,5	6	-	6	33,18	-	33,18	6,86	-	6,86	5,8	-	5,8	-	-	-	138,54	-	138,54
12,6-15,0	1	1	2	9,22	3,82	13,04	1,86	1,39	3,25	0,87	-	0,87	-	-	-	40,43	31,06	71,49
15,1-17,5	1	1	2	6,64	11,6	18,24	0,02	3,2	3,22	1,04	-	1,04	-	-	-	37,93	54,36	92,29
17,6-20,0	3	1	4	25,47	7,46	32,93	0,62	0,72	1,34	6,43	-	6,43	4,1	-	4,1	156,14	44,96	201,1
20,1-22,5	1	1	2	11,07	7,58	18,65	0,24	7,96	8,2	4,83	-	4,83	-	-	-	68,17	79,24	147,41
22,6-25,0	4	-	4	50,98	-	50,98	15,68	-	15,68	15,15	-	15,15	0,71	-	0,71	305,47	-	305,47
25,1-27,5	3	-	3	50,56	-	50,56	104,17	-	104,17	14,16	-	14,16	0,09	-	0,09	392,5	-	392,5
27,6-30,0	1	1	2	22,49	14,92	37,41	28,94	9,47	38,41	5,73	-	5,73	0,04	-	0,04	139,08	99,55	238,63
40,1-42,5	1	-	1	24,7	-	24,7	27,18	-	27,18	7,91	-	7,91	3,43	-	3,43	138,93	-	138,93
50,1-52,5	1	-	1	43,73	-	43,73	617,09	-	617,09	10,86	-	10,86	1,56	-	1,56	782,56	-	782,56
60,1-62,5	1	-	1	71,35	-	71,35	549,73	-	549,73	17,42	-	17,42	4,84	-	4,84	833,83	-	833,83
62,6-65,0	1	-	1	85,58	-	85,58	1.755,89	-	1.755,89	32,51	-	32,51	11,41	-	11,41	1.578,47	-	1.578,47
65,1-67,5	1	-	1	90,99	-	90,99	2.096,31	-	2.096,31	37,67	-	37,67	18,2	-	18,2	1.757,61	-	1.757,61
80,1-82,5	1	-	1	160,93	-	160,93	1.145,75	-	1.145,75	36,98	-	36,98				1.529,72	-	1.529,72
Total	136	54	190	728,98	64,99	793,97	6.402,59	40,41	6.443,00	204,77	7,81	294,77	49,72	-	49,72	7.997,37	360,59	8.357,96

Tabla 5-27. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) – enero 2024

Rango Dbe (cm)	N° Individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001).

Fuente: Cuadro 6, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (enero 2024)

La estimación de la biomasa en abril de 2024 presenta 261 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 191 árboles (73,10%). Los 70 árboles (26,8%) restantes no pudieron ser ubicarlos o se encuentran incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 70,2% de los árboles (134 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 29,8% restante (57 árboles) actualmente no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en la Tabla 5-28, la mayor parte de los individuos (80,1%, 153 árboles) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm, 2,6 a 5 cm) con alturas medias que no superan los 56 cm. Los individuos de mayor tamaño (>20 cm) sólo representan el 9,9% (19 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 6,0 m de altura.

La mayoría de los individuos (86,3%, 165 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), cuyo número promedio fluctúa entre 2 y 259 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,7292 m² para el total de la población, en donde el 74,60% de esta lo acumulan nueve [9] individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,06 y 112,49 m², mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m² de área de copa.

Tabla 5-28. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de Algarrobo – abril 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media			N° Vástagos promedio			Altura media		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
0-2,5	6,0	4,1	5,4	0,14	0,09	0,12	0,0145	0,0057	0,0202	0,08	0,04	0,06
2,6-5,0	14,1	6,7	12,3	0,40	0,56	0,44	0,0206	0,0063	0,0269	0,46	2,23	0,87
5,1-7,5	34,0	18,0	30,0	0,71	0,68	0,70	0,0092	0,0025	0,0117	1,78	3,28	2,16
7,6-10,0	15,7	2,5	10,4	0,88	1,74	1,22	0,0186	0,0134	0,0320	3,55	5,34	4,27
10,1-12,5	25,5	-	25,5	1,57	-	1,57	0,0173	-	0,0173	9,16	-	9,16
12,6-15,0	8,0	21,0	12,3	1,71	0,48	1,30	0,0270	0,0132	0,0402	9,98	1,73	7,23
15,1-17,5	12,0	4,0	8,0	1,67	0,56	1,12	0,0193	0,0182	0,0375	6,46	0,63	3,54
17,6-20,0	69,5	1,0	46,7	2,01	0,97	1,66	0,0557	0,0314	0,0871	11,93	2,98	8,95
20,1-22,5	92,0	8,0	71,0	1,82	1,78	1,81	0,1086	0,0357	0,1443	17,60	7,74	15,13
22,6-25,0	3,0	-	3,0	2,02	-	2,02	0,1731	-	0,1731	10,61	-	10,61
25,1-27,5	3,5	-	3,5	3,20	-	3,20	0,1014	-	0,1014	25,27	-	25,27
27,6-30,0	4,7	4,0	4,5	3,08	2,61	2,97	0,1930	0,0672	0,2602	26,97	13,62	23,63
47,6-50,0	1,0	-	1,0	3,72	-	3,72	0,1810	-	0,1810	38,90	-	38,90

Tabla 5-28. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – abril 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media			N° Vástagos promedio			Altura media		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
60,1–62,5	6,0	-	6,0	5,6	-	5,6	0,2862	-	0,2862	54,44	-	54,44
67,6–70,0	10,5	-	10,5	5,9	-	5,9	0,7558	-	0,7558	112,49	-	112,49
82,6–85,0	1,0	-	1,0	6,00	-	6,00	0,5542	-	0,5542	111,84	-	111,84
Total/Media [¶]	11,1	4,9	9,3	0,69	0,31	0,58	2,5355	0,1936	2,7291	5,65	0,98	4,26

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

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Fuente: Cuadro 1, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (abril 2024)

La Tabla 5-29 presenta la biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) de la población de árboles estudiada.

La biomasa aérea alcanza los 7.847,87 kg para el total de la población medida (134 árboles “Vivos” y 57 árboles “Secos”), con un valor promedio por individuos de 41,08 kg. El 95,7% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 4,3% restante a individuos secos.

El 76,4% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 48 y 84 cm y con alturas que van entre los 3,7 m hasta 6,2 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001; ver capítulo 1.3).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 12,6% corresponde al fuste, 83,7% a ramas, 3,7% a hojas, es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos, esto debido a que, en el caso de aquellos secos, no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Por otro lado, se excluyó del análisis la biomasa de frutos ya que no se registró presencia de estos.

Tabla 5-29. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*). – abril 2024

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total
0-2,5	84	43	127	16,94	7,06	24,00	17,12	6,28	23,40	2,73	1,01	3,74	-	-	-	21,51	7,54	29,05
2,6-5,0	20	6	26	14,85	4,66	19,51	39,40	11,83	51,23	4,27	1,24	5,51	-	-	-	26,67	7,36	34,03
5,1-7,5	3	1	4	4,56	1,37	5,93	5,01	4,73	9,74	0,97	0,57	1,54	-	-	-	15,26	3,84	19,10
7,6-10,0	3	2	5	9,99	6,95	16,94	-	0,08	0,08	1,15	2,59	3,74	-	-	-	35,63	25,94	61,57
10,1-12,5	2	-	2	9,75	-	9,75	0,72	-	0,72	3,12	-	3,12	-	-	-	33,27	-	33,27
12,6-15,0	2	1	3	11,96	3,78	15,74	-	-	-	3,93	0,12	4,05	-	-	-	51,92	25,45	77,37
15,1-17,5	1	1	2	6,38	4,71	11,09	0,01	-	0,01	1,11	-	1,11	-	-	-	35,05	33,06	68,11
17,6-20,0	2	1	3	17,53	5,46	22,99	0,64	-	0,64	4,52	0,32	4,84	-	-	-	101,01	56,97	157,98
20,1-22,5	3	1	4	29,71	9,65	39,36	0,39	0,14	0,53	9,20	1,40	10,60	-	-	-	194,29	64,82	259,11
22,6-25,0	4	-	4	47,14	-	47,14	11,47	-	11,47	9,11	-	9,11	-	-	-	302,33	-	302,33
25,1-27,5	2	-	2	37,10	-	37,10	54,43	-	54,43	12,04	-	12,04	-	-	-	240,69	-	240,69
27,6-30,0	3	1	4	57,61	17,52	75,13	154,04	16,84	170,88	19,66	3,07	22,73	-	-	-	457,08	110,49	567,57
47,6-50,0	1	-	1	42,71	-	42,71	258,09	-	258,09	10,10	-	10,10	-	-	-	488,60	-	488,60
60,1-62,5	1	-	1	89,51	-	89,51	490,60	-	490,60	21,22	-	21,22	-	-	-	788,23	-	788,23
67,6-70,0	2	-	2	228,75	-	228,75	3.077,47	-	3.077,47	83,23	-	83,23	-	-	-	3.263,09	-	3.263,09
82,6-85,0	1	-	1	149,42	-	149,42	1.041,82	-	1.041,82	42,40	-	42,40	-	-	-	1.457,77	-	1.457,77
Total	134	57	191	773,91	61,16	835,07	5.151,21	39,90	5.191,11	228,76	10,32	239,08	-	-	-	7.512,40	335,47	7.847,87

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001).

Tabla 5-29. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*). – abril 2024

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total

Fuente: Cuadro 6, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (abril 2024)

5.1.4.6.2 Segundo semestre

La estimación de la biomasa en la campaña de julio de 2024 da cuenta de 261 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 189 árboles (72,40%). Los 72 árboles (27,5%) restantes se encuentran desaparecidos, incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 84,7% de los árboles (160 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 15,3% restante (29 árboles) actualmente no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en la Tabla 5-30, la mayor parte de los individuos (78,3%, 148 árboles) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm, 2,6 a 5 cm) con alturas medias que no superan los 46 cm. Los individuos de mayor tamaño (>20 cm) sólo representan el 9,5% (18 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 6,2 m de altura.

La mayoría de los individuos (89,9%, 170 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), cuyo número promedio fluctúa entre 2 y 77 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,7637 m² para el total de la población, en donde el 75,2% de esta lo acumulan nueve individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,05 y 109,29 m², mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m² de área de copa.

Tabla 5-30. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de Algarrobo – julio 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media (m)			Área basal acumulada (m ²)			Área de copa (m ²)		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
0-2,5	6,20	2,90	5,80	0,09	0,15	0,10	0,0203	0,0026	0,0229	0,04	0,12	0,05
2,6-5,0	11,00	5,00	9,40	0,43	0,54	0,46	0,0202	0,0066	0,0268	0,74	1,36	0,9
5,1-7,5	16,30	14,30	15,30	0,54	0,88	0,80	0,0078	0,0097	0,0175	0,52	1,66	1,29
7,6-10,0	20,50	8,00	16,30	0,70	2,04	1,15	0,0092	0,0063	0,0155	1,97	7,44	3,79
10,1-12,5	13,00	-	13,00	1,14	-	1,14	0,0472	-	0,0472	4,96	-	4,96
12,6-15,0	50,30	28,00	44,80	1,71	0,50	1,41	0,0388	0,013	0,0518	9,45	1,50	7,46
15,1-17,5	16,00	4,00	13,60	1,20	0,61	1,08	0,0834	0,0193	0,1027	5,45	0,57	4,47
20,1-22,5	4,50	-	4,50	2,04	-	2,04	0,0726	-	0,0726	13,78	-	13,78
22,6-25,0	9,30	-	9,30	2,17	-	2,17	0,1256	-	0,1256	12,02	-	12,02
25,1-27,5	2,50	-	2,50	2,80	-	2,80	0,2027	-	0,2027	18,6	-	18,6
27,6-30,0	13,00	-	13,00	2,33	-	2,33	0,1321	-	0,1321	18,5	-	18,5
30,1-32,5	1,00	-	1,00	3,50	-	3,50	0,0779	-	0,0779	24,03	-	24,03

Tabla 5-30. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – julio 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media (m)			Área basal acumulada (m2)			Área de copa (m2)		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
32,6–35,0	6,00	-	6,00	2,60	-	2,60	0,0868	-	0,0868	14,17	-	14,17
47,6–50,0	1,00	-	1,00	3,75	-	3,75	0,1963	-	0,1963	33,98	-	33,98
60,1–62,5	8,00	-	8,00	4,90	-	4,90	0,296	-	0,296	47,48	-	47,48
62,6–65,0	24,00	-	24,00	5,70	-	5,70	0,3111	-	0,3111	109,29	-	109,29
65,1–67,5	1,00	-	1,00	6,20	-	6,20	0,3421	-	0,3421	81,37	-	81,37
82,6–85,0	1,00	-	1,00	6,00	-	6,00	0,6362	-	0,6362	84,67	-	84,67
Total/Media [□]	8,50	5,70	8,00	0,60	0,41	0,57	2,71	0,06	2,76	4,18	0,89	3,69

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

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Fuente: Cuadro 1, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (julio 2024)

La Tabla 5-31 presenta la biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) de la población de árboles estudiada.

La biomasa aérea alcanza los 8.458,82 kg para el total de la población medida (160 árboles “Vivos” y 29 árboles “Secos”), con un valor promedio por individuos de 44,75 kg. El 98,5% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 1,5% restante a individuos secos.

El 77,0% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 47 y los 84 cm y con alturas que van entre los 3,7 m hasta 6,2 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001; ver capítulo 1.3).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 11,5% corresponde al fuste, 85,6% a ramas, 2,8% a hojas, es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos, esto debido a que, en el caso de aquellos secos, no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Por otro lado, se excluyó del análisis la biomasa de frutos ya que no se registró presencia de estos.

Tabla 5-31. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*). – julio 2024

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			N° individuos		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total
0-2,5	105	16	121	24,42	3,25	27,67	25,21	3,17	28,38	3,86	0,48	4,34	-	-	-	23,59	3,11	26,7
2,6-5,0	20	7	27	18,47	6,16	24,63	38,37	11,98	50,35	4,62	1,45	6,07	-	-	-	33,12	10,37	43,49
5,1-7,5	3	3	6	5,39	5,52	10,91	4,31	0,91	5,22	1,03	1	2,03	-	-	-	14,34	21,93	36,27
7,6-10,0	2	1	3	4,15	3,45	7,6	0,77	0,06	0,83	0,36	1,53	1,89	-	-	-	23,98	12,37	36,35
10,1-12,5	5	-	5	22,64	-	22,64	4,47	-	4,47	3,69	-	3,69	-	-	-	102,87	-	102,87
12,6-15,0	3	1	4	18,75	3,75	22,5	3,69	2,3	5,99	5,04	0,11	5,15	-	-	-	82,29	32,39	114,68
15,1-17,5	4	1	5	24,33	10,93	35,26	10,53	4,54	15,07	3	-	3	-	-	-	185,41	46,95	232,36
20,1-22,5	2	-	2	20,75	-	20,75	3,85	-	3,85	5,1	-	5,1	-	-	-	134,46	-	134,46
22,6-25,0	3	-	3	37,08	-	37,08	50,64	-	50,64	8,53	-	8,53	-	-	-	281,1	-	281,1
25,1-27,5	4	-	4	62,22	-	62,22	82,44	-	82,44	17,78	-	17,78	-	-	-	400,54	-	400,54
27,6-30,0	2	-	2	32,4	-	32,4	30,96	-	30,96	7,64	-	7,64	-	-	-	225,54	-	225,54
30,1-32,5	1	-	1	23,83	-	23,83	36,53	-	36,53	6,63	-	6,63	-	-	-	159,19	-	159,19
32,6-35,0	1	-	1	20,56	-	20,56	4,72	-	4,72	3,29	-	3,29	-	-	-	148,89	-	148,89
47,6-50,0	1	-	1	45,29	-	45,29	417,5	-	417,5	8,83	-	8,83	-	-	-	635,7	-	635,7
60,1-62,5	1	-	1	77,3	-	77,3	690,34	-	690,34	16,74	-	16,74	-	-	-	931,88	-	931,88
62,6-65,0	1	-	1	96,64	-	96,64	1.804,37	-	1.804,37	39,72	-	39,72	-	-	-	1.640,96	-	1.640,96
65,2-67,5	1	-	1	115,69	-	115,69	1.435,03	-	1.435,03	31,84	-	31,84	-	-	-	1.558,00	-	1.558,00
82,6-85,0	1	-	1	162,99	-	162,99	1.387,89	-	1.387,89	31,26	-	31,26	-	-	-	1.749,84	-	1.749,84
Total	160	29	189	812,90	33,06	845,97	6.031,62	22,96	6.054,58	198,96	4,57	203,53	-	-	-	8.331,70	127,12	8.458,82

Tabla 5-31. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*). – julio 2024

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			N° individuos		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001).

Fuente: Cuadro 6, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (julio 2024)

La estimación de la biomasa en octubre de 2024 presenta 262 registros correspondientes a árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) (Series A, B, C, D) de los cuales fue posible ubicar y medir 195 árboles (74,4%). Los 67 árboles (25,6%) restantes se encuentran desaparecidos, incompletos o desprendidos de su raíz en el lugar (desenterrados) y no fue posible su medición en terreno. Un 43,1% de los árboles (84 árboles) medidos se encuentran vivos, presentando algún nivel de vitalidad en sus vástagos y el 56,9% restante (111 árboles) actualmente no presenta ramillas con hojas o estas están secas y la madera de la totalidad de sus vástagos se aprecia completamente seca.

Según lo presentado en la Tabla 5-32, la mayor parte de los individuos (80,5%, 157 árboles) se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (0 a 2,5 cm, 2,6 a 5 cm) con alturas medias que no superan los 70 cm. Los individuos de mayor tamaño (>20 cm) sólo representan el 6,7% (13 árboles) de la población y pueden alcanzar en promedio hasta los 6,05 m de altura.

La mayoría de los individuos (67,2%, 131 árboles) presentan más de un vástago (plurifustales), fluctuando entre los 2 y los 77 vástagos por individuo.

El área basal es baja, alcanzando los 2,5424 m² para el total de la población, en donde el 78,6% de esta lo acumulan ocho individuos de gran tamaño (Dbe>30 cm).

El promedio de las áreas de la copa fluctúa entre 0,060 y 88,704 m², mostrando una clara tendencia en su desarrollo en los individuos de mayor tamaño que son capaces de superar los 30 m² de área de copa.

Se registra la presencia de frutos en 14 individuos de la población (7,1% de los árboles medidos), distribuidos en las Series A y B, con diámetros basales entre 10,89 y 86,05 cm, y alturas entre 1,45 y 6,05 m.

Tabla 5-32. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – octubre 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media (m)			Área basal acumulada (m ²)			Área de copa (m ²)		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
0-2,5	2,20	1,80	2,00	0,17	0,09	0,12	0,005	0,0063	0,0113	0,106	0,031	0,06
2,6-5	5,00	4,50	4,50	0,59	0,71	0,7	0,0012	0,0133	0,0145	0,689	1,584	1,465
5,1-7,5	-	4,50	4,50	-	1,07	1,07	-	0,0193	0,0193	-	2,52	2,52
7,6-10	16,50	-	16,50	0,82	-	0,82	0,0213	-	0,0213	2,729	-	2,729
10,1-12,5	19,00	-	19,00	1,38	-	1,38	0,0361	-	0,0361	7,92	-	7,92
12,6-15	29,00	7,50	16,70	1,78	0,92	1,29	0,0392	0,0602	0,0994	6,823	2,05	4,096
15,1-17,5	6,50	-	6,50	2,03	-	2,03	0,0415	-	0,0415	11,103	-	11,103
17,6-20	4,00	-	4,00	2,55	-	2,55	0,0586	-	0,0586	11,342	-	11,342
20,1-22,5	9,00	-	9,00	2,09	-	2,09	0,0315	-	0,0315	19,007	-	19,007
22,6-25	4,00	-	4,00	3,2	-	3,2	0,0459	-	0,0459	16,152	-	16,152
25,1-27,5	5,00	-	5,00	2,95	-	2,95	0,1653	-	0,1653	18,589	-	18,589

Tabla 5-32. N° de vástagos promedio, altura media, área basal acumulado y área de copa promedio, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población del género *Neltuma* para ejemplares de algarrobo – octubre 2024

Rango Dbe (cm)	N° Vástagos promedio			Altura media (m)			Área basal acumulada (m2)			Área de copa (m2)		
	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Media	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos*	Media
27,6–30	10,00	-	10,00	3,04	-	3,04	0,1268	-	0,1268	24,891	-	24,891
30,1–32,5	-	4,00	4,00	-	2,45	2,45	-	0,0772	0,0772	-	13,43	13,43
57,6–60	9,00	-	9,00	5,5	-	5,5	0,2719	-	0,2719	45,41	-	45,41
60,1–62,5	7,00	-	7,00	4,38	-	4,38	0,5923	-	0,5923	71,255	-	71,255
65,1–67,5	1,00	-	1,00	6,05	-	6,05	0,3473	-	0,3473	88,704	-	88,704
85,1–87,5	1,00	-	1,00	5,7	-	5,7	0,5822	-	0,5822	80,863	-	80,863
Total/Media [□]	5,40	2,50	3,80	0,95	0,27	0,56	2,37	0,18	2,54	7,30	0,54	3,45

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

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Fuente: Cuadro 1, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género *Prosopis* emplazada en la Quebrada de Camar” (octubre 2024)

La Tabla 5-33 presenta la biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) de la población de árboles estudiada.

La biomasa aérea alcanza los 7.056,74 kg para el total de la población medida (84 árboles “Vivos” y 111 árboles “Secos”), con un valor promedio por individuos de 36,1 kg. El 95,4% de la biomasa proviene de individuos vivos y sólo el 4,6% restante a individuos secos.

El 78,7% de la biomasa aérea se concentra en cinco individuos monofustales de gran tamaño, con diámetros que van entre los 59 y los 87 cm y con alturas que van entre los 3,6 m hasta 6,05 m. Es importante señalar, que los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001; ver capítulo 1.3).

La biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 13,4% corresponde al fuste, 83,5% a ramas, 3,1% a hojas, es importante señalar que, para determinar específicamente estas proporciones por componente de biomasa, sólo se consideraron los individuos vivos, esto debido a que, en el caso de aquellos secos, no se sabe exactamente cuál es la proporción real de cada componente, ya que estos no presentan hojas. Los árboles registran una biomasa acumulada de frutos de 9,77 kg (Peso fresco), con valores entre los 0,08 kg/árbol y los 2,93 kg/árbol, alcanzando una media de 0,69 kg/árbol.

Tabla 5-33. Biomasa aérea promedio (kg) por componente y total, según vitalidad (vivos, secos) y rango de diámetro basal equivalente (Dbe) de la población de árboles del género *Neltuma* (ex *Prosopis*) – octubre 2024

Rango Dbe (cm)	N° individuos			Peso seco Fuste (kg)			Peso seco Ramas (kg)			Peso seco Hojas (kg)			Peso húmedo Frutos (kg)			Peso seco Total (kg)		
	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total	Vivos	Secos	Total
0-2,5	55	87	142	7,3	9,18	16,48	4,73	5,45	10,18	0,8	-	0,8	-	-	-	6,61	7,89	14,5
2,6-5	2	13	15	1,16	11,85	13,01	1,9	25,07	26,97	0,27	-	0,27	-	-	-	1,48	23,18	24,66
5,1-7,5	-	6	6	-	14,65	14,65	-	9,49	9,49	-	-	-	-	-	-	-	44,29	44,29
7,6-10	4	-	4	15,24	-	15,24	1,98	-	1,98	1,02	-	1,02	-	-	-	54,2	-	54,2
10,1-12,5	4	-	4	17,4	-	17,4	2,87	-	2,87	5,04	-	5,04	0,14	-	0,14	78,1	-	78,1
12,6-15	3	4	7	19,12	23,53	42,65	3,25	9,23	12,48	3,93	-	3,93	-	0,27	0,27	82,46	134,66	217,12
15,1-17,5	2	-	2	14,6	-	14,6	3,16	-	3,16	4,14	-	4,14	0,16	-	0,16	77,85	-	77,85
17,6-20	2	-	2	20,44	-	20,44	3,1	-	3,1	5,32	-	5,32	0,99	-	0,99	108,38	-	108,38
20,1-22,5	1	-	1	9,6	-	9,6	8,09	-	8,09	3,55	-	3,55	-	-	-	61,6	-	61,6
22,6-25	1	-	1	15,52	-	15,52	35,54	-	35,54	4,38	-	4,38	1,78	-	1,78	117,41	-	117,41
25,1-27,5	3	-	3	49,7	-	49,7	39,98	-	39,98	13,75	-	13,75	2,15	-	2,15	314,63	-	314,63
27,6-30	2	-	2	36,81	-	36,81	57,69	-	57,69	11,34	-	11,34	0,86	-	0,86	274,3	-	274,3
30,1-32,5	-	1	1	-	18,41	18,41	-	11,23	11,23	-	-	-	-	-	-	-	113,4	113,4
57,6-60	1	-	1	83,81	-	83,81	532,42	-	532,42	17,7	-	17,7	2,05	-	2,05	809,14	-	809,14
60,1-62,5	2	-	2	139,15	-	139,15	1.580,04	-	1.580,04	41,36	-	41,36	24,18	-	24,18	2.080,37	-	2.080,37
65,1-67,5	1	-	1	112,67	-	112,67	859,59	-	859,59	26,57	-	26,57	0,73	-	0,73	1.142,08	-	1.142,08
85,1-87,5	1	-	1	141,72	-	141,72	1.141,15	-	1.141,15	20,23	-	20,23	8,63	-	8,63	1.524,71	-	1.524,71
Total	84	111	195	684,24	77,62	761,86	4.275,49	60,47	4335,96	159,41	-	159,41	41,67	0,27	41,94	6.733,32	323,42	7.056,74

(-) No se registra información para la clase diamétrica o de vitalidad correspondiente.

Los valores de biomasa total no coinciden con la biomasa total obtenida mediante la suma de cada componente, debido al efecto de no aditividad de las funciones para cada componente (Parresol, 2001).

Fuente: Cuadro 6, Anexo 14 Informe “Estimación biomasa de una población del género Prosopis emplazada en la Quebrada de Camar” (octubre 2024).

5.2 Fauna

5.2.1 Riqueza y caracterización de especies

En la campaña realizada (abril 2024 y julio 2024) se registraron veintisiete [27] especies de fauna correspondientes a; 3 reptiles, 19 aves y 5 mamíferos (Anexo 17).

Todas las especies registradas son nativas, de las cuales una [1] es endémica, la cual pertenece a la Clase Reptilia (*Liolaemus fabiani*). Respecto a la categoría de conservación, 14 especies se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación, según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE; DS N° 2/2024). De estas, seis [6] se encuentran clasificadas en categorías de conservación de amenaza o casi amenazadas: la lagartija de la puna (*Liolaemus puna*) y el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), clasificadas como Casi Amenazada (DS N° 16/2016 MMA y DS 23/2019 MMA, respectivamente); la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) y el caití (*Recurvirostra andina*), las que se encuentran en categoría Vulnerable (DS N° 38/2015 MMA; DS N° 23/2019 MMA y DS N° 44/2021, respectivamente), y finalmente, la lagartija de Fabián (*L. fabiani*), clasificada En Peligro (DS N° 52/2014 MMA).

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

Fue posible detectar la presencia de 15 especies singulares de fauna; tres [3] reptiles, diez [10] aves y dos [2] mamíferos. Los criterios de singularidad de cada especie se muestran en la Tabla 5-34, y en el Anexo 16 se presenta un compilado de registros fotográficos de la presente campaña.

Tabla 5-34. Estado de conservación y singularidades de fauna observadas en la campaña 2024

Clase	Especie	Nombre común	Categoría RCE	BSE	Límite de distribución (*)	Distribución restringida (**)
Reptiles	<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	EN	SE	Si	Si
	<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	LC	SE	Si	No
	<i>Liolaemus puna</i>	Lagartija de la puna	NT	SE	Si	Si
Aves	<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	-	BS	No	No
	<i>Tringa melanoleuca</i>	Pitotoy grande	-	BS	No	No
	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	-	S	No	No
	<i>Agriornis micropterus</i>	Mero de Tarapacá	-	BSE	No	No
	<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	LC	BS	No	No
	<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	LC	BS	No	No
	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	NT	SE	No	No
	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande	VU	SE	No	No

Tabla 5-34. Estado de conservación y singularidades de fauna observadas en la campaña 2024

Clase	Especie	Nombre común	Categoría RCE	BSE	Límite de distribución (*)	Distribución restringida (**)
	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Parina chica	VU	SE	No	No
	<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	VU	BS	No	No
Mamíferos	<i>Ctenomys fulvus</i>	Tuco tuco de atacama	LC	S	No	No
	<i>Eligmodontia puerulus</i>	Ratita de pie sedoso	LC	S	Si	No

Categoría RCE= EN: En peligro; NT: Casi amenazada; VU: Vulnerable; LC: Preocupación menor. Criterio BSE= B: especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria. S: Especie catalogada con densidades poblacionales reducidas. E: Especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales; (*) Se añade límite de distribución de manera explícita como nueva singularidad a partir de abril 2023; (**) Se añade distribución restringida de manera explícita como nueva singularidad a partir de abril 2023.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.2.2 Estimación de la riqueza y abundancia

5.2.2.1 Transectos para la evaluación de reptiles

Mediante la metodología de transectos, fue posible estimar una riqueza de tres [3] especies de reptiles, de las cuales, la lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), registró la mayor abundancia con un promedio de 4 individuos/transecto, seguido del lagarto de Constanza (*Liolaemus constanzae*) y lagartija de la puna (*Liolaemus puna*) con 3 y 0,33 individuos/transecto, respectivamente.

L. constanzae, fue registrada en el sector Vega de Carvajal, Cruce Camar y Aguas de Quelana, en los hábitats de Rica rica – Pingo pingo y pajonal, siendo detectada en tres [3] de los diecisiete [17] transectos prospectados durante la campaña 2024. La abundancia promedio para esta especie en los distintos transectos fue de un [1] individuo/transecto (Tabla 5-35).

Por su parte, *L. fabiani*, fue registrada en uno [1] de los diecisiete [17] transectos realizados, detectándose en el sector Vegas de Carvajal. Esta especie fue observada en el ambiente pajonal. Al igual que en temporadas anteriores, su presencia en este hábitat indica que su actividad se encuentra asociada principalmente a sectores cercanos al salar y a cuerpos de agua presentes en estos ambientes. La abundancia promedio de esta especie fue de cuatro [4] individuos/transecto (Tabla 5-35).

Caso similar, ocurre con *L. puna*, la cual fue posible registrar su presencia en solo uno [1] de los diecisiete [17] transectos realizados, detectándose en el sector Aguas de Quelana en el hábitat Rica rica – Pingo pingo. La abundancia promedio de la especie fue de 0,33 individuos/transectos (Tabla 5-35).

Tabla 5-35. Abundancia de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama

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

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.2.2.2 Transectos para la evaluación de aves en ambientes terrestres

Durante la temporada 2024, a partir de evidencia directa (avistamiento), se obtuvieron registros para aves en nueve [9] de los 17 transectos realizados. Los avistamientos totales corresponden a seis [6] especies de aves pertenecientes a los órdenes Accipitriformes, Charadriiformes, Falconiformes y Passeriformes.

De las seis [6] especies, cuatro [4] pertenecen a aves de ambientes terrestres: el mero de Tarapacá (*Agriornis micropterus*), el carancho (*Phalcoboenus megalopterus*), el yal (*Rhoposopina fruticeti*), y el aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*). Las dos [2] especies restantes son semiacuáticas, las que corresponden al chorlo de la puna (*Charadrius alticola*), y al playero de Baird (*Calidris bairdii*). Estas aves fueron avistadas en los sectores de Vegas de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana, Cruce SQM y Peine, y en los cinco [5] ambientes identificados: Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo, pajonal, marginal salar y salar.

El chorlo de la puna (*C. alticola*), registró la mayor abundancia con 2,33 individuos/transecto, avistado en el sector de Peine, en el ambiente salar, seguido por el yal (*R. fruticeti*) con 2 individuos/transecto, los que fueron avistados en el sector Cruce SQM, en el ambiente Rica rica – Pingo pingo. Finalmente, para el chorlo

de la puna (*C. alticola*), se registró 1 individuo/transecto en el sector Cruce SQM, en el ambiente marginal salar.

El aguilucho (*G. polyosoma*), y el playero de Baird (*C. bairdii*) registraron una abundancia de 0,67 individuos/transecto cada uno, ambos en el sector cruce SQM, el primero en el ambiente Brea – Cachiyuyo, y el segundo en el ambiente marginal salar.

Las especies que registraron la menor abundancia corresponden al mero de Tarapacá (*A. micropterus*), en el sector Vegas de Carvajal, hábitat pajonal, el aguilucho (*G. polyosoma*) en el sector Cruce Camar, ambiente Brea – Cachiyuyo, y finalmente el carancho (*P. megalopterus*) en el sector Aguas de Quelana, ambiente Rica rica – Pingo pingo, y sector Cruce SQM, ambiente Brea – Cachiyuyo con 0,33 individuos/transecto cada uno (Tabla 5-36).

Tabla 5-36. Abundancia de aves en ambientes terrestres en el Salar de Atacama

Sector	Transecto	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	Sin registro	-	0
	2	Brea-Cachiyuyo	Sin registro	-	0
	3	Pajonal	<i>Agriornis micropterus</i>	1	0,33
	4	Marginal salar	Sin registro	-	0
Cruce Camar	5	Rica rica-Pingo pingo	Sin registro	-	0
	6	Brea-Cachiyuyo	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,33
	7	Pajonal	Sin registro	-	0
	8	Marginal salar	Sin registro	-	0
Aguas de Quelana	9	Rica rica-Pingo pingo	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	1	0,33
	10	Brea- Cachiyuyo	Sin registro	-	0
	11	Pajonal	Sin registro	-	0
	12	Marginal salar	Sin registro	-	0
Cruce SQM	13	Rica rica-Pingo pingo	<i>Rhopospina fruticeti</i>	6	2
	14	Brea-Cachiyuyo	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	2	0,67
			<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	1	0,33
	15	Pajonal	Sin registro	-	0
	16	Marginal salar	<i>Charadrius alticola</i>	3	1
			<i>Calidris bairdii</i>	2	0,67
Peine	17	Salar	<i>Charadrius alticola</i>	7	2,33

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.2.2.3 Censos para el muestreo de aves en ambientes acuáticos

Con relación al seguimiento de aves en ambientes acuáticos, durante la campaña realizada en abril y julio 2024 en los sectores de Soncor (Canal Burro Muerto, lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros), Aguas de Quelana y Peine (lagunas Interna, Saladita y Salada), fue posible identificar un total de 13 especies pertenecientes a los órdenes Anseriformes, Phoenicopteriformes, Charadriiformes y Passeriformes.

El sistema Soncor presentó una riqueza de 11 especies (excluyendo a *Tringa sp.*, y Phoenicopteriformes), donde el Canal Burro Muerto registró un total de nueve [9] especies, mientras que la laguna Barros Negros presentó una riqueza de seis [6] especies. Por otro lado, las lagunas con menor riqueza corresponden a Chaxa y Puilar con cuatro [4] especies cada una. Con respecto a la abundancia total por sistema, Soncor presentó la mayor abundancia con un total de 1.435 individuos, donde la mayor abundancia de aves de ambientes acuáticos fue registrada en el canal Burro Muerto con 584 individuos, seguido por la laguna Puilar registrando un total de 481 individuos y la laguna Chaxa con 247 individuos. La laguna con menor abundancia en el sector de Soncor correspondió a la laguna Barros Negros con 123 individuos registrados. Respecto a la abundancia por especie, en el Canal Burro Muerto la mayor abundancia fue registrada por la parina grande (*P. andinus*), con 173 individuos, seguido del pollito de mar tricolor (*P. tricolor*) con 118 individuos y el caití (*R. andina*) con 104 individuos. En la laguna Puilar la mayor abundancia corresponde a los flamencos no determinados (Phoenicopteriformes) con 223 individuos, seguido de la parina grande (*P. andinus*) con 150 individuos y finalmente el flamenco chileno (*P. chilensis*) con 68 individuos. En la laguna Chaxa la mayor abundancia fue registrada para flamencos no determinados con 133 individuos, seguido por el flamenco chileno (*P. chilensis*), con 65 individuos. Finalmente, la riqueza de la laguna Barros Negros registró seis [6] especies, donde el chorlo de la puna (*C. alticola*) registró la mayor abundancia con 50 individuos (Tabla 5-37).

En el sector Aguas de Quelana, se obtuvo una riqueza de nueve [9] especies, registrando una abundancia total de 166 individuos. La especie más abundante correspondió a la parina grande (*P. andinus*) con 80 individuos, seguida del caití (*R. andina*) con 20 individuos, y por el flamenco chileno (*P. chilensis*) con 19 individuos. La menor abundancia dentro del sistema lacustre Aguas de Quelana correspondió a la gaviota andina (*Chroicocephalus serranus*), el pato juarjual (*Lophonetta specularioides*) y el pitotoy grande (*Tringa melanoleuca*), con un [1] individuo para cada una de estas especies (Tabla 5-37).

Finalmente, en el sistema Peine, se registró una riqueza de siete [7] especies. Las lagunas con mayor número de especies corresponden a la laguna Salada e Interna con cinco [5] especies cada una, seguida de la laguna Saladita con cuatro [4] especies. Con respecto a la abundancia del sistema Peine, se registraron 364 individuos. Dentro del sistema Peine, la mayor abundancia de aves en ambientes acuáticos fue registrada en la laguna Salada, con un total de 211 individuos, seguida de la laguna Saladita con 134 individuos y finalmente la laguna Interna con 19 individuos. En la laguna Salada la mayor abundancia fue registrada por la parina grande (*P. andinus*) con un total de 117 individuos, seguida del flamenco chileno (*P. chilensis*) con 43 individuos. En la laguna Saladita, la especie más abundante, al igual que en la laguna Salada, corresponde a la parina grande (*P. andinus*) con 77 individuos, seguida de la parina chica (*P. jamesi*) con 40 individuos. Finalmente, en la laguna Interna las mayores abundancias la registraron la parina chica (*P. jamesi*) con siete [7] individuos, seguido del flamenco chileno (*P. chilensis*) con seis [6] individuos (Tabla 5-37).

Cabe mencionar que, durante la temporada de abril de 2024 se reportó la presencia de pollos de parina grande (*P. andinus*) en el Sistema Peine, donde CONAF y la comunidad realizaron censos. Frente a la presencia de estos individuos inmaduros, sin capacidad de volar, se decidió el cierre de las lagunas hasta finales de mayo 2024 (Anexo 2). En este escenario, el registro de estos individuos (pollos) no fue considerado en los cálculos de abundancia, debido al desconocimiento de la metodología utilizada, lo que impide homologarla con las realizadas en la presente campaña. Sin embargo, se consideró como información importante a tener presente para los análisis.

Tabla 5-37. Abundancia de aves acuáticas en los sistemas lacustres del área de estudio

Sistema	Sector	Especies observadas	Nombre común	N° individuos
Soncor	Canal Burro Muerto	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	49
		<i>Phoenicopteriformes sp*</i>	Flamencos no determinados*	1
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande	173
		<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	70
		<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	104
		<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	40
		<i>Phalaropus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor	118
		<i>Tringa melanoleuca</i>	Pitotoy grande	19
		<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico	1
		<i>Tringa sp**</i>	Pitotoy no determinado**	4
		<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	5
	Total Canal Burro Muerto			584
	Laguna Puilar	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	68
		<i>Phoenicopteriformes sp*</i>	Flamencos no determinados*	223
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande	150
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Parina chica	39
		<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	1
	Total Laguna Puilar			481
	Laguna Barros negros	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	12
		<i>Phoenicopteriformes sp*</i>	Flamencos no determinados**	20
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande	3
		<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	50
		<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	2
		<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird	29

Tabla 5-37. Abundancia de aves acuáticas en los sistemas lacustres del área de estudio

Sistema	Sector	Especies observadas	Nombre común	N° individuos
		Tringa sp**	Pitotoy no determinado**	3
		Chroicocephallus serranus	Gaviota andina	4
	Total laguna Barros Negros			123
	Laguna Chaxa	Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	65
		Phoenicopteriformes sp*	Flamencos no determinados*	133
		Phoenicoparrus andinus	Parina grande	28
		Charadrius alticola	Chorlo de la puna	7
		Calidris bairdii	Playero de Baird	14
	Total laguna Chaxa			247
Total Sistema Soncor				1.435
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	Lophonetta specularioides	Pato juarjua	1
		Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	19
		Phoenicopteriformes sp*	Flamencos no determinados*	14
		Phoenicoparrus andinus	Parina grande	80
		Charadrius alticola	Chorlo de la puna	16
		Recurvirostra andina	Caití	20
		Calidris bairdii	Playero de Baird	11
		Tringa melanoleuca	Pitotoy grande	1
		Chroicocephallus serranus	Gaviota andina	1
		Lessonia oreas	Colegial del norte	3
Total Aguas de Quelana				166
Peine	Laguna Interna	Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	6
		Phoenicoparrus andinus	Parina grande	1
		Phoenicoparrus jamesi	Parina chica	7
		Anarhynchus alticola	Chorlo de la puna	3
		Recurvirostra andina	Caití	2
	Total laguna Interna			19
	Laguna Saladita	Phoenicopterus chilensis	Flamenco chileno	16
		Phoenicoparrus andinus	Parina grande	77
		Phoenicoparrus jamesi	Parina chica	40
Chroicocephallus serranus		Gaviota andina	1	

Tabla 5-37. Abundancia de aves acuáticas en los sistemas lacustres del área de estudio

Sistema	Sector	Especies observadas	Nombre común	N° individuos
	Total laguna Saladita			134
	Laguna Salada	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjua	1
		<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	43
		<i>Phoenicopteriformes sp*</i>	Flamencos no determinados*	28
		<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande	117
		<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Parina chica	15
		<i>Recurvirostra andina</i>	Caití	7
	Total laguna Salada			211
	Pollos de flamencos**	<i>Phoenicoparrus andinus**</i>	Parina grande**	31**
Total sistema Peine				364
Abundancia total				1.965

(*) *Phoenicopteriformes sp.* y *Tringa sp.*, no fueron considerados en el recuento de riqueza por tratarse de individuos pertenecientes al orden *Phoenicopteridae* o al género *Tringa* sin identificar a nivel de especie. Lo anterior se debe a la lejanía con el punto de observación o por corresponder a individuos juveniles sin características diagnósticas para su identificación.

(**) Pollos de flamencos identificados fuera de metodología durante abril (recuento realizado por CONAF y por la comunidad de Peine). No fueron considerados en cálculos de abundancia; sin embargo, corresponde a información relevante para el análisis, por lo cual se deja constancia en el presente informe.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.2.2.4 Trampas Sherman para evaluación de micromamíferos

En la campaña realizada en abril y julio de 2024 en los sectores de Vegas de Carvajal y Aguas de Quelana, fue posible la captura de dos [2] especies pertenecientes a la Familia Cricetidae.

En el sector Vegas de Carvajal, se obtuvo la mayor cantidad de registros, con 19 individuos capturados. Con respecto a la riqueza, se obtuvo registro de dos [2] especies; lauchita de pie sedoso (*Eligmodontia puerulus*) y ratón andino (*Abrothrix andinus*). La primera especie fue registrada en los ambientes de Rica rica – Pingo pingo y Brea – Cachiyuyo, con una abundancia promedio de uno [1] y 4,33 individuos respectivamente. Por su parte, el ratón andino fue registrado en el ambiente Brea – Cachiyuyo y pajonal con una abundancia promedio de 0,33 y 0,67 individuos respectivamente (Tabla 5-38).

Para el sector de Aguas de Quelana, la riqueza fue de una [1] especie, correspondiente a un [1] individuo de *E. puerulus* (lauchita de pie sedoso). Este individuo se registró en el ambiente Rica rica – Pingo pingo, con una abundancia promedio de 0,33 individuos (Tabla 5-38).

Tabla 5-38. Abundancia de micromamíferos en el Borde Este del Salar de Atacama

Sector	Transecto	MM	Hábitat	Especies observadas	Individuos registrados	Abundancia promedio (*)
Vega de Carvajal	1	1	Rica rica-Pingo pingo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	3	1
	2	2	Brea-Cachiyuyo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	13	4,33
			Brea-Cachiyuyo	<i>Abrothrix andinus</i>	1	0,33
	3	3	Pajonal	<i>Abrothrix andinus</i>	2	0,67
Aguas de Quelana	9	4	Rica rica-Pingo pingo	<i>Eligmodontia puerulus</i>	1	0,33
	10	5	Brea-Cachiyuyo	Sin registro	0	0
	11	6	Pajonal	Sin registro	0	0

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Cabe destacar que, además de los dos [2] roedores mencionados, mediante la metodología de transectos se detectó la presencia de un micromamífero fosorial: el tuco tuco de Atacama (*Ctenomys fulvus*). Esta especie no fue incluida en el análisis de abundancia al no registrarse mediante la metodología de trampas Sherman. La presencia y actividad de este roedor durante la presente campaña, se obtuvo a partir del registro de madrigueras activas y vocalizaciones en los sectores de Vegas de Carvajal, Cruce Camar, Aguas de Quelana y Cruce SQM. Con relación a la ocupación y preferencia de hábitat por parte de esta especie, los registros fueron obtenidos en los hábitats de Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo y pajonal. Esto permite corroborar su amplia distribución y la utilización de diversos ambientes por parte de sus poblaciones en el Borde Este del Salar de Atacama.

5.2.2.5 Estaciones de atracción olfativa para la evaluación de macromamíferos

El registro de macromamíferos obtenido mediante la identificación de improntas (huellas) en las estaciones de atracción olfativa, se presentan en la Tabla 5-39. Se obtuvo registro en dos [2] de las cuatro [4] estaciones instaladas, siendo visitada por individuos de *Lycalopex sp.* (zorro sin identificar). Los rastros de zorro fueron observados en el sector de Vegas de Carvajal, en el hábitat de Rica rica – Pingo pingo (MM1) y en el ambiente de Brea – Cachiyuyo (MM2). Por otro lado, en el sector de Aguas de Quelana, no se obtuvo registro de zorro.

Tabla 5-39. Índice de visitas de *Lycalopex sp.* (zorro) y observación de improntas en estaciones de atracción olfativa

Sector	Transecto	MM	Hábitat	% Visitas (<i>Lycalopex sp.</i>)
Vega de Carvajal	1	1	Rica rica-Pingo pingo	33,33
	2	2	Brea-Cachiyuyo	67,67
Aguas de Quelana	9	4	Rica rica-Pingo pingo	0
	10	5	Brea-Cachiyuyo	0

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Cabe destacar que, si bien a través de las estaciones olfativas no es posible llegar a una identificación a nivel de especie, a partir de registros obtenidos mediante la instalación de cámaras trampa (Tabla 5-40), fue posible asignar estos hallazgos a la presencia de zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y zorro chilla (*Lycalopex griseus*) en sectores en donde fueron instalados los huelleros. De esta forma, en Vega de Carvajal se registró la presencia de zorro chilla (*L. griseus*) y zorro culpeo (*L. culpaeus*) en el hábitat de Rica rica - Pingo pingo y Brea – Cachiyuyo, mientras que en el sector de Aguas de Quelana no se obtuvo registros. Por otro lado, también se constató la presencia de ejemplares del género *Lycalopex sp.* a través de fecas en el sector Cruce SQM, en el ambiente marginal salar, y un avistamiento directo en el sector Cruce Camar, en el ambiente de Brea – Cachiyuyo.

Tabla 5-40. Índice de visitas de *Lycalopex culpaeus* (zorro culpeo) y *Lycalopex griseus* (zorro chilla) obtenidas mediante cámara trampa

Sector	MM	Hábitat	% Visitas (<i>Lycalopex culpaeus</i>)*	% Visitas (<i>Lycalopex griseus</i>)*
Vega de Carvajal	1	Rica rica-Pingo pingo	33,33	33,33
	2	Brea-Cachiyuyo	66,67	33,33
	3	Pajonal	0	0
Aguas de Quelana	4	Rica rica-Pingo pingo	0	0
	5	Brea-Cachiyuyo	0	0
	6	Pajonal	0	0

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

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3 Biota Acuática

Los resultados obtenidos de los levantamientos de terreno efectuados durante el 2024 corresponden a la campaña de muestreo N°18 del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”. El monitoreo se realizó previo aviso a Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, de acuerdo con lo establecido en el permiso pesca de investigación, Res. Ex. N° E-2024-271 de fecha 05/04/2024 por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. En Anexo 19 se adjunta Resolución citada.

En la Tabla 5-41 se entrega el detalle de las estaciones evaluadas en la campaña de seguimiento N°18. Durante el desarrollo de la campaña la estación SA-2 no fue monitoreada, debido a la restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine en consideración a la presencia de flamencos en el sector aledaño a la estación (Anexo 22). Del resto de estaciones (24), 12 presentaron una columna de agua posible de evaluar (>5 cm profundidad) y 12 no presentaron agua superficial.

Cabe mencionar que el sector Peine fue visitado en diferentes fechas por profesionales de ALS (25/07/2024) y Geobiota (16/07/2024). Como resultado, se dispone únicamente de datos biológicos para el punto PE-1 (Laguna Interna) y datos fisicoquímicos para SA-1 (Laguna Saldadita).

En Anexo 20 se adjunta registro fotográfico asociado a cada estación y en Anexo 18 se adjunta informe de laboratorio correspondiente al muestreo.

Tabla 5-41. Ubicación de los puntos de muestreo para la metodología de caracterización de biota acuática en el Borde Este del Salar de Atacama

Sistema	Estación	Laguna	Coordenadas UTM (Datum WGS84 19S)		Observación
			Este	Norte	
Aguas de Quelana	Q-0	Quelana 0	593.353	7.403.585	Presenta columna de agua
	Q-1	Quelana 1	592.556	7.401.179	Seco
	Q-2	Quelana 2	592.176	7.406.940	Seco
	Q-3	Quelana 3	593.079	7.407.517	Seco
	Q-4	Quelana 4	592.948	7.407.289	Presenta columna de agua
	Q-5	Quelana 5	592.919	7.408.165	Presenta columna de agua
	Q-6	Quelana 6	592.882	7.408.228	Presenta columna de agua
	Q-7	Quelana 7	594.149	7.411.865	Seco
	Q-8	Quelana 8	592.810	7.411.863	Seco
	Q-9	Quelana 9	592.482	7.411.802	Seco
Soncor	PU-1	Puilar	588.187	7.422.739	Presenta columna de agua
	PU-2	Puilar	587.968	7.422.499	Presenta columna de agua
	PU-3	Puilar	587.476	7.422.307	Presenta columna de agua
	PU-4	Puilar	588.591	7.422.392	Seco
	PU-5	Puilar	588.107	7.422.157	Presenta columna de agua*
	BN-1	Barros Negros	585.921	7.418.603	Presenta columna de agua
	BN-2	Barros Negros	585.885	7.417.292	Seco
	BN-3	Barros Negros (canal)	585.800	7.416.973	Presenta columna de agua
	CH-1	Laguna Chaxa	585.356	7.420.213	Presenta columna de agua
	BM-1	Canal Burro Muerto	584.178	7.424.913	Presenta columna de agua
Peine	PE-1	Laguna Interna	586.442	7.381.893	Presenta columna de agua
	PE-2		586.278	7.382.019	Seco
	PE-3		585.912	7.381.850	Seco
	SA-1	Laguna Salada	586.814	7.381.285	No monitoreada por alta presencia de flamencos en el sector

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.1 Medio Abiótico

La Tabla 5-42 muestra los resultados obtenidos durante el monitoreo N°18, en Anexo 18 se adjuntan los informes de laboratorio. En esta tabla, se entregan los valores de los parámetros medidos *in situ* de acuerdo con lo establecido en la RCA 226/2006 en la columna de agua (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y salinidad) y sedimento (temperatura y conductividad).

Tabla 5-42. Valor puntual de los parámetros fisicoquímicos medidos en las estaciones durante la campaña del 2024

Sistema	Estación	Temperatura (°C)	Temperatura sedimento (°C)	pH	CE <i>in situ</i> /laboratorio (mS/cm)	CE sedimento (mS/cm)	Salinidad (g/l)	OD (mg/L)
Aguas de Quelana	Q-0	13,92	3,8	6,60	187,7/244,0	40,75	>70	0,81
	Q-1	-	-	-	-	-	-	-
	Q-2	-	-	-	-	-	-	-
	Q-3	-	-	-	-	-	-	-
	Q-4	16,32	3,8	8,71	53,66/60,2	3,636	43,5	7,89
	Q-5	19,34	3,8	8,48	21,18/23,5	0,716	14,4	10,87
	Q-6	11,13	3,8	9,81	19,98/27,4	1,172	16,7	6,73
	Q-7	-	-	-	-	-	-	-
	Q-8	-	-	-	-	-	-	-
	Q-9	-	-	-	-	-	-	-
Soncor	PU-1	19,55	12,1	8,00	24,92/29,2	1,292	17,2	9,07
	PU-2	20,38	12,1	8,19	21,28/28,5	1,05	19,1	10,28
	PU-3	21,00	12,1	8,40	29,1/31,6	1,278	19,7	10,46
	PU-4	-	-	-	-	-	-	-
	PU-5	20,40	12,1	9,14	91,98/97,2	11,24	30,7	10,55
	BM-1	26,60	12,0	7,73	89,96/86,4	5,537	61,8	10,15
	CH-1	21,30	21,3	7,82	90,26/112,6	4,17	64,4	2,51
	BN-1	29,50	23,1	7,98	108,9/126,0	7,483	77,7	3,66
	BN-2	-	-	-	-	-	-	-
	BN-3	27,80	20,6	7,05	162,4/205,0	12,75	115,9	0,90
Peine	PE-1	-	-	-	-	-	-	-
	PE-2	-	-	-	-	-	-	-
	PE-3	-	-	-	-	-	-	-
	SA-1	5,6	13,1	7,77	29,1/35,0	6,078	18,62	8,94

Tabla 5-42. Valor puntual de los parámetros fisicoquímicos medidos en las estaciones durante la campaña del 2024

Sistema	Estación	Temperatura (°C)	Temperatura sedimento (°C)	pH	CE <i>in situ</i> /laboratorio (mS/cm)	CE sedimento (mS/cm)	Salinidad (g/l)	OD (mg/L)
	SA-2	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A

(-): Seco, sin escurrimiento superficial de agua o columna de agua al momento del muestreo. S/A: sin acceso. CE: Conductividad eléctrica, OD: Oxígeno disuelto.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-43. Promedios $\pm$ error estándar por sector de los parámetros fisicoquímicos medidos durante la campaña del 2024

Sector	Temperatura (°C)	Temperatura sedimento (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH	Conductividad <i>in situ</i> (mS/cm)	Conductividad sedimento (mS/cm)	Salinidad (g/l)
Aguas de Quelana	15,18 $\pm$ 1,75	3,8 $\pm$ 0	6,58 $\pm$ 2,11	8,4 $\pm$ 0,67	70,63 $\pm$ 39,8	11,568 $\pm$ 9,748	36,16 $\pm$ 13,07
Soncor	23,32 $\pm$ 1,4	15,68 $\pm$ 1,77	7,2 $\pm$ 1,45	8,04 $\pm$ 0,21	77,35 $\pm$ 17,42	5,600 $\pm$ 1,617	50,81 $\pm$ 12,52
Peine	5,6 $\pm$ 0	13,1 $\pm$ 0	8,94 $\pm$ 0	7,77 $\pm$ 0	29,1 $\pm$ 0	6,078 $\pm$ 0	18,62 $\pm$ 0

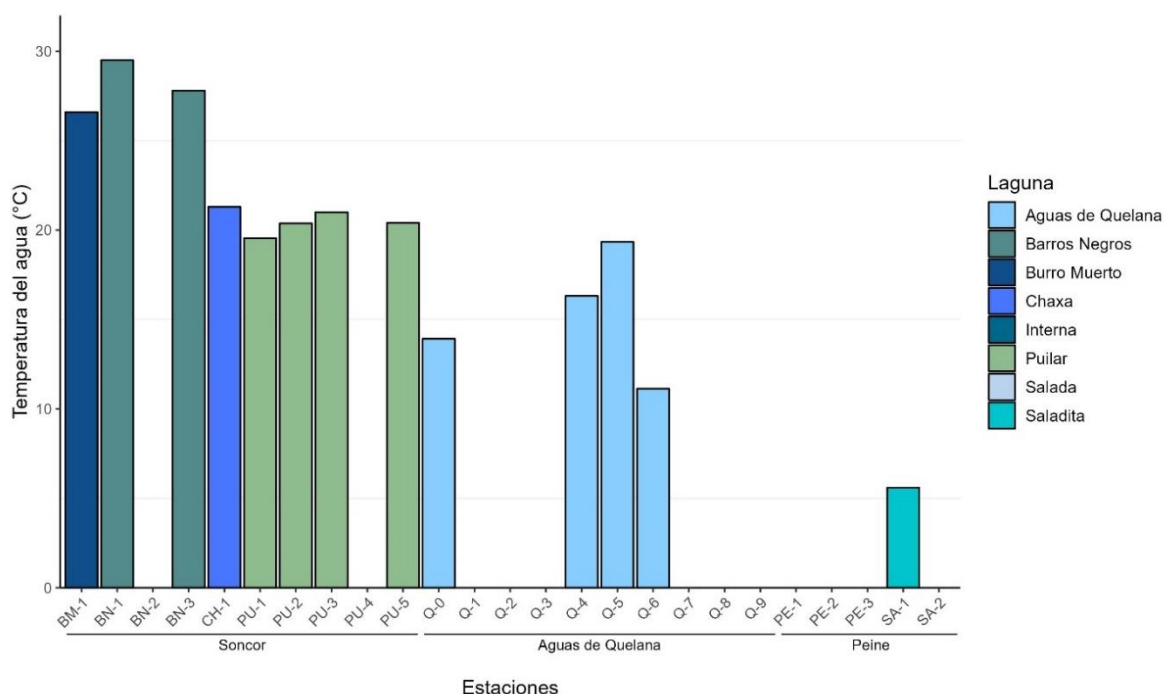
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.1.1 Temperatura

La temperatura, tanto en la columna de agua como en el sedimento corresponde a un indicativo referencial al momento del muestreo, debido a la oscilación que presenta durante el transcurso del día. Esta variable no representa la temperatura promedio, sino una medida puntual del momento del muestreo.

Los valores puntuales de temperatura medidos durante la actual campaña de monitoreo se presentan en la Figura 5-21. Las temperaturas registradas en las columnas de agua en Soncor (promedio = 23,32 $\pm$ 1,4 °C; Tabla 5-43) fueron mayores que las registradas en los cuerpos de agua del sistema Aguas de Quelana (promedio = 15,18 $\pm$ 1,75 °C; Tabla 5-43). Los valores máximos se observaron en la laguna Barros Negros y el canal Burro Muerto, ambos del sistema Soncor (BN-1 = 29,5 °C; BN-3 = 27,8 °C; BM-1 = 26,6 °C; Tabla 5-42), valores que se encontraron por sobre la media del sector Soncor (23,32 $\pm$ 1,4 °C; Tabla 5-43). En la laguna Saladita de Peine se obtuvo la menor medición de temperatura de la campaña (SA-1 = 5,6 °C; Tabla 5-42).

Figura 5-21. Valores puntuales de temperatura medidos *in situ* en la columna de agua durante la campaña de 2024

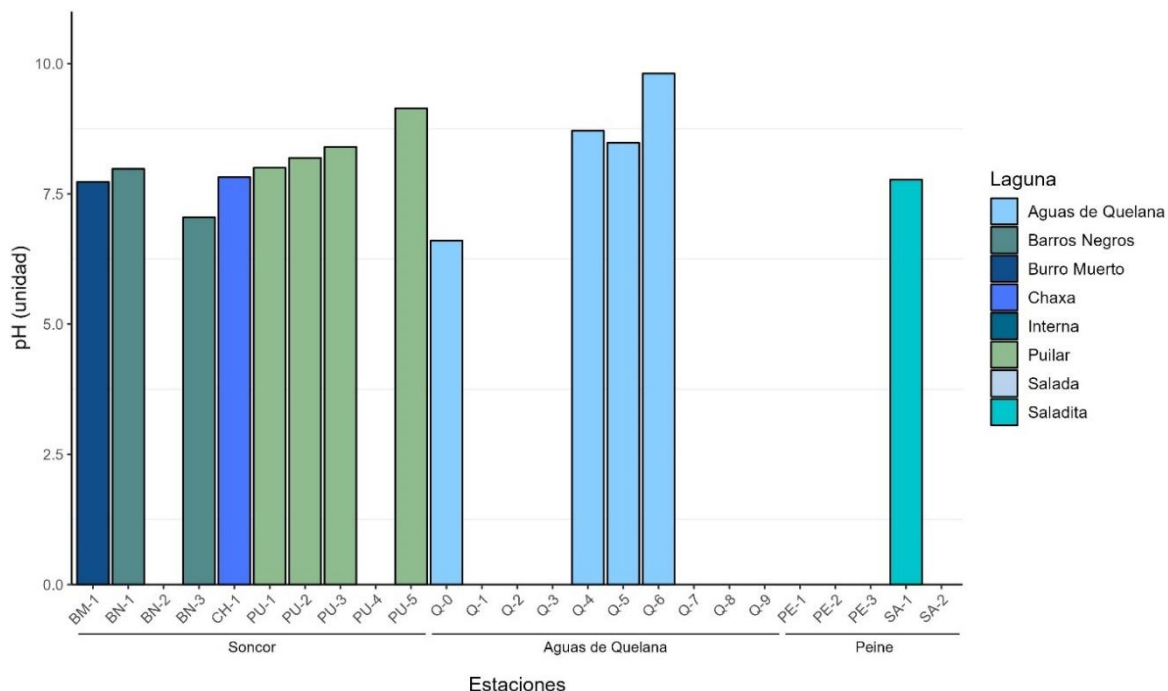


Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 18), Geobiota 2025.

Respecto al sedimento, la temperatura promedio en Soncor fue de $15,68 \pm 1,77$ °C, mientras que en Aguas de Quelana fue de 3,8 °C (Tabla 5-43). La variación de temperatura osciló entre 3,8 °C en las estaciones de Aguas de Quelana y 23,1 °C en la laguna Barros Negros (Tabla 5-42).

5.3.1.2 pH

Los registros puntuales de pH en las distintas estaciones de muestreo (Figura 5-22) mostraron valores levemente alcalinos. El promedio fue de $8,04 \pm 0,21$ en el sistema Soncor, $8,4 \pm 0,67$ en Aguas de Quelana y $7,77 \pm 0$ en Peine (Tabla 5-43). Los mayores valores de pH fueron observados en las estaciones Q-6 y PU-5, correspondientes a 9,81 y 9,14 respectivamente, mientras que los menores valores fueron identificados en las estaciones Q-0 (pH = 6,6) y BN-3 (pH = 7,05) (Tabla 5-42; Figura 5-22).

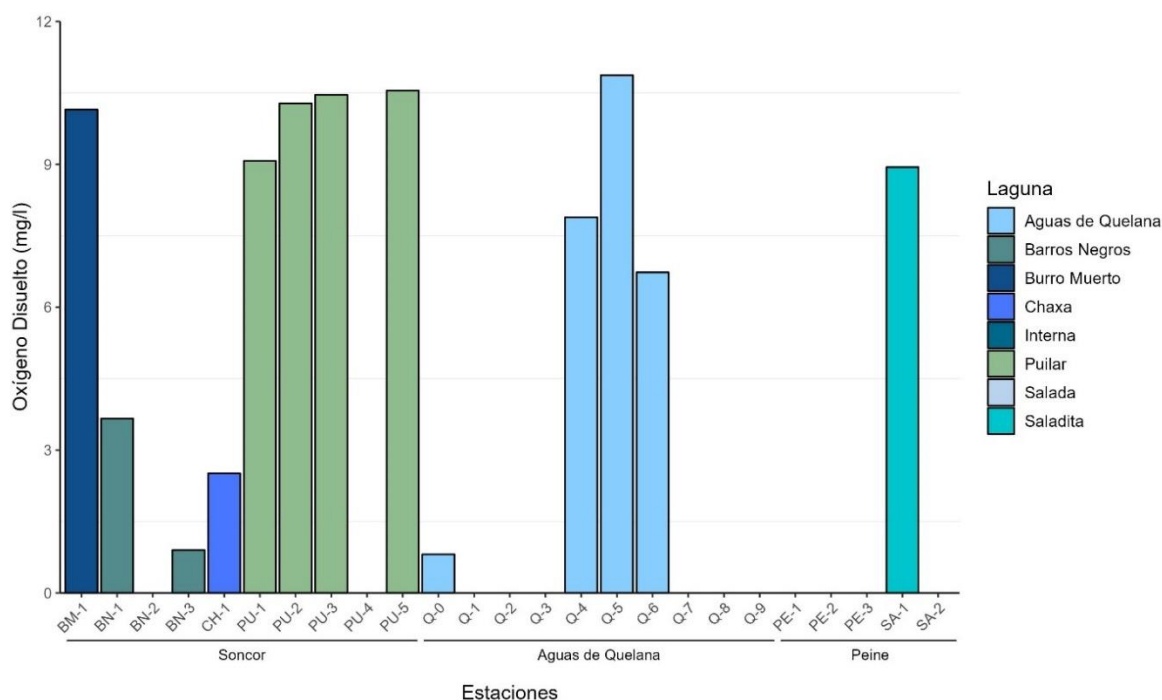
Figura 5-22. Valores puntuales de pH medidos *in situ* en la columna de agua durante la campaña de 2024

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 18), Geobiota 2025.

5.3.1.3 Oxígeno Disuelto

Los valores de oxígeno disuelto en la columna de agua, presentes en la Figura 5-23, mostraron una variación entre 0,81 mg/l (Q-0) y 10,87 mg/l (Q-5). La media por sectores fue de $7,2 \pm 1,45$ mg/l en Soncor, de $6,58 \pm 2,11$ mg/l en Aguas de Quelana y $8,94 \pm 0$ mg/l en Peine (Tabla 5-43). Estaciones de Barros Negros y Chaxa exhibieron valores menores a la media.

Figura 5-23. Valores puntuales de oxígeno disuelto *in situ* en la columna de agua durante la campaña de 2024.



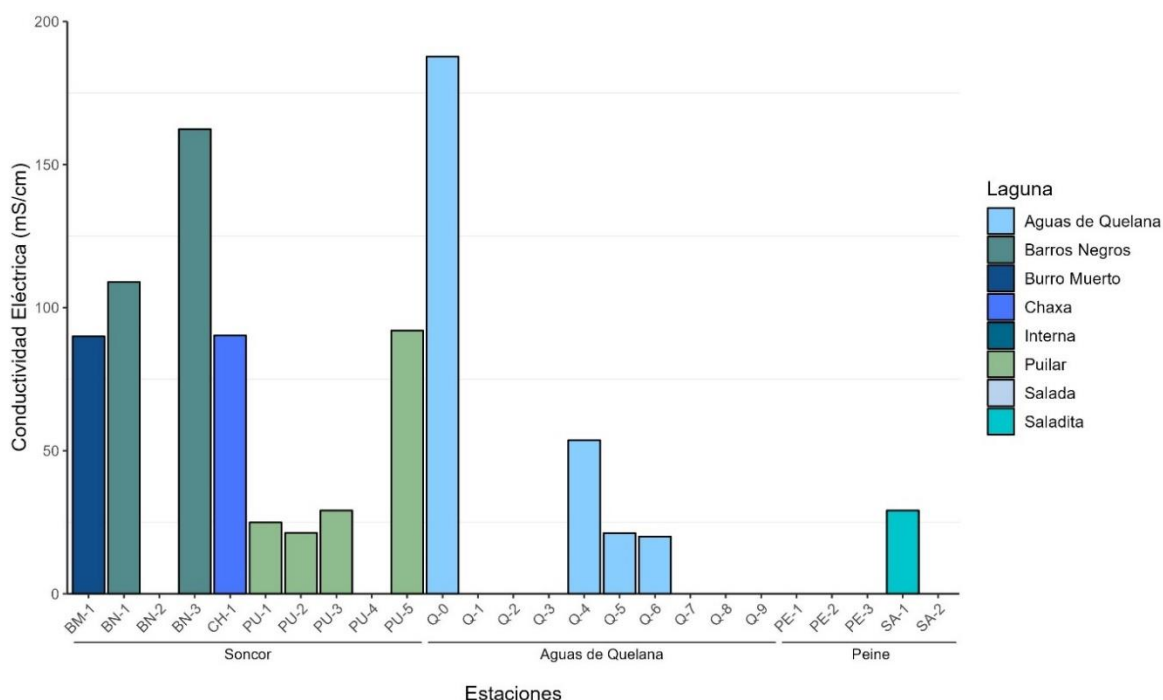
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 18), Geobiota 2025.

5.3.1.4 Conductividad eléctrica

En la presente campaña, los valores de conductividad eléctrica en el agua presentaron una media de $77,35 \pm 17,42$ mS/cm en el sistema Soncor, $70,63 \pm 39,8$ mS/cm en Aguas de Quelana y $29,1 \pm 0$ mS/cm en Peine (Tabla 5-43). Los valores variaron entre 19,980 mS/cm en Q-6 y 187,7 mS/cm en Q-0 (Tabla 5-42; Figura 5-24).

En el sedimento, el valor promedio de conductividad eléctrica fue de $11,568 \pm 9,748$ mS/cm en Aguas de Quelana, $5,600 \pm 1,617$ mS/cm en Soncor y $6,078 \pm 0$ mS/cm en Peine (Tabla 5-43), siendo menor a lo reportado en la columna de agua. Los mayores valores se registraron en las lagunas de Barros Negros (BN-3) y Q-0, coincidente a lo registrado para el agua superficial (Tabla 5-42).

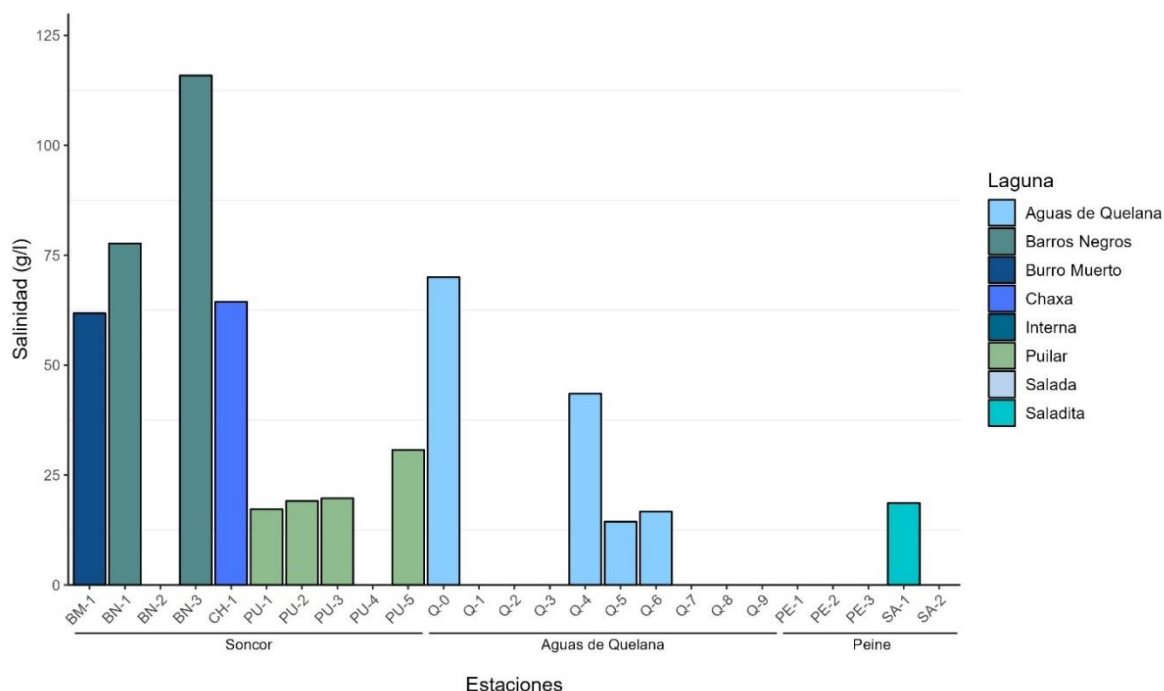
Figura 5-24. Valores puntuales de conductividad medidos en la columna de agua durante la campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 18), Geobiota 2025.

5.3.1.5 Salinidad

Los registros de salinidad de la presente campaña se presentan en la Figura 5-25. Los valores exhibieron una media de $36,16 \pm 13,07$ g/l en el sector de Aguas de Quelana, $18,62 \pm 0$ g/l en Peine y $50,81 \pm 12,52$ g/l en Soncor (Tabla 5-43). El mayor valor se registró en Barros Negros, específicamente en la estación BN-3 (115,9 g/l; Tabla 5-42). Los menores valores fueron registrados en la laguna Puilar (PU-1, PU-2 y PU-3), en Aguas de Quelana (Q-5 y Q-6) y en Saladita (SA-1).

Figura 5-25. Valores puntuales de salinidad *in situ* en la columna de agua durante la campaña de 2024

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 18), Geobiota 2025.

5.3.2 Medio Biótico

5.3.2.1 Clorofila-a

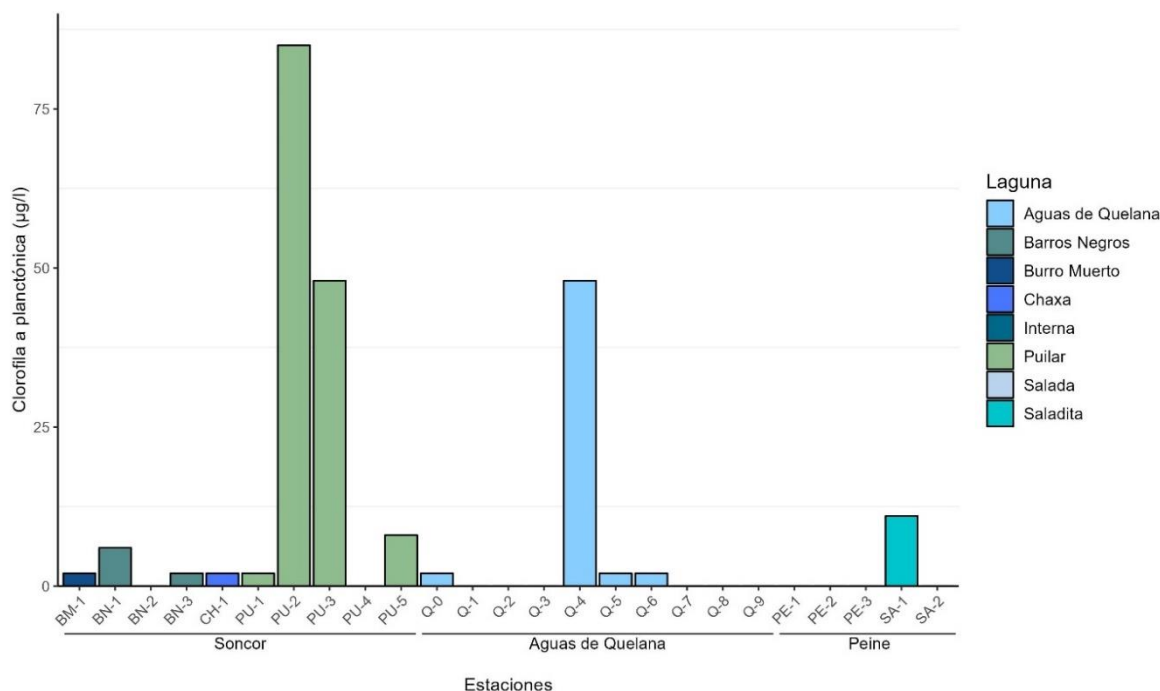
La clorofila-a es un indicador clave de la productividad primaria y del estado trófico en los sistemas acuáticos. A continuación, se presentan los resultados del análisis de clorofila-a, los cuales permiten evaluar la dinámica ecológica del cuerpo de agua estudiado. Para mayor detalle, en el Anexo 18 se adjunta el informe de laboratorio correspondiente.

5.3.2.1.1 Clorofila-a fracción

Para la presente campaña de muestreo (2024), las concentraciones de clorofila-a a nivel de estaciones de muestreo describieron variaciones, identificándose los valores mínimos en las lagunas Chaxa, Barros Negros, canal Burro Muerto y en Aguas de Quelana con una concentración de 2,0 µg/L, y el máximo en la laguna Puilar (PU-2 = 85 µg/L) (Figura 5-26).

A nivel de sistema hidrológico (Soncor, Peine y Aguas de Quelana), la concentración promedio durante esta campaña fue mayor en Soncor, alcanzando un valor de $19,38 \pm 10,89$ µg/L, seguido por un promedio de $13,5 \pm 11,5$ µg/L en Aguas de Quelana, y por último $11,0 \pm 0,0$ µg/L en el Sistema Peine.

Figura 5-26. Concentración puntual de clorofila a por estación de muestreo, abril 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 2), Geobiota 2025.

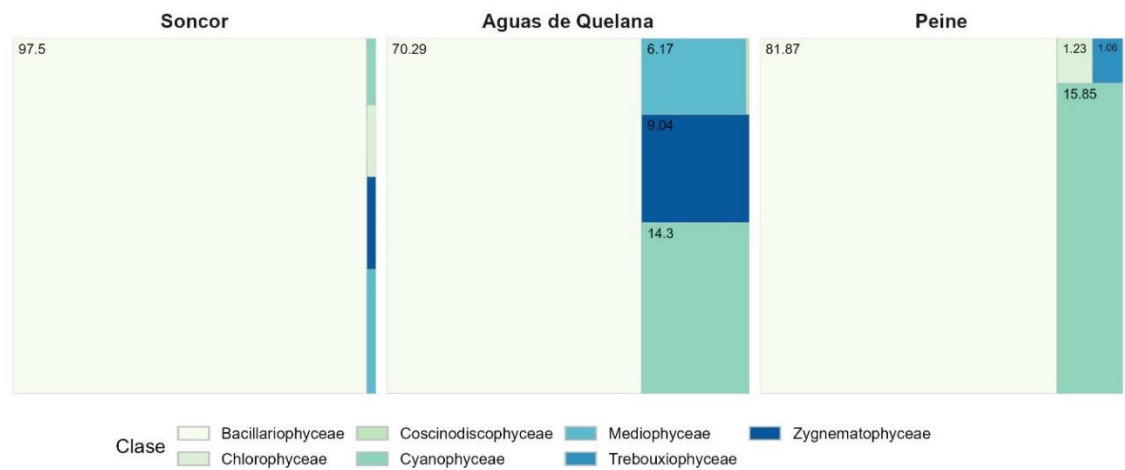
5.3.2.2 Fitoplancton

5.3.2.2.1 Composición y riqueza

Durante la campaña del 2024 se identificaron 7 clases taxonómicas en las estaciones muestreadas, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Mediophyceae, Trebouxiophyceae y Zygnemmatophyceae (Tabla 5-44; Tabla 5-45). Dentro de estas, Bacillariophyceae destacó al ser la más representativa en los tres sistemas hidrológicos, Soncor (97,5% del total), Aguas de Quelana (70,3% del total) y en Peine (81.9% del total) (Figura 5-27).

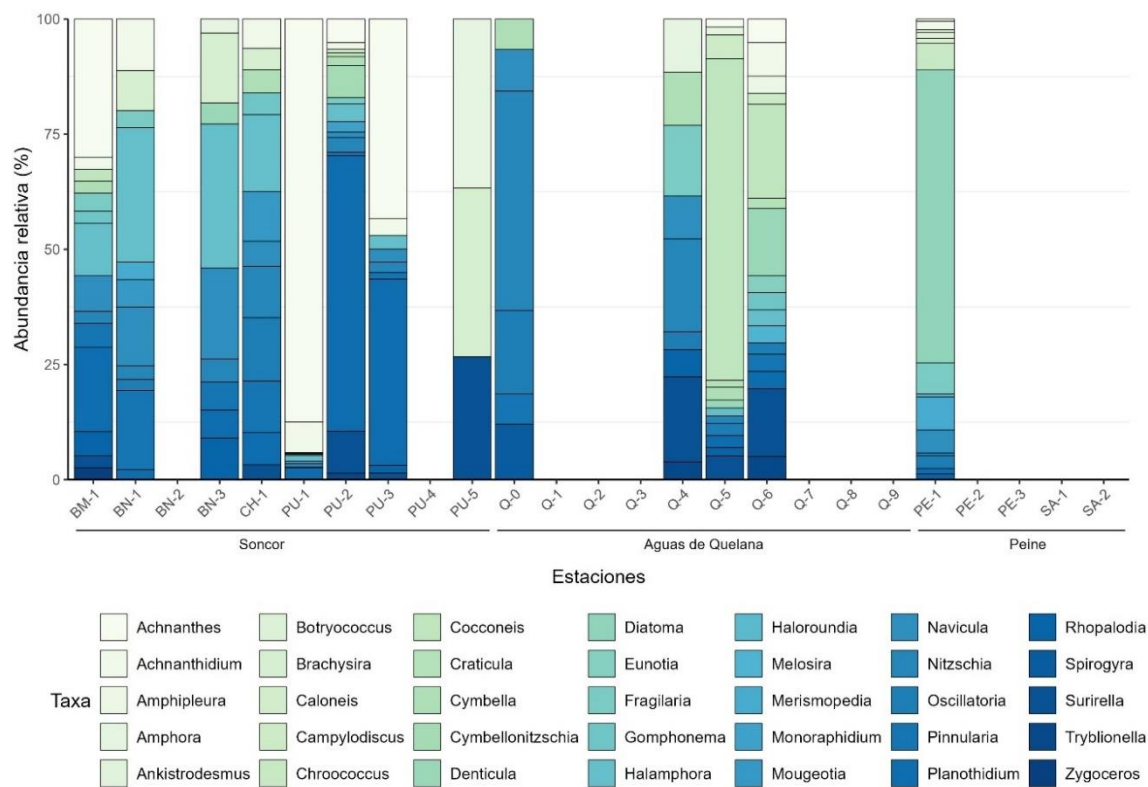
Al evaluar por estaciones de muestreo dentro de los sistemas hidrológicos, a nivel de género, se observaron diferencias en los taxa dominantes. La diatomea *Diatoma sp.* fue el taxa dominante en la estación PE-1 en Peine, mientras que en Aguas de Quelana dominaron los taxa *Nitzschia sp.* en Q-0 y Q-4, *Surirella sp.* y *Fragilaria sp.* en Q-4 y Q-6, *Cocconeis sp.* en Q-5 y Q-6, y *Denticula sp.* en Q-6 (Figura 5-28). En Soncor, *Planothidium* y *Achnanthes* predominaron en las estaciones de Puilar y en el canal Burro Muerto, mientras que en las estaciones de Barros Negros destaca el género *Halamphora* (Figura 5-28).

Figura 5-27. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-28. Composición taxonómica a nivel de género del ensamble de fitoplancton por estación de muestreo, campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Tabla 5-44. Taxonomía del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Merismopedia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthaceae	<i>Haloroundia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cymbellonitzschia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Tryblionella</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthes</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Planothidium</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Brachysiraceae	<i>Brachysira</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Caloneis</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	<i>Craticula</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>
Chromista	Ochrophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>
Chromista	Ochrophyta	Mediophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Cymbella</i>
Chromista	Ochrophyta	Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Zygoceros</i>
Plantae	Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>
Plantae	Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>

Tabla 5-44. Taxonomía del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024

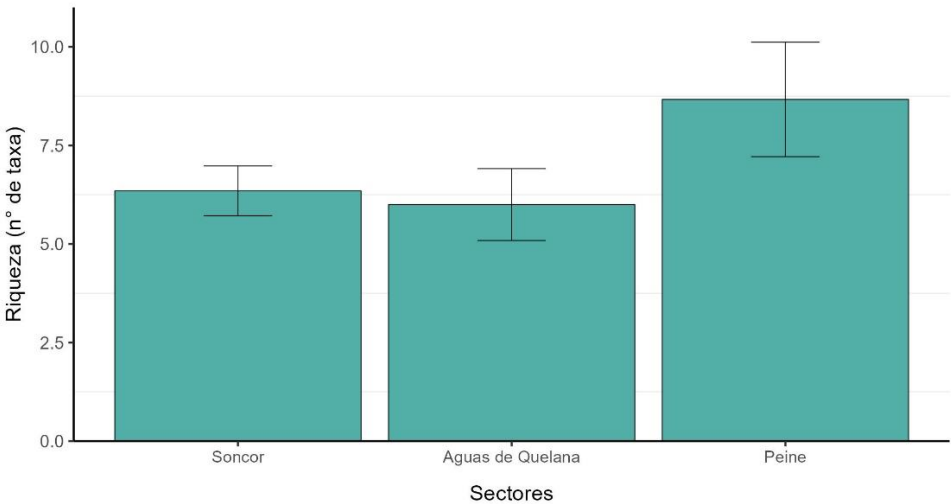
Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Selenastraceae	Selenastraceae	Ankistrodesmus
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Selenastraceae	Selenastraceae	Monoraphidium
Plantae	Chlorophyta	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria
Plantae	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Trebouxiales	Botryococcaceae	Botryococcus

*Se presenta el nivel taxonómico más bajo identificado.

Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

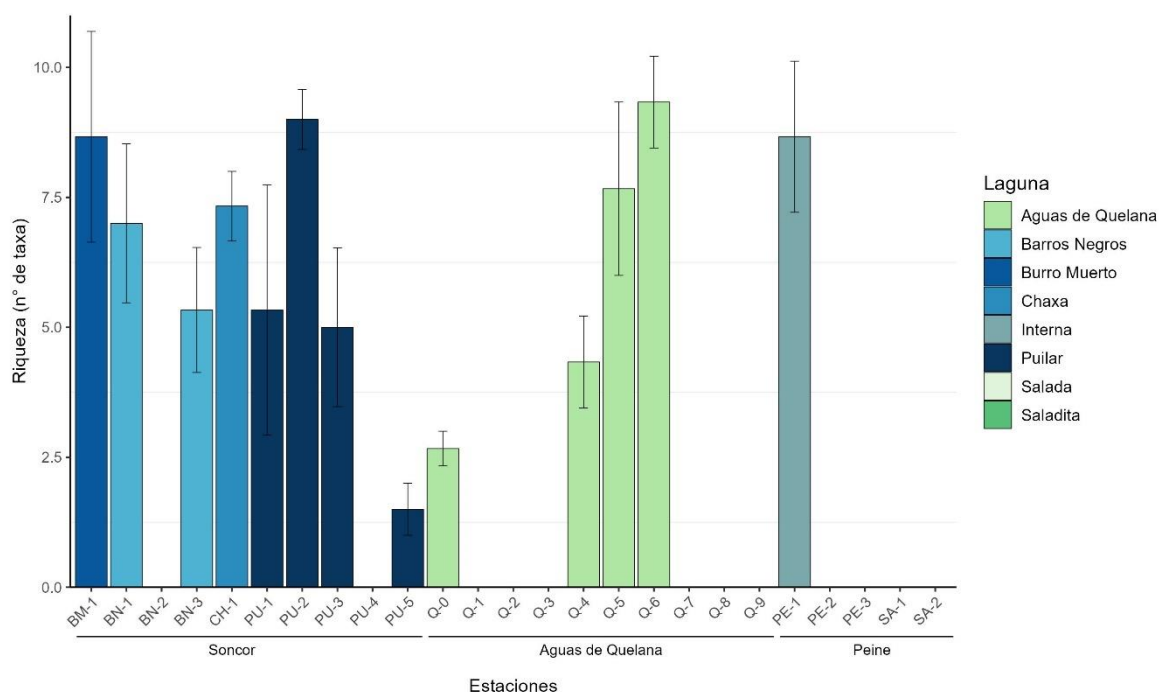
En cuanto a la riqueza por sistema hidrológico, el mayor número promedio de taxa se registró en Peine ($8,7 \pm 0,8$ taxa), mientras que Soncor y Aguas de Quelana mostraron promedios similares alrededor de los 6 taxa (Figura 5-29). Respecto a la riqueza de taxa por estación de muestreo, los valores promedio oscilaron entre $1,5 \pm 0,4$ taxa (PU-5) y $9,0 \pm 0,3$ taxa (PU-2) en Soncor; y entre $2,7 \pm 0,2$ taxa (Q-0) y $9,3 \pm 0,5$ taxa (Q-6) en Aguas de Quelana. En Peine solo se monitoreo PE-1, donde la riqueza fue de $8,7 \pm 0,8$ taxa (Figura 5-30; Tabla 5-45).

Figura 5-29. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-30. Riqueza promedio ($\pm$ ee) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024



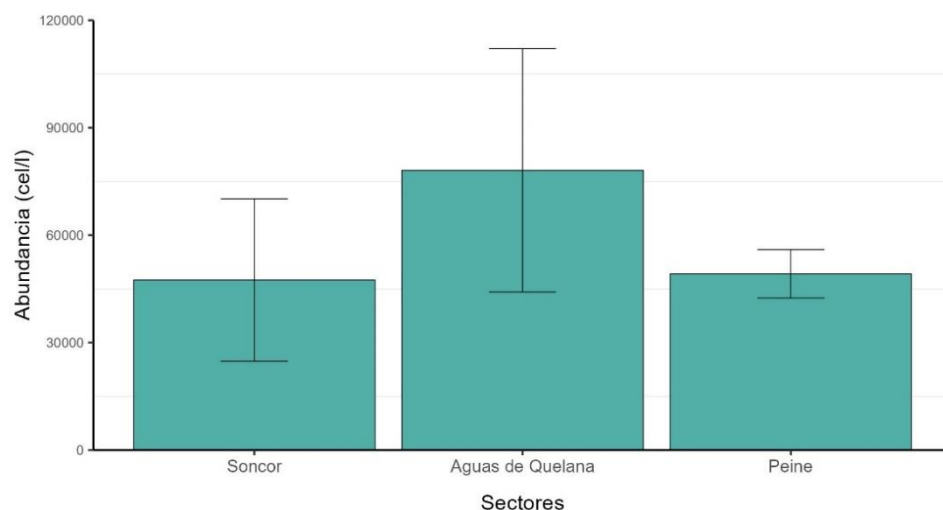
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

5.3.2.2.2 Abundancia

Respecto a las abundancias del ensamble fitoplanctónico por sistema hidrológico, el mayor promedio se registró en Aguas de Quelana con un valor de $78.128,33 \pm 9.811,45$ cel/L, seguido por Peine ($49.210 \pm 3.896,4$ cel/L) y Soncor ($47.494,35 \pm 4.727,84$ cel/L) (Figura 5-31).

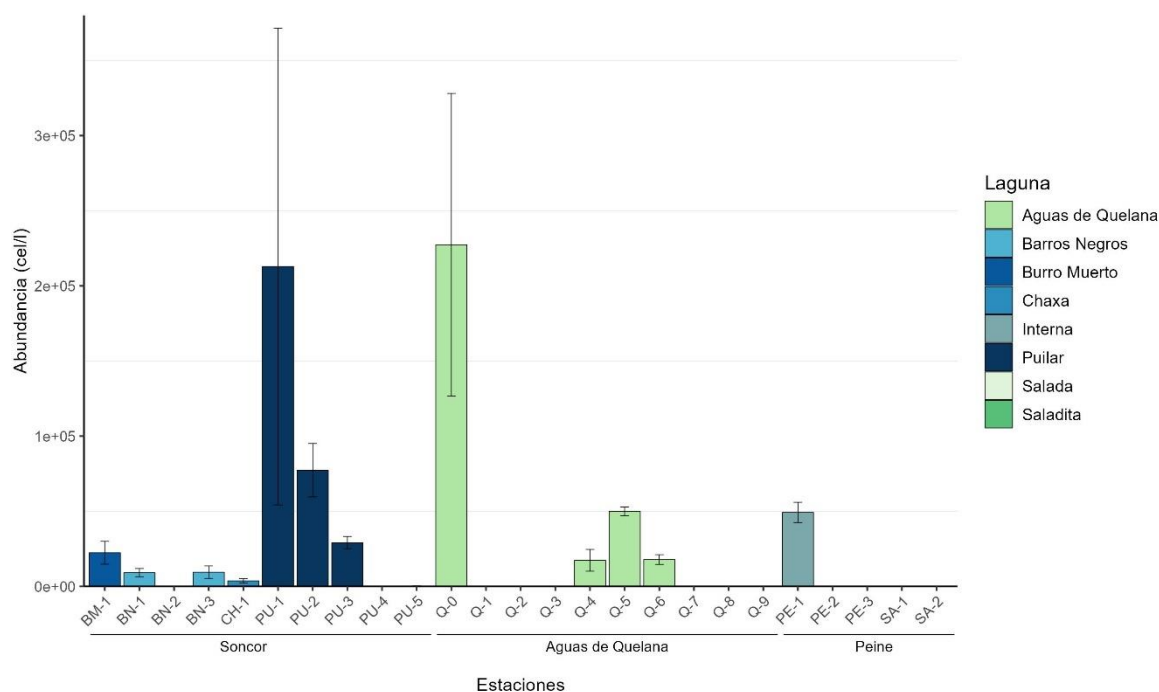
A nivel de estaciones, en el sistema Soncor la mayor abundancia se registró en la estación PU-1 (laguna Puilar) y la menor en Chaxa (CH-1), con promedios de $212.860 \pm 91.603,01$ cel/L y 3.693 ± 914 cel/L respectivamente. En Aguas de Quelana las abundancias oscilaron entre 17.377 ± 4.178 cel/L (Q-4) y 227.373 ± 58.153 cel/L (Q-0). En Peine, la abundancia registrada en PE-1 fue de 49.210 ± 3.896 cel/L (Figura 5-32; Tabla 5-45).

Figura 5-31. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-32. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

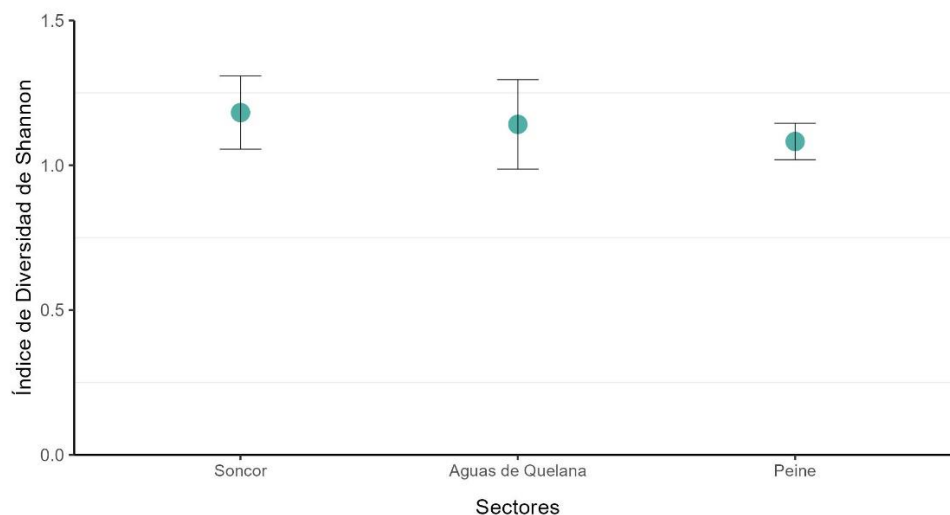
5.3.2.2.3 Diversidad

El valor del índice de diversidad de Shannon estimado para los sistemas hidrológicos oscilo en torno a 1,1 (Figura 5-33). A nivel de las estaciones muestreadas, la diversidad de Shannon exhibió valores entre 0,4 y 2,0 durante la campaña del 2024. Los mayores valores de diversidad se estimaron en las estaciones Q-6 (Aguas de Quelana) y CH-1 (laguna Chaxa), con promedios de $1,91 \pm 0,07$ y $1,88 \pm 0,05$ respectivamente (Figura 5-34).

La dominancia de Simpson a nivel de sistema hidrológico fue menor en Peine, donde se estimó un valor promedio de dominancia de $0,47 \pm 0,03$, a diferencia de Soncor y Aguas de Quelana que presentaron dominancias de $0,55 \pm 0,01$ y $0,54 \pm 0,02$ respectivamente (Figura 5-35). A nivel de estaciones de muestreo, el índice de Simpson mostró un patrón similar al de Shannon, registrándose los mayores valores promedio en Chaxa (CH-1 = $0,83 \pm 0,01$) y Aguas de Quelana (Q-6 = $0,81 \pm 0,01$). El menor valor se obtuvo para la estación PU-1 (laguna Puilar), $0,18 \pm 0,05$ (Figura 5-36).

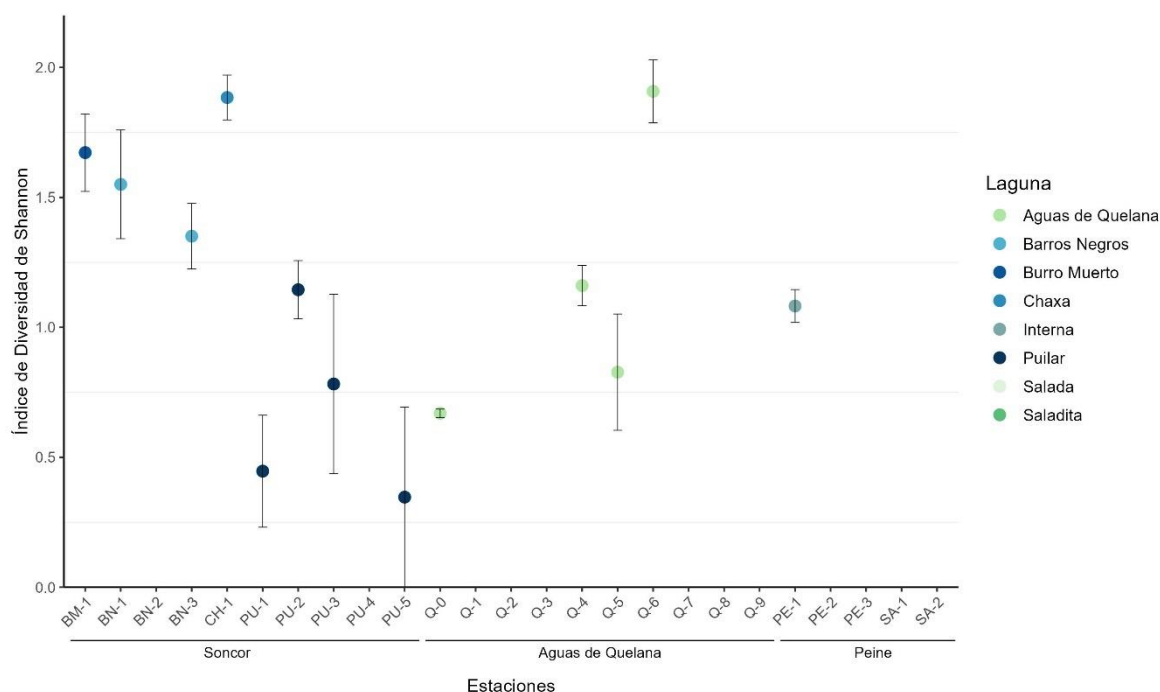
Respecto a la equitatividad entre los sistemas, medida por el índice de Pielou, Aguas de Quelana fue donde se estimó el mayor promedio de equitatividad ($0,7 \pm 0,02$), respecto a los demás sistemas (Figura 5-37). Respecto a las estaciones, en CH-1 de laguna Chaxa se estimó el mayor valor (CH-1 = $0,95 \pm 0,01$), seguido de BN-3 en Barros Negros (BN-3 = $0,86 \pm 0,04$) y Q-6 en Aguas de Quelana (Q-6 = $0,86 \pm 0,01$). El menor promedio se obtuvo en la estación PU-1 de la laguna Puilar, con un valor de $0,28 \pm 0,03$ (Figura 5-38).

Figura 5-33. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



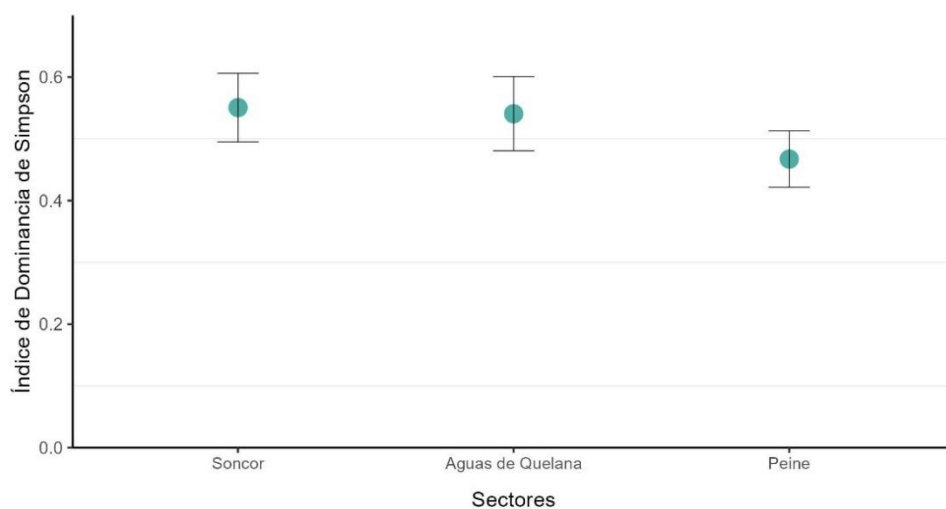
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-34. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024



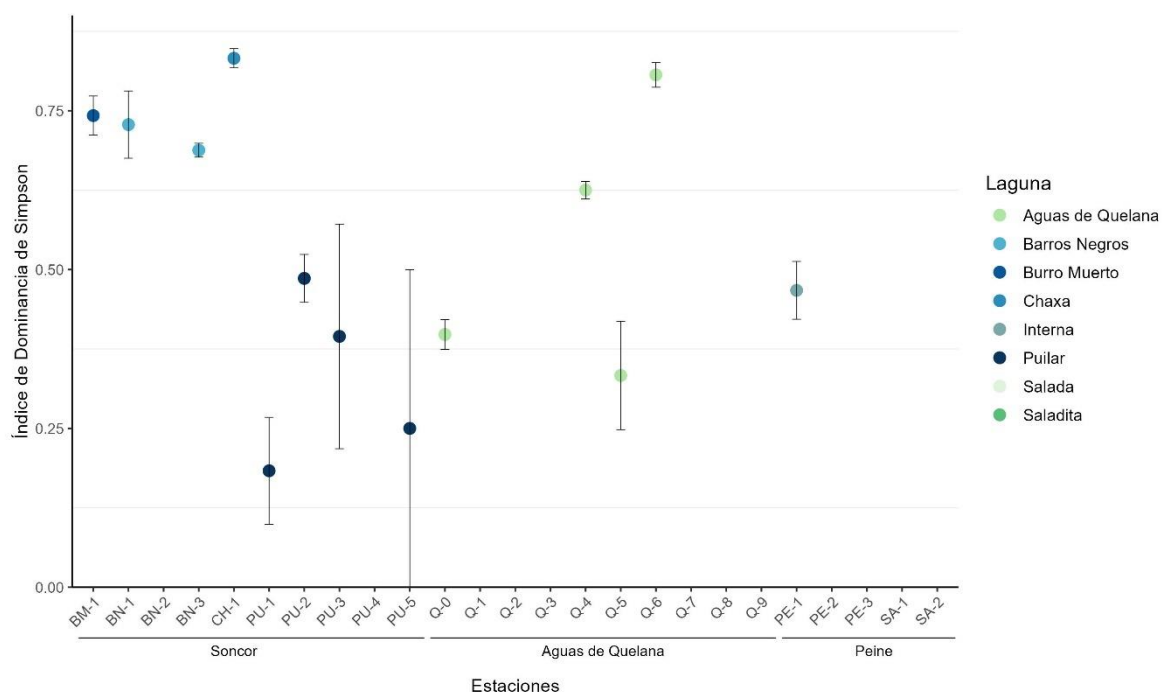
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-35. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



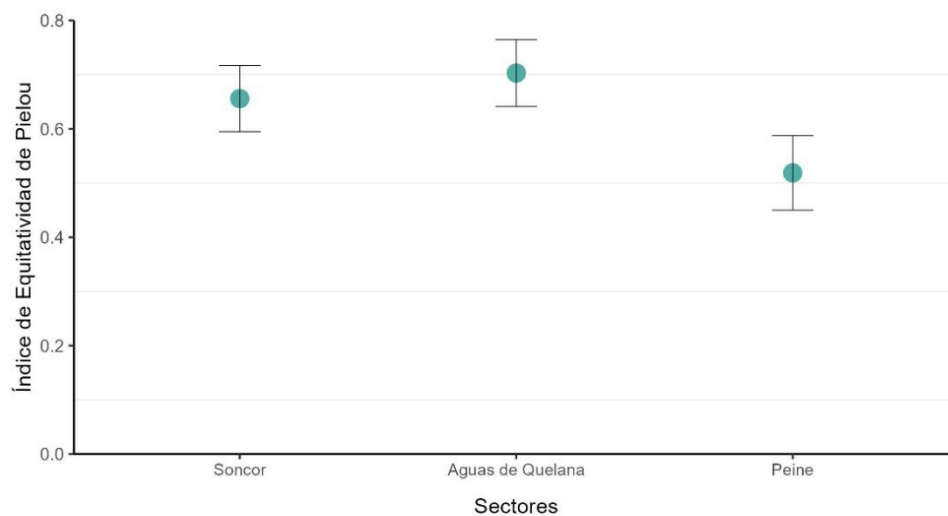
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-36. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024



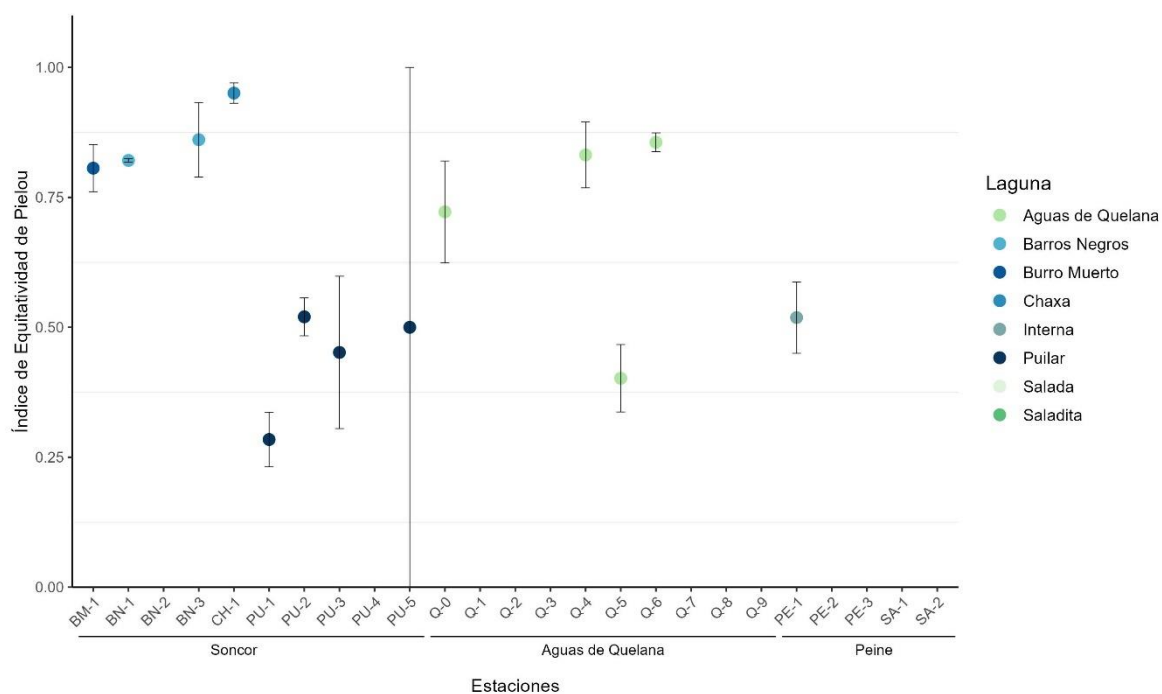
Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-37. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Figura 5-38. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm$ ee) del ensamble de fitoplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Laboratorio (Anexo 21), Geobiota 2025.

Tabla 5-45. Abundancias promedio ± ee del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Achnanthes	6053,33 ± 5662,93	0±0	0±0	0±0	96,67 ± 96,67	198866,67 ± 150734,04	4700 ± 807,28	15956,67 ± 4088,53	0±0	0 ± 0	0 ± 0	333,33 ± 333,33	1210 ± 200,75
Achnanthidium	263,33 ± 263,33	440 ± 440	0 ± 0	236,67 ± 155,6	990 ± 339,75	5000 ± 5000	420 ± 420	906,67 ± 626,91	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	580 ± 580
Amphipleura	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	296,67 ± 296,67
Amphora	0 ± 0	0 ± 0	140 ± 140	0 ± 0	110 ± 110	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	73,33 ± 73,33	0 ± 0	1316,67 ± 1316,67	333,33 ± 333,33	0 ± 0
Ankistrodesmus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	223,33 ± 223,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Botryococcus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	193,33 ± 193,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Brachysira	0 ± 0	1013,33 ± 244,56	703,33 ± 703,33	86,67 ± 86,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	73,33 ± 73,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Caloneis	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	246,67 ± 246,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Campylodiscus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1000 ± 1000	370 ± 185,56
Chroococcus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2133,33 ± 1712,28	156,67 ± 156,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Cocconeis	526,67 ± 263,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	156,67 ± 156,67	246,67 ± 246,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	40560 ± 4752,95	4860 ± 661,54
Craticula	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	580 ± 299,56	176,67 ± 176,67
Cymbella	263,33 ± 263,33	0 ± 0	0 ± 0	186,67 ± 94,04	0 ± 0	0 ± 0	1193,33 ± 624,62	0 ± 0	0 ± 0	7720 ± 7720	1316,67 ± 1316,67	1086,67 ± 638,24	0 ± 0

Tabla 5-45. Abundancias promedio ± ee del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Cymbelloni- tztchia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2106,67 ± 2106,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Denticula	0 ± 0	0 ± 0	210 ± 210	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	333,33 ± 333,33	3456,67 ± 1150,98
Diatoma	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	34740 ± 2950,46	156,67 ± 156,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Eunotia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	296,67 ± 296,67
Fragilaria	790 ± 456,11	146,67 ± 146,67	0 ± 0	0 ± 0	3696,67 ± 1409,16	0 ± 0	840 ± 437,15	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1753,33 ± 1753,33	0 ± 0	0 ± 0
Gompho- nema	526,67 ± 263,33	0 ± 0	0 ± 0	86,67 ± 86,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	296,67 ± 296,67
Halamphora	3423,33 ± 1393,43	3426,67 ± 919,28	4353,33 ± 1966,67	933,33 ± 587,09	0 ± 0	1823,33 ± 1594,12	2316,67 ± 1172,52	730 ± 460,04	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	333,33 ± 333,33	543,33 ± 303,66
Haloroundia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	110 ± 110	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Melosira	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	296,67 ± 296,67
Merismope- dia	0 ± 0	146,67 ± 146,67	0 ± 0	0 ± 0	2626,67 ± 1332,5	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Monoraphi- dium	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	703,33 ± 703,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Mougeotia	0 ± 0	470 ± 255,8	0 ± 0	200 ± 200	0 ± 0	473,33 ± 473,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Navicula	2370 ± 0	996,67 ± 611,89	1823,33 ± 1333,25	303,33 ± 26,03	2733,33 ± 1199,48	473,33 ± 473,33	1016,67 ± 151,03	350 ± 350	0 ± 0	10526,67 ± 10526,67	1053,33 ± 1053,33	0 ± 0	0 ± 0
Nitzschia	263,33 ± 263,33	233,33 ± 127,71	700 ± 185,2	413,33 ± 258,87	96,67 ± 96,67	156,67 ± 156,67	2913,33 ± 1093,41	553,33 ± 304,43	0 ± 0	166316,67 ± 85110,1	6930 ± 5745,53	930 ± 96,09	0 ± 0

Tabla 5-45. Abundancias promedio ± ee del ensamble de fitoplancton durante la campaña del 2024

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Oscillatoria	0 ± 0	186,67 ± 94,04	0 ± 0	513,33 ± 353,1	1013,33 ± 588,94	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	21053,33 ± 21053,33	440 ± 440	1526,67 ± 321,68	193,33 ± 193,33
Pinnularia	526,67 ± 526,67	2013,33 ± 734,99	560 ± 305,12	413,33 ± 258,87	0 ± 0	0 ± 0	246,67 ± 246,67	176,67 ± 176,67	0 ± 0	7720 ± 7720	0 ± 0	0 ± 0	296,67 ± 296,67
Planothi-dium	5530 ± 456,11	86,67 ± 86,67	560 ± 305,12	260 ± 177,76	223,33 ± 223,33	5440 ± 2281,87	54456,67 ± 13281,63	9936,67 ± 5444,08	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1526,67 ± 321,68	296,67 ± 296,67
Rhopalodia	1053,33 ± 526,67	0 ± 0	420 ± 420	0 ± 0	223,33 ± 223,33	156,67 ± 156,67	0 ± 0	203,33 ± 203,33	0 ± 0	0 ± 0	2020 ± 380,83	350 ± 350	0 ± 0
Spirogyra	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	14036,67 ± 14036,67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Surirella	263,33 ± 263,33	0 ± 0	0 ± 0	60 ± 60	0 ± 0	0 ± 0	5543,33 ± 3285,29	176,67 ± 176,67	53,33 ± 53,33	0 ± 0	2106,67 ± 2106,67	1000 ± 1000	3506,67 ± 2205,36
Tryblionella	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 420	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	440 ± 440	0 ± 0	1193,33 ± 466,99
Zygoceros	526,67 ± 263,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

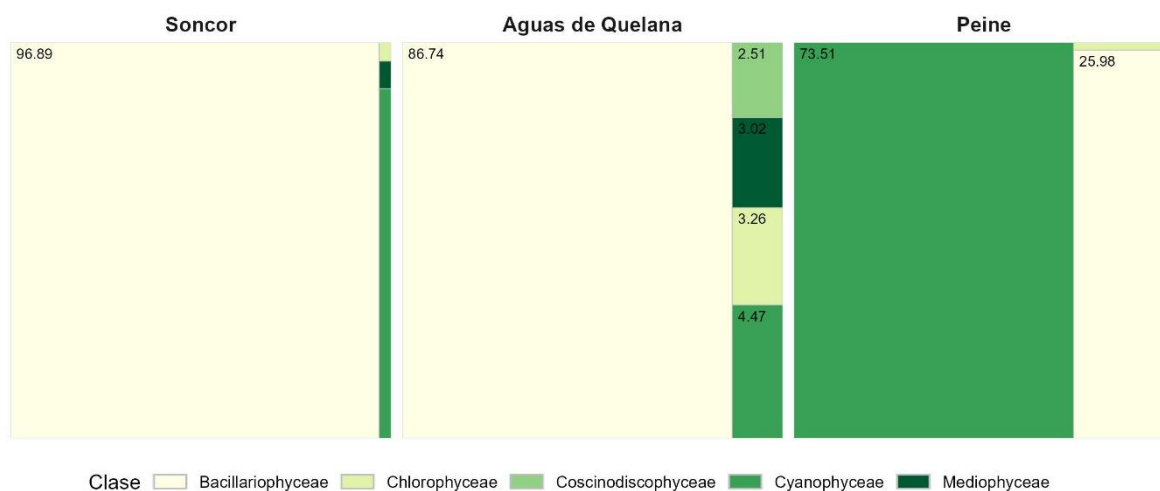
5.3.2.3 Fitobentos

5.3.2.3.1 Composición y riqueza

Durante la campaña del 2024 se identificó un total de cinco clases taxonómicas en las estaciones muestreadas, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Mediophyceae (Tabla 5-46). De estas Bacillariophyceae, correspondió al taxa de mayor aporte a la abundancia en los sistemas hidrológicos. En Soncor fue de 96,9% del total y Aguas de Quelana de un 86,7% del total. En el sistema de Peine, el de mayor aporte correspondió a Cyanophyceae con un registro de un 73,5% del total (Figura 5-39).

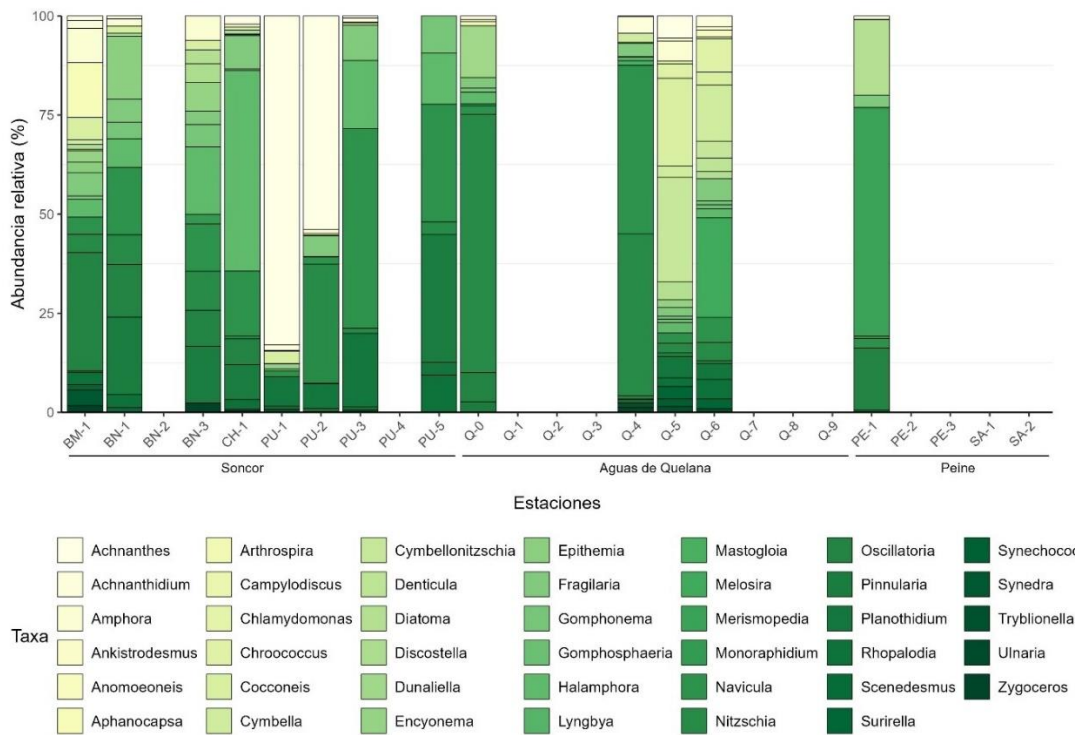
Entre las estaciones de muestreo en los sistemas, se observaron diferencias en los aportes a la abundancia de los taxa identificados. En Q-0 y Q-4 de Aguas de Quelana las diatomeas *Navicula* y *Nitzschia* fueron las dominantes, a diferencia de las estaciones Q-5 y Q-6 donde los géneros de mayor representación fueron *Melosira*, *Cymbella*, *Cymbellonitzschia* y *Cocconeis* (Figura 5-40). En las estaciones de la laguna Puilar, en Soncor, las diatomeas *Achnanthes*, *Nitzschia*, *Navicula* y *Pinnularia* fueron las de mayor aporte a la abundancia, mientras que en la laguna Chaxa el género *Halamphora* y en Burro Muerto *Oscillatoria* fueron los taxa de mayor aporte. En la laguna Interna en Peine el género dominante fue *Merismopedia* (Figura 5-40; Tabla 5-47).

Figura 5-39. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-40. Composición taxonómica a nivel de género del ensamble de fitobentos por estación de muestreo, campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-46. Taxonomía del ensamble de fitobentos durante la campaña de 2024

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Gomphosphaeriaceae	<i>Gomphosphaeria</i>
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Merismopedia</i>
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Arthrospira</i>
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Synechococcaceae	<i>Synechococcus</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cymbellonitzschia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Tryblionella</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthes</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Achnantheidium</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Planorhynchium</i>

Tabla 5-46. Taxonomía del ensamble de fitobentos durante la campaña de 2024

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	<i>Anomoeoneis</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Campylodiscus</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Discostella</i>
Chromista	Ochrophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>
Chromista	Ochrophyta	Mediophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Cymbella</i>
Chromista	Ochrophyta	Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Zygoceros</i>
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomonas</i>
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Dunaliellaceae	<i>Dunaliella</i>
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Selenastraceae	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Selenastraceae	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i>
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Selenastraceae	Selenastraceae	<i>Monoraphidium</i>
Plantae	Chlorophyta	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i>
Plantae	Chlorophyta	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
Plantae	Chlorophyta	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i>

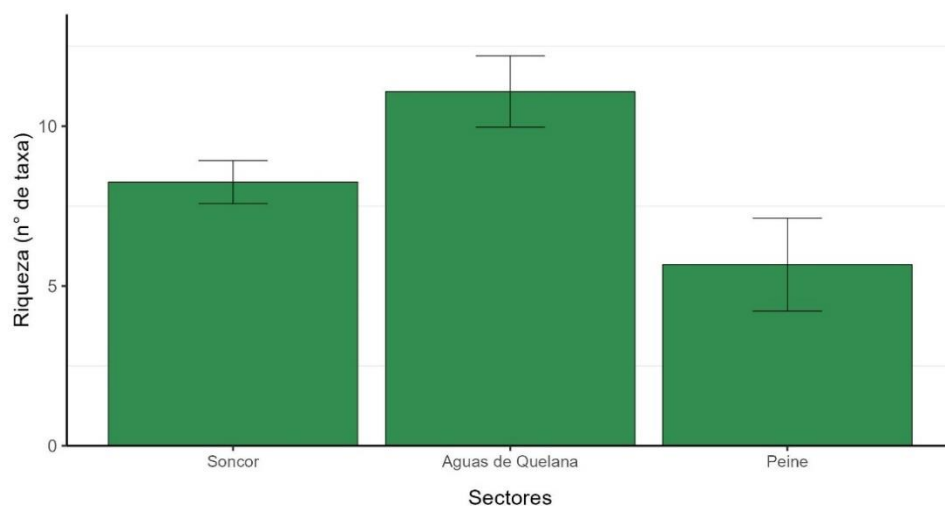
*Se presenta el nivel taxonómico más bajo identificado.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En cuanto a la riqueza por sistema hidrológico, el mayor número promedio de taxa se registró en Aguas de Quelana con $11,08 \pm 0,32$ taxa, seguido por Soncor con $8,25 \pm 0,14$ taxa y por último Peine con $5,67 \pm 0,84$ taxa (Figura 5-41).

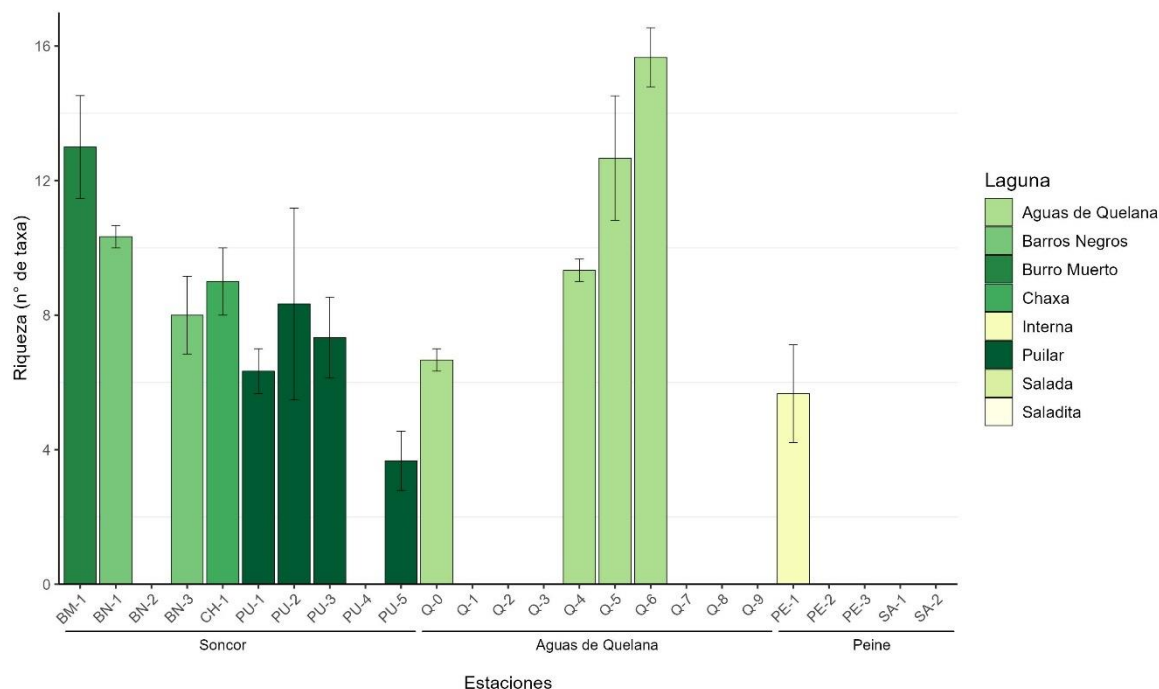
A nivel de las estaciones de muestreo, los valores promedio oscilaron entre $3,67 \pm 0,51$ (PU-5) y $13,0 \pm 0,9$ taxa (BM-1) en Soncor, y entre $6,7 \pm 0,2$ (Q-0) y $15,67 \pm 0,51$ taxa (Q-6) en Aguas de Quelana. En Peine solo se monitoreo la estación PE-1, donde la riqueza promedio fue de con $5,67 \pm 0,84$ taxa (Figura 5-42; Tabla 5-47), correspondiente al promedio del sistema (Figura 5-41).

Figura 5-41. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-42. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



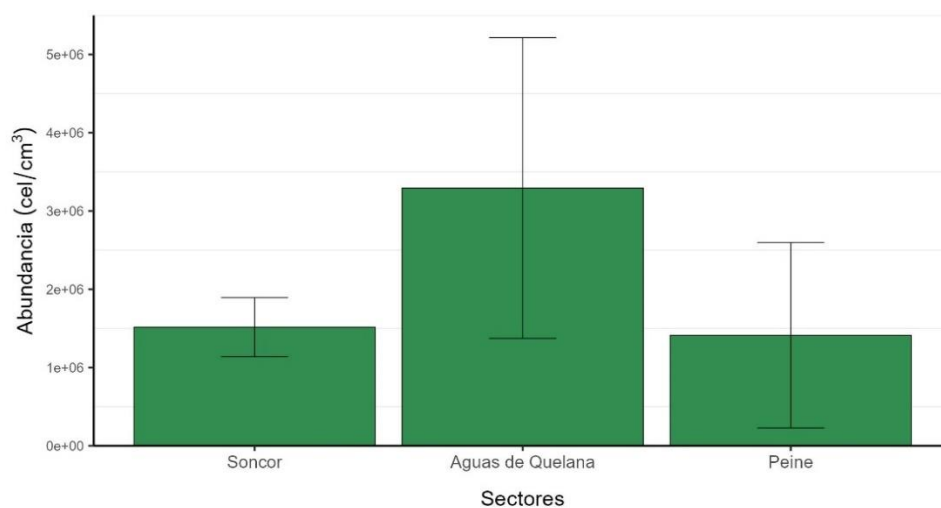
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.2.3.2 Abundancia

Respecto a las abundancias del ensamble fitobentónico por sistema hidrológico, el mayor promedio se registró en Aguas de Quelana con un valor de $3.294.572,9 \pm 554.511,7$ cel/cm³, seguido por Soncor con $1.517.111,1 \pm 76.884,7$ cel/cm³ y luego Peine con $1.413.394,3 \pm 683.225,9$ cel/cm³ (Figura 5-43).

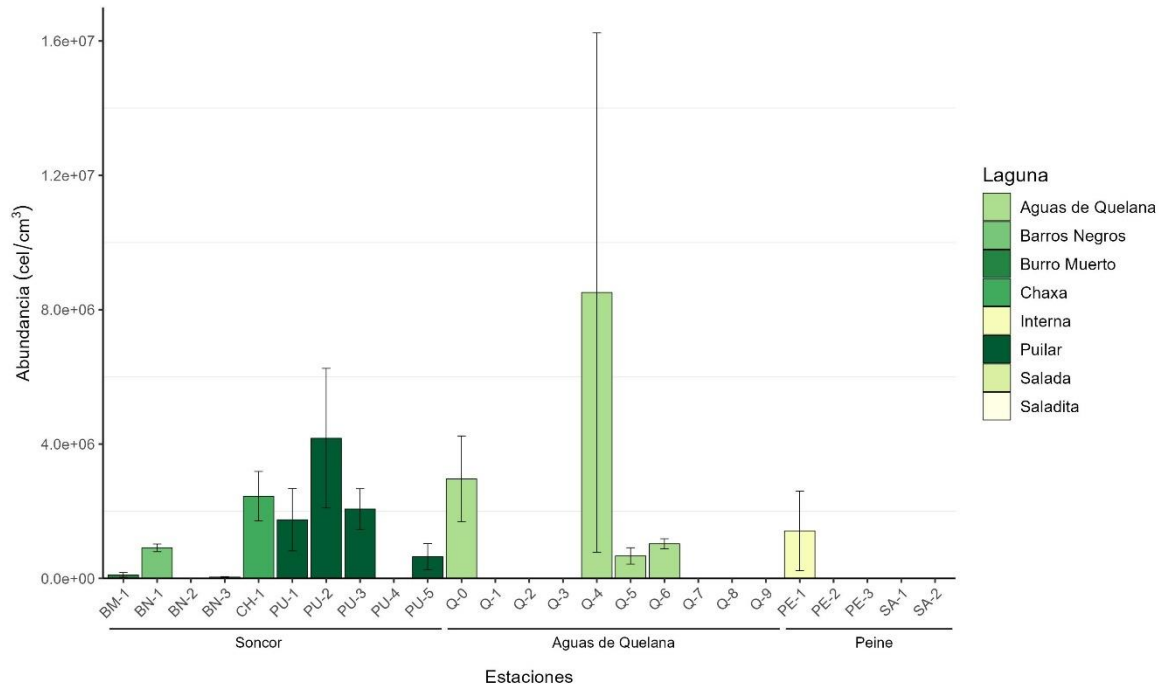
A nivel de las estaciones de muestreo durante la presente campaña, en la estación Q-4 en Aguas de Quelana se registró la mayor abundancia, con un valor promedio de $8.511.663,23 \pm 4.464.727,23$ cel/cm³, mientras que, en las demás estaciones, la abundancia promedio fue menor a $4.174.304,4 \pm 1.200.701,5$ cel/cm³ (Figura 5-44; Tabla 5-47).

Figura 5-43. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/cm³ del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-44. Abundancia promedio ($\pm ee$) en cel/cm³ del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

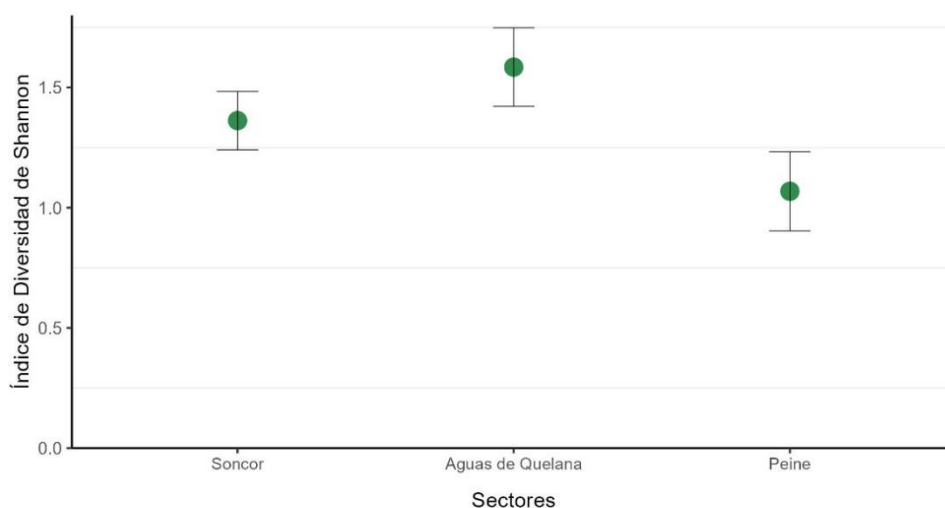
5.3.2.3.3 Diversidad

Para el índice de diversidad de Shannon se estimaron promedios mayores a 1 en todos los sistemas hidrológicos, registrándose en Aguas de Quelana el mayor promedio ($1,58 \pm 0,05$) y en Peine el menor ($1,07 \pm 0,1$) (Figura 5-45). El índice de diversidad de Shannon exhibió valores entre 0,6 y 2,2 para las estaciones muestreadas durante la campaña del 2024. El mayor valor de diversidad se estimó en la estación Q-6 (Aguas de Quelana) con un promedio de $2,16 \pm 0,06$. En Soncor, la mayor diversidad se estimó en la estación BM-1 con un valor de $1,96 \pm 0,06$ (Figura 5-46).

Respecto al índice de dominancia por sistema, el menor promedio se estimó en Peine ($0,57 \pm 0,05$) y el mayor en Aguas de Quelana ($0,67 \pm 0,01$). En Soncor la dominancia estimada fue de $0,61 \pm 0,01$ (Figura 5-47). A nivel de estaciones, el índice de dominancia de Simpson mostró un patrón similar al de Shannon, registrándose los mayores valores promedio en Q-6 de Aguas de Quelana ($Q-6 = 0,83 \pm 0,02$) y en BN-1 de Barros Negros ($BN-1 = 0,81 \pm 0,03$). El menor valor se estimó en la estación PU-1 en Soncor ($0,29 \pm 0,04$) y en la estación Q-0 en Aguas de Quelana ($0,5 \pm 0,08$). En PE-1 se estimó un valor de $0,57 \pm 0,05$ (Figura 5-48).

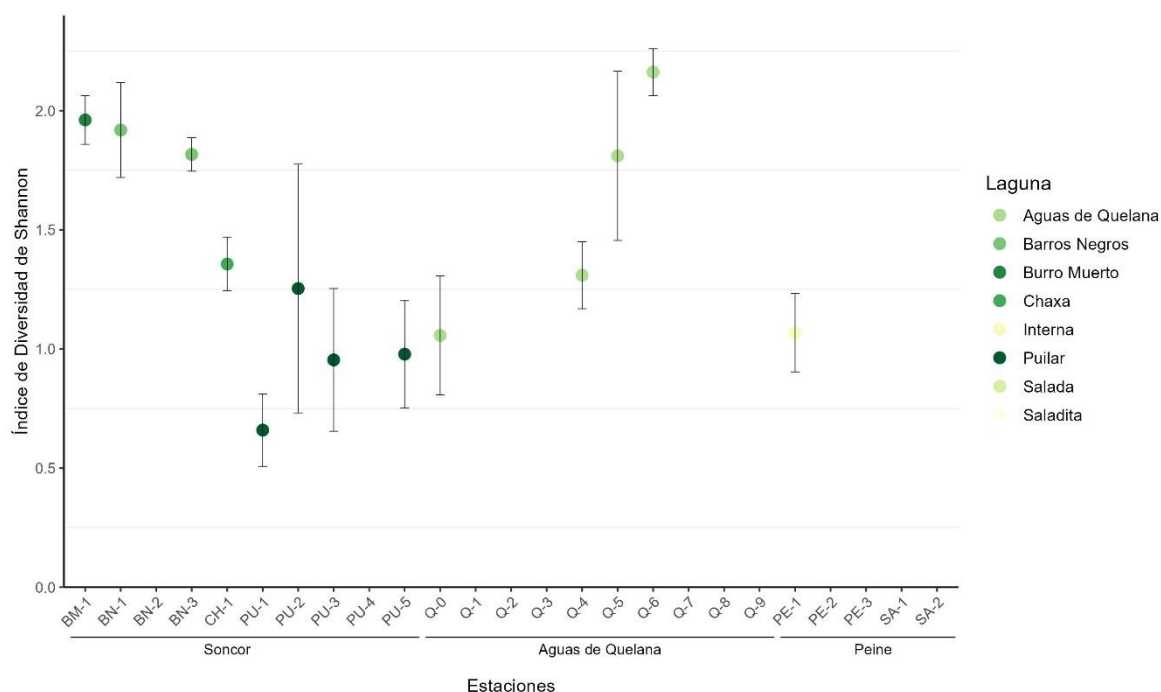
El promedio de equitatividad entre los diferentes sistemas fue similar, bordeando un valor de 0,66 (Figura 5-49). Respecto al índice de equitatividad de Pielou por estación, se estimó el mayor valor en BN-3 ($0,89 \pm 0,02$), seguido por BN-1 ($0,82 \pm 0,05$) en Soncor. El menor promedio se obtuvo para la estación PU-1 en la laguna Puillar, con un valor de $0,35 \pm 0,04$ (Figura 5-50). En Aguas de Quelana, la equitatividad osciló entre $0,57 \pm 0,09$ en Q-0 y $0,79 \pm 0,02$ en Q-6 (Figura 5-50).

Figura 5-45. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



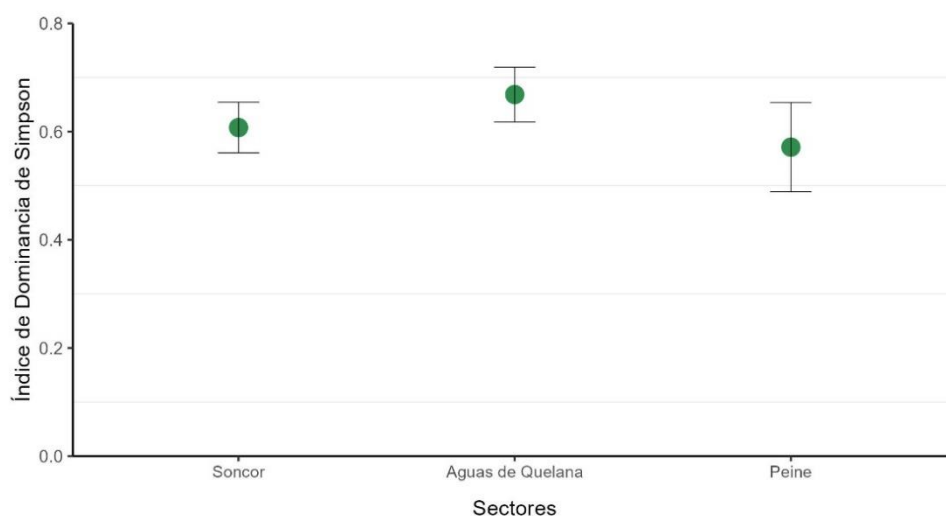
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-46. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024



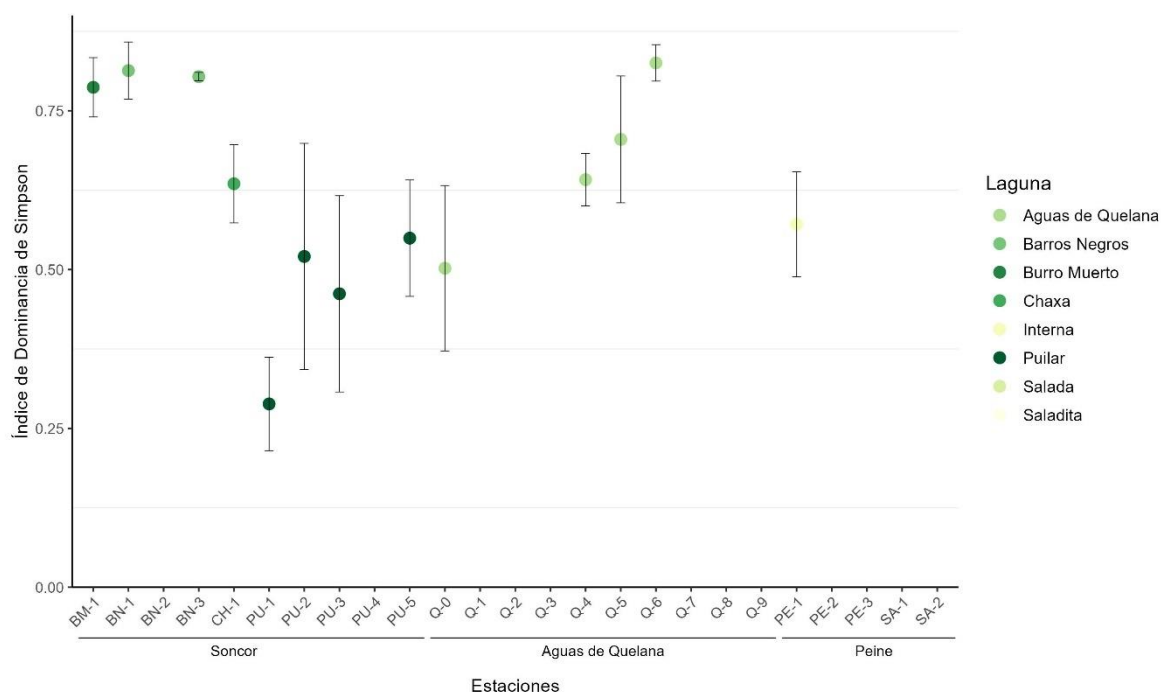
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-47. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



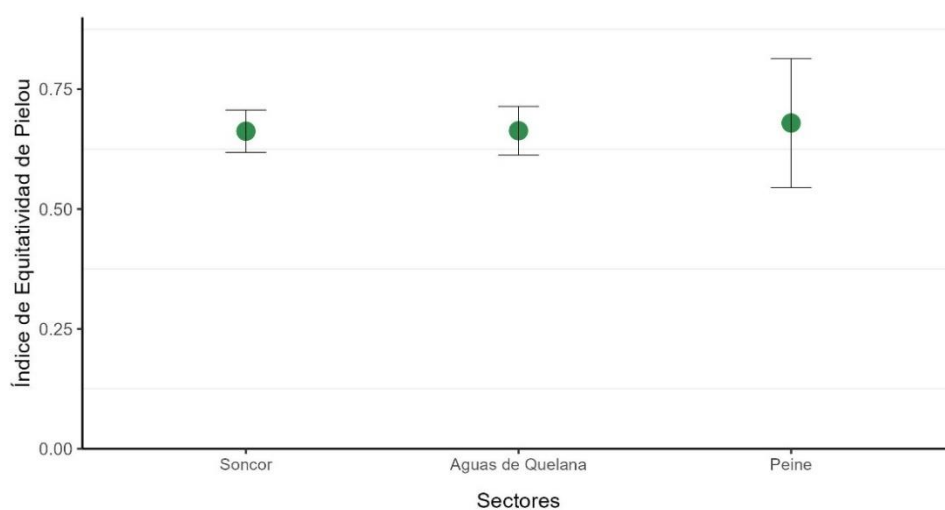
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-48. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024



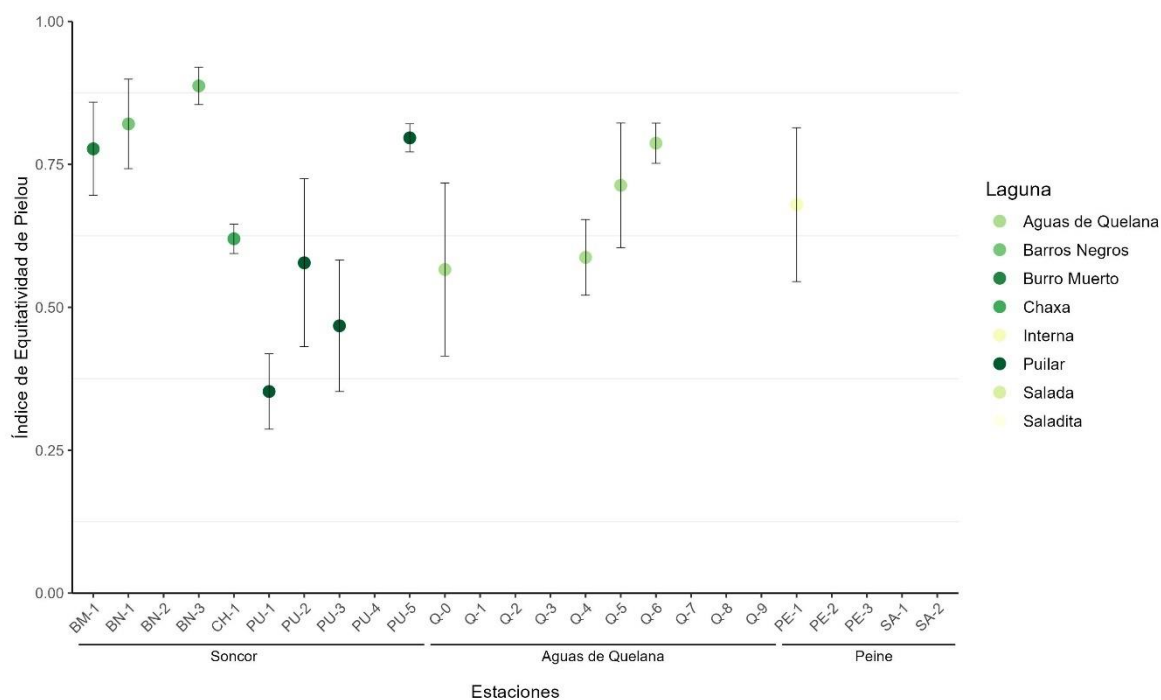
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-49. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-50. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm$ ee) del ensamble de fitobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-47. Abundancias promedio ± ee del ensamble de fitobentos durante la campaña del 2024

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Achnant-hes	536,07 ± 536,07	0 ± 0	0 ± 0	18613,52 ± 18613,52	0 ± 0	1543680,55 ± 848194,13	1878922,8 ± 1877415,31	4352,7 ± 4352,7	0 ± 0	0 ± 0	5658,51 ± 5658,51	34248,87 ± 27818,33	0 ± 0
Achnant-hidium	943,08 ± 943,08	2792,03 ± 2792,03	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	17470,65 ± 15701,57	34509,46 ± 30577,18	14860,39 ± 9536,64	0 ± 0	10104,48 ± 10104,48	251282,47 ± 245719,57	2233,62 ± 2233,62	13401,73 ± 13401,73
Amphora	8259,44 ± 7213,91	13625,09 ± 7137,11	2568,67 ± 1451,85	6700,87 ± 6700,87	16616,77 ± 14008,81	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6142,46 ± 6142,46	0 ± 0	15635,35 ± 15635,35	4467,24 ± 4467,24
Ankistro-desmus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	935,23 ± 935,23	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Anomoeo-neis	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	25314,38 ± 7879,48
Aphano-capsa	6611,52 ± 6611,52	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Arthros-pira	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	11574,22 ± 11574,22	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Campylo-discus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2233,62 ± 2233,62
Chlamydo-monas	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2233,62 ± 2233,62	0 ± 0
Chroococ-cus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	898,2 ± 898,2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	22336,22 ± 16106,88	84133,09 ± 63128,09
Cocconeis	5365,66 ± 5099,97	19767,55 ± 5748,05	496,36 ± 496,36	6700,87 ± 6700,87	0 ± 0	59013,53 ± 28107,93	17589,77 ± 15146,59	2176,35 ± 2176,35	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	136250,94 ± 132914,58	48395,14 ± 15385,17
Cymbella	1121,77 ± 867,65	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4020,52 ± 4020,52	13416,74 ± 4465,89	0 ± 0	0 ± 0	70731,36 ± 70731,36	8934,49 ± 8934,49	211449,55 ± 86096,72
Cymbello-nitzschia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	133,6 ± 133,6	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	243464,79 ± 213389,82	64030,5 ± 42189,91

Tabla 5-47. Abundancias promedio ± ee del ensamble de fitobentos durante la campaña del 2024

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Denticula	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	133,6 ± 133,6	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	49884,22 ± 19824,92
Diatoma	1121,77 ± 867,65	0 ± 0	1451,85 ± 781,77	0 ± 0	374550,9 ± 222730,95	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	28292,54 ± 21935,54	28292,54 ± 19400,96
Discoste-lla	178,69 ± 178,69	2792,03 ± 2792,03	992,72 ± 992,72	8487,76 ± 8487,76	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Dunaliella	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	296520,57 ± 252419,26	5584,05 ± 5584,05	0 ± 0	0 ± 0
Encyo-nema	1414,63 ± 1414,63	0 ± 0	1489,08 ± 1489,08	2233,62 ± 2233,62	0 ± 0	8134,11 ± 8134,11	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1414,63 ± 1414,63	5956,33 ± 5956,33	0 ± 0
Epithemia	1250,83 ± 1250,83	58074,17 ± 58074,17	0 ± 0	2233,62 ± 2233,62	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Fragilaria	8373,6 ± 7837,53	42885,54 ± 23366,72	1389,81 ± 775,34	149205,95 ± 81373,76	61526,95 ± 51128,62	5116,24 ± 4528,34	268928,08 ± 175761,67	136470,27 ± 96245,31	0 ± 0	30313,44 ± 30313,44	308239,83 ± 270280,56	6700,87 ± 6700,87	55840,55 ± 40267,19
Gompho-nema	828,92 ± 426,09	45677,57 ± 20834,14	2345,3 ± 1583,35	3722,7 ± 3722,7	86,67 ± 86,67	0 ± 0	335,04 ± 335,04	0 ± 0	27237,68 ± 27237,68	11574,22 ± 11574,22	0 ± 0	2233,62 ± 2233,62	4467,24 ± 4467,24
Gomphosphaeria	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	5211,78 ± 2684,48	16379,89 ± 2978,16
Halamphora	2144,28 ± 2144,28	79181,9 ± 45050,69	7073,14 ± 5483,88	1357148,71 ± 573095,17	0 ± 0	0 ± 0	1675,22 ± 1675,22	265650,67 ± 184659,02	37227,03 ± 37227,03	98639,55 ± 33699,73	5137,33 ± 3254,76	16379,89 ± 10423,57	11168,11 ± 11168,11
Lyngbya	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	27920,27 ± 27920,27	0 ± 0	0 ± 0
Mastogloia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	35365,68 ± 35365,68	0 ± 0	0 ± 0
Melosira	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	125082,83 ± 125082,83

Tabla 5-47. Abundancias promedio ± ee del ensamble de fitobentos durante la campaña del 2024

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Merismo- pedia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	568113,77 ± 568113,77	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Mono- raphidium	0 ± 0	0 ± 0	496,36 ± 496,36	0 ± 0	4940,12 ± 4940,12	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6142,46 ± 6142,46	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

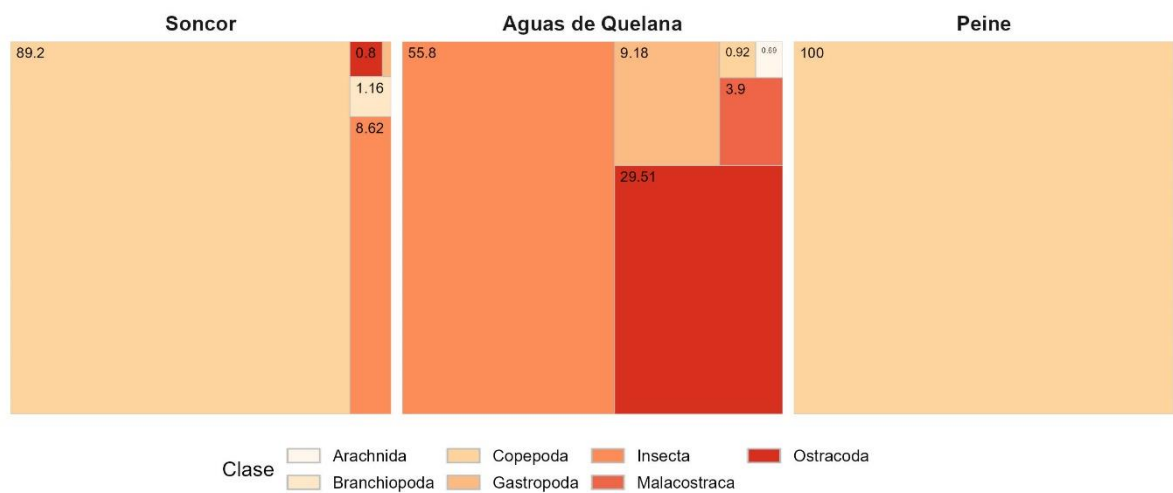
5.3.2.4 Zooplancton

5.3.2.4.1 Composición y riqueza

Durante la campaña del 2024 se identificó un total de 7 clases taxonómicas en las estaciones muestreadas, correspondientes a Arachnida, Branchiopoda, Copepoda, Grastropoda, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Tabla 5-48). Dentro de las cuales la Clase Copepoda fue la de mayor aporte a la abundancia en los sistemas hidrológicos de Soncor (89,2% del total) y Peine (100%), y las clases Insecta y Ostracoda en el sistema Aguas de Quelana, representando 55,8% y 29,5% del total respectivamente (Figura 5-51).

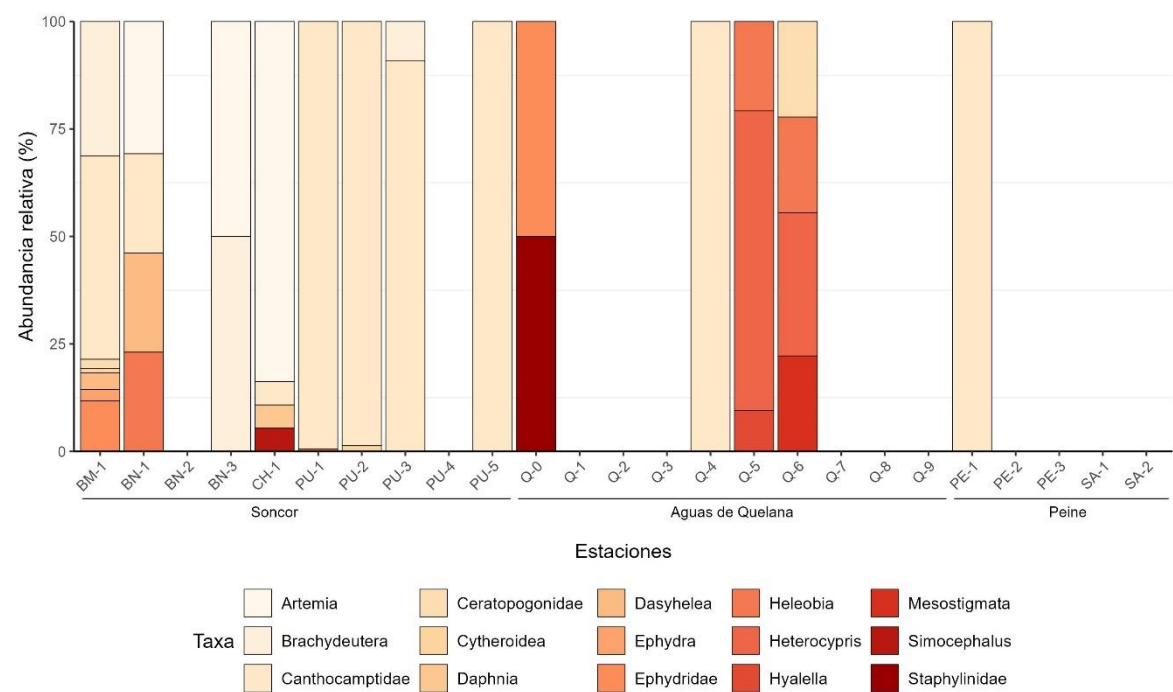
A nivel de estaciones, se observó variaciones en el aporte de los taxa a la abundancia (Figura 5-52). El copépodo Canthocamptidae fue la familia dominante en las estaciones de la laguna Puilar (PU-1, PU-2, PU-3 y PU-5), de Peine (PE-1) y de la estación Q-4 en Aguas de Quelana, acumulando más del 90% del total de individuos identificados (Figura 5-52). En el resto de las estaciones del sistema Aguas de Quelana, los taxa dominantes correspondieron a *Heterocypris* (Q-5 y Q-6), Ephydridae (Q-0), Staphylinidae (Q-0), *Heleobia* (Q-6) y *Mesostigmata* (Q-6). En la estación situada en el canal Burro Muerto dominaron los individuos de la familia Canthocamptidae y *Brachydeutera*, mientras que en Barros Negros y Chaxa destacaron las Artemias (Figura 5-52; Tabla 5-49).

Figura 5-51. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-52. Composición taxonómica del ensamble de zooplancton por estación de muestreo, campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-48. Taxonomía del ensamble de zooplancton durante la campaña de 2024

Se presenta el nivel taxonómico más bajo identificado.

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Animalia	Arthropoda	Arachnida	Mesostigmata	-	-
Animalia	Arthropoda	Branchiopoda	Anomopoda	Daphniidae	<i>Daphnia</i>
Animalia	Arthropoda	Branchiopoda	Anomopoda	Daphniidae	<i>Simocephalus</i>
Animalia	Arthropoda	Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia</i>
Animalia	Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i>
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephrydidae	<i>Brachydeutera</i>
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephrydidae	<i>Ephrydra</i>
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephrydidae	-

Tabla 5-48. Taxonomía del ensamble de zooplancton durante la campaña de 2024

Se presenta el nivel taxonómico más bajo identificado.

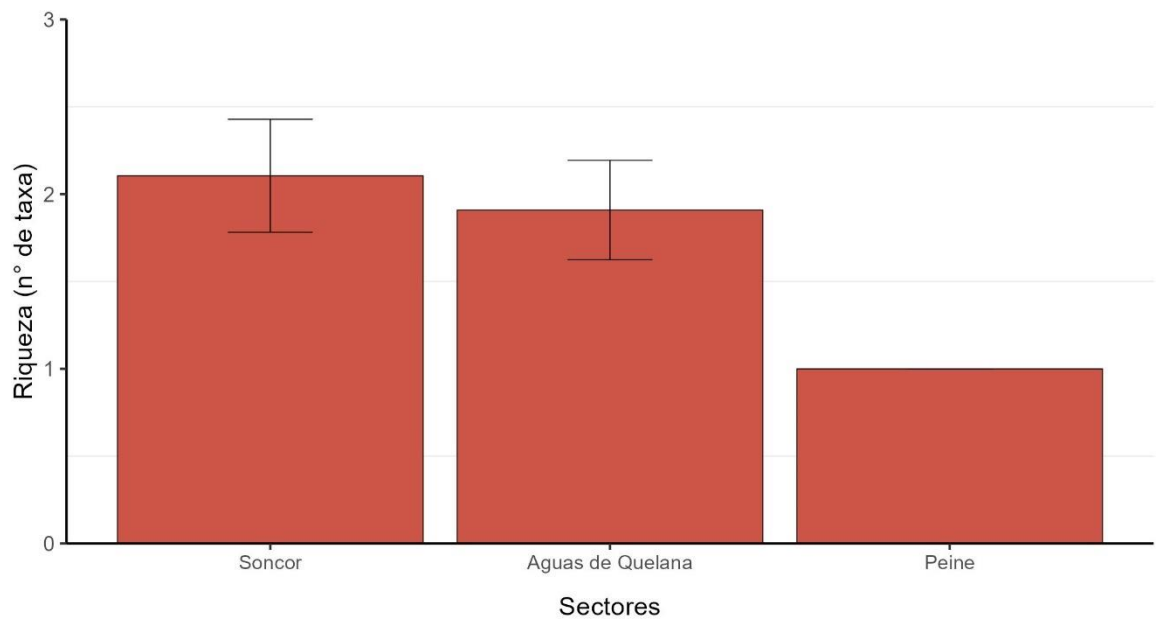
Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>
Animalia	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	<i>Heterocypris</i>
Animalia	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida	Cytheroidea	-
Animalia	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	<i>Heleobia</i>

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En cuanto a la riqueza por sistema hidrológico, los promedios fueron similares en Soncor y Aguas de Quelana, y menor en Peine. El mayor promedio de taxa se registró en Soncor ($2,1 \pm 0,07$ taxa), seguido por Aguas de Quelana ($1,9 \pm 0,09$ taxa) y por último Peine con un promedio de $1,0 \pm 0,00$ taxa (Figura 5-53).

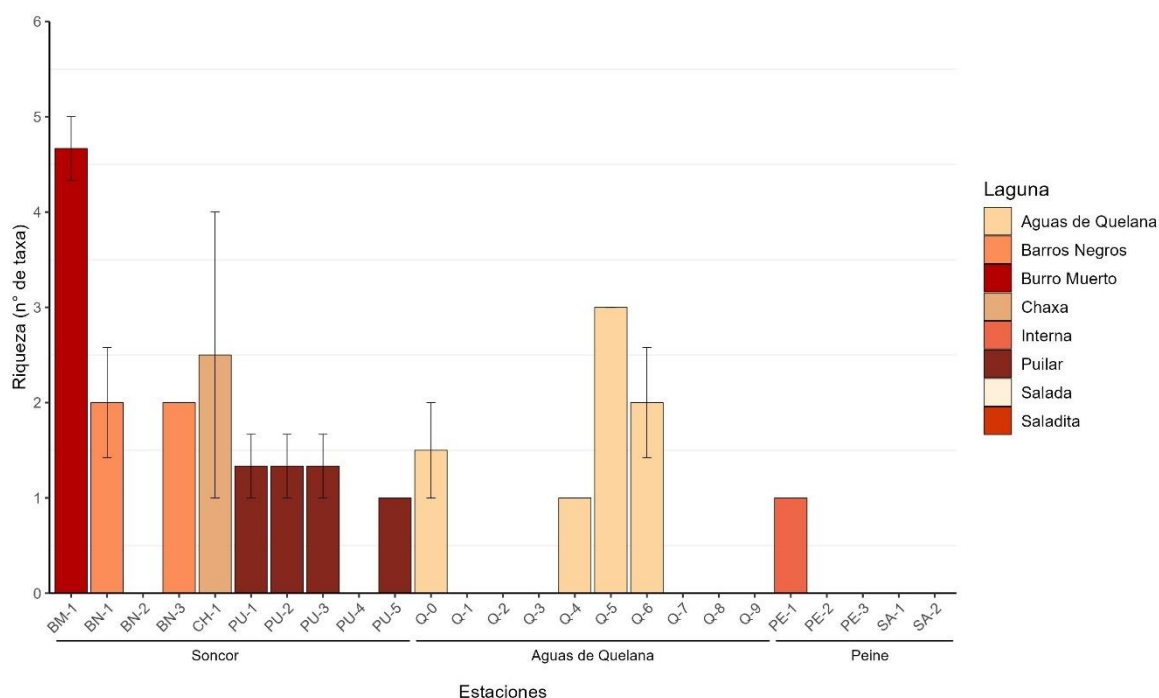
Respecto a la riqueza de especies por estación, los valores promedio oscilaron entre $1,0 \pm 0,00$ taxa, registrado en las estaciones PU-5 en la laguna Puilar en Soncor, Q-4 en Aguas de Quelana y PE-1 en la laguna Interna en Peine, y $4,67 \pm 0,19$ taxa en la estación BM-1 en el canal Burro Muerto en Soncor (Figura 5-54). En Aguas de Quelana la mayor riqueza se observó en la estación Q-5, con un promedio de $3,0 \pm 0,00$ taxa (Figura 5-54).

Figura 5-53. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Geobiota 2025

Figura 5-54. Riqueza promedio ($\pm$ ee) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



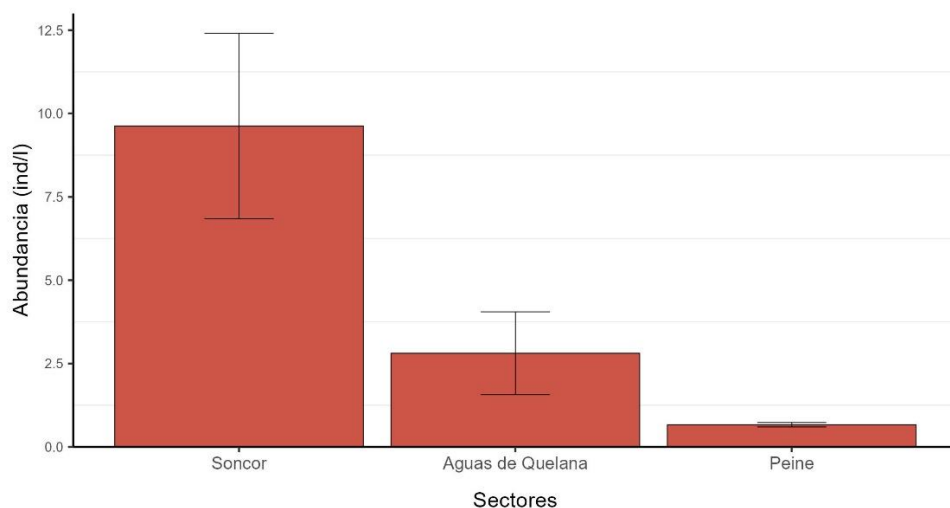
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.2.4.2 Abundancia

Respecto a las abundancias del ensamble zooplanctónico por sistema hidrológico, se observan diferencias en los valores promedios entre sistemas. El mayor promedio se registró en Soncor con un valor de $9,62 \pm 0,64$ ind/L, seguido por Aguas de Quelana con $2,81 \pm 0,37$ ind/L y por último Peine con el menor valor, $0,67 \pm 0,04$ ind/L (Figura 5-55).

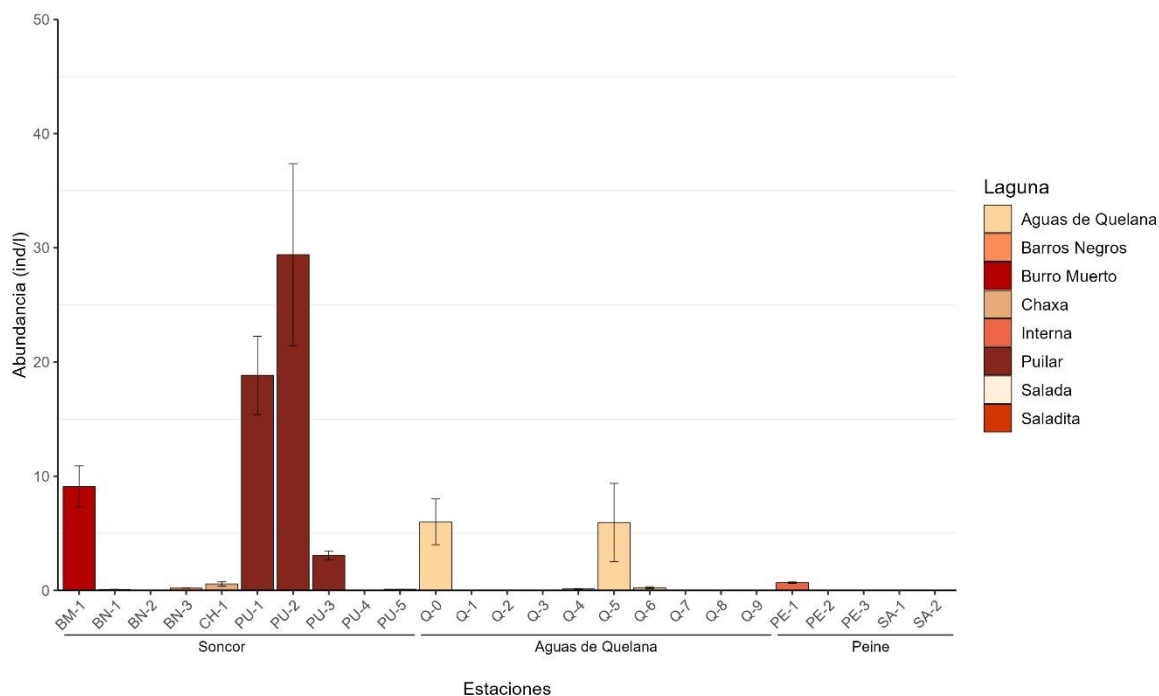
A nivel de las estaciones de muestreo dentro de los sistemas hidrológicos, en general, se observó diferencias en los registros de abundancia promedio. En Soncor, en la estación PU-2 situada en la laguna Puilar se registró la mayor abundancia, con un promedio de $29,4 \pm 4,6$ ind/L, seguida por PU-1 igual en Puilar con un valor de $18,83 \pm 1,98$ ind/L, mientras que la menor abundancia fue registrada en BN-1 (Laguna Barros Negros) con un promedio de $0,08 \pm 0,01$ ind/L. En Aguas de Quelana, las abundancias oscilaron entre $0,13 \pm 0,02$ ind/L en Q-4 y $6,0 \pm 1,41$ ind/L en Q-0. En PE-1 la abundancia registrada fue de $0,67 \pm 0,04$ ind/L (Figura 5-56).

Figura 5-55. Abundancia promedio ($\pm ee$) ind/l del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-56. Abundancia promedio ($\pm ee$) en ind/l del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

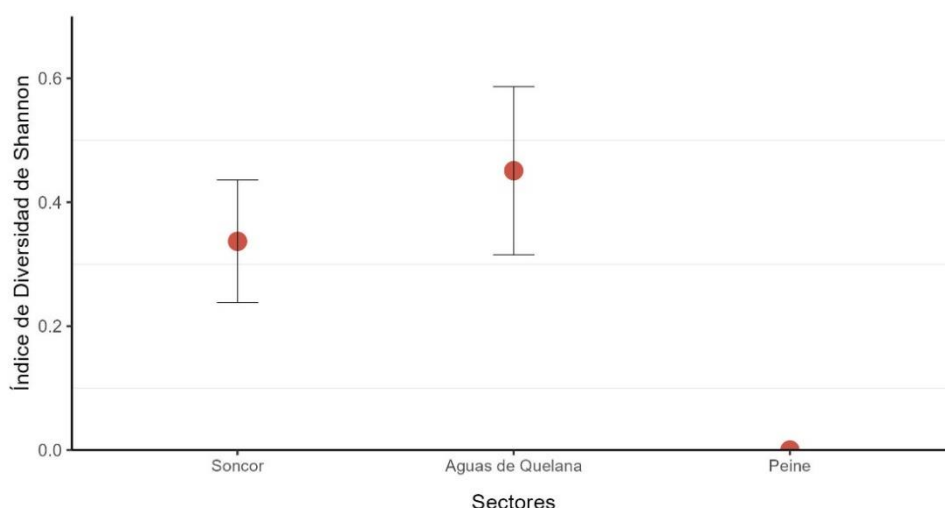
5.3.2.4.3 Diversidad

Para el índice de diversidad de Shannon se estimaron promedios cercanos a 0,4 en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, mientras que en Peine la diversidad fue de 0,00, al solo identificarse un taxa en dicho sector (Figura 5-57). En las estaciones dentro de cada sistema la diversidad osciló entre 0 y 1 durante la presente campaña (Figura 5-58). El mayor valor de diversidad se estimó para la estación BM-1 (canal Burro Muerto) con un promedio de $1,00 \pm 0,04$, mientras que para las estaciones PU-1, PU-5, Q-4 y PE-1 se obtuvo un valor de $0,00 \pm 0,00$ (Figura 5-58).

A nivel de sistema hidrológico, Peine no fue posible estimar el índice de Simpson debido a la ausencia de individuos de más de un taxa (0,00), a diferencia de Aguas de Quelana y Soncor que presentaron dominancias promedio de $0,28 \pm 0,03$ y $0,20 \pm 0,01$ respectivamente (Figura 5-59). A nivel de las estaciones de muestreo, se observó un patrón similar a registrado para la diversidad de Shannon (Figura 5-60). Los mayores promedios de dominancia se estimaron en BM-1 del canal Burro Muerto ($BM-1 = 0,56 \pm 0,02$) y en BN-3 de Barros Negros ($BN-3 = 0,5 \pm 0,00$) en Soncor, y en Q-5 de Aguas de Quelana ($Q-5 = 0,49 \pm 0,05$). Las estaciones PU-1, PU-5, Q-4 y PE-1 estuvieron marcadas por un valor de dominancia de 0,00 (Figura 5-60).

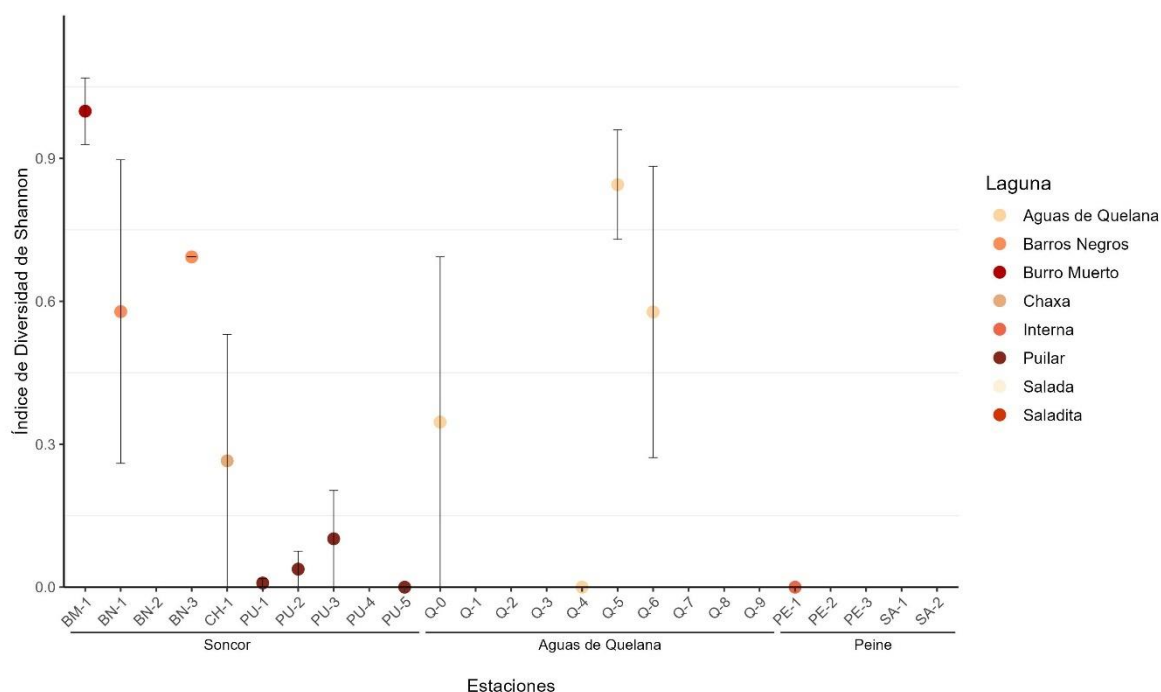
El promedio de equitatividad entre los diferentes sistemas presentó un patrón similar a los índices anteriores, marcado por un valor de 0,00 en Peine y valores de $0,48 \pm 0,04$ y $0,31 \pm 0,02$ en Aguas de Quelana y Soncor respectivamente (Figura 5-61). Respecto al índice de equitatividad de Pielou en las estaciones de muestreo, se observa un patrón similar al estimado para los índices de Shannon y Simpson. La mayor equitatividad en Soncor se estimó en la estación BN-3 en la laguna Barros Negros ($BN-3 = 1,00 \pm 0,00$) y en Aguas de Quelana en Q-5 ($Q-5 = 0,77 \pm 0,06$). Para las estaciones PU-5, Q-4 y PE-1, se estimaron equitatividades de $0,00 \pm 0,00$ (Figura 5-62).

Figura 5-57. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



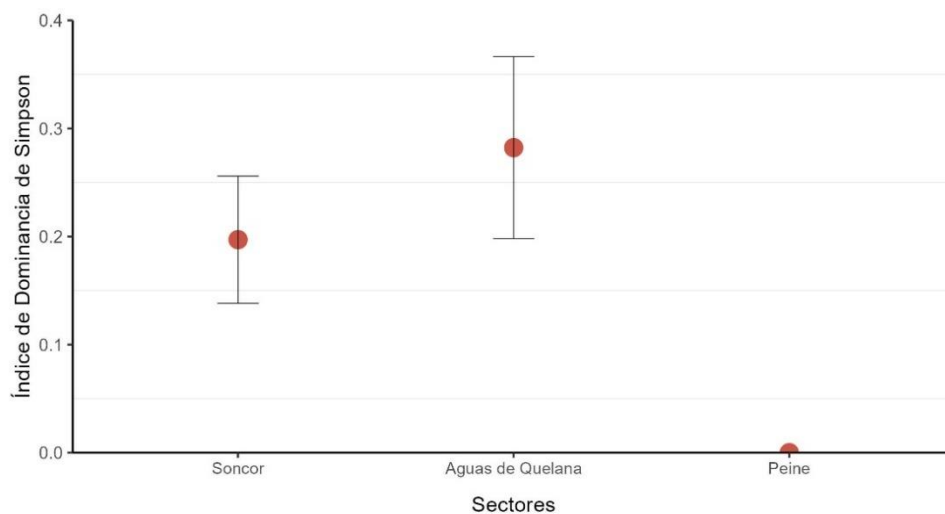
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-58. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



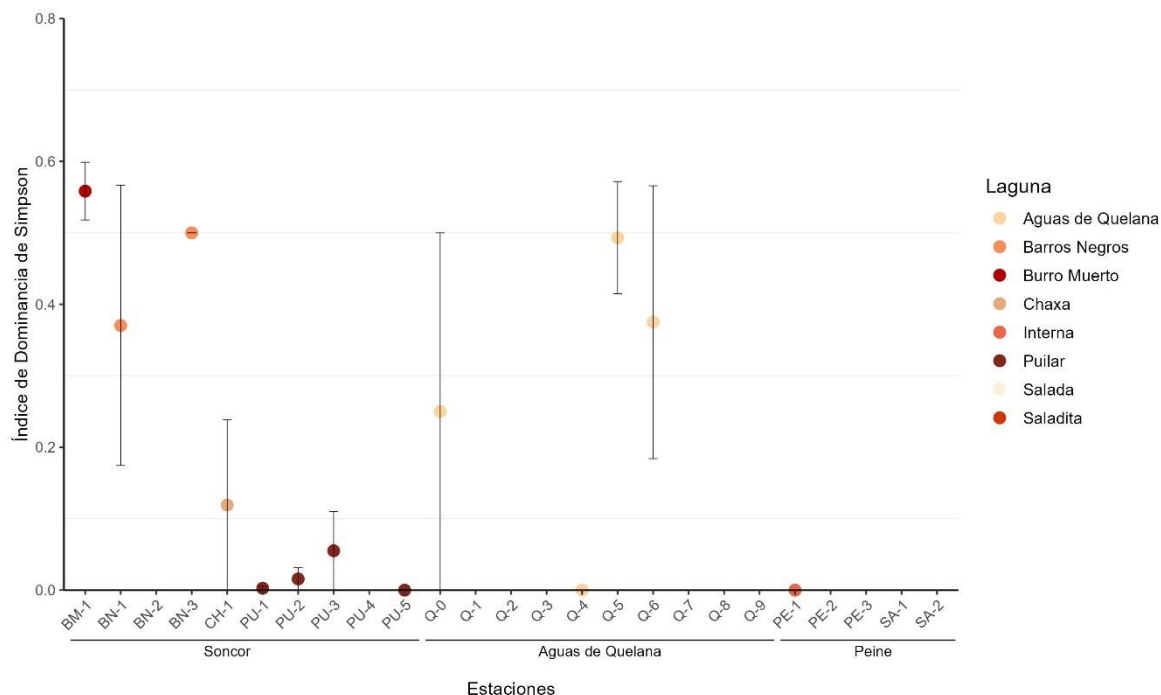
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-59. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



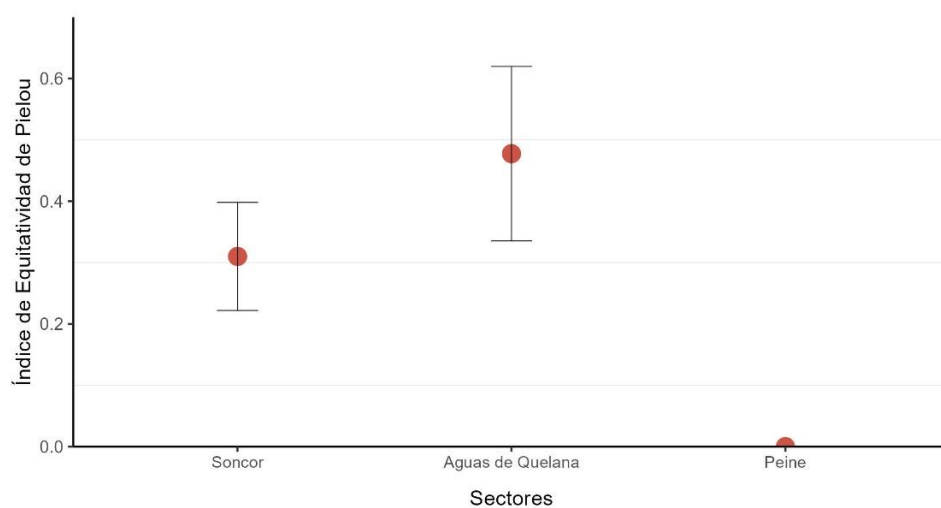
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-60. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



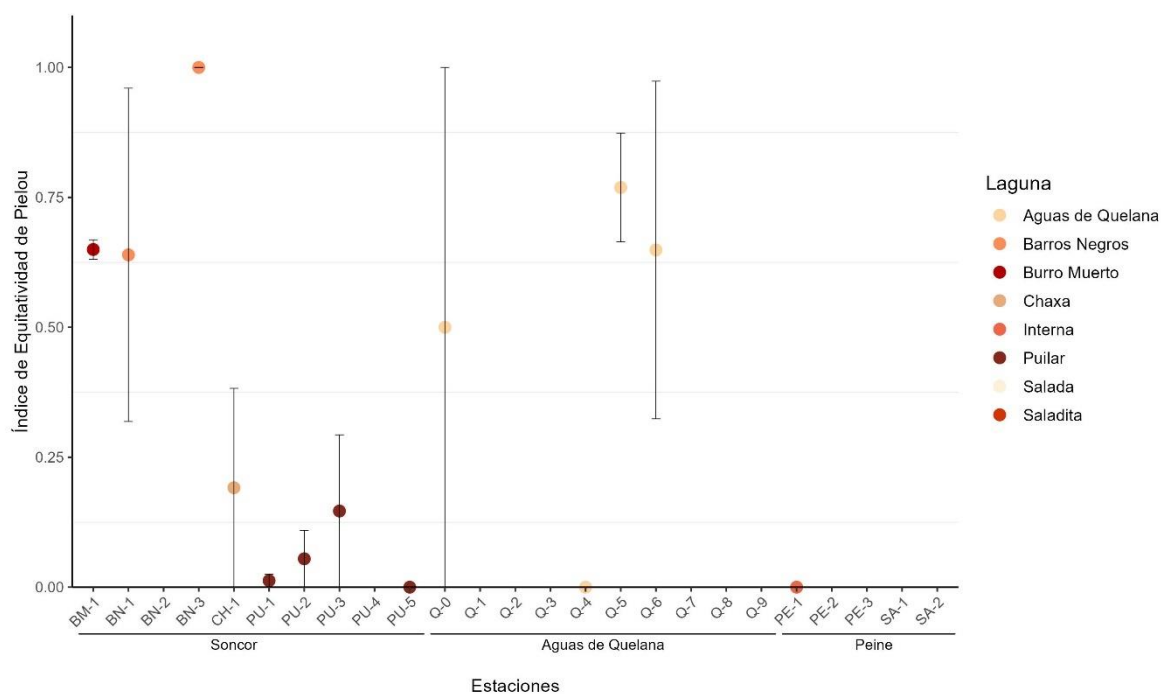
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-61. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-62. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-49. Abundancias promedio ± ee del ensamble de zooplancton durante la campaña del 2024.

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Artemia	0 ± 0	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,03	0,34 ± 0,19	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Brachydeutera	1 ± 1	0 ± 0	0,03 ± 0,03	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,1 ± 0,1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Canthocamptidae	4,53 ± 2,04	0,01 ± 0,01	0 ± 0	0,01 ± 0,01	0,67 ± 0,07	18,8 ± 3,41	29,27 ± 8,07	2,97 ± 0,38	0,03 ± 0,03	0 ± 0	0,13 ± 0,03	0 ± 0	0 ± 0
Ceratopogonidae	0,07 ± 0,07	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,03 ± 0,03
Cytheroidea	0,03 ± 0,03	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,13 ± 0,13	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Daphnia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,01 ± 0,01	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Dasyhelea	0,5 ± 0,32	0,01 ± 0,01	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Ephydra	0,33 ± 0,23	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Ephyridae	2,63 ± 1,17	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2,67 ± 1,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Heleobia	0 ± 0	0,01 ± 0,01	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,03 ± 0,03	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1,23 ± 0,64	0,07 ± 0,03
Heterocypris	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4,13 ± 2,65	0,1 ± 0,06
Hyalella	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,57 ± 0,2	0 ± 0
Mesostigmata	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,03 ± 0,03
Simocephalus	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,01 ± 0,01	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Staphylinidae	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1,33 ± 1,33	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

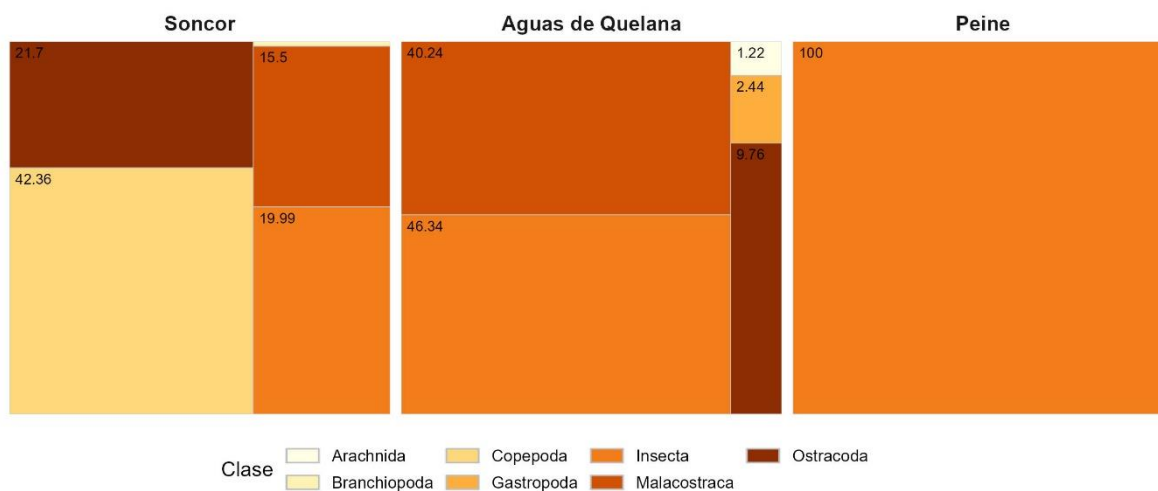
5.3.2.5 Zoobentos o invertebrados bentónicos

5.3.2.5.1 Composición y riqueza

Durante la campaña del 2024 se identificó un total de 7 clases taxonómicas en las estaciones muestreadas, correspondientes a Arachnida, Branchiopoda, Copepoda, Gastropoda, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Tabla 5-48). En Soncor las clases más representativas fueron Copepoda (42,4%), Ostracoda (21,7%), Insecta (20%) y Malacostraca (15,5%). En Aguas de Quelana las clases dominantes fueron Insecta (46,3%) y Malacostraca (40,2%), mientras que en Peine fue la clase Insecta que dominó con el 100% del total de individuos identificados. (Figura 5-63).

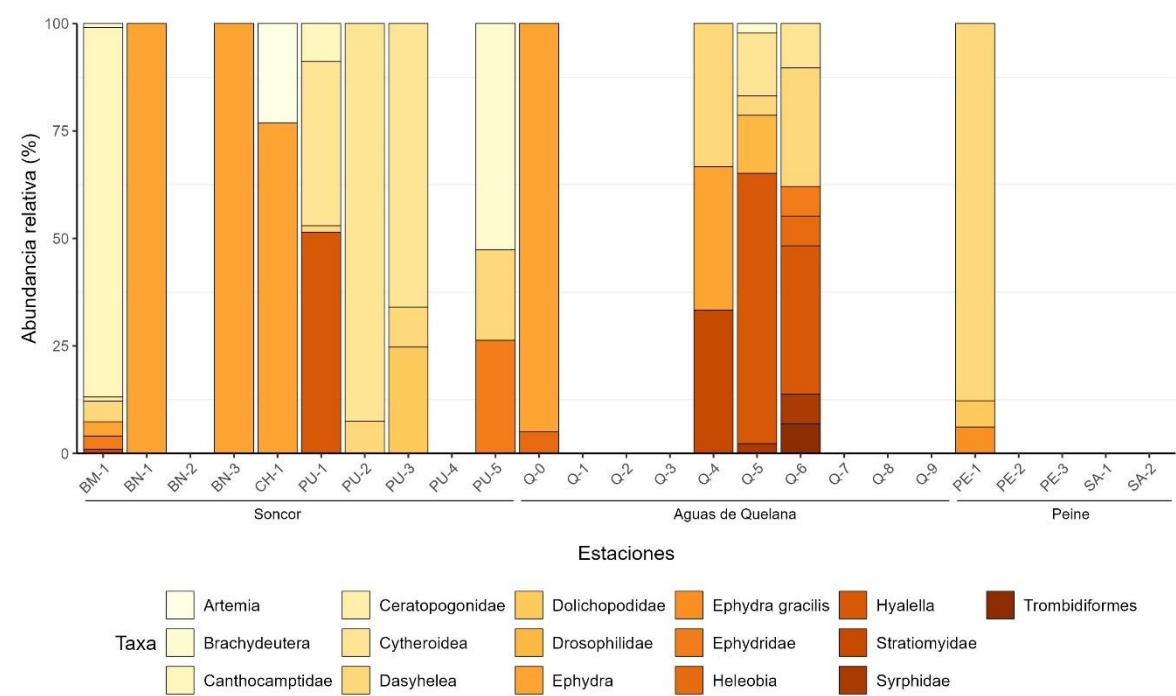
A nivel de estaciones de muestreo se observó diferencias respecto a los taxa dominantes durante la presente campaña (Figura 5-64). El díptero *Ephydra* fue el género más abundante en las estaciones BN-1, BN-3 y CH-1 en Soncor y en Q-0 y Q-4 en Aguas de Quelana. En la laguna Puilar los ostrácodos de la familia Cytheroidea fue el taxa más abundante durante esta campaña (Figura 5-64). Los anfípodos del género *Hyaella* fue el taxa dominante en las estaciones PU-1, Q-5 y Q-6, mientras que para canal Burro Muerto (BM-1) el taxa dominante fue el copépodo Canthocamptidae. En el sistema Peine, representado por la estación PE-1 en la laguna Interna, el díptero *Dasyhelea* sp. fue el taxa dominante (Figura 5-64; Tabla 5-51).

Figura 5-63. Composición taxonómica a nivel de clase del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-64. Composición taxonómica del ensamble de zoobentos por estación de muestreo, campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-50. Taxonomía del ensamble de zoobentos durante la campaña de 2024

Se presenta el nivel taxonómico más bajo identificado.

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Animalia	Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	-	-	-
Animalia	Arthropoda	Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	Artemia	-
Animalia	Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	-	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	-	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Dasyhelea	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	-	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Drosophilidae	-	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephyridae	Brachydeutera	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephyridae	Ephydra	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephyridae	Ephydra	Ephydra gracilis
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ephyridae	-	-

Tabla 5-50. Taxonomía del ensamble de zoobentos durante la campaña de 2024

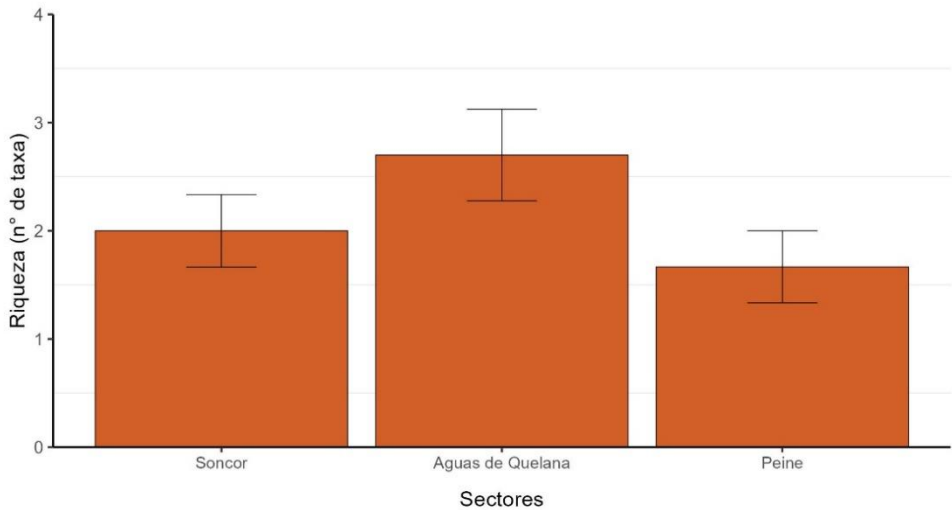
Se presenta el nivel taxonómico más bajo identificado.						
Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Stratiomyidae	-	-
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Syrphidae	-	-
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	-
Animalia	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida	Cytheroidea(Superfamilia)	-	-
Animalia	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En cuanto a la riqueza por sistema hidrológico, se registraron promedios similares para los distintos sistemas (Figura 5-65). El mayor número promedio de taxa se registró en Aguas de Quelana ($2,7 \pm 0,13$ taxa), seguido por Soncor ($2,0 \pm 0,07$ taxa) y por último Peine con un promedio de $1,67 \pm 0,19$ taxa (Figura 5-65).

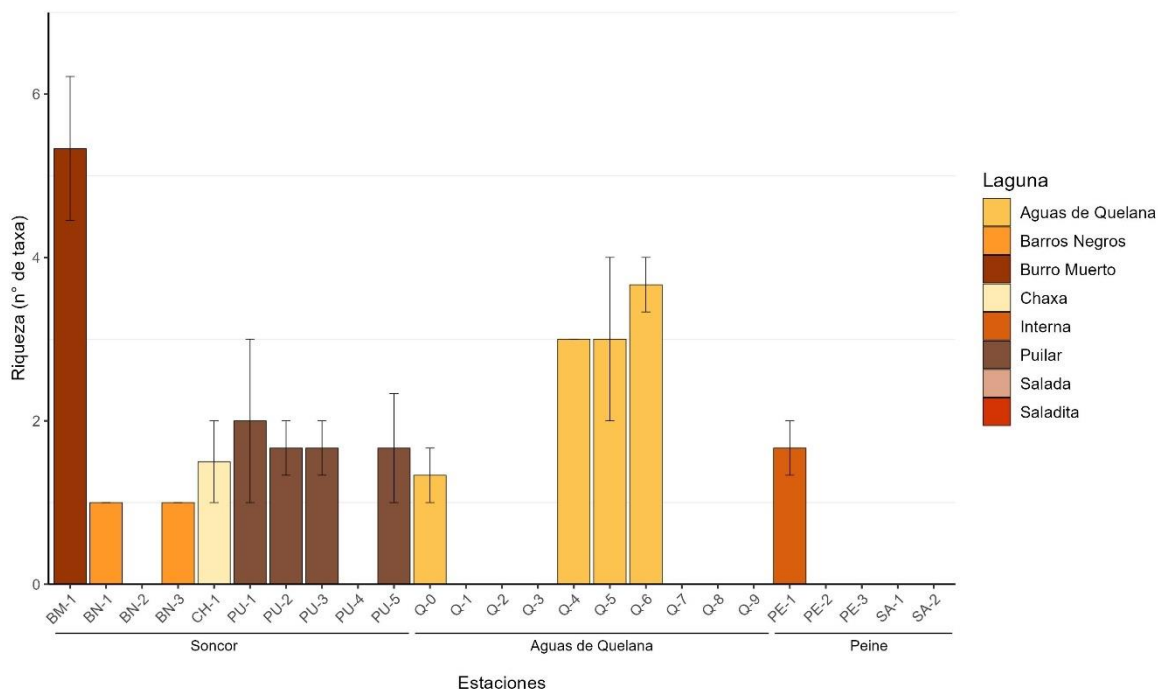
Respecto a la riqueza de especies, en general, se observaron diferencias entre las estaciones de muestreo dentro de los sistemas hidrológicos (Figura 5-66). En Soncor los valores promedio oscilaron entre $1,0 \pm 0,00$ taxa en las estaciones BN-1 y BN-3 en la laguna Barros Negros, y $5,33 \pm 0,51$ taxa en la estación BM-1 en el canal Burro Muerto. En Aguas de Quelana la menor riqueza se registró en Q-0 ($1,33 \pm 0,19$ taxa) y la mayor en Q-6 ($3,67 \pm 0,19$ taxa). En Peine, la riqueza en PE-1 fue de $1,67 \pm 0,19$ taxa (Figura 5-66).

Figura 5-65. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-66. Riqueza promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



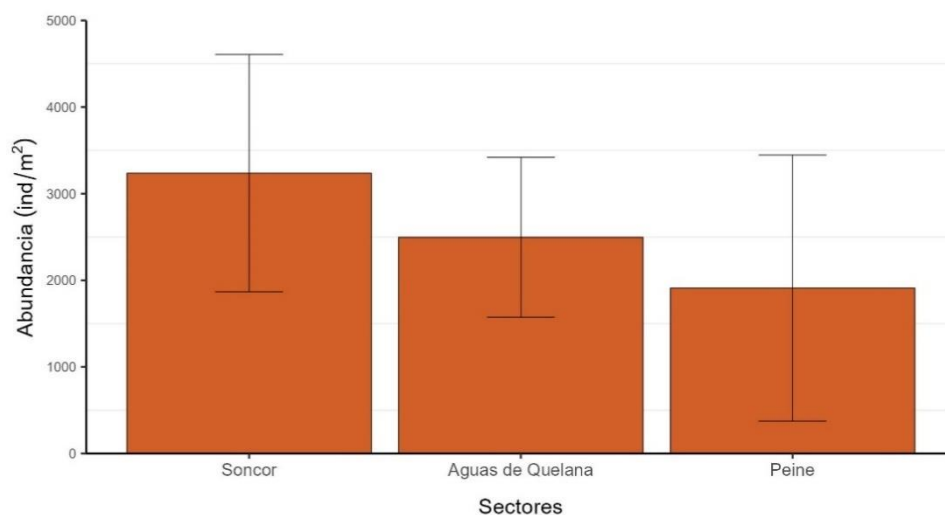
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.2.5.2 Abundancia

Respecto a las abundancias del ensamble zoobentónico, se registraron promedios similares entre sistemas hidrológicos. El mayor promedio se registró en Soncor con un valor de $3.236,83 \pm 291,96$ ind/m², seguido por Aguas de Quelana con $2.496,82 \pm 291,87$ ind/m² y por último Peine con la menor abundancia promedio registrada, $1.910,83 \pm 886,65$ ind/m² (Figura 5-67).

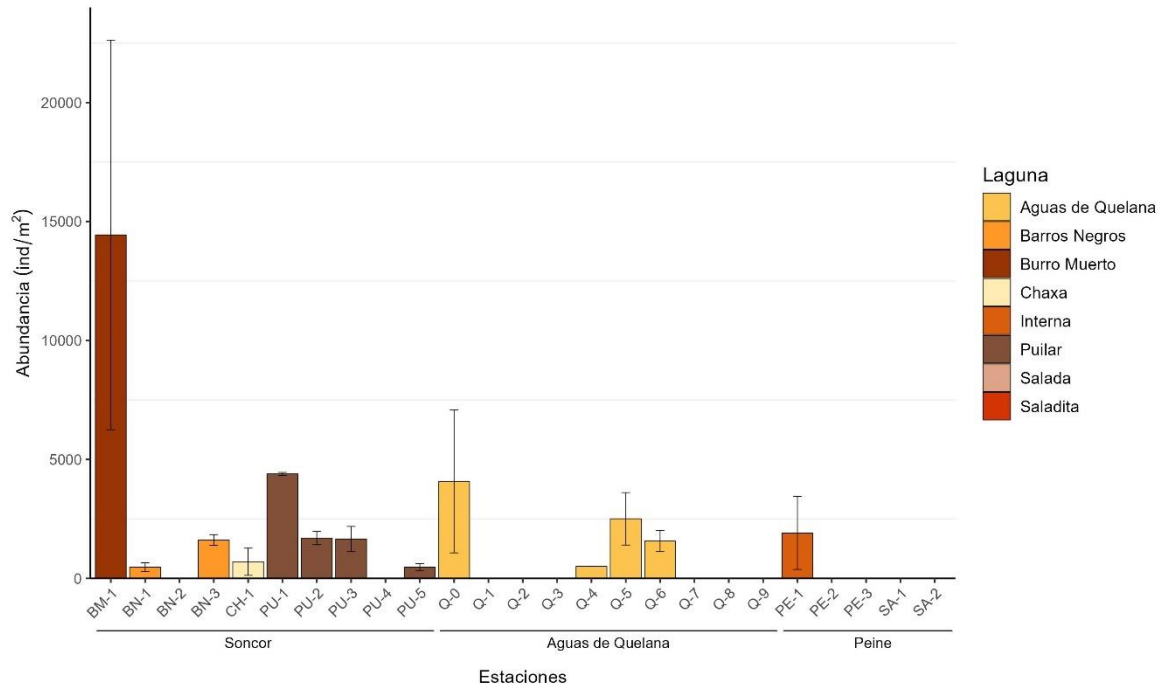
Las abundancias por estación de muestreo difirieron entre si durante la presente campaña (Figura 5-68). En Soncor, se registró la mayor abundancia en la estación BM-1, correspondiente al canal Burro Muerto, donde se registró en promedio $14.437,34 \pm 4.728,53$ ind/m², mientras que en las demás estaciones de Soncor la abundancia promedio fue menor a $4.394,9 \pm 45,04$ ind/m². En Aguas de Quelana, las abundancias oscilaron entre $509,6 \pm 0,0$ ind/m² (Q-4) y $4.076,4 \pm 1.734,8$ ind/m² (Q-0). En Peine, la abundancia en PE-1 fue de $1.910,83 \pm 886,65$ ind/m² (Figura 5-68).

Figura 5-67. Abundancia promedio ($\pm$ ee) en ind/m² del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-68. Abundancia promedio ($\pm$ ee) en ind/m² del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.2.5.3 Diversidad

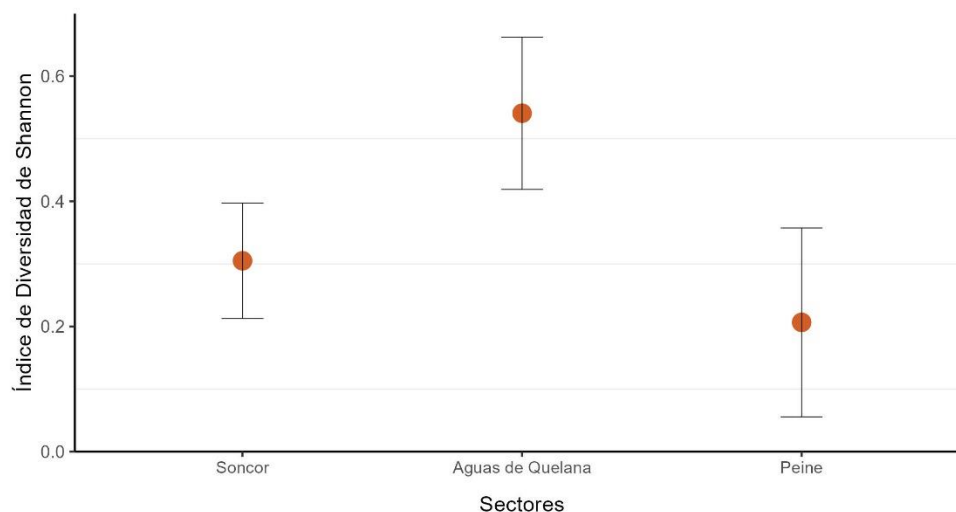
El índice de diversidad de Shannon exhibió valores entre 0 y 1 para las estaciones muestreadas durante la campaña del 2024. La diversidad de Shannon fue mayor en Aguas de Quelana, respecto a los demás sistemas. Se estimaron promedios de diversidad de $0,54 \pm 0,04$ en Aguas de Quelana, $0,30 \pm 0,02$ en Soncor y $0,21 \pm 0,09$ en Peine (Figura 5-69). El mayor valor de diversidad se estimó para las estaciones Q-4 (Aguas de Quelana) con un valor de $1,04 \pm 0,00$ y BM-1 (canal Burro Muerto, Soncor) con un promedio de $0,99 \pm 0,18$. Para las estaciones BN-1 y BN-3, situadas en Barros Negros, se obtuvo un valor de $0,00 \pm 0,00$ (Figura 5-70).

Respecto al índice de Simpson a nivel de sistema hidrológico, la mayor dominancia se registró en Aguas de Quelana con un valor de $0,29 \pm 0,02$, seguido por Soncor con un promedio de $0,17 \pm 0,01$, por último, Peine con un valor de $0,12 \pm 0,06$ (Figura 5-71). Para las estaciones de muestreo se observaron diferencias durante la campaña (Figura 5-72). Las mayores dominancias se estimaron en Q-4 en Aguas de Quelana y en BM-1 en Soncor, con valores de $0,63 \pm 0,00$ y $0,49 \pm 0,1$ respectivamente. Las estaciones BN-1 y BN-3 en Barros Negros estuvieron marcadas por un valor de dominancia de 0,00 (Figura 5-72).

El promedio de equitatividad por sistema hidrológico fue mayor en Aguas de Quelana (promedio = $0,49 \pm 0,03$), seguido por Peine con un promedio de $0,30 \pm 0,13$, y a diferencia de los índices anteriores, el menor valor se estimó para Soncor (Figura 5-73). Respecto al índice de equitatividad de Pielou por estación de muestreo, se observó un patrón similar al registrado para los índices anteriores (Figura 5-74). En Aguas de Quelana se estimó el mayor valor de equitatividad en Q-4 ($0,95 \pm 0,00$), seguido por Q-6 ($0,64 \pm 0,06$). En Soncor, la estación BM-1, situada en el canal Burro Muerto, registró la mayor equitatividad ($0,59 \pm 0,1$). Mientras que en Peine se estimó una equitatividad de $0,3 \pm 0,13$ en PE-1. La menor equitatividad se obtuvo para las estaciones BN-1 y BN-3, con un valor de $0,00 \pm 0,00$ (Figura 5-74).

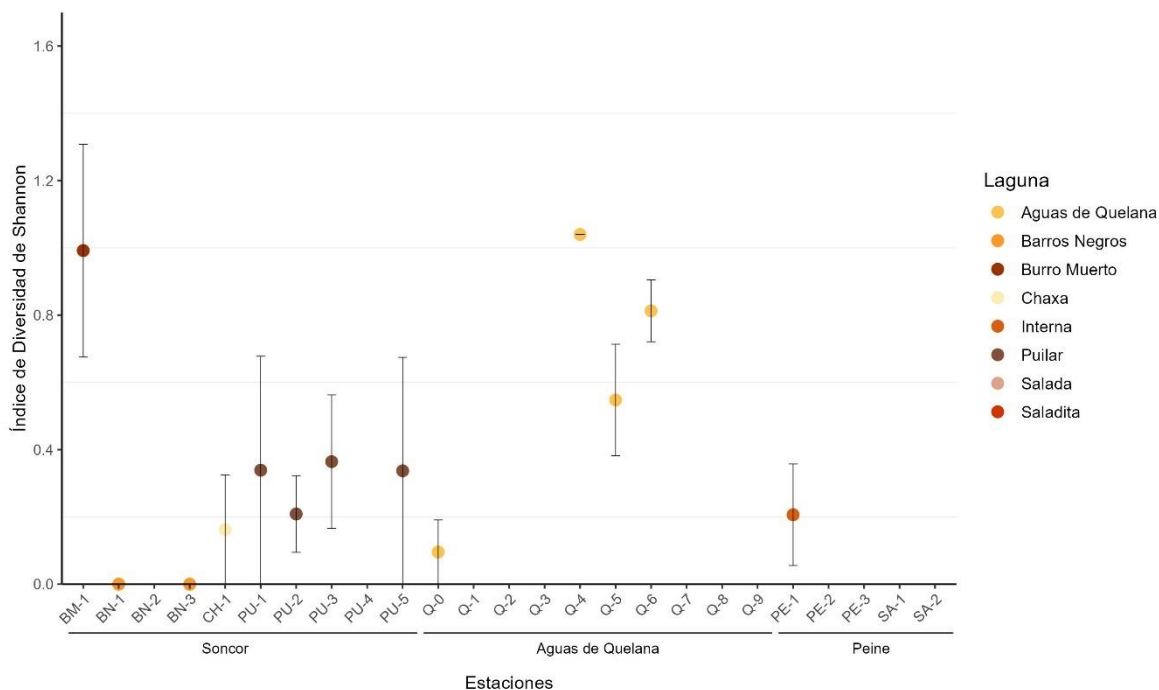
En resumen, durante la campaña de 2024, los índices ecológicos muestran que Aguas de Quelana presentó la mayor diversidad y equitatividad entre los sistemas hidrológicos evaluados, seguido por Soncor y Peine.

Figura 5-69. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



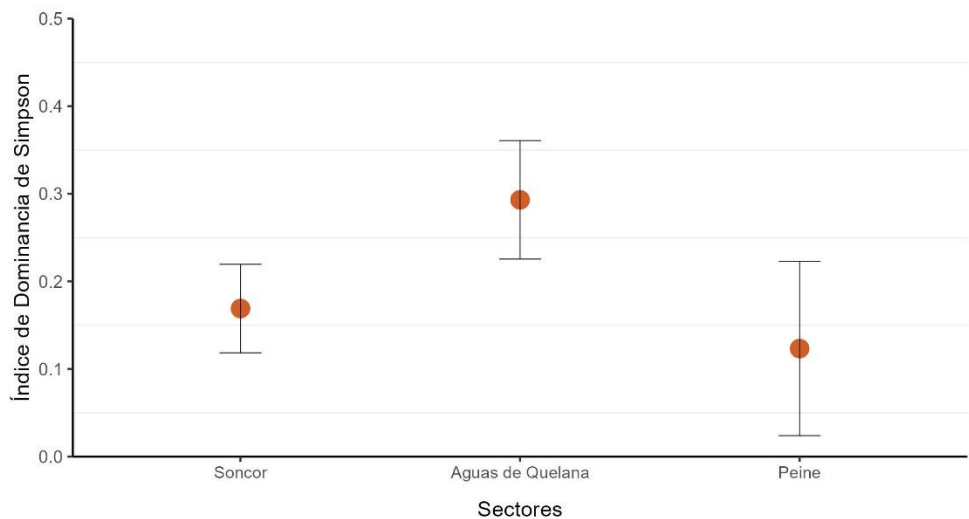
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-70. Índice de Diversidad de Shannon promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



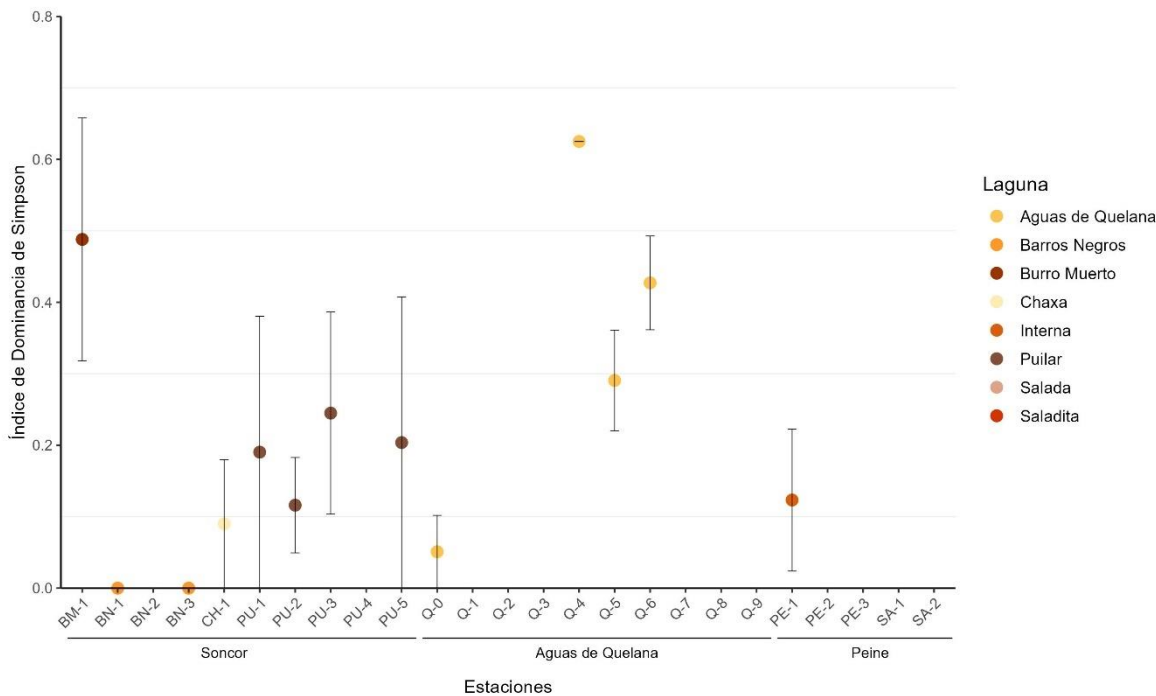
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-71. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



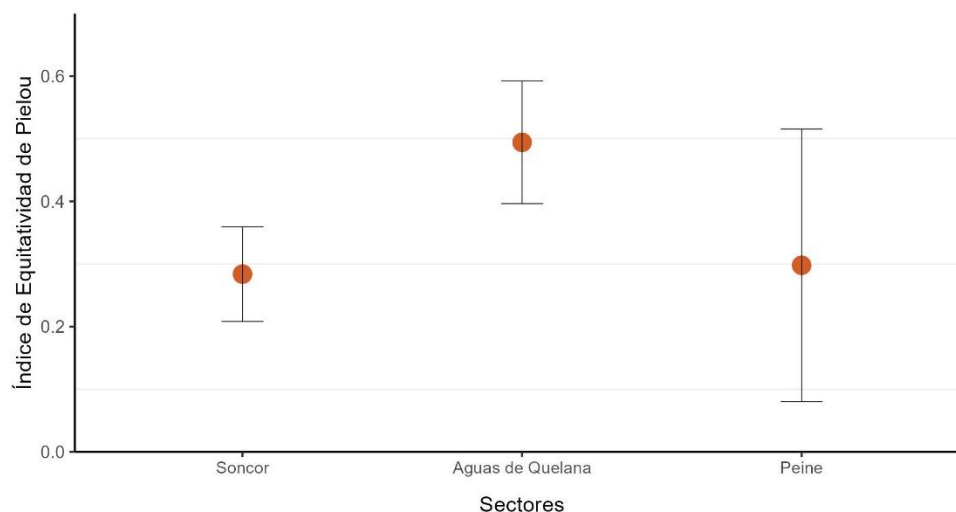
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-72. Índice de Dominancia de Simpson promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



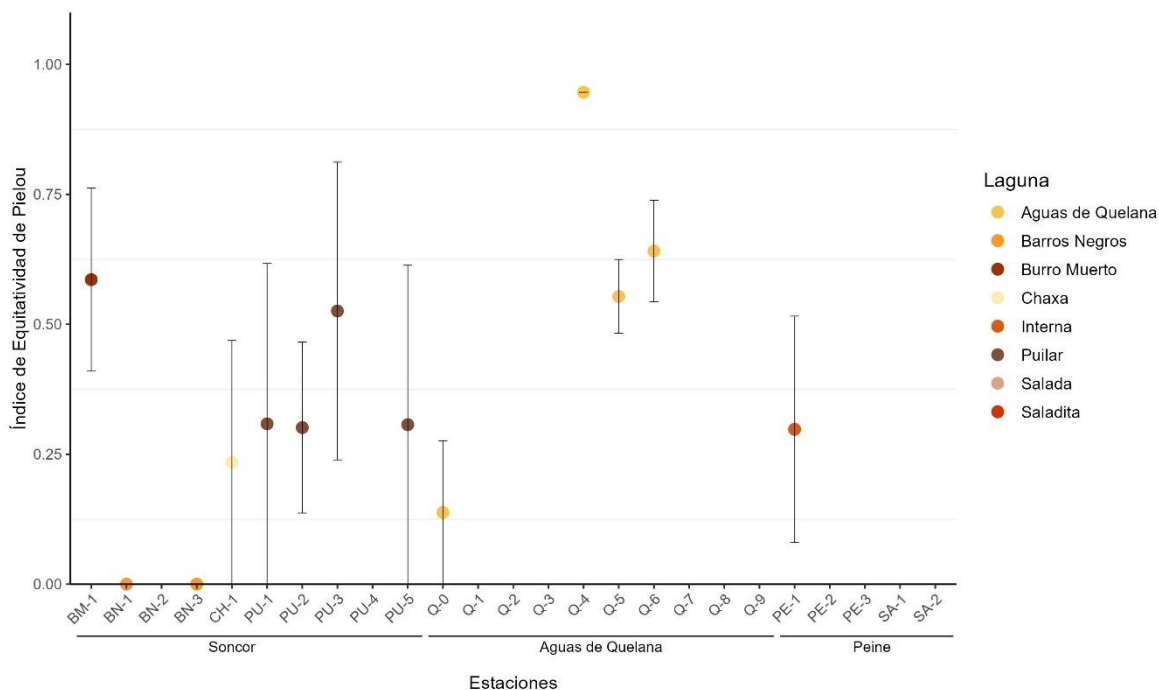
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-73. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine), campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 5-74. Índice de Equitatividad de Pielou promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por estaciones de muestreo, campaña de 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 5-51. Abundancias promedio ± ee del ensamble de zoobentos durante la campaña del 2024.

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Artemia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Brachydeu- tera	84,93 ± 42,46	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	212,31 ± 112,35	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46	0 ± 0
Canthocam- ptidae	11422,51 ± 8300,26	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	254,78 ± 254,78	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Ceratopogoni- dae	42,46 ± 42,46	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Cytheroidea	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1104,03 ± 1104,03	1571,13 ± 224,69	1358,81 ± 552,02	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	552,02 ± 331,65	127,39 ± 73,55
Dasyhelea	1273,89 ± 409,5	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1825,9 ± 1511,46	84,93 ± 84,93	127,39 ± 73,55	127,39 ± 127,39	42,46 ± 42,46	0 ± 0	42,46 ± 42,46	169,85 ± 84,93	849,26 ± 542,13
Dolichopodi- dae	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46	0 ± 0	0 ± 0	169,85 ± 169,85	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Drosophilidae	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	509,55 ± 389,18	0 ± 0
Ephydra	891,72 ± 73,55	467,09 ± 185,09	1613,59 ± 224,69	424,63 ± 362,8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4033,97 ± 3022,93	84,93 ± 84,93	0 ± 0	0 ± 0
Ephydra graci- lis	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Ephydridae	679,41 ± 153,1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	212,31 ± 112,35	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46
Heleobia	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46	0 ± 0	0 ± 0	42,46 ± 42,46
Hyalella	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1486,2 ± 1486,2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1188,96 ± 1188,96	424,63 ± 362,8

Tabla 5-51. Abundancias promedio $\pm$ ee del ensamble de zoobentos durante la campaña del 2024.

Taxa	BM-1	BN-1	BN-3	CH-1	PE-1	PU-1	PU-2	PU-3	PU-5	Q-0	Q-4	Q-5	Q-6
Stratiomyidae	42,46 $\pm$ 42,46	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	42,46 $\pm$ 42,46	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0
Syrphidae	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	42,46 $\pm$ 42,46	42,46 $\pm$ 42,46
Trombidiformes	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	42,46 $\pm$ 42,46

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

5.3.2.6 Plantas acuáticas

En la presente campaña (2024), se observó la presencia de macrófitas en el sistema Aguas de Quelana y Soncor. El taxa identificado corresponde a la especie *Ruppia filifolia*, el cual fue registrado en las estaciones Q-5 y Q-6 del sistema hidrológico Aguas de Quelana y las estaciones PU-1 y PU-2 en la laguna Puilar en Soncor (Figura 5-75). En las estaciones de Aguas de Quelana el porcentaje de cobertura osciló entre 50 – 70%, mientras que en Puilar fue 25% según escala de Braun-Blanquet.

Figura 5-75. Presencia de *Ruppia filifolia* en el sistema de Aguas de Quelana y Soncor durante la campaña del 2024.



Ruppia filifolia en estación Q-5



Estación de muestreo Q-6



Estación de muestreo PU-1



Estación de muestreo PU-2

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6 Discusiones

6.1 Flora y vegetación

6.1.1 Monitoreo vegetación mediante imágenes satelitales

Conforme al propósito del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) biótico del Salar de Atacama, el cual es la detección de cambios en la distribución, abundancia y vitalidad de la vegetación presente en el Borde Este del Salar de Atacama, se discute el comportamiento histórico observado en los parámetros evaluados durante el período de monitoreo (2006 – 2024).

6.1.1.1 Análisis de las caracterizaciones en terreno

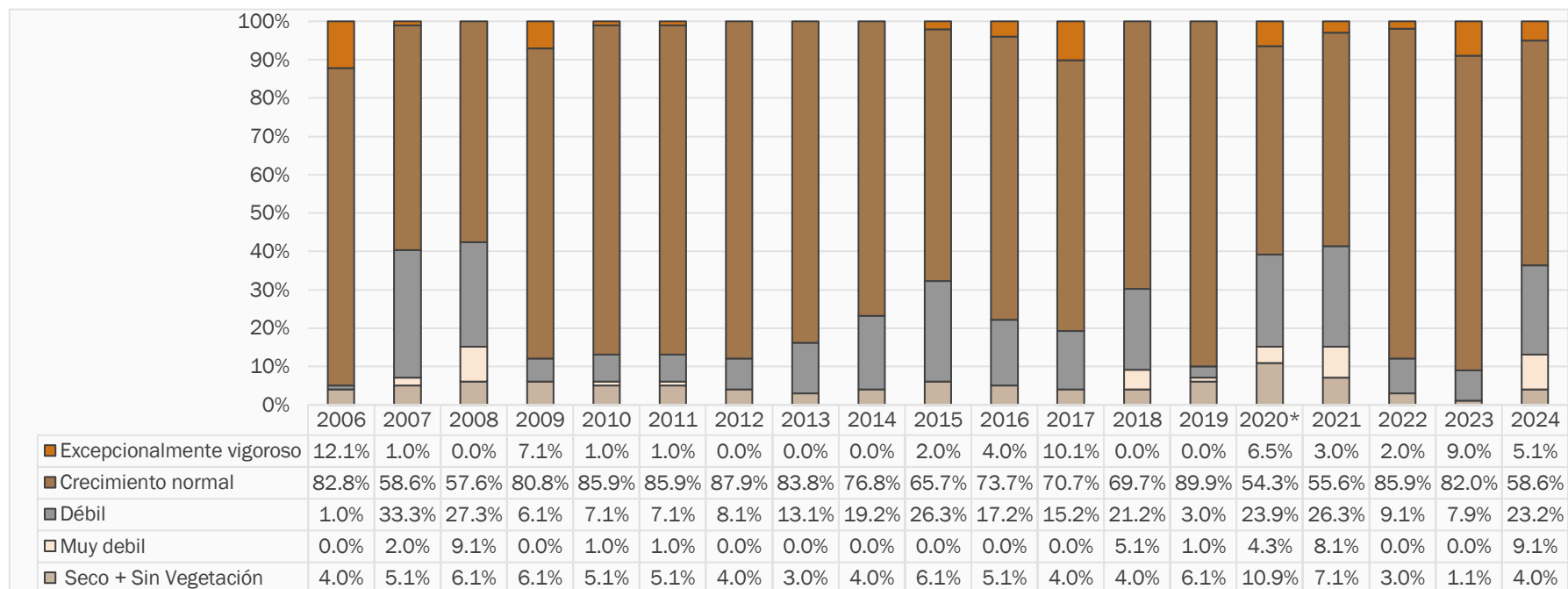
6.1.1.1.1 Estado vital

Tal como lo indica la RCA del Proyecto (N° 226/2006), el estado vital de las unidades homogéneas de vegetación (UVH) objeto de monitoreo, deben ser evaluadas anualmente en el mes de abril.

A nivel general, los valores de las categorías de vigor en el periodo 2024 se ubican dentro de los rangos máximos y mínimos observados en los años anteriores (2006 al 2023). A nivel de tendencia, excluyendo los registros de los años 2020 y 2023, que se muestran incompletos dadas las restricciones de acceso a los puntos durante la pandemia en 2020 y los puntos no autorizados por Peine en 2023. Las categorías de vitalidad de las unidades de vegetación no presentan una tendencia hacia el aumento o disminución en el tiempo. Lo cual se confirmó al realizar pruebas de regresión lineal simple, entre el tiempo y la porción de unidades de vegetación por categoría de vigor (Anexo 24).

En este contexto, en la Figura 6-1 se presenta la evolución de la vitalidad registrada en las UVH en 19 años de monitoreo, esta evolución temporal se representa a través de la proporción de UVH por categoría de vitalidad en cada año desde el 2006 a la fecha. Una descripción de la evolución de las categorías se presenta de forma separada en las secciones siguientes:

Figura 6-1. Categorías de vitalidad de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Evolución temporal campañas 2006 – 2024



(*) El año 2020 tiene 46 registros, debido a prohibición de ingreso a sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos (ver informe de monitoreo PSAB N° 14), el año 2023 posee 89 registros debido a falta de acceso a puntos del sector de Peine, por parte de la comunidad homónima. El resto de los años, incluyendo el año 2024, fue construido sobre la base de 99 registros.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Excepcionalmente vigoroso: Esta categoría muestra variaciones entre un máximo de 12,1% de registros anuales en 2006 y un mínimo de cero registros en los años 2008, 2012–2014, 2018–2019. También se observan mayores ocupaciones en los años 2009 (7,1% de los registros), 2017 (10,1% de los registros) y 2023 (9% de los registros). La cantidad de unidades catalogadas como excepcionalmente vigorosas alcanzan 5 registros en el presente año, lo cual se ubica sobre el promedio registrado en los 18 años de monitoreo.

Crecimiento normal: La categoría de crecimiento normal es la que alberga la mayor cantidad de registros en todos los años de monitoreo, sin mostrar una tendencia hacia el alza o baja en el tiempo. El máximo se registró en el año 2019 con el 89,9% de los registros en esa categoría, mientras que el mínimo fue del 2021 donde el 55,6% (sin considerar el año 2020 donde solo se evaluaron 46 estaciones de monitoreo). En 2024, los registros alcanzaron el 58,6%, lo cual representa una diferencia de 31,3,9% con respecto al máximo histórico y una diferencia del 23,4% respecto al 2023. Este valor se encuentra bajo el promedio.

Débil: La categoría Débil se ha mostrado variable en el tiempo, su máximo alcanza el 33,3% de los registros del año 2007, mientras que el mínimo fue registrado en el año 2006 con solo un 1% de los registros. Para el año 2024 esta categoría describe el 23,2% de los registros, registrando un aumento del 15,4% respecto al año previo 2023.

Muy débil: A lo largo del tiempo, la categoría Muy débil ha mostrado fluctuaciones que no permiten describir una tendencia en el tiempo, variando entre un máximo de 9,1% de los registros en 2008 y como mínimo, la ausencia de registros, identificadas en los años 2006, 2009, 2012-2017, 2022 y 2023. En el monitoreo actual, se registran 9 unidades equivalentes al 9,1% del total de las muestras.

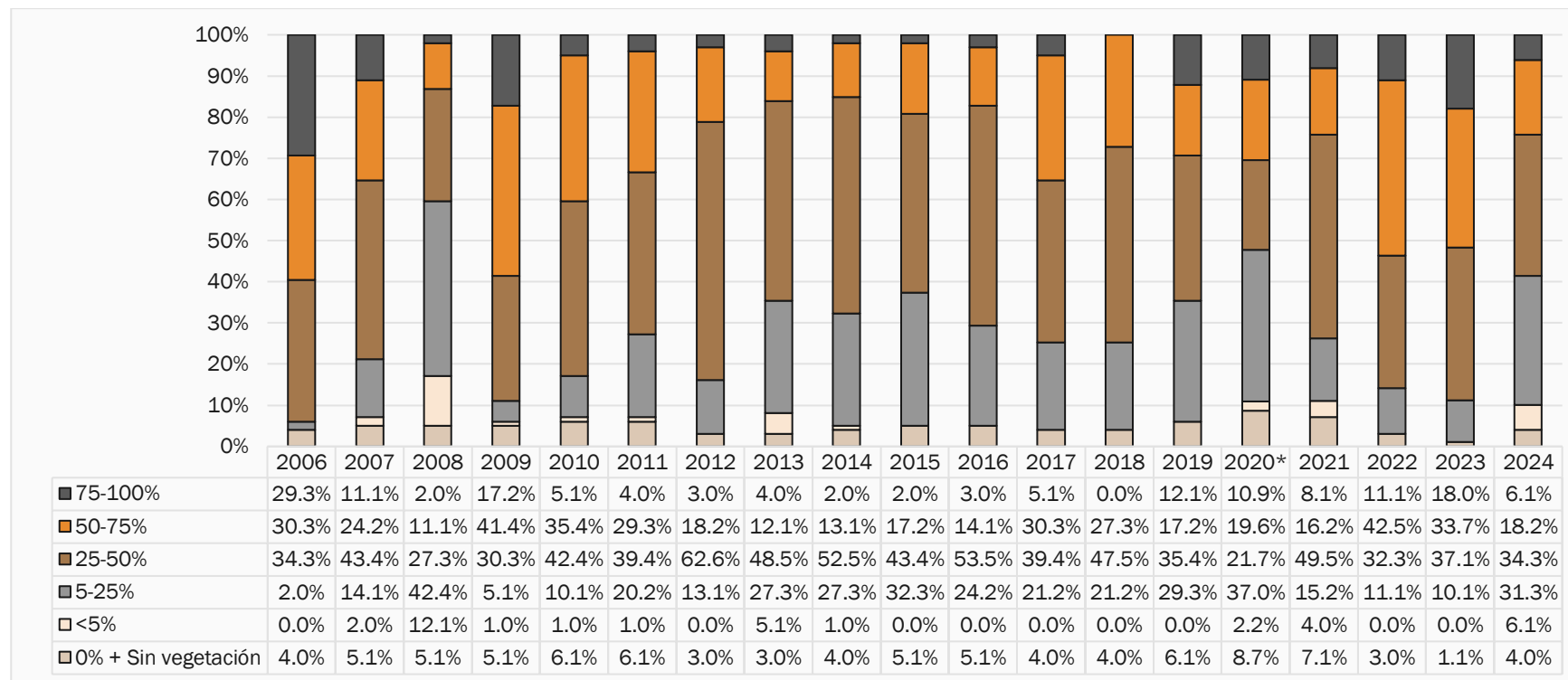
Seco/Sin vegetación: La participación porcentual de la categoría “seco/sin vegetación” no ha mostrado una tendencia el tiempo. El rango de variación de esta categoría es bajo, al verificarse como mínimo y máximo, 1 y 7 muestras (en los años 2023 y 2021 respectivamente). En el periodo 2024, se identificaron cuatro muestras en esta categoría.

6.1.1.1.2 Porcentaje de copa viva

El porcentaje de copa viva corresponde a una apreciación visual de la proporción de la copa fotosintéticamente activa de las especies dominantes en las unidades evaluadas. Es un parámetro que se evalúa anualmente en el mes de abril, de acuerdo con lo especificado en la RCA del Proyecto (N° 226/2006). En este contexto, en la Figura 6-2 se presenta la evolución del porcentaje de copa viva (%CV) registrado en las UVH en 19 años de monitoreo, esta evolución temporal se representa a través de la proporción de UVH por categoría de %CV en cada año desde el 2006 a la fecha.

A nivel general, los valores de las categorías de follaje en el periodo 2024 se ubican dentro de los rangos máximos y mínimos observados en los años anteriores (2006 al 2023). A nivel de tendencia, excluyendo los registros de los años 2020 y 2023, que se muestran incompletos dadas las restricciones de acceso a los puntos durante la pandemia en 2020 y los puntos no autorizados por Peine en 2023. Las categorías de copa viva de las unidades de vegetación no presentan una tendencia hacia el aumento o disminución en el tiempo. Lo cual se confirmó al realizar pruebas de regresión lineal simple, entre el tiempo y la porción de unidades de vegetación por categoría (Anexo 24).

Figura 6-2. Proporción del porcentaje de copa viva de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Campañas abril 2006 – 2024



(*) El año 2020 tiene 46 registros, debido a prohibición de ingreso a sectores de la RN Los Flamencos (ver informe de monitoreo PSAB N° 14), el año 2023 posee 89 registros debido a falta de acceso a puntos del sector de Peine, por parte de la comunidad homónima. El resto de los años, incluyendo el año 2024, fue construido sobre la base de 99 registros.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Categoría 75-100%: La categoría 75-100% de copa viva fluctúa entre un 29,3% (29 registros) de los registros anuales en el año 2006 y cero [0] registros anuales en el año 2018. Entre los años 2006 y 2010 se observan grandes fluctuaciones, las que podrían deberse a la naturaleza cualitativa de la variable de medición. Luego, del 2012 a 2017 los valores no superan el 5% de registros por año; para luego registrar la mínima histórica en el 2018, repuntando en 2019 con valores cercanos al 12%. De ahí en adelante, los valores son más o menos estables, presentándose en el actual reporte una proporción de 6,1% de las muestras, presentándose levemente bajo el promedio.

Categoría 50-75%: La cantidad de descripciones anuales en la categoría 50-75% fluctúan entre un mínimo de 11,1% y un máximo de 42,5%, registrados en los años 2008 y 2022 respectivamente. Se observan grandes variaciones en la proporción de unidades de vegetación en esta categoría anualmente, por lo que, los datos no indican alguna tendencia al alza o baja en el tiempo. En el año 2024, se registra un 18,2% de las unidades con esta categoría, ubicándose bajo el promedio (24,1%).

Categoría 25-50%: La categoría 25-50% de copa viva ha fluctuado entre un mínimo de 21,7% y un máximo de 62,6% de las descripciones, registradas en los años 2020 y 2012 respectivamente. Pese a la anterior, en esta categoría no se verifica una tendencia al alza o baja. En el 2024, se registró una proporción de 34,3%, lo cual se encuentra un 6,8% por debajo del promedio.

Categoría 5-25%: La categoría 5-25% de copa verde registró la mínima y máxima cantidad de observaciones en 2006 y 2008 donde alcanzaron un 2,0% y 42,2% de las muestras, respectivamente. El año posterior al máximo (2009) presentó nuevamente una baja considerable en la cantidad de descripciones, registrándose un 5,1% de representatividad. En el periodo actual (2024) aumenta la proporción con respecto al periodo anterior, lo que podría deberse a la menor expresión de la vegetación, al disminuir los registros en la categoría 25-50% y 75-100%. Lo reportado en el periodo actual se encuentra sobre el promedio historia para esta categoría.

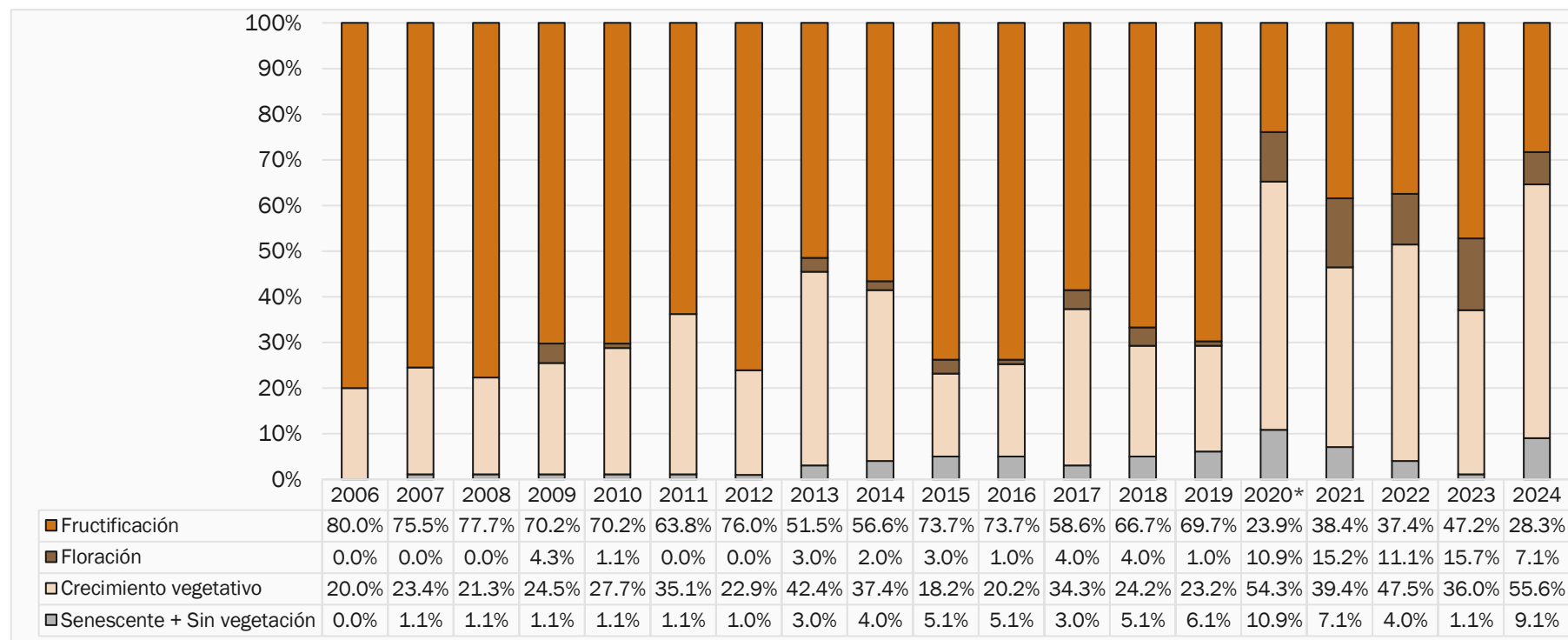
Categoría <5%: La cantidad de registros en la categoría <5% de copa verde tuvo su máximo histórico en 2008 con un 12,1% de las descripciones de vegetación, y el mínimo histórico en los años 2006, 2012 y 2015 a 2019, 2022 y 2023 con cero registros en esta categoría. La evolución temporal de la cantidad de registros en esta categoría muestra que, en los años 2008, 2013 y 2021 se han producido alzas en los registros. Para el año 2023 los registros llegan a 0, situándose bajo del promedio. En el monitoreo actual se registra un alza respecto al año anterior, alcanzando un 6,1% de representatividad.

0%/Sin vegetación: A través de los monitoreos, la categoría de copa viva de 0% fluctuó entre un máximo de 8,7% en el año 2020 y un mínimo de 1,1% en el periodo actual. La proporción de unidades en esta categoría en el periodo actual se ubica por levemente debajo del promedio histórico.

6.1.1.1.3 Fenología

La variación temporal de los ciclos reproductivos de las especies dominantes en las unidades de vegetación objeto de seguimiento (RCA N° 226/2006), se presenta en la Figura 6-3, lo cual se expresa a través de la proporción de UVH por categoría de fenología en cada año desde el 2006 a la fecha.

Figura 6-3. Fenología de la vegetación del Borde Este del Salar de Atacama. Resultados Históricos. Campañas 2006 – 2024.



(*) El año 2020 tiene 46 registros, debido a prohibición de ingreso a sectores de la RN Los Flamencos (ver informe de monitoreo PSAB N°14), el año 2023 posee 89 registros debido a falta de acceso a puntos del sector de Peine, por parte de la comunidad homónima. El resto de los años fue construido sobre la base de 99 registros, incluyendo el año 2024.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Fructificación: La fase fenológica de fructificación ha sido la categoría más frecuente en las formaciones vegetacionales del Salar de Atacama, mostrando un promedio de 60% de las muestras. El máximo ocurrió el año 2006 donde el 80% de las unidades evaluadas presentaron esta etapa fenológica, mientras que el mínimo fue registrado en el año 2020 donde un 23,9% de los registros fueron en esta categoría. El periodo reportado junto con el periodo 2020, 2021, 2022 y 2023 corresponden a los años con menor proporción de muestras con fructificación, lo que mostraría, probablemente, un retraso en el ciclo fenológico, al verificarse un aumento en las muestras en la etapa de floración y crecimiento vegetativo.

Floración: La evolución de las descripciones vegetacionales en el tiempo muestran que la fenofase reproductiva de floración fluctúa entre un mínimo de 0% registros en 2006, 2007, 2011 y 2012; y un máximo de 15,7% de los registros en 2023. Con un promedio de 4,4% considerando todos los años de monitoreo. Tal como se mencionó anteriormente, se observa un aumento de floración a través del tiempo, en comparación con la etapa de fructificación, sin embargo, en la campaña actual, se registra una disminución respecto a la campaña anterior (2023).

Crecimiento vegetativo: La categoría de crecimiento vegetativo corresponde a la etapa de formación de ramas, hojas y brotes tiernos. Esta categoría ha fluctuado entre un mínimo de 18,2% de las muestras (2015) y un máximo del 55,6% en el monitoreo actual (2024), con un promedio de 32% considerando todo el periodo estudiado. En el periodo actual, esta categoría sufre un aumento respecto al periodo previo, contrastando con las categorías de floración y fructificación que disminuyen.

Senescente/sin vegetación: La cantidad de unidades senescentes o sin vegetación ha variado anualmente entre un mínimo de cero registros en el año 2006 y un máximo del 10,9% de los registros en el año 2020. Este último valor estaría influenciado por el tamaño muestral y la época de monitoreo de la campaña complementaria, la cual se realizó en el mes de octubre. El reporte actual (2024) alcanzó un 9,1% de las muestras, encontrándose dentro de los rangos observados.

6.1.1.2 Distribución y abundancia de la vegetación mediante imágenes satelitales

En el periodo 2024 se registra un total de 14.091,74 ha cubiertas con vegetación, valor que se encuentra dentro de los rangos observados históricamente (13.492,0 - 17.495,7 ha), tal como se aprecia en la Tabla 6-1, Tabla 6-2 y Figura 6-4. Respecto a la rectificación realizada en el año 2013, se aprecia que la superficie actualmente cubierta con vegetación es mayor en 456,74 ha (Tabla 6-1). Este incremento se debe principalmente al registro del Matorral de Káuchal (*Tiquilia atacamensis*), cuyas superficies previas al 2017 se habían presentado como zona de vegetación escasa (cobertura de la vegetación <5%) en algunas secciones del margen oriental del Borde Este y que actualmente presenta cobertura vegetal muy abierta (cobertura de la vegetación 10-25%).

La especie *Tiquilia atacamensis* es procumbente o semierecta, de hábito subarbusivo 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* se ajustaría a estas características, dado que su aparición y

densidad de individuos se asocia con precipitaciones abundantes como las ocurridas entre los meses de enero y febrero de los años 2017, 2018 y 2019 en la zona.

Tal como se indica en Tabla 6-1, para el periodo 2024 no se identificó la formación ocasional dominada por la especie herbácea *Cistanthes* sp., la que se verificó por única vez en la campaña 2019. La ausencia de esta formación respaldaría que el crecimiento de esta especie estaría sujeta a condiciones climáticas puntuales, considerada como “pastos de lluvias” y su expresión en la temporada 2019 se debió a las abundantes lluvias estivales acontecidas durante enero a febrero 2019, donde se acumularon 212 mm (estación Camar DGA, 2019).

A continuación, en la Tabla 6-1 se presentan las superficies por tipo vegetacionales en cada uno de los monitoreos realizados a la fecha.

Tabla 6-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2024

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 -Tora -Suncho	Pradera de Lupa	
2006	9.195,0	1.263,0	20,0	0,0	2.569,0	664,0	0,0	13.712,0
2007	8.327,0	1.235,0	28,0	0,0	3.495,0	628,0	0,0	13.712,0
2008	7.626,0	2.069,0	900,0	0,0	2.696,0	422,0	0,0	13.712,0
2009	9.319,0	1.156,0	36,0	0,0	2.048,0	1.186,0	0,0	13.745,0
2010	9.006,0	603,0	1.003,0	0,0	1.389,0	1.689,0	0,0	13.690,0
2011	9.452,0	493,0	604,0	0,0	1.544,0	1.604,0	0,0	13.696,0
2012	7.616,0	1.325,0	692,0	0,0	2.725,0	1.311,0	0,0	13.670,0
2013	7.301,0	1.683,0	1.042,0	0,0	2.319,0	1.290,0	0,0	13.635,0
2014	7.331,0	1.714,0	776,0	0,0	2.361,0	1.300,0	0,0	13.492,0
2015	7.865,0	1.752,0	821,0	0,0	2.342,0	1.341,0	0,0	14.121,0
2016	7.865,0	1.807,0	767,0	0,0	2.364,0	1.315,0	0,0	14.118,0
2017	7.735,3	1.815,1	769,5	34,3	2.349,1	1.327,4	0,0	14.030,7
2018	7.849,0	2.074,0	587,9	811,8	2.235,4	1.288,1	0,0	14.846,2
2019	8.033,5	2.069,1	547,7	651,7	2.197,6	1.456,5	2.539,6	17.495,7
2020	7.412,4	2.024,3	542,4	824,5	2.209,4	1.381,2	0,0	14.394,3
2021	7.359,18	1.772,03	455,88	883,30	2.233,80	1.381,27	0,0	14.085,45
2022	7.359,95	1.780,87	436,42	858,53	2.236,96	1.403,46	0,0	14.076,19
2023	7.359,40	1.801,89	436,59	858,94	2.251,66	1.392,25	0,00	14.100,73
2024	7.315,86	1.801,89	436,59	858,94	2.289,36	1.389,10	0,00	14.091,74

Tabla 6-1. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2024

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 -Totorita -Suncho	Pradera de Lúpula	

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Respecto a los demás tipos vegetacionales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama y que tienen el carácter de permanentes la diferencia de superficie cubierta por vegetación en el periodo 2006 – 2024, se relaciona con la dificultad de identificación de unidades vegetacionales de baja cobertura principalmente a nivel de fotointerpretación de la imagen satelital. Esto ocurre especialmente en las zonas de cobertura rala (5-10%). Esta situación se da mayoritariamente en los límites del Borde Este, tanto en la parte alta de la cuenca como hacia el núcleo del salar, principalmente en áreas donde convergen zonas de vegetación escasa y vegetación con coberturas <10%. Por ejemplo, en el margen oriente de la franja cubierta con vegetación se presenta el tipo vegetacional dominado por Rica rica – Pingo pingo (*A. deserticola* – *E. multiflora*), estas especies surgen de manera localizada y colindante a zonas de vegetación escasa (<5% de cobertura) o sin vegetación.

En la imagen satelital y a la escala de trabajo utilizada, se dificulta la delimitación entre estos sectores, toda vez que la distribución de individuos es dispersa y de tamaño reducido, tendiendo a la confusión con otros elementos del paisaje. Situación similar ocurre hacia el poniente (núcleo del Salar), donde la vegetación que limita con esta superficie tiende a presentar límites difusos, dada la presencia de costra salina irregular. Por esto, y con el objetivo de mejorar la cartografía es que se realizan esfuerzos adicionales de revisión de la segmentación, produciéndose tales diferencias en las superficies, las que no están directamente relacionadas a efectos del Proyecto.

Tal como se aprecia en la Figura 6-4 y Tabla 6-1, las superficies del periodo 2024 se encuentran dentro de los rangos de valores observados en los periodos previos (13.492,0 - 17.495,7 ha). Al comparar los resultados con los datos obtenidos el año 2023 (Tabla 6-2), se aprecia una diferencia de 8,99 ha menos que el periodo anterior. Por otra parte, la superficie del periodo reportado es superior en 456,74 ha respecto al periodo 2013, año en que se generaron las correcciones al mapa de vegetación.

En el análisis por tipo vegetacional (Tabla 6-2), se observa que el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar), matorral de *Aloysia deserticola* – *Ephedra multiflora* (Rica rica – Pingo pingo) y el matorral de *Tiquilia atacamensis* (Káuchal) mantuvieron las mismas superficies con respecto al monitoreo anterior, mientras la pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada) aumentó su superficie de ocupación respecto al monitoreo anterior en 37,7 ha respectivamente. Por su parte, el matorral de *Tessaria absinthioides* (Brea) y la Pradera de *Juncus balticus* – *Schoenoplectus americanus* – *Baccharis juncea* (Junquillo – Totora – Suncho) presentaron bajas en superficie con respecto al periodo anterior, disminuyendo 43,54 ha y 3,15 ha, respectivamente.

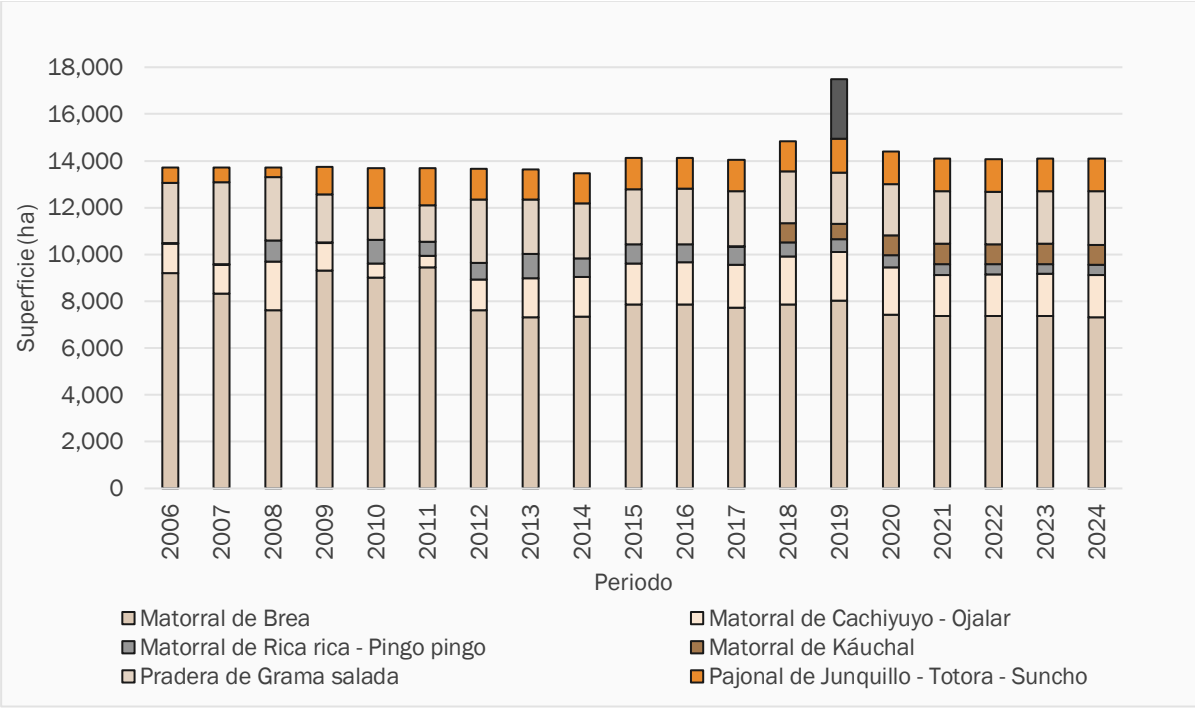
Tabla 6-2. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2023-2024

Año de monitoreo	Tipo vegetalacional (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 -Totorá - Suncho	Pradera de Lu-kupa	
2023	7.359,40	1.801,89	436,59	858,94	2.251,66	1.392,25	0,00	14.100,73
2024	7.315,86	1.801,89	436,59	858,94	2.289,36	1.389,10	0,00	14.091,74
Disminución	43,54	-	-	-	-	3,15	-	8,99
Aumento	-	-	-	-	37,70	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Basado en los antecedentes entregados, tanto la superficie total como los tipos vegetacionales de manera individual se encuentran dentro de los rangos observados históricamente, que corresponden a las superficie mínimas y máximas en el período 2006 – 2023 (ver Tabla 6-1), por lo que no se aprecian efectos no contemplados en la vegetación mediante el monitoreo mediante imágenes satelitales. El detalle de la variación de cobertura por tipo vegetalacional es presentado en la Figura 6-4.

Figura 6-4. Superficie de los tipos vegetales presentes en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 a 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

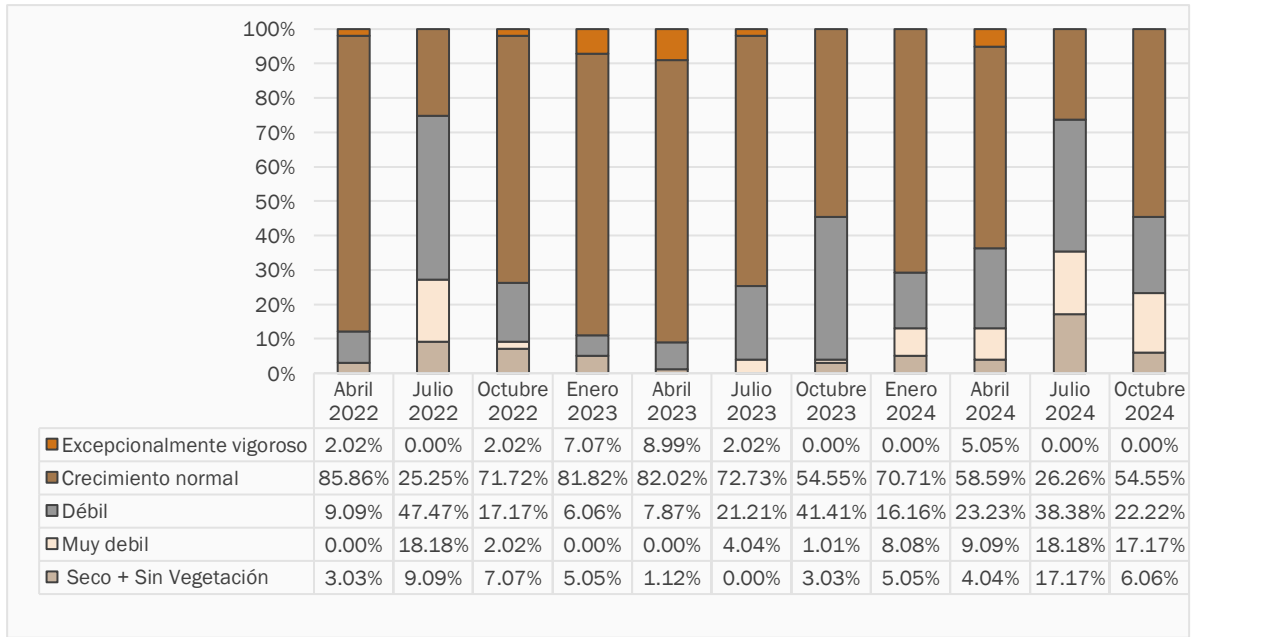
6.1.1.3 Monitoreo trimestral de la vegetación

6.1.1.3.1 Análisis de las caracterizaciones de terreno

6.1.1.3.1.1 Estado vital

Respecto al estado vital de los puntos (99) presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, en la Figura 6-5 se registra la variación histórica que han tenido éstas desde abril 2022 hasta octubre 2024. En general, el promedio más alto se registra en la categoría Crecimiento normal con un $60,82\% \pm 20,12\%$. El valor máximo se registró en la campaña de abril 2022, cuyo valor fue de 85,9% (85 polígonos). La categoría Débil registra un promedio de $22,45\% \pm 13,97\%$. El valor máximo se registró en la campaña de Julio 2022 con un valor de 47,5% (47 polígonos). Las categorías Seco, Muy débil y Excepcionalmente vigoroso registran promedios bajos con valores de 5,45%, 7,0% y 2,36% respectivamente. La categoría Seco registra un valor máximo de 17,17% (17 polígonos) en julio 2024, mientras que la categoría Muy débil registra un valor máximo de 18,18% en el mismo período (julio 2022 y julio 2024). La categoría Excepcionalmente vigoroso registra un valor máximo de 8,9% (8 polígonos) en la campaña de abril 2023. Al comparar el período actual (2024) con el período anterior (2023), se observa un aumento en el promedio anual en las categorías seco, Muy débil y Débil, en un 5,78%, 11,87% y 5,86% respectivamente. Por su parte, las categorías de vitalidad Crecimiento normal y Excepcionalmente vigoroso registran una disminución en promedio de 20,25% y 3,26% cada una. Esta disminución del vigor respecto del año anterior, podría indicar que las condiciones ambientales del año 2024 fueron menos favorables que el año anterior, lo que se podría relacionar a las escasas precipitaciones registradas ese año, que junto a las temperaturas extremas de desierto perjudican a la vegetación del Salar.

Figura 6-5. Evolución temporal del estado vital de las unidades de vegetación periodo abril 2022 – octubre 2024

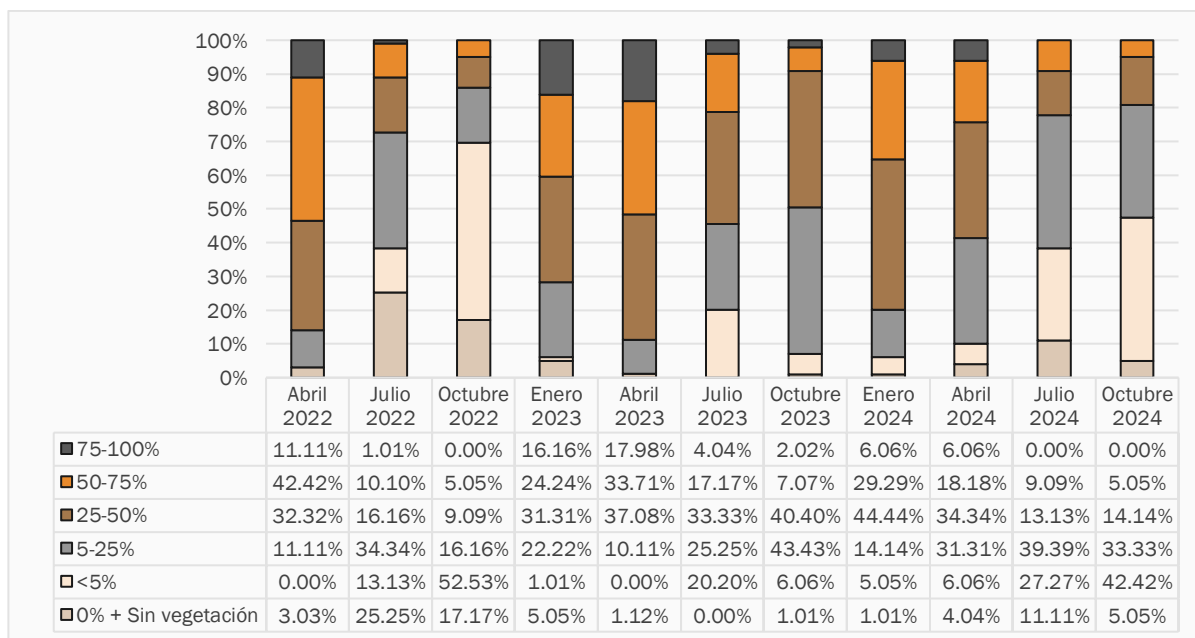


Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.1.3.1.2 Porcentaje de copa viva

Respecto al porcentaje de follaje verde en los puntos (99) presentes en el Borde Este del Salar, la Figura 6-6 presenta la variación histórica de éstas desde abril 2022 hasta octubre 2024. En general, el promedio más alto se registró en el rango de copa 25-50% con un $27,80\% \pm 12,31\%$. El valor máximo se registró en la campaña de enero 2024 con un valor de 44,44% (44 polígonos). El rango de copa 5-25% registró un promedio acumulado de $25,53\% \pm 11,66\%$, mientras que el valor máximo se registró en octubre 2023 (43,43%; 43 polígonos). El rango de copa 50-75% registró un promedio acumulado de $18,31\% \pm 12,67\%$, mientras que el valor máximo se reportó en abril 2022 (42,42%; 42 polígonos). El rango de copa <5% registra un promedio acumulado de $15,79\% \pm 18,0\%$ y el valor máximo se registró en octubre 2022 con un valor de 52,5% (52 polígonos). La categoría 0% + sin vegetación registra un promedio acumulado de $6,71\% \pm 8,0\%$ y el valor máximo se registró en julio 2022 (25,25%; 25 polígonos). Finalmente, el rango de copa viva 75-100% registra un promedio acumulado de $5,86\% \pm 6,52\%$, y el valor máximo se registró en abril 2023 con un 17,98% (16 polígonos). Al comparar el período actual (2024) con el período anterior (2023), se observa un aumento en el promedio anual de las categorías 0%, <5% y 5–25% con un diferencial de 3,51%, 13,38% y 4,29%. Las categorías 25-50%, 50-75% y 75-100% disminuyeron sus promedios con un diferencial de 9,02%, 5,14% y 7,02% respectivamente. Estos datos muestran una reducción del follaje vegetal en 2024 respecto a 2023, lo que sugiere que las condiciones ambientales en 2024 fueron más desfavorables (menos precipitaciones, temperaturas extremas, etc.)

Figura 6-6. Evolución temporal del porcentaje de copa viva de las unidades de vegetación periodo abril 2022 – octubre 2024

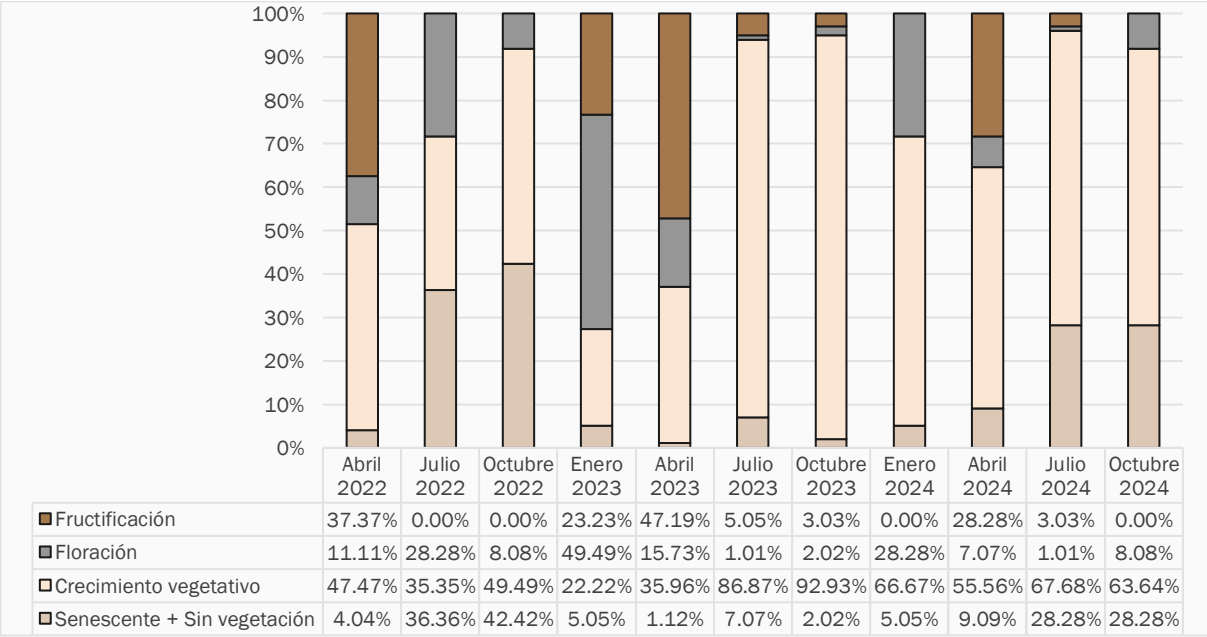


Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.1.3.1.3 Fenología

Respecto al estado fenológico de los puntos (99) ubicados en el Borde Este del Salar, la Figura 6-7 presenta la variación histórica de éstas desde abril 2022 hasta octubre 2024. Tal como se observa en la tabla, la categoría Crecimiento vegetativo es la que mayor número de polígonos registra, acumulando a la fecha un promedio de $56,71\% \pm 21,69\%$, mientras que el valor máximo se registró en octubre 2023 con un $92,93\%$ (92 polígonos). La categoría Floración acumula a la fecha un promedio de $14,56\% \pm 15,08\%$ y un valor máximo de $49,49\%$ (49 polígonos) reportado en enero de 2023. La categoría Fructificación acumula un promedio de $13,38\% \pm 17,43\%$ con un valor máximo de $47,19\%$ (42 polígonos) en abril 2023. Finalmente, la categoría Senescente + Sin vegetación registra un promedio acumulado de $15,35\% \pm 15,29\%$, mientras que el valor máximo se registró en octubre 2022 con un valor de $42,42\%$ (42 polígonos). Al comparar el período actual (2024) con el período anterior (2023), se observa un aumento en el promedio anual de las categorías Senescente y Crecimiento vegetativo en un $13,86\%$ y $3,89\%$ respectivamente. Las categorías Floración y Fructificación disminuyeron en un $5,95\%$ y $11,80\%$ respectivamente.

Figura 6-7. Evolución temporal de la fenología de las unidades de vegetación periodo abril 2022 – octubre 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.2 Monitoreo vegetación en zona de conexión vegetación - acuífero

La siguiente sección recopila los resultados históricos obtenidos en los puntos de monitoreo distribuidos en la zona de conexión vegetación – acuífero para las variables contempladas según la RCA N°226/2006, los que se analizan en detalle a continuación.

6.1.2.1 Especies dominantes



De acuerdo con los datos obtenidos de las campañas realizadas desde el año 2006 al 2024, las especies dominantes en el mes de enero en los puntos de monitoreo se mantienen constantes en tres especies: *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis*.

Tal como se muestra en la Tabla 6-3, se confirma el dominio de las tres especies, siendo *T. absinthioides* la más común, seguido de *D. spicata* y finalizando con *A. atacamensis*.

Estas tres especies también son observadas como especies acompañantes, es decir, cuando no se encuentran como especie dominante, igualmente es posible observarlas en las unidades descritas, pero con una cobertura vegetal inferior al 5%. En este caso, la herbácea *Distichlis spicata* se posiciona como la especie acompañante más frecuente, seguida de *Atriplex atacamensis* y finalizando con *Tessaria absinthioides*.

Tabla 6-3. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de enero 2007 - 2024

Años de monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>
2007	-	-	-	-	-	-
2008	19	3	14	0	2	0
2009	19	4	13	0	2	1
2010	18	5	8	1	0	6
2011	18	6	9	1	1	5
2012	19	3	9	0	1	4
2013	19	4	9	0	1	5
2014	19	2	3	0	3	7
2015	18	1	6	1	4	7
2016	19	3	7	0	3	7
2017	18	6	6	1	1	2
2018	19	2	5	0	4	8
2019	19	2	2	0	0	3
2020	16	2	6	3	0	0
2021	17	3	8	0	0	0
2022	18	4	8	1	1	6
2023	17	2	9	0	3	4
2024	16	1	7	1	4	2

El primer levantamiento de información sobre la zona de conexión vegetación acuífero se realizó en abril del 2007 en el marco de la Adenda III del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En el mes de abril, *T. absinthioides* es la especie más frecuente, registrándose en la mayor parte de los puntos de monitoreo desde el 2007 hasta la fecha (Tabla 6-4). Le sigue *D. spicata*, presente en un máximo histórico de 13 puntos de muestreo (en el año 2009) y un mínimo de 2 puntos en los años 2019 y 2020. Finalmente, la especie dominante con menor frecuencia corresponde a *A. atacamensis*, la cual se encontró en un máximo de 6 puntos en el año 2017 y un mínimo de 0 muestras en los años 2022 y 2023. Sin embargo, cabe destacar que, si bien en esos años no se presentó como especie dominante, sí se observó como especie acompañante en 4 puntos el 2022 y 2 puntos el 2023.

Por otra parte, dentro de las especies acompañantes, *Distichlis spicata* es la especie con mayor frecuencia en los puntos de monitoreo (Tabla 6-4), seguida por *Atriplex atacamensis* y, en menor medida, *Tessaria absinthioides*. Cabe mencionar, que la baja frecuencia de esta última especie como especie acompañante resulta esperable dado que se encuentra como dominante en la mayor parte de los puntos de monitoreo (Tabla 6-3).

Tabla 6-4. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de abril 2007 - 2024

Años de monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>
2007	18	2	5	1	2	8
2008	18	1	9	1	2	3
2009	19	3	13	0	2	1
2010	19	2	5	0	4	8
2011	18	1	7	1	3	8
2012	19	3	9	0	1	4
2013	18	3	8	0	1	5
2014	18	2	5	1	2	7
2015	18	3	6	1	1	7
2016	18	2	6	1	3	7
2017	18	6	6	0	1	3
2018	19	2	5	0	4	6
2019	18	2	2	1	0	4
2020	11	2	4	0	0	0
2021	17	1	8	2	2	0
2022	16	0	8	2	4	5
2023	17	0	6	1	2	7
2024	17	1	8	1	3	2

Tabla 6-4. Frecuencia acumulada de especies dominantes en los 19 puntos de monitoreo de la Zona de conexión vegetación – acuífero en el mes de abril 2007 - 2024

Años de monitoreo	Dominantes			Acompañantes		
	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	<i>Atriplex atacamensis</i>	<i>Distichlis spicata</i>

Durante el monitoreo de abril de 2020 hubo 8 puntos (VA-01, VA-02, VA-05, VA-10, VA-11, VA-15, VA-18 y VA-19) que no pudieron ser visitados en terreno dado que se emplazan en o cercanos a los límites de la Reserva Nacional Los Flamencos, la cual estuvo sin acceso en el momento del monitoreo.

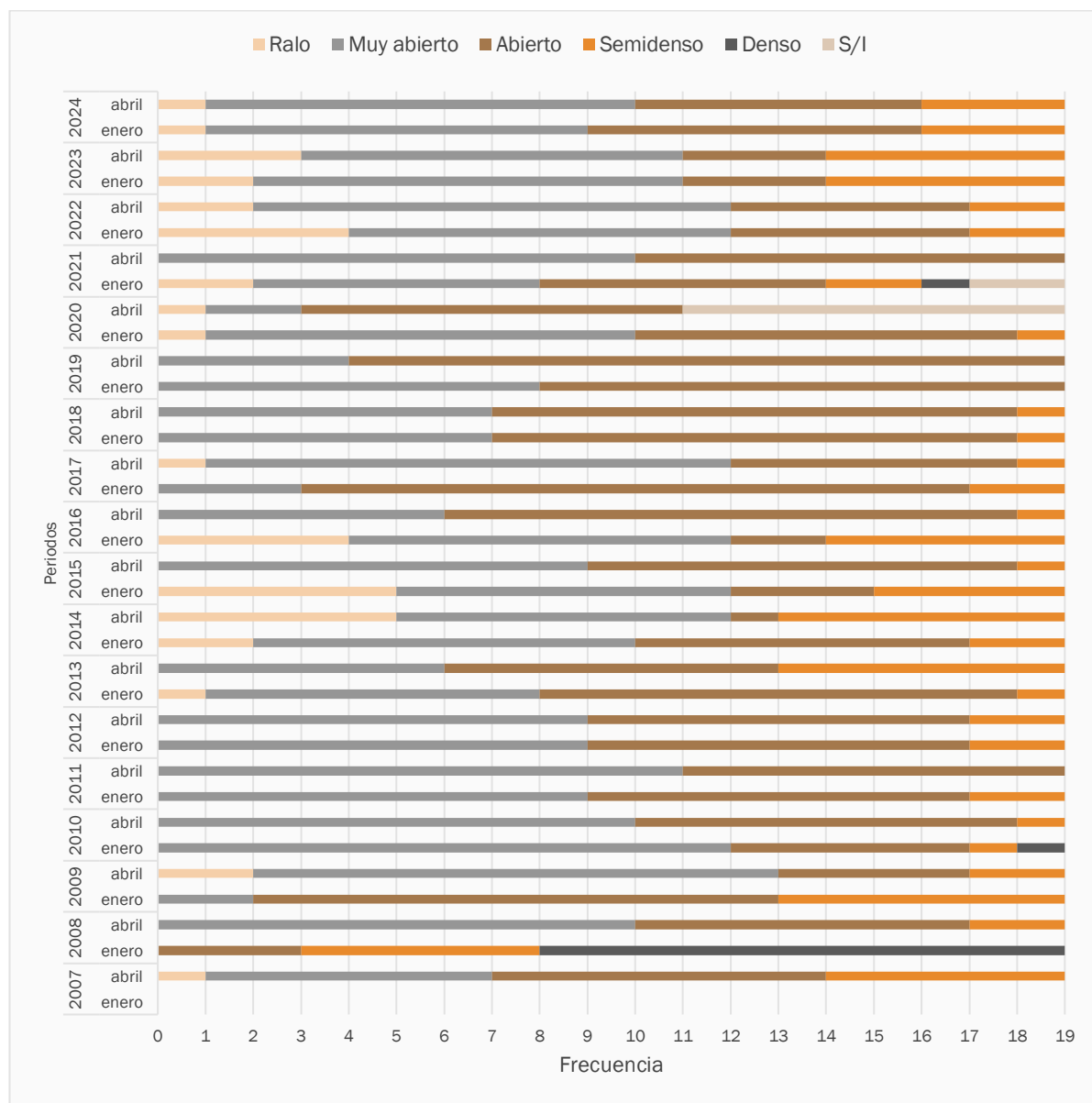
En enero del año 2021 no se monitorearon los puntos VA-01 y VA-02, ubicados en las inmediaciones del camino al Centro Turístico de Laguna Chaxa, al cual se accede previa autorización de CONAF.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.2.2 Cobertura vegetal

Los resultados presentados en la Tabla 6-5 y Figura 6-8, muestran la evolución de la cobertura medida en los puntos de monitoreo en el tiempo. Se observa que, desde los primeros monitoreos, la cobertura se ha distribuido mayoritariamente en las categorías de muy abierto y abierto (equivalentes a 10 – 25% y 25 – 50% de cobertura vegetal, respectivamente), concentrando en promedio el 78,5% de los puntos entre ambas categorías. En estas categorías, no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los meses de enero y abril (valor p categoría muy abierto = 0,2422; valor p categoría abierto = 0,6092).

Figura 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Si bien las categorías de cobertura muy abierta y abierta han presentado variabilidad en el tiempo, no se observan tendencias en el tiempo para ninguna de estas. Algo similar ocurre con la categoría semidenso (50 – 75% de cobertura), correspondiente a la tercera proporción promedio del total de muestras, presentando una gran variabilidad en el tiempo, sin observarse tendencias en ninguno de los meses de monitoreo.

Cabe mencionar que, en la campaña de enero de 2009, se observan descripciones vegetacionales concentradas en las categorías de coberturas semidenso (50 – 75% de recubrimiento) y densa (75 – 100% de

recubrimiento), siendo el único periodo en donde la categoría dominante correspondió a la cobertura densa. Esta categoría se identificó nuevamente en una (1) muestra de enero de 2010 y enero de 2021. Es necesario indicar que, en estos periodos no se han producido aumentos en las precipitaciones u otras condiciones que hayan favorecido el recubrimiento de plantas, por lo que probablemente estos aumentos responderían a la naturaleza cualitativa de la variable y del criterio del observador al realizar el monitoreo.

Para el año 2024, se observa el predominio de la cobertura muy abierta para ambos meses de monitoreo, con el 42,1% y 47,4% del total de puntos en esta categoría para enero y abril, respectivamente, lo que se encuentra dentro de los rangos observados históricamente. Por su parte, la cobertura semidensa corresponde a la segunda con mayor frecuencia de puntos, presentando el 36,8% y 31,6% de los puntos en enero y abril respectivamente.

Tabla 6-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024

Año	Mes	S/I	Categorías de cobertura						Total
			ZVE (<5%)	Ralo	Muy abierto	Abierto	Semidenso	Denso	
2007	abril	0	0	1	6	7	5	0	19
2008	enero	0	0	0	0	3	5	11	19
	abril	0	0	0	10	7	2	0	19
2009	enero	0	0	0	2	11	6	0	19
	abril	0	0	2	11	4	2	0	19
2010	enero	0	0	0	12	5	1	1	19
	abril	0	0	0	10	8	1	0	19
2011	enero	0	0	0	9	8	2	0	19
	abril	0	0	0	11	8	0	0	19
2012	enero	0	0	0	9	8	2	0	19
	abril	0	0	0	9	8	2	0	19
2013	enero	0	0	1	7	10	1	0	19
	abril	0	0	0	6	7	6	0	19
2014	enero	0	0	2	8	7	2	0	19
	abril	0	0	5	7	1	6	0	19
2015	enero	0	0	5	7	3	4	0	19
	abril	0	0	0	9	9	1	0	19
2016	enero	0	0	4	8	2	5	0	19
	abril	0	0	0	6	12	1	0	19
2017	enero	0	0	0	3	14	2	0	19
	abril	0	0	1	11	6	1	0	19

Tabla 6-5. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de cobertura. Campañas abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024

Año	Mes	S/I	Categorías de cobertura						Total
			ZVE (<5%)	Ralo	Muy abierto	Abierto	Semidenso	Denso	
2018	enero	0	0	0	7	11	1	0	19
	abril	0	0	0	7	11	1	0	19
2019	enero	0	0	0	8	11	0	0	19
	abril	0	0	0	4	15	0	0	19
2020	enero	0	0	1	9	8	1	0	19
	abril	8	0	1	2	8	0	0	19
2021	enero	2	0	2	6	6	2	1	19
	abril	0	0	0	10	9	0	0	19
2022	enero	0	0	4	8	5	2	0	19
	abril	0	0	2	10	5	2	0	19
2023	enero	0	0	2	9	3	5	0	19
	abril	0	0	3	8	3	5	0	19
2024	enero	0	0	1	8	7	3	0	19
	abril	0	0	1	9	6	3	0	19

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.2.3 Vitalidad

Los resultados expuestos en la Tabla 6-6 y Figura 6-9 muestran la evolución de la vitalidad medida en los puntos de monitoreo en el tiempo. Al respecto, se observa que, la categoría de vitalidad Crecimiento normal es la dominante en ambos meses de monitoreo (promedio histórico enero = 14,12 puntos y promedio histórico abril = 13,50 puntos). Esta dominancia se ha mantenido constante a lo largo de los años de monitoreo, con excepción de años puntuales, como el año 2015 y 2017. En este caso, en el periodo 2015, las muestras tuvieron una vitalidad mayoritariamente Débil, lo que podría estar relacionado a un periodo de sequía consecutivo entre marzo de 2013 a enero de 2015. Por otro lado, en el periodo 2017, la mayor parte de las descripciones se catalogaron como vigorosas, coincidente con la alta acumulación de precipitaciones entre enero y febrero del mismo año.

Para el año 2024, se observa que la categoría de vitalidad dominante corresponde Crecimiento normal en ambos meses, con valores que se encuentran dentro de los rangos observados en los monitoreos anteriores. Cabe mencionar, que los resultados de esta categoría se encuentran dentro de los rangos históricos, por lo que no se apreciarían efectos no esperados.

Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Crecimiento Normal	Excepcionalmente Vigoroso	S/I	
2007	Abril	0	0	11	8	0	0	19
2008	Enero	0	0	6	13	0	0	19
	Abril	0	2	10	7	0	0	19
2009	Enero	0	0	1	18	0	0	19
	Abril	0	0	1	18	0	0	19
2010	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	1	18	0	0	19
2011	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2012	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	1	18	0	0	19
2013	Enero	0	0	0	19	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2014	Enero	0	0	0	18	1	0	19
	Abril	0	0	0	19	0	0	19
2015	Enero	0	5	14	0	0	0	19
	Abril	0	1	18	0	0	0	19
2016	Enero	0	0	1	18	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2017	Enero	0	0	0	1	18	0	19
	Abril	0	0	0	5	14	0	19
2018	Enero	0	0	4	15	0	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2019	Enero	0	0	6	13	0	0	19
	Abril	0	0	5	14	0	0	19
2020	Enero	0	0	3	16	0	0	19
	Abril	0	2	3	6	0	8	19
2021	Enero	0	0	2	13	2	2	19

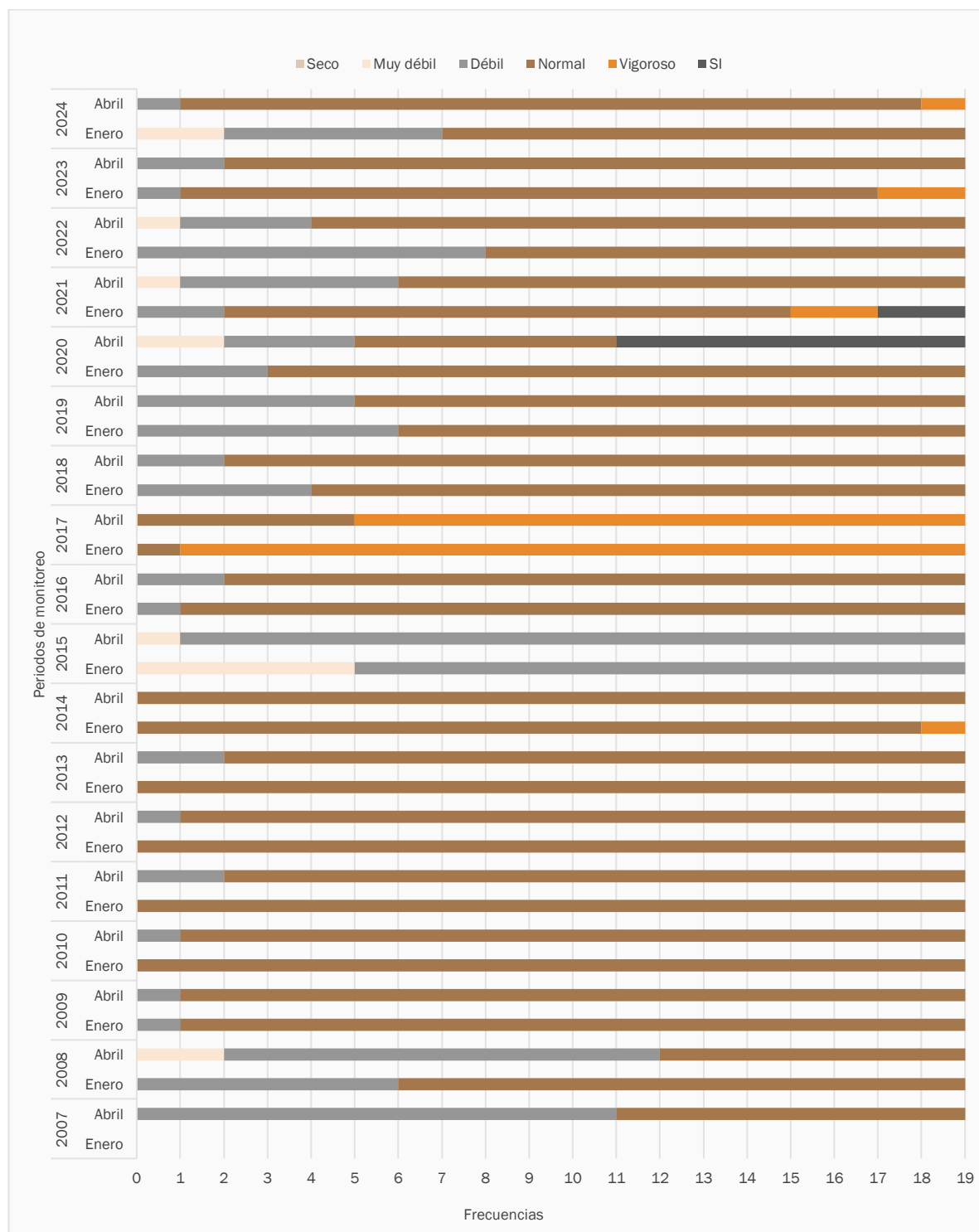
Tabla 6-6. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024

Año de monitoreo	Mes de monito-reo	Categorías de vitalidad						Total
		Seco	Muy débil	Débil	Crecimiento Normal	Excepcio-nalmente Vigoroso	S/I	
2022	Abril	0	1	5	13	0	0	19
	Enero	0	0	8	11	0	0	19
	Abril	0	1	3	15	0	0	19
2023	Enero	0	0	1	16	2	0	19
	Abril	0	0	2	17	0	0	19
2024	Enero	0	2	5	12	0	0	19
	Abril	0	0	1	17	1	0	19

S/I: Si información

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-9. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión - acuífero. Categorías de vitalidad. Campañas abril 2007, enero - abril de 2008 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.2.4 Porcentaje de copa viva

La Tabla 6-7 y Figura 6-10, muestran la evolución en el tiempo del porcentaje de copa viva en las descripciones de vegetación de la zona de conexión vegetación – acuífero. Tal como se ilustra en la Figura 6-10, en general se observa que, en el mes de enero las plantas presentan un mayor porcentaje de copa viva, posicionándose dentro las tres categorías con mayor porcentaje de copa viva, en donde la categoría de 25 – 50% posee en promedio para el mes de enero el 35,95% de los puntos, seguida de la categoría 50 – 75% con 33,75% del total de puntos y, finalmente, la categoría de 75 – 100% con el 18,89% del total de puntos para este mes. Por otra parte, para el mes de abril, el promedio histórico indica que la mayoría de los puntos se presenta dentro de la categoría de 25 – 50% de cobertura, con el 53,22% del total, mientras que el resto de los puntos se concentraría principalmente en la categoría de 50 – 75% con el 26,61% del total. Durante el mes de abril, los promedios históricos indican una baja proporción de puntos para la categoría de 75 – 100% de copa verde.

Las frecuencias observadas para este periodo (2024), se encuentran dentro de los valores históricos, por lo tanto, no se verifican efectos no esperados en la zona de conexión de la vegetación con el acuífero. En ambos meses, predominan las categorías medias de copa viva (25 – 50% y 50 – 75%).

Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva							Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	S/I	
2007	Abril	0	0	1	13	5	0	0	19
2008	Enero	0	0	1	7	7	4	0	19
	Abril	0	0	7	12	0	0	0	19
2009	Enero	0	0	0	6	7	6	0	19
	Abril	0	0	0	6	13	0	0	19
2010	Enero	0	0	0	3	7	9	0	19
	Abril	0	0	3	6	8	2	0	19
2011	Enero	0	0	0	0	0	19	0	19
	Abril	0	0	3	11	5	0	0	19
2012	Enero	0	0	0	6	8	5	0	19
	Abril	0	0	0	11	8	0	0	19
2013	Enero	0	0	0	6	13	0	0	19
	Abril	0	0	5	11	3	0	0	19
2014	Enero	0	0	2	12	4	1	0	19
	Abril	0	0	0	16	3	0	0	19
2015	Enero	0	0	8	11	0	0	0	19

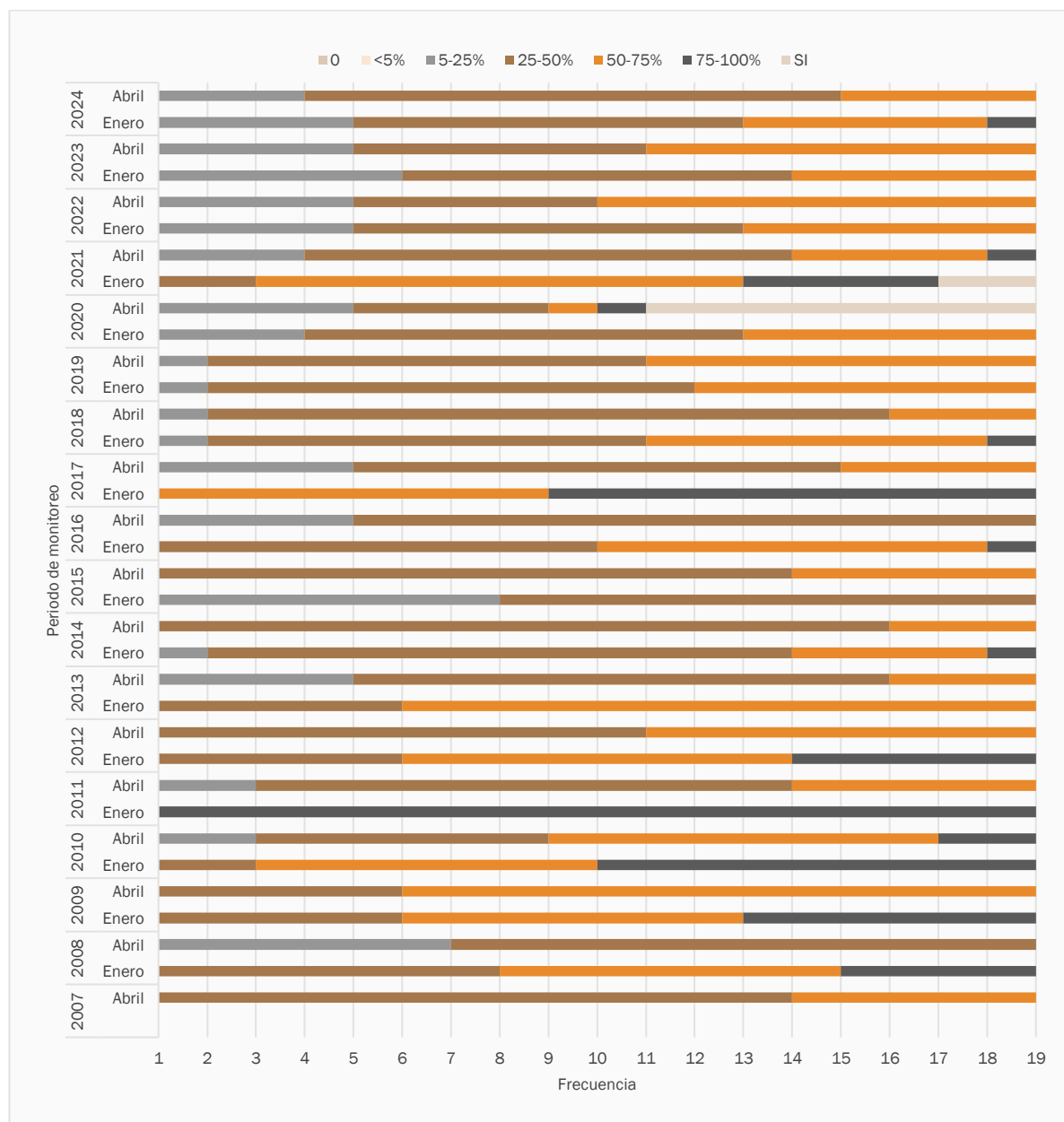
Tabla 6-7. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024

Año de monitoreo	Mes de monitoreo	Porcentaje de copa viva							Total
		0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	S/I	
	Abril	0	0	1	13	5	0	0	19
2016	Enero	0	0	0	10	8	1	0	19
	Abril	0	0	5	14	0	0	0	19
2017	Enero	0	0	0	0	9	10	0	19
	Abril	0	0	5	10	4	0	0	19
2018	Enero	0	0	2	9	7	1	0	19
	Abril	0	0	2	14	3	0	0	19
2019	Enero	0	0	2	10	7	0	0	19
	Abril	0	0	2	9	8	0	0	19
2020	Enero	0	0	4	9	6	0	0	19
	Abril	0	0	5	4	1	1	8	19
2021	Enero	0	0	0	3	10	4	2	19
	Abril	0	1	3	10	4	1	0	19
2022	Enero	0	0	5	8	6	0	0	19
	Abril	0	1	4	5	9	0	0	19
2023	Enero	0	1	5	8	5	0	0	19
	Abril	0	0	5	6	8	0	0	19
2024	Enero	0	1	4	8	5	1	0	19
	Abril	0	0	4	11	4	0	0	19

S/I: Sin información.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-10. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de porcentaje de copa viva. Campañas abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.2.5 Estado fenológico

El estado fenológico registrado en los sectores monitoreados (Tabla 6-8 y Figura 6-11), muestra que en el mes de enero los individuos tienden a encontrarse en estado de floración (frecuencia promedio = 9,18 puntos) o iniciando el periodo de fructificación (frecuencia promedio = 6,94), mientras que en abril, se aprecia

una concentración de ejemplares en estado de fructificación (frecuencia promedio = 13,11), lo que coincidiría con el ciclo fenológico anual de las especies.

Específicamente para el periodo que se reporta en este informe (2024), tanto en el mes de enero como en abril, la mayoría de los registros se concentró en la categoría de crecimiento vegetativo con 15 y 18 puntos respectivamente. En cuanto a las demás categorías, solo se presentaron cuatro [4] registros en floración durante enero y uno [1] en fructificación en abril.

Tabla 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024

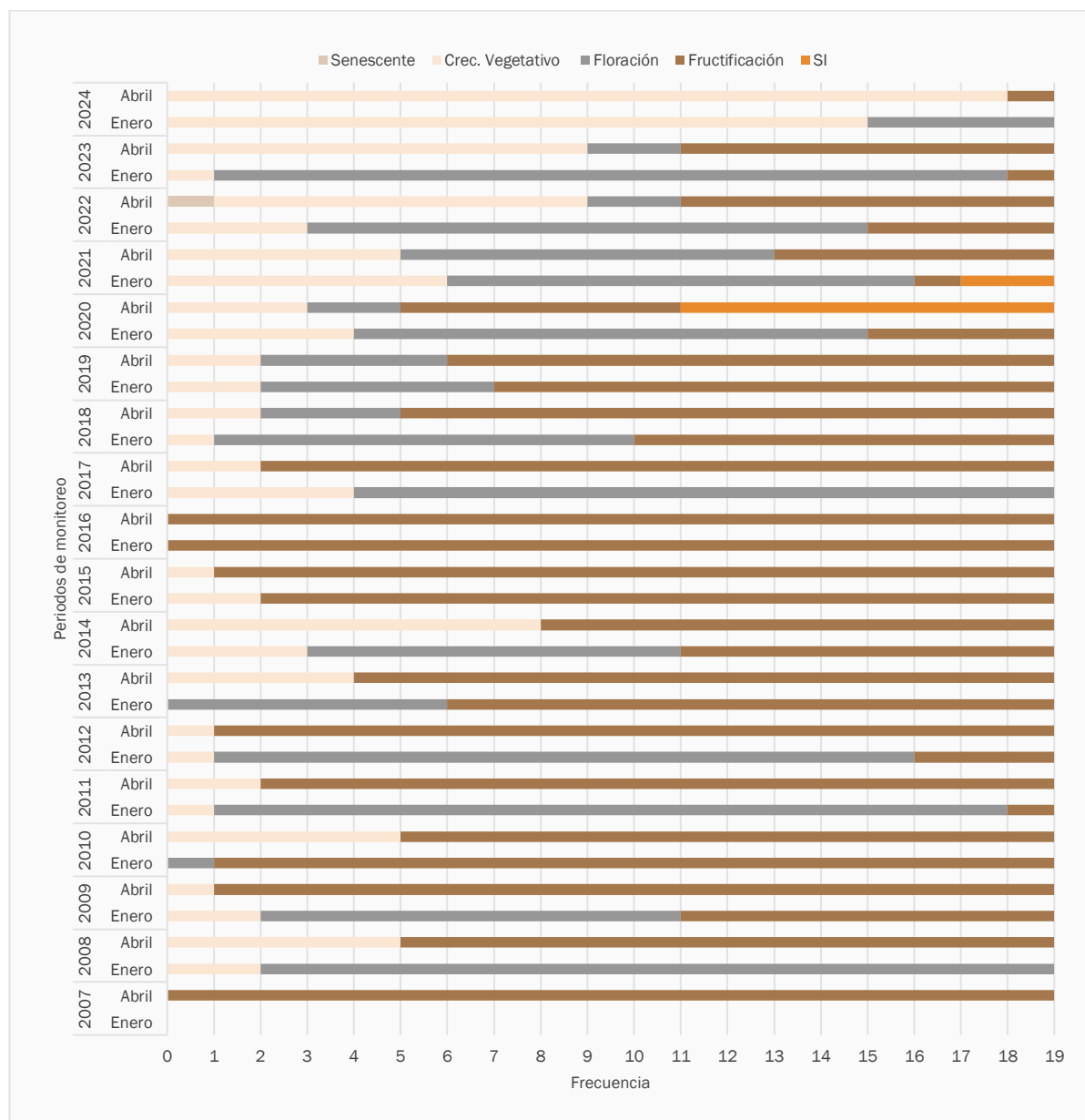
Año de monitoreo	Mes de monitoreo						Total
		Senescente	Crecimiento normal	Floración	Fructificación	S/I	
2007	Abril	0	0	0	19	0	19
2008	Enero	0	2	17	0	0	19
	Abril	0	5	0	14	0	19
2009	Enero	0	2	9	8	0	19
	Abril	0	1	0	18	0	19
2010	Enero	0	0	1	18	0	19
	Abril	0	5	0	14	0	19
2011	Enero	0	1	17	1	0	19
	Abril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

Tabla 6-8. Frecuencia de puntos de muestreo en Zona de conexión vegetación – acuífero. Etapas fenológicas. Campañas abril 2007, enero-abril de 2008 – 2024

Año de monitoreo	Mes de monitoreo						Total
		Senescente	Crecimiento normal	Floración	Fructificación	S/I	
2019	Enero	0	2	5	12	0	19
	Abril	0	2	4	13	0	19
2020	Enero	0	4	11	4	0	19
	Abril	0	3	2	6	8	19
2021	Enero	0	6	10	1	2	19
	Abril	0	5	8	6	0	19
2022	Enero	0	3	12	4	0	19
	Abril	1	8	2	8	0	19
2023	Enero	0	1	17	1	0	19
	Abril	0	9	2	8	0	19
2024	Enero	0	15	4	0	0	19
	Abril	0	18	0	1	0	19

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-11. Frecuencia de puntos de monitoreo en la zona de conexión vegetación – acuífero. Categorías de fenología. Campañas de abril 2007, enero – abril de 2008 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3 Monitoreo de la Flora Vascular

En el siguiente acápite, se analiza y discute la riqueza y frecuencia de especies de flora para el periodo histórico (2006 – 2024), así como las mediciones de conductividad eléctrica y pH del suelo. Todos estos parámetros se describieron a partir de siete [7] transectos ubicados en el Borde Este del Salar de Atacama. Los transectos completan un total de 375 muestras para flora y 75 para suelo.

Adicionalmente, se aplica el protocolo de tendencias de variables ambientales elaborado por ECOS CHILE y que forma parte del Programa de Cumplimiento de SQM Salar SpA., aprobado por Res. Ex. N° 39/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, para los parámetros riqueza y abundancia de especies y, pH y salinidad del suelo (Anexo 9. Protocolo de análisis de tendencias). Los análisis del comportamiento histórico de cada una de estas variables son descritos a continuación.

6.1.3.1 Riqueza y frecuencia de flora

6.1.3.1.1 Riqueza

Según Gajardo (1994), la cuenca del Salar de Atacama presenta grandes extensiones carentes de vegetación, a excepción de las comunidades desarrolladas en su Borde Este y sur. La presencia de vegetación está determinada por la existencia de una napa freática que proporciona la humedad suficiente para compensar el déficit hídrico provocado por las escasas precipitaciones (Luebert y Plischoff, 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 germinación de éstas. No obstante, esta situación es puntual, localizada y dependiente del régimen pluviométrico que tenga lugar cada año (Gajardo, 1994; Luebert y Plischoff, 2018; Trivelli y Huerta, 2014). Estas plantas efímeras son conocidas con el vernáculo colectivo de pasto de lluvia o de temporal (Villagrán y Castro, 2004).

En la Tabla 6-9 se presenta el catálogo florístico del Borde Este del Salar de Atacama, donde es posible observar la riqueza en los años de monitoreo (2006 al 2024). En la tabla se observa que la riqueza se mantiene relativamente estable durante el periodo histórico, registrándose aumentos en la riqueza de especies, principalmente herbáceas, debido a episodios de lluvia en el altiplano. Esta condición se puede observar en el monitoreo de los años 2012 y 2019, periodo en el que se registró un total de 30 y 35 especies respectivamente. Esta situación estaría directamente relacionada con las intensas precipitaciones estivales, que para el caso del año 2019 representan a la máxima precipitación desde que se realiza el Plan de Seguimiento (212 mm según la estación Camar de la Dirección General de Aguas).

Tabla 6-9. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2024

Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>Adesmia rahmeri</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Agrostis sp.</i>	Poaceae	Hierba anual	Indeterminado	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Allionia incarnata</i>	Boraginaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-
<i>Aloysia deserticola</i>	Verbenaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)
<i>Ambrosia artemisioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Aristida adscensionis</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Atriplex atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Atriplex glaucescens</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Atriplex imbricata</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)	X(*)	X	X	-	X	X	X	X
<i>Atriplex madariagae</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Endémico	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Baccharis juncea</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cistanthe amarantoides</i>	Montiaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Cistanthe celosioides</i>	Montiaceae2	Hierba anual	Endémico	X(*)	X(*)	-	-	-	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X(*)	-
<i>Cistanthe salsoloides</i>	Montiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X(*)	-
<i>Cortaderia jubata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cristaria dissecta</i> var. <i>Dissecta</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X(*)	-
<i>Cryptantha diffusa</i>	Boraginaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Descurainia stricta</i>	Brassicaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Distichlis spicata</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ephedra multiflora</i>	Ephedraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	X(*)	X	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X	X(*)

Tabla 6-9. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2024

Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>Eragrostis nigricans</i> Var. <i>pu-nensis</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Euphorbia amandi</i>	Euphorbiaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Exodeconus integrifolius</i>	Solanaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	X	X(*)	X	-	-	-	X(*)	-
<i>Festuca rigescens</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hoffmannseggia doellii</i> ssp. <i>Doellii</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	X(*)	X(*)	-	-	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	X(*)
<i>Juncus balticus</i> ssp. <i>Mexi-canus</i>	Juncaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lupinus oreophilus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Lupinus subinflatus</i>	Fabaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lycium humile</i>	Solanaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X
<i>Maihueniopsis aff. ataca-mensis</i>	Cactaceae	Suculento	Endémico	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Munroa decumbens</i>	Poaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Neuontobotrys tarapacana</i>	Brassicaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Nitrophila atacamensis</i>	Chenopodiaceae	Hierba anual	Endémico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	Hierba perenne	Adventicio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-
<i>Prosopis chilensis</i>	Fabaceae	Árbol	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Puccinellia frigida</i>	Poaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X(*)	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-

Tabla 6-9. Riqueza de especies presentes en los puntos de muestreo y área de estudio. Campañas 2006 a 2024

Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento	Origen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>Sarcocornia andina</i>	Chenopodiaceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	x	X
<i>Schoenoplectus americanus</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X
<i>Tarasa operculata</i>	Malvaceae	Hierba perenne	Nativo	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tessaria absinthioides</i>	Asteraceae	Arbusto	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tiquilia atacamensis</i>	Boraginaceae	Arbusto	Endémico	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X	X(*)	X(*)	X(*)	X	X	X(*)	X	X	X(*)	X(*)	X	X
<i>Tiquilia paronychioides</i>	Boraginaceae	Arbusto	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X(*)
<i>Tribulus terrestris</i>	Zigophyllaceae	Hierba anual	Adventicio	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X(*)	-
<i>Trichocline caulescens</i>	Asteraceae	Hierba perenne	Endémico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X(*)	-	-	-	-	-
<i>Triglochin concinna</i>	Juncaginaceae	Hierba perenne	Nativo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X(*)	X	X	X
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	Malvaceae	Hierba anual	Nativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	Cyperaceae	Hierba perenne	Nativo	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	X(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riqueza dentro de los puntos de muestreo				15	15	14	14	14	14	16	15	14	10	13	16	13	20	12	13	13	15	13
Riqueza fuera de los puntos de muestreo				8	8	7	8	8	9	14	4	2	5	3	3	4	14	1	3	2	8	4
Riqueza total				23	23	21	22	22	23	30	19	16	15	16	19	17	34	13	16	15	23	14

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

De acuerdo con la Tabla anterior, y los resultados del seguimiento para el periodo 2024 se analiza lo siguiente:

- Respecto a la línea base del Proyecto (año 2006), la campaña 2024, posee una riqueza similar respecto al número de taxa dentro de los puntos de muestreo (15 taxa cada año), mientras que su composición se mantiene igual en 13 de las 15 especies registradas. En 2006 se registra a *Aloysia desertícola* y *Puccinellia frígida* dentro de las parcelas, la primera fue registrada fuera de parcela en 2024 y la segunda no fue registrada durante la campaña 2024. Por otra parte, en 2024 se registra dentro de parcela a *Tiquilia atacamensis* y fuera de parcela a *Tiquilia paronychioides*, la primera registrada fuera de parcela en la línea base y la segunda ausente en la campaña del 2006.
- En la campaña actual se registraron 13 taxa dentro de los puntos de muestreo, valor inferior al promedio registrado entre 2006 y 2023 (14 taxa).
- En la campaña 2024 se identificaron cuatro [4] taxa fuera de los puntos de muestreo. Respecto a la composición de esas especies, ambos registros (año 2024 y 2006) tienen en común solo dos taxa (*Aloysia desertícola* y *Ephedra multiflora*).

Respecto a la variabilidad observada tanto dentro como fuera de los puntos de muestreo, se prevé que esta se pueda deber a las siguientes causas:

- Régimen pluviométrico del margen oriental de la cuenca del Salar de Atacama, inducido principalmente por las masas de aire provenientes de la cuenca amazónica, las que ocasionan precipitaciones entre diciembre y marzo (Fuenzalida, 1986). Lluvias que permiten la germinación de especies efímeras o “pastos de lluvia”, que dependiendo de la cantidad de agua caída permitiría la aparición de individuos o comunidades de especies, tal como lo son las praderas de *Cistanthe* o los matorrales de *Tiquilia*.
- Intervenciones antrópicas (extracción de biomasa) o animal, lo que podría causar la eliminación de ejemplares perennes dentro de los puntos de muestreo.

6.1.3.1.2 Frecuencia

En esta sección se analizará la frecuencia de especies por transecto, considerando únicamente los registros dentro de parcela, para el periodo histórico 2006 – 2024.

6.1.3.1.2.1 Transecto 1 (TF-1)

Este transecto se compone por 19 puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-12), la riqueza registrada en la campaña actual alcanza los siete [7] taxa, lo que equivale a una [1] especie menos respecto a lo registrado en la Línea Base del Proyecto levantada en el año 2006 (Figura 6-12).

Respecto a la composición de especies, ambas campañas difieren en cuatro [4] taxa: *Lycium humile*, *Puccinellia frígida*, *Triglochin concinna* y *Baccharis juncea*. Las dos primeras fueron registradas en la línea base del Proyecto. *L. humile* únicamente en el año 2006 y *P. frígida* en cinco [5] de los 18 años de monitoreo, mientras que la última (*T. concinna*) solo en seis [6] de los 18 años de monitoreo.

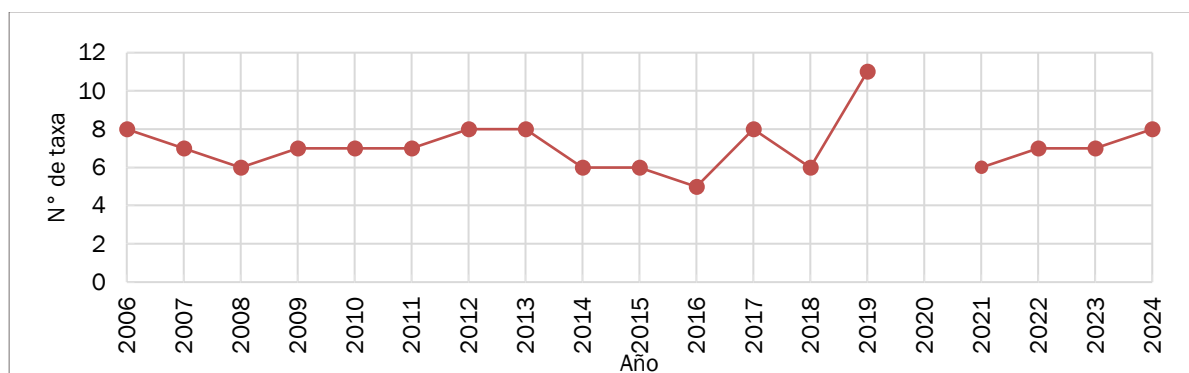
El mínimo se registró en el 2016 con cinco [5] taxa, mientras que el máximo se registró en el 2019 con 11 taxa. Se estima que estas fluctuaciones guardan relación con el régimen de precipitaciones, ya que el aumento de taxa registrados coincide con eventos de lluvias estivales (Figura 6-13). En particular, en 2019 se registraron especies que han sido poco frecuentes en el salar, tales como *Ambrosia artemisioides*, *Cistanthe celosioides*, *Cistanthe salsoloides*, *Exodeconus integrifolius*, *Tiquilia atacamensis* y *Triglochin concinna*.

En particular, en los años 2017 y 2019 la frecuencia promedio fue mayor a lo observado históricamente, en estos periodos también se registraron altos niveles de precipitaciones durante la época estival (Figura 6-13), producto del invierno altiplánico, llegando en 2019 al máximo histórico de los últimos 25 años con 212 mm. Las especies que aumentan el promedio de la riqueza durante los años lluviosos son mayoritariamente hiervas perennes y anuales, comúnmente denominadas pastos de lluvias. Los datos indicarían que esta proliferación de especies está ligada a las precipitaciones estivales. Según Gutiérrez (2008), los periodos cortos e infrecuentes de intensas lluvias aumentan la humedad del suelo, lo que regula el patrón de productividad de la biota del desierto. Por su parte, Holmgren et al. (2001) reportan que la fertilidad del suelo puede ser extremadamente alta posterior a eventos de precipitaciones abundantes, pudiendo sustentar una comunidad biótica rica, pero de corta duración. Por otra parte, diversos autores indican que las especies de plantas que responden a este tipo de eventos son en primer lugar hierbas anuales que se reproducen mediante semillas; en segundo lugar, hierbas perennes, que se reproducen a partir de estructuras morfológicas como bulbos, rizomas y cormos, y finalmente arbustos que se reproducen mediante el rebrote de tallos nuevos (Montesinos y Lazo, 2020).

Las especies más frecuentes en este transecto son *Distichlis spicata* y *Tessaria absinthioides*.

De acuerdo con los datos recopilados en terreno, se estima que la riqueza registrada en el TF-1 se encuentra dentro de los rangos históricos.

Figura 6-12. Riqueza florística en el transecto 1, periodo 2006 – 2024

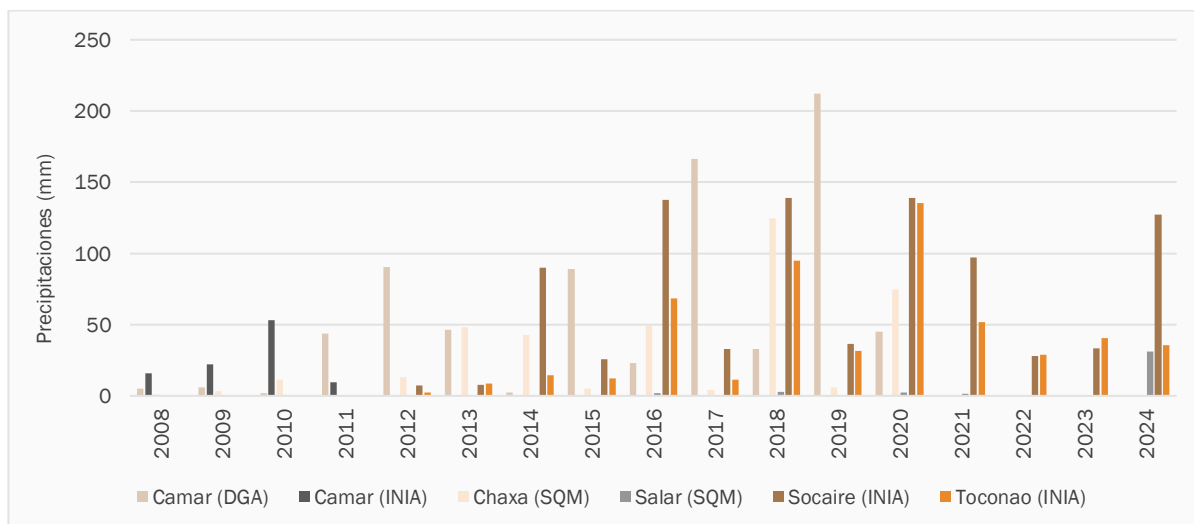


* En el año 2020 producto de la pandemia se prohibió el ingreso a áreas silvestres protegidas, por lo que el transecto de flora 1 no pudo ser monitoreado²⁵

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

²⁵ En el marco de la situación de emergencia sanitaria que enfrentó el país en el 2020, mediante Res. N° 160 y 162 de 2020, CONAF dispuso el cierre de las áreas silvestres protegidas bajo su administración, incluyendo la Reserva Nacional Los Flamencos. Dado lo anterior la campaña de monitoreo de ese año (2020) no se ejecutó en su totalidad. (Informe N° 14, PSAB abril 2020).

Figura 6-13. Precipitaciones acumuladas en el periodo 2007 - 2024



Fuente: Elaboración propia, en base a información en línea de las estaciones Camar (DGA), Camar (INIA), Chaxa (SQM) y Salar (SQM), Geobiota 2024.

6.1.3.1.2.2 Transecto 2 (TR-2)

El TF-2, se compone de 14 puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-14), la riqueza registrada en la campaña actual 2024, alcanza los nueve [9] taxa, misma cantidad que la reportada en la Línea Base del Proyecto levantada en el año 2006 (Figura 6-14).

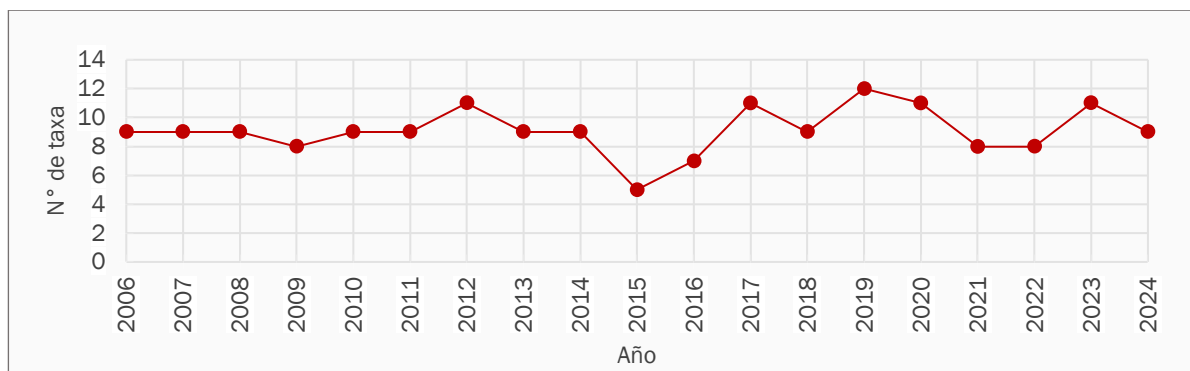
La composición de especies se ha mantenido constante o aumentado en el tiempo, registrándose en la actualidad a *Nitrophila atacamensis* y *Tiquilia atacamensis* dentro de las parcelas de monitoreo.

El mínimo se registró en el 2015 con cinco [5] taxa, mientras que el máximo se registró en el 2019 donde se catastraron 12 taxa. Al igual que en el TF-1, se cree que estas fluctuaciones guardan relación con el régimen de precipitaciones presente la zona. En particular, en el 2019 se registraron especies que han sido poco frecuentes en el salar, tales como *Cristaria dissecta* var. *Dissecta*, *Cistanthe celosioides*, *Tiquilia atacamensis* y *Urocarpidium peruvianum*.

Las especies más frecuentes en este transecto son *Tessaria absinthioides* y *Atriplex atacamensis*.

De acuerdo con los datos recopilados en terreno, se estima que la riqueza registrada en el transecto 2 se encuentra dentro de los rangos históricos.

Figura 6-14. Riqueza florística en el transecto 2, periodo 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

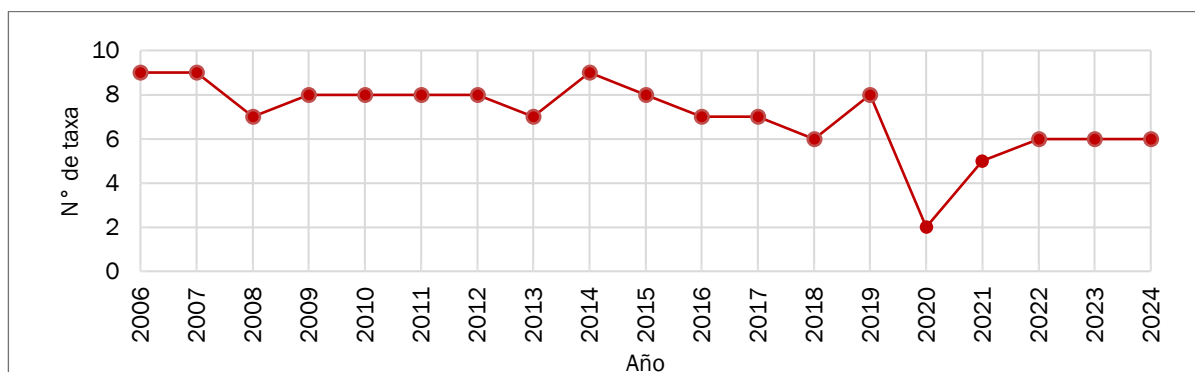
6.1.3.1.2.3 Transecto 3 (TF-3)

Más corto que los transectos anteriores, el TF-3, se compone de 10 puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-15), la riqueza registrada en la campaña actual (2024) alcanza los seis [6] taxa, lo que equivale a tres [3] especies menos que las reportadas en la Línea Base del Proyecto levantada en el 2006 (Figura 6-15).

La composición de especies ha variado entre los años de monitoreo, dejando de registrarse la especie *Aloysia desertícola*, *Festuca hypsophilla* y *Lycium humile*. Las últimas dos, con registros en años esporádicos en el periodo de monitoreo. Mientras que *A. desertícola*, deja de ser registrada dentro de parcela en el año 2014, pero con registros fuera de parcela en todos los años de monitoreo.

El mínimo se registró en el 2020 con dos [2] taxa, mientras que el máximo se catastró en los años 2006, 2007 y 2014, donde se registraron nueve [9] taxa. Las especies más frecuentes en este transecto son *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*.

Figura 6-15. Riqueza florística en el transecto 3, periodo 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.1.2.4 Transecto 4 (TF-4)

El TF-4, se compone de nueve [9] puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-16), la riqueza registrada en la campaña actual (2024) alcanza los cuatro [4] taxa, misma cantidad de especies que las reportadas en la Línea Base del Proyecto levantada en el año 2006 (Figura 6-16).

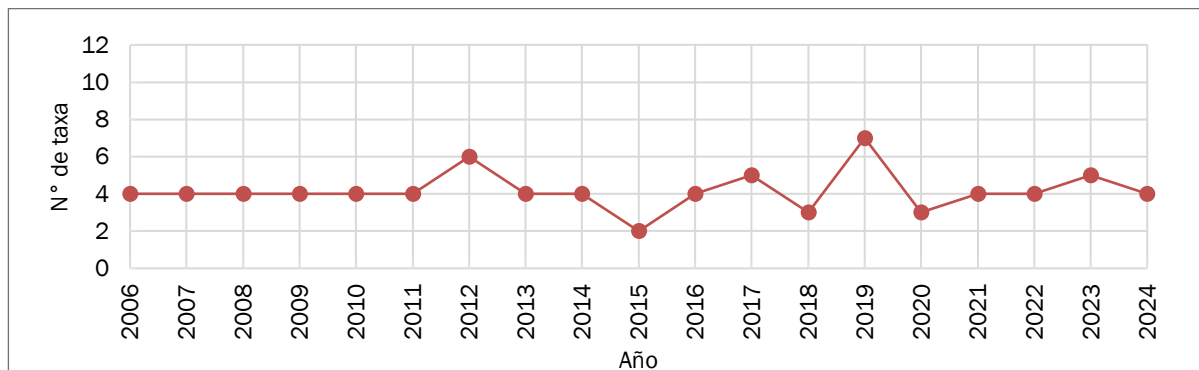
Respecto a la composición de especies, ambas campañas difieren en tres [3] taxa. Por un lado, *Aloysia deserticola*, es registrada en la campaña de Línea Base, pero se encuentra ausente en el actual monitoreo (2024); y, por otro lado, se registra en 2024 a *Tiquilia paronychioides*, especie que no registrada en la campaña de Línea Base (2006).

Si bien, *A. deserticola* no es registrada dentro de los puntos de monitoreo en la campaña 2024, si es registrada fuera de los puntos de monitoreo en este transecto.

El mínimo se registró en el 2015 con 2 taxa, mientras que el máximo se catastró en el 2019 donde se registraron siete [7] taxa. Al igual que los transectos descritos anteriormente, las fluctuaciones podrían estar relacionadas al régimen de precipitaciones presente la zona. Ya que, se registra el máximo en 2019, año en que las precipitaciones estivales fueron particularmente altas (Figura 6-13). La especie más frecuente en este transecto es *Tessaria absinthioides*.

De acuerdo con los datos recopilados en terreno, se estima que la riqueza registrada en este transecto se encuentra dentro de los rangos históricos.

Figura 6-16. Riqueza florística en el transecto 4, periodo 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.1.2.5 Transecto 5 (TF-5)

El TF-5, se compone de 14 puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-17), la riqueza registrada en la campaña actual alcanza los cuatro [4] taxa, lo que equivale a tres [3] especies menos que las reportadas en la Línea Base del Proyecto levantada en el año 2006 (Figura 6-17).

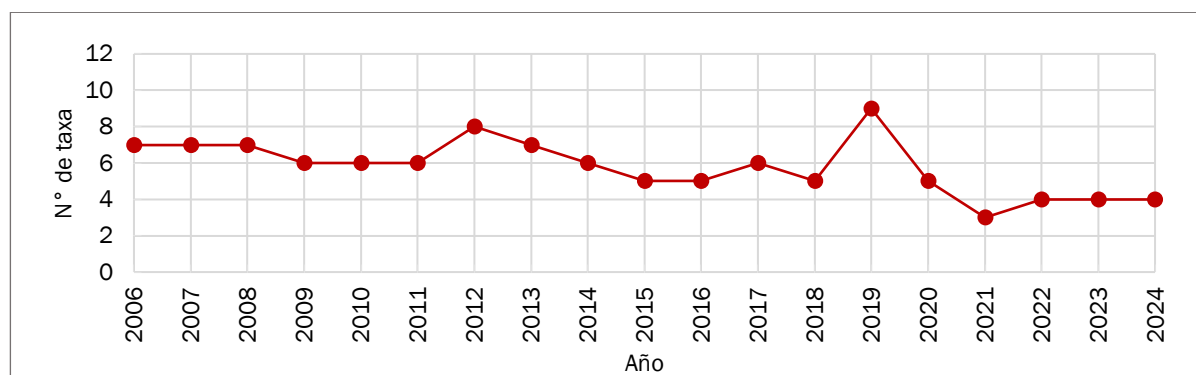
Respecto a la composición de especies, se observa que aquellas ausentes en el monitoreo actual (2024) corresponden a *Nitrophila atacamensis*, *Juncus balticus* y *Aloysia deserticola*. De ellas, *N. atacamensis* y *A. deserticola*, fueron registradas fuera de parcela en el 2024.

El mínimo fue registrado en el 2021 con tres [3] taxa registrados, mientras que el máximo se catastró en el 2019 donde se registraron nueve [9] taxa. Tal como los transectos antes descritos muestran, las fluctuaciones estarían estrechamente relacionadas con las precipitaciones, ya que se observa una proliferación de especies posterior a eventos de fuertes lluvias, tal como ocurrió en el 2019 (Figura 6-13).

Las especies más frecuentes en este transecto son *Tessaria absinthioides* y *Distichlis spicata*.

Aunque la riqueza de la campaña 2024 es baja, los registros fuera de parcela indican la presencia de algunas taxa ausentes.

Figura 6-17. Riqueza florística en el transecto 5, periodo 2006 – 2024



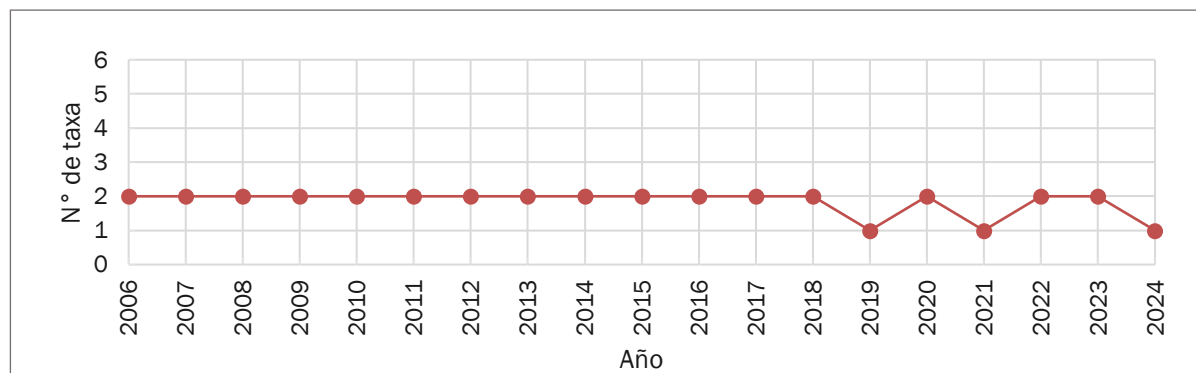
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.1.2.6 Transecto 6 (TF-6)

El TF-6, se compone de tres [3] puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-18), la riqueza registrada en la campaña actual corresponde a un solo taxa, registrando una especie menos respecto de la Línea Base del Proyecto del 2006 (Figura 6-18), por lo que se encuentra dentro de los rangos históricos.

El mínimo se registró el año 2019 y 2021 con una [1] taxa. mientras que el máximo se mantiene en dos [2] taxa (registrado en resto de campañas). La especie presente en este transecto es *Tessaria absinthioides*.

Figura 6-18. Riqueza florística en el transecto 6, periodo 2006 – 2024



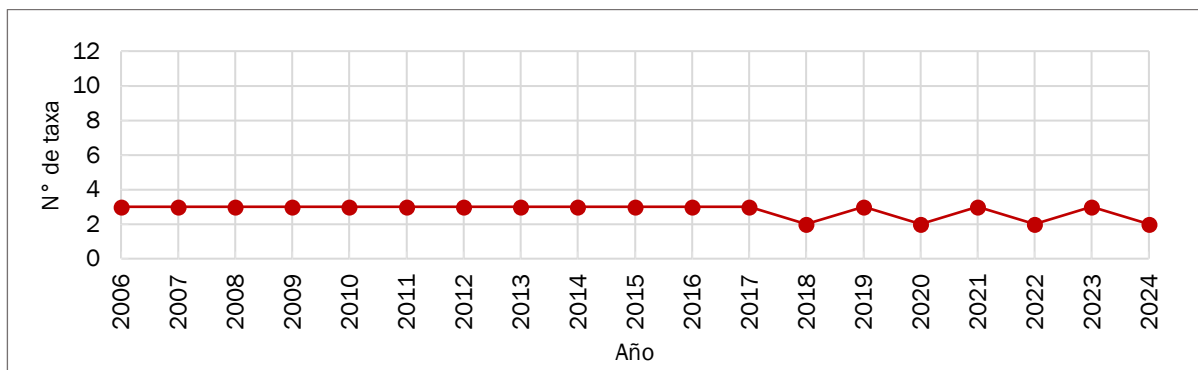
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.1.2.7 Transecto 7 (TF-7)

El TF-7, se compone de seis [6] puntos de muestreo distribuidos en la franja de vegetación este – oeste del margen oriental del Salar de Atacama (Figura 6-19), la riqueza registrada en la campaña actual alcanza los dos [2] taxa, registrando una especie menos respecto de la Línea Base del Proyecto del 2006 (Figura 6-19, Figura 6-12), por lo que se encuentra dentro de los rangos históricos.

El mínimo se registró el año 2018, 2020, 2022 y 2024 con dos [2] taxa. mientras que el máximo se mantiene en tres [3] taxa (registrado en resto de campañas). Las tres [3] especies presentes en este transecto son *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Nitrophila atacamensis*.

Figura 6-19. Riqueza florística en el transecto 7, periodo 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.1.3 Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales

Este análisis responde al protocolo de análisis de tendencias ambientales diseñado por ECOS Consultores, que forma parte del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N° 38/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, detallado en el Anexo 9 del presente informe.

a. Comparación del monitoreo actual con la serie histórica

Para evaluar si las observaciones de la campaña actual (2024) se comportan según lo observado históricamente, se llevarán a cabo los siguientes análisis:

a1. Análisis de rangos

Dado que la riqueza y abundancia se evalúan por transecto de flora (7 transectos), la metodología propuesta en el Protocolo de Tendencias de Variables Ambientales (Anexo 9), para evaluar la riqueza y frecuencia de flora, no es aplicable a una muestra de siete datos.

a2. Análisis de distribución

Considerando en conjunto, todos los puntos de monitoreo, se evalúa si el set de datos del monitoreo actual (2024) posee la misma distribución de aquella observada durante los años anteriores (2006 – 2023).

Tanto para la riqueza como para la abundancia de flora se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, la cual verifica si las distribuciones de dos muestras son iguales o no, bajo un nivel de confianza del 95%. Este análisis plantea como hipótesis nula (H0) que la distribución de las dos muestras es la misma.

Mientras que, la hipótesis alternativa (H1) asume si las distribuciones de las dos muestras son diferentes. Los resultados de esta prueba para la riqueza y frecuencia de flora se muestran en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10. Prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre dos muestras para las variables Riqueza y Frecuencia de flora

Riqueza				Frecuencia		
Año	KS	p-value		Año	KS	p-value
2006 – 2024	0,2857	0,96		2006 – 2024	0,4286	0,58
2007 – 2024	0,2857	0,96		2007 – 2024	0,4286	0,58
2008 – 2024	0,1429	1,00		2008 – 2024	0,4286	0,58
2009 – 2024	0,1429	1,00		2009 – 2024	0,4286	0,58
2010 – 2024	0,1429	1,00		2010 – 2024	0,2857	0,96
2011 – 2024	0,1429	1,00		2011 – 2024	0,2857	0,96
2012 – 2024	0,2857	0,96		2012 – 2024	0,4286	0,58
2013 – 2024	0,2857	0,96		2013 – 2024	0,4286	0,58
2014 – 2024	0,1429	1,00		2014 – 2024	0,4286	0,58
2015 – 2024	0,1429	1,00		2015 – 2024	0,2857	0,96
2016 – 2024	0,2857	0,96		2016 – 2024	0,1429	1,00
2017 – 2024	0,2857	0,96		2017 – 2024	0,2857	0,96
2018 – 2024	0,1429	1,00		2018 – 2024	0,2857	0,96
2019 – 2024	0,4286	0,58		2019 – 2024	0,5714	0,21
2020 – 2024	-	-		2020 – 2024	-	-
2021 – 2024	0,1429	1,00		2021 – 2024	0,1429	1,00
2022 – 2024	0,1429	1,00		2022 – 2024	0,2857	0,96
2023 – 2024	0,1429	1,00		2023 – 2024	0,2857	0,96

“-” Año donde no se pudo hacer la medición del transecto de flora N°1 debido al cierre de la reserva Nacional Los Flamencos producto del COVID.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Puesto que el valor-p calculado para todas las muestras, tanto para la riqueza como para la abundancia de flora, es mayor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 , por lo tanto, se puede considerar que las distribuciones de las muestras son las mismas. Consecuentemente, no se requiere un estudio adicional según lo establecido en el Protocolo de Tendencias.

b. Evaluación de tendencias

Respecto a las variables Riqueza y Abundancia de flora, es posible observar en la Tabla 6-11, que para la riqueza de flora los transectos N°3, N° 5, N°6 y N°7 muestran una tendencia significativa en el tiempo,

según la prueba de significancia de la pendiente. Mientras que, para la abundancia, solo el transecto N°5 muestra una tendencias significativas en el tiempo.

Tabla 6-11. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006-2024 para Riqueza y Abundancia de flora

Transectos de flora	Riqueza				Transectos de flora	Abundancia			
	R ²	m	valor p	Resultado		R ²	m	valor p	Resultado
TRF-1	0,69%	0,019	0,744	No significativo	TRF-1	8,49%	-0,143	0,2409	No significativo
TRF-2	2,68%	0,047	0,503	No significativo	TRF-2	4,95%	-0,1211	0,3598	No significativo
TRF-3	44,75%	-0,200	0,002	Significativo	TRF-3	18,86%	-0,3053	0,0632	No significativo
TRF-4	0,55%	0,014	0,764	No significativo	TRF-4	0,18%	-0,0228	0,8619	No significativo
TRF-5	38,47%	-0,167	0,005	Significativo	TRF-5	25,52%	-0,3544	0,0274	Significativo
TRF-6	25,07%	-0,033	0,029	Significativo	TRF-6	1,20%	-0,0123	0,6552	No significativo
TRF-7	32,00%	-0,042	0,012	Significativo	TRF-7	4,36%	-0,0439	0,391	No significativo

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Dada la existencia de tendencias estadísticamente significantes en algunos de los transectos, es que se deben complementar estos resultados con un análisis de convergencia de datos, para estimar si esta tendencia continúa al momento del monitoreo actual.

b1-Evaluación de convergencia de datos

Dado que el análisis de significancia de la pendiente para cada uno de los siete transectos de flora concluyó que más del 10% de ellos poseen tendencia (cuatro transectos para la riqueza, equivalentes al 57,1% del total y uno para la abundancia, equivalente a un 14,3%), es que se evalúa si esta tendencia continúa al momento del monitoreo, mediante un análisis de convergencia de datos.

Este análisis se realiza sobre los datos de los transectos que presentaron tendencia, y consiste en suavizar los datos anuales de la riqueza del transecto N°3, N°5, N°6 y N°7 y abundancia del transecto N°5 desde 2006 a 2024, mediante un promedio móvil común, para luego obtener una curva de tendencia ajustada. Con esto, se calculan los residuos, es decir, la diferencia entre los datos observados y la curva de tendencia ajustada. Con los residuos calculados, se evalúa la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, que indica si la varianza de los residuos se mantiene constante en el tiempo (Tabla 6-12), para ello se utilizó la prueba de White (1980). Esto último tiene por objetivo aplicar correctamente el rango [Riqueza (2024) ajustado $\pm 1,64$ veces la desviación estándar], aplicable solo si los datos son homogéneos. Finalmente, se evalúa si los datos reales del año 2024 se encuentran dentro del rango calculado Figura 6-20.

Tabla 6-12. Resultado de la prueba de White para los transectos con tendencia estadística

Parámetro	Transecto	Prueba			Valor p	Resultado
Riqueza	3	White	LM (Valor observado)	1,765	0,184	Los residuos son homocedásticos
			LM (Valor crítico)	3,841		

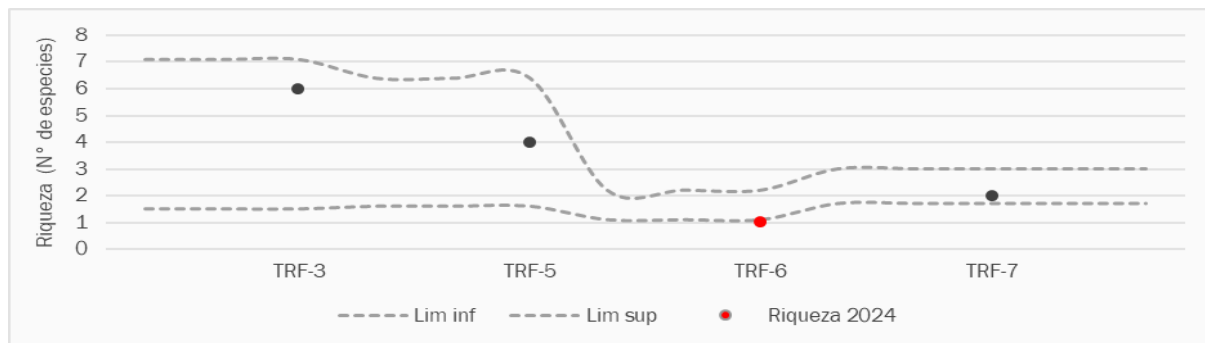
Tabla 6-12. Resultado de la prueba de White para los transectos con tendencia estadística

Parámetro	Transecto	Prueba			Valor p	Resultado
	5	White	LM (Valor observado)	3,457	0,178	Los residuos son homocedásticos
			LM (Valor crítico)	5,991		
	6	White	LM (Valor observado)	5,458	0,078	Los residuos son homocedásticos
			LM (Valor crítico)	5,991		
	7	White	LM (Valor observado)	5,458	0,065	Los residuos son homocedásticos
			LM (Valor crítico)	5,991		
Abundancia	5	White	LM (Valor observado)	1,765	0,165	Los residuos son homocedásticos
			LM (Valor crítico)	3,841		

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

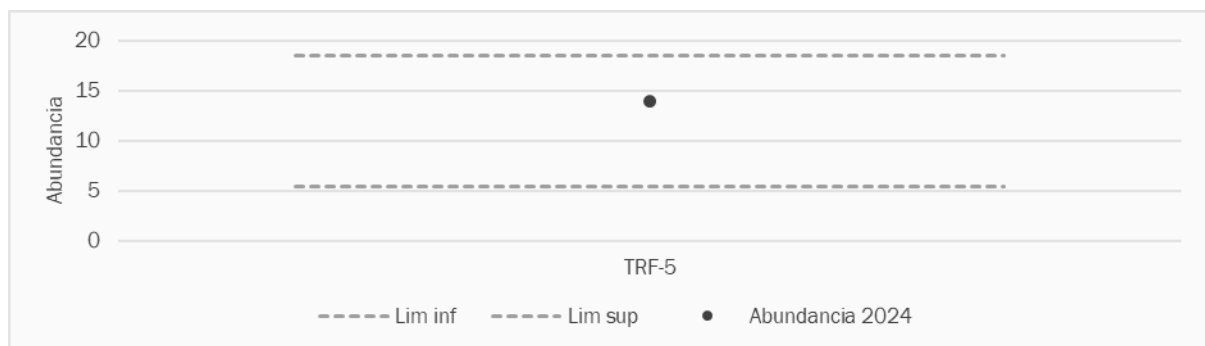
De acuerdo con el análisis de convergencia de datos, tanto la riqueza (TR 3, 5, 6 y 7) como la abundancia (TR5), no presentan tendencia al momento del monitoreo al compararlo con la serie histórica, por lo que no se debe realizar un estudio adicional de causalidad de tendencia.

Figura 6-20. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Riqueza en 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-21. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de Abundancia en 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En resumen, la aplicación del Protocolo de análisis de Tendencias de variables ambientales indicó que al comparar el monitoreo 2024 con la serie histórica, la Riqueza se comporta según lo observado históricamente en 3 de los 7 transectos evaluados, mientras que, en la abundancia, en 6 de los 7 transectos medidos. Y mediante la evaluación de convergencias, se confirmó que la tendencia de la riqueza de los transectos N°3, N°5 y N°7 y de la abundancia del transecto N°6 no continuó en el monitoreo actual. Mientras que la tendencia en la riqueza del transecto 6 si continuó en el monitoreo actual, al ubicarse levemente fuera de los límites calculados. Esto podría explicarse tener relación con la cantidad de individuos que históricamente se han registrado en este transecto (entre 1 y 2 taxas). Para este monitoreo, solo se registro una especie, por lo cual es de esperar que la tendencia a la baja en este transecto continúe en el monitoreo actual (Figura 6-18).

6.1.3.2 pH del sustrato

Se obtuvo valores de pH según los laboratorios de 1) ALS Life Sciences Chile S.A. (ETFA) y 2) Agroanálisis UC.

Las muestras se analizan en dos laboratorios dado que a partir del 1° de octubre de 2016 la Superintendencia del Medio Ambiente exige que las actividades de muestreo, medición y análisis sujetas a instrumentos de gestión ambiental sean realizadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) autorizada.

Los análisis del laboratorio Agroanálisis UC se han utilizado desde el año 2012 hasta la fecha²⁶, y se realizan para dar continuidad histórica al monitoreo ya que las metodologías empleadas por las dos entidades de análisis son distintas.

Con el objeto de verificar las consistencias y/o diferencias entre análisis, se comparan a continuación las mediciones de cada laboratorio.

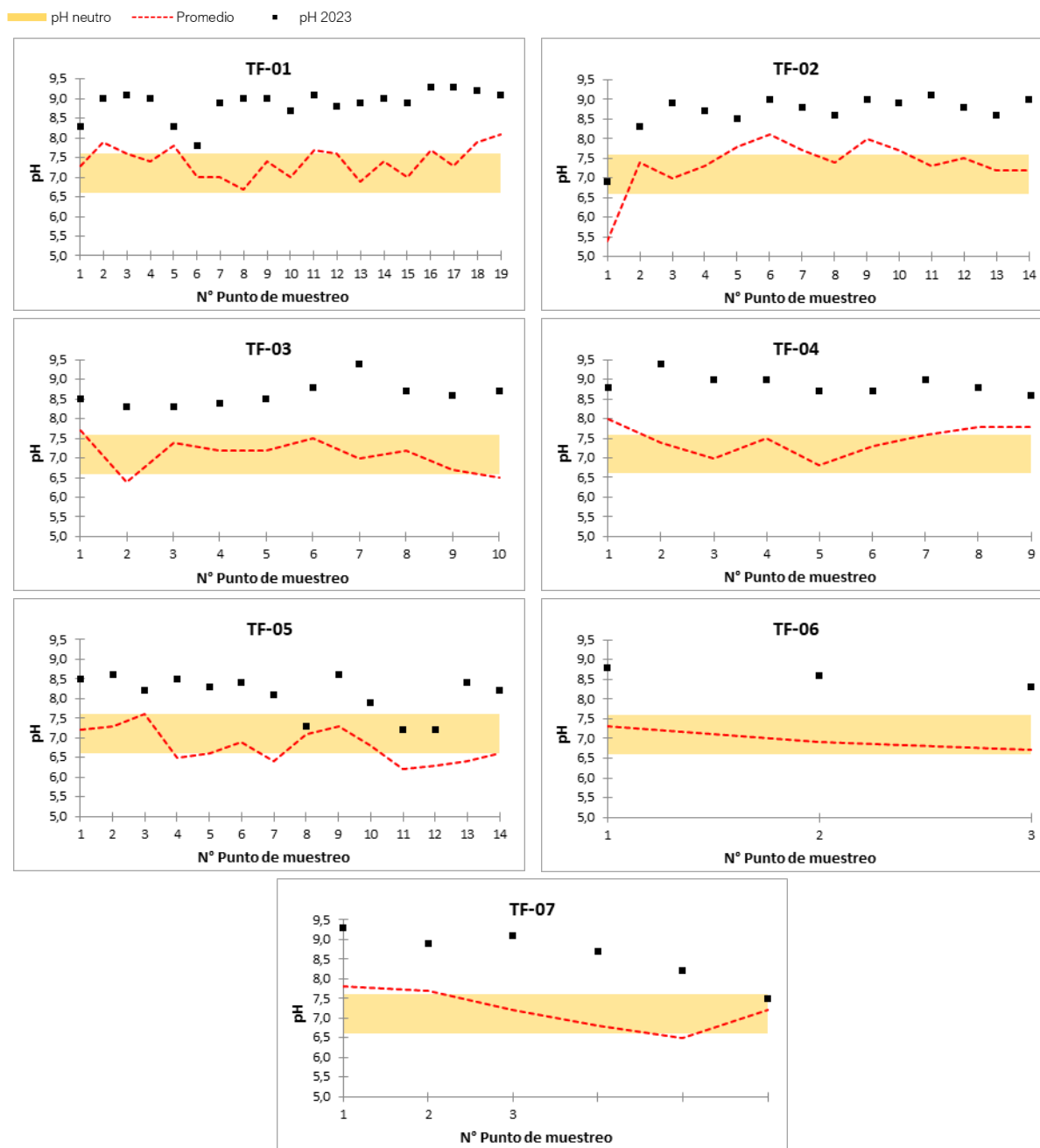
6.1.3.2.1 pH según la ETFA ALS Life Sciences Chile S.A.

A continuación, se presentan los resultados de pH analizados por ALS Life Sciences Chile S.A. Cabe destacar que el periodo de análisis con metodologías ETFA comenzó en 2018, por lo que se dispone de 7 años de monitoreo (2018 – 2024). En la Figura 6-22 se ilustra el valor del pH para el año 2024, así como el valor promedio de los registros 2018 – 2024.

Las muestras del año 2024 poseen un pH alcalino en todos los puntos monitoreados, además se encuentran por sobre el promedio en todos los casos. En el Salar de Atacama es posible encontrar una alta variabilidad en el pH del suelo y aguas, la que podría estar relacionada a variados factores, entre ellos la concentración de sales, composición mineral de los suelos, la evaporación y la interacción materiales volcánicos (comúnmente presentes en los suelos del sector aluvial del salar (Álvarez-Amado., et al. 2022).

²⁶ Los datos utilizados entre el 2006 y el 2011 corresponden a datos estandarizados, los que están disponibles en el Informe: Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH, realizado por M. Adriana Carrasco Rimassa, Químico MSc. Especialista en Química de Suelos. 2017.

Figura 6-22. pH según ALS Life Sciences Chile S.A. en el periodo 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.2.2 pH del sustrato según Agroanálisis UC (Complementario)

Respecto del monitoreo de pH del sustrato en los transectos de flora, en la Figura 6-23 se representan gráficamente los resultados 2024 junto a los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos en los años anteriores (2006 – 2024). Las muestras están organizadas desde el Borde Este del salar hacia el núcleo (Este – Oeste).

La caracterización fisicoquímica de las muestras analizadas se encuentra dentro de una condición normal para el suelo en las parcelas de flora, dado que el 100% de las muestras están dentro de los rangos calculados (máximo y mínimo histórico).

En el Borde Este del Salar de Atacama abundan los suelos formados a partir de depósitos evaporativos, que representan condiciones extremas en términos de características y propiedades del suelo (Casanova *et al.*, 2013). En los análisis realizados a muestras de suelo en otros salares han detectado valores de pH alcalinos, con valores que han variado entre 8,5 a 8,9 aumentando con la profundidad hasta valores de 9,8 (Luzio *et al.*, 2010).

El comportamiento estable del pH en el tiempo no parece tener una directa relación con los resultados de la riqueza y frecuencia de la flora vascular. Ya que la flora se ve afectada principalmente por la disponibilidad hídrica en la zona, mientras que los cambios en el pH del suelo se consideran parte de la variabilidad natural del suelo de un salar, asociado a factores como la composición de los cationes intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio iónico, la composición y la concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos alcalinotérreos (carbonatos de calcio y magnesio) (Luzio y Casanova, 2006).

Figura 6-23. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores

●: valor registrado en abril de 2024; ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del: valor promedio (en blanco)

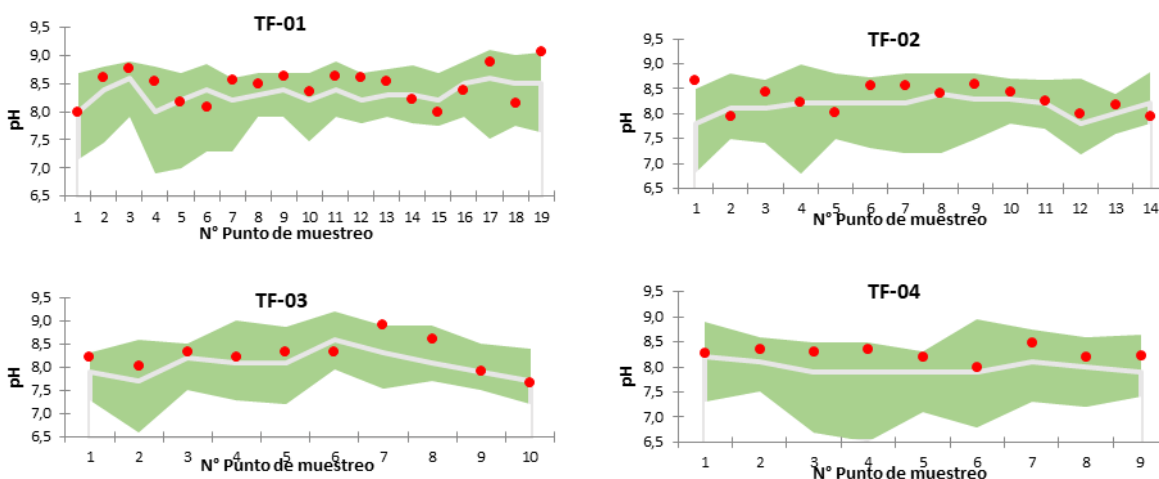
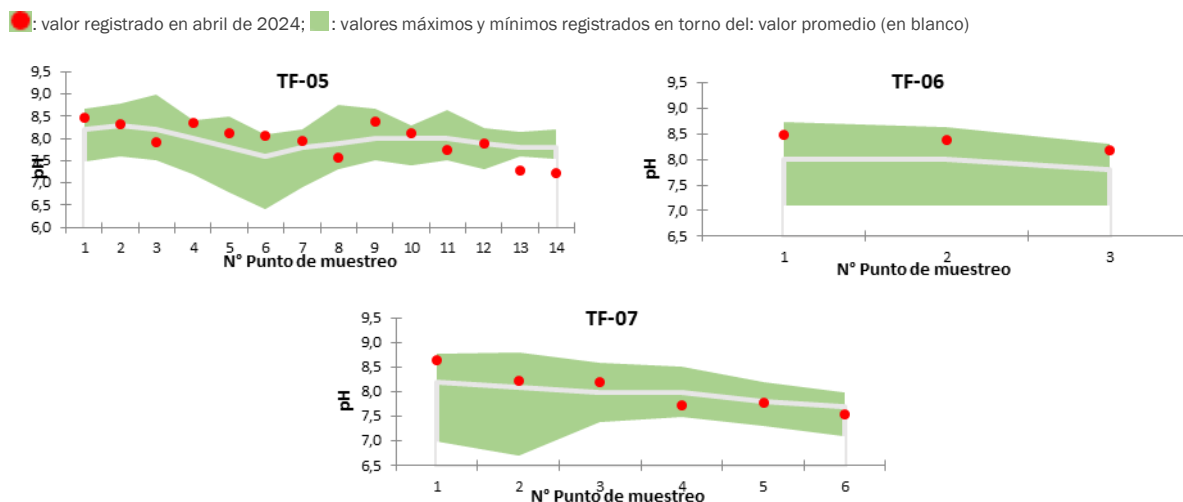


Figura 6-23. Comparación del pH actual según laboratorio Agroanálisis UC con el obtenido en años anteriores



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.2.2.1 Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales

Este análisis responde al protocolo de análisis de tendencias ambientales diseñado por ECOS Consultores, para subsanar las faltas imputables al cargo N°5 (Res. Ex. N° 1/ ROL F- 041-2016), detallado en el Anexo 9 del presente informe.

a. Comparación del monitoreo actual con la serie histórica

Para evaluar si las observaciones de la campaña actual (2024) se comportan según lo observado históricamente, se avalúan los datos de pH entregados por el laboratorio Agroanálisis UC, ya que el set de datos posee un tiempo mayor de monitoreo. Con ellos se llevarán a cabo los siguientes análisis:

a1- Análisis de rangos

Este análisis es realizado para evaluar si los datos del pH durante el año 2024 representan un cambio respecto a las observaciones previas, esto mediante una desagregación del monitoreo actual y comportamiento pasado.

Este análisis contempla el cálculo de un umbral para la variable pH para cada punto de monitoreo (UpH-TF), el cual se calculó según la siguiente formula:

$$\bar{X} \mp 1,64485 * \sigma$$

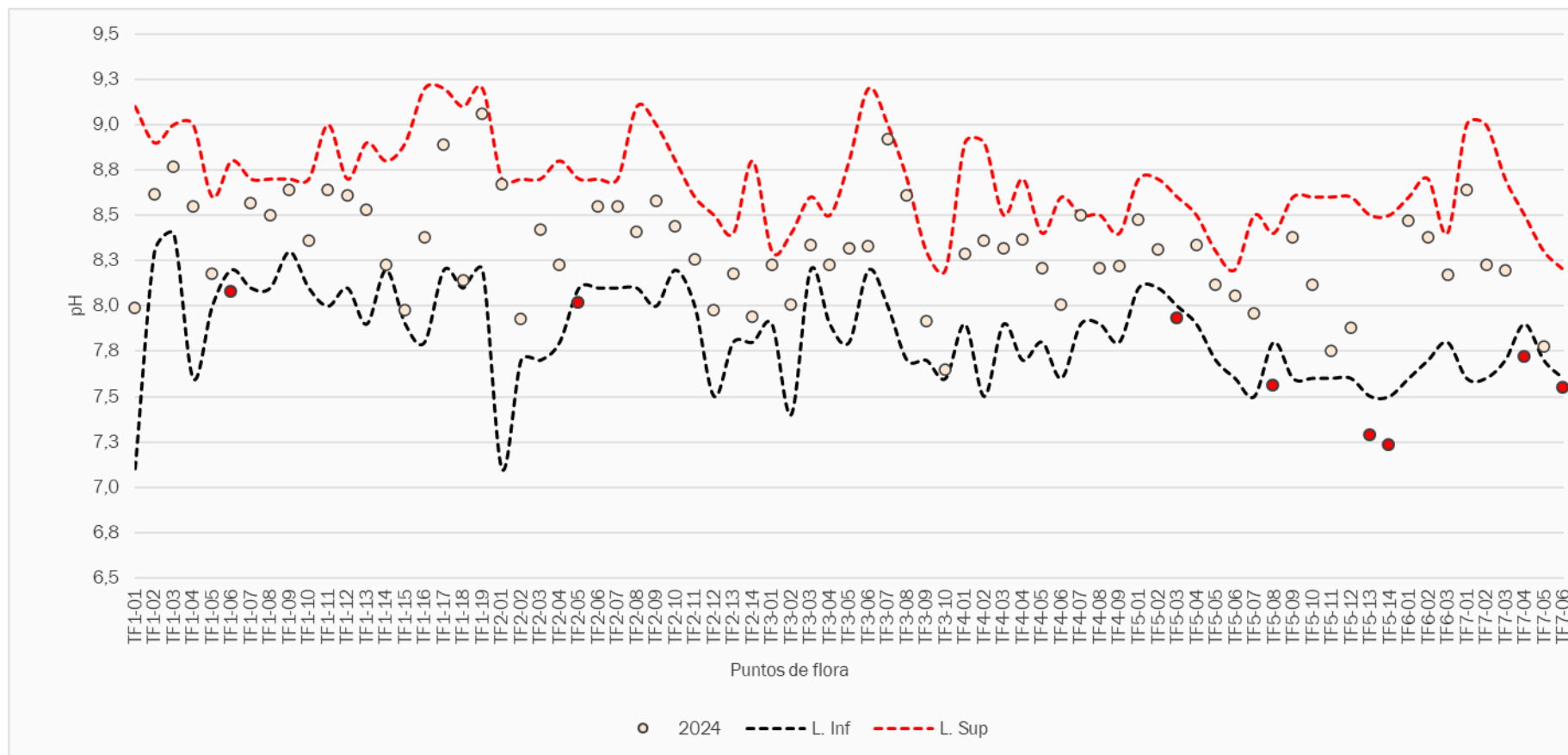
Donde:

$\bar{X}$ = Promedio del periodo 2006 – 2023

σ = Desviación estándar periodo 2006 – 2023

Luego se compara el valor del pH para el 2024, estimando si se ubica dentro o fuera de los límites establecidos. La Figura 6-24, muestra gráficamente los límites construidos para el pH y el valor 2024.

Figura 6-24. Rangos históricos de pH versus valor reportado en 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En 67 muestras de las 75 monitoreadas, correspondiente 89,3% del total, se observa que los valores se encuentran dentro de los límites, comportándose dentro de los rangos históricos. Mientras que, sólo ocho (8) muestras (10,6% del total) se encuentran levemente fuera de los rangos establecidos.

Tabla 6-13. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo

Punto de muestreo	UCE-TF		Valor 2024
	L. Inferior	L. Superior	
TF1-06	8,2	8,8	8,1
TF2-05	8,1	8,7	8,0
TF5-03	8	8,6	7,9
TF5-08	7,8	8,4	7,6
TF5-13	7,5	8,5	7,3
TF5-14	7,5	8,5	7,2
TF7-04	7,9	8,5	7,7
TF7-06	7,6	8,2	7,6

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

El protocolo establece que, existirá diferencia con la serie histórica si la cantidad de muestras fuera de rango es superior a 12 elementos. Dado que, sólo ocho (8) elementos se ubican fuera de los rangos, es posible concluir que las mediciones de pH realizadas en el periodo 2024 no difieren a las observaciones históricas.

a2- Análisis de distribución

Este análisis es realizado para evaluar si los datos de pH durante las campañas 2006 – 2023 representan un cambio previo al comportamiento del año 2024, evaluando si el set de datos del monitoreo actual posee la misma distribución de aquella observada durante los años anteriores (comparación del año 2024 con cada año anterior de manera separada). Para esto, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual detecta si hay diferencias significativas entre las distribuciones de dos muestras, bajo un nivel de confianza del 95%, de acuerdo con las siguientes hipótesis:

H0= La distribución de las dos muestras es la misma,

H1= Las distribuciones de las dos muestras son diferentes.

Esta prueba calcula un valor p bilateral, el que al ser mayor al nivel de confianza establecido (0,05), determina que no se puede rechazar la hipótesis nula H0 de igualdad de distribuciones. Mientras que, al ser menor a 0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0 y aceptar la hipótesis alternativa H1, por lo que las distribuciones de los años comparados son diferentes.

Los resultados de esta prueba, comparado el monitoreo actual con cada uno de los años anteriores se muestra a continuación:

Tabla 6-14. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2024 con cada año anterior

Año	KS	p-value
2006 – 2024	0,39	0,005
2007 – 2024	0,16	0,708
2008 – 2024	0,15	0,752
2009 – 2024	0,16	0,708
2010 – 2024	0,61	<0,001
2011 – 2024	0,21	0,318
2012 – 2024	0,25	0,157
2013 – 2024	0,17	0,612
2014 – 2024	0,20	0,431
2015 – 2024	0,15	0,724
2016 – 2024	0,29	0,079
2017 – 2024	0,20	0,431
2018 – 2024	0,20	0,431
2019 – 2024	0,18	0,519
2020 – 2024	-	-
2021 – 2024	0,18	0,519
2022 – 2024	0,18	0,519
2023 – 2024	-	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Dado que el Protocolo establece que: “Si la totalidad de los pares de años analizados mostraran diferencias significativas con el período actual, será necesaria la elaboración de un estudio que profundice las causas”, y en vista que, sólo dos (2) de los 18 pares de años analizados muestran diferencias, es que no se requiere un estudio adicional.

b. Evaluación de tendencia

Se evaluó en cada punto de monitoreo, si la serie de tiempo de pH queda representada por una recta de pendiente cero, mediante un análisis lineal con significancia estadística de la pendiente. Los resultados de la variable pH se presentan en la Tabla 6-15.

Tabla 6-15. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para el pH

ID	Parcela	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
1	TF1-01	-0,72	-0,08	0,00019815	Significativo

Tabla 6-15. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para el pH

ID	Parcela	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
2	TF1-02	0,39	0,01	0,090437955	No significativo
3	TF1-03	0,34	0,01	0,124425633	No significativo
4	TF1-04	0,78	0,05	5,54797E-05	Significativo
5	TF1-05	0,11	0,00	0,548073765	No significativo
6	TF1-06	-0,22	-0,01	0,313642162	No significativo
7	TF1-07	0,15	0,01	0,575142722	No significativo
8	TF1-08	-0,32	-0,01	0,109438949	No significativo
9	TF1-09	0,00	0,00	0,796179002	No significativo
10	TF1-10	-0,43	-0,02	0,039575292	Significativo
11	TF1-11	-0,23	-0,01	0,316461981	No significativo
12	TF1-12	-0,04	0,00	0,863563263	No significativo
13	TF1-13	-0,48	-0,03	0,026687949	Significativo
14	TF1-14	-0,31	-0,01	0,208822695	No significativo
15	TF1-15	-0,60	-0,03	0,00508529	Significativo
16	TF1-16	-0,65	-0,05	0,001163694	Significativo
17	TF1-17	-0,12	-0,01	0,581717672	No significativo
18	TF1-18	-0,72	-0,05	0,000177606	Significativo
19	TF1-FIN	0,34	0,02	0,101562944	No significativo
20	TF2-01	-0,37	-0,03	0,071206499	No significativo
21	TF2-02	-0,57	-0,03	0,007424477	Significativo
22	TF2-03	0,03	0,00	0,894545335	No significativo
23	TF2-04	0,01	0,00	0,981111314	No significativo
24	TF2-05	0,09	0,00	0,569385406	No significativo
25	TF2-06	0,19	0,01	0,411396711	No significativo
26	TF2-07	0,12	0,00	0,63096616	No significativo
27	TF2-08	0,12	0,01	0,552577292	No significativo
28	TF2-09	0,09	0,00	0,584181714	No significativo
29	TF2-10	-0,14	-0,01	0,691701684	No significativo
30	TF2-11	-0,31	-0,01	0,238022901	No significativo
31	TF2-12	-0,58	-0,03	0,008672948	Significativo
32	TF2-13	-0,47	-0,02	0,039897185	Significativo

Tabla 6-15. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para el pH

ID	Parcela	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
33	TF2-FIN	-0,50	-0,03	0,029268733	Significativo
34	TF3-01	-0,43	-0,01	0,040890918	Significativo
35	TF3-02	0,18	0,01	0,533382412	No significativo
36	TF3-03	-0,25	-0,01	0,262215874	No significativo
37	TF3-04	-0,52	-0,02	0,01481298	Significativo
38	TF3-05	0,51	0,02	0,036210997	Significativo
39	TF3-06	-0,45	-0,02	0,0240827	Significativo
40	TF3-07	-0,14	-0,01	0,497087771	No significativo
41	TF3-08	-0,07	0,00	0,759628646	No significativo
42	TF3-09	-0,42	-0,02	0,095421235	No significativo
43	TF3-FIN	-0,57	-0,02	0,009121971	Significativo
44	TF4-01	-0,42	-0,02	0,052301548	No significativo
45	TF4-02	0,22	0,01	0,350314818	No significativo
46	TF4-03	0,47	0,02	0,032466363	Significativo
47	TF4-04	0,65	0,03	0,002843174	Significativo
48	TF4-05	-0,13	0,00	0,511359759	No significativo
49	TF4-06	0,13	0,01	0,730789237	No significativo
50	TF4-07	0,05	0,00	0,899977219	No significativo
51	TF4-08	-0,32	-0,01	0,122233271	No significativo
52	TF4-FIN	-0,03	0,00	0,574843736	No significativo
53	TF5-01	-0,30	-0,01	0,208189022	No significativo
54	TF5-02	-0,38	-0,02	0,110357333	No significativo
55	TF5-03	-0,62	-0,02	0,004967219	Significativo
56	TF5-04	-0,22	-0,01	0,360158628	No significativo
57	TF5-05	0,35	0,01	0,145757268	No significativo
58	TF5-06	0,35	0,01	0,136715484	No significativo
59	TF5-07	-0,37	-0,02	0,117094094	No significativo
60	TF5-08	-0,68	-0,03	0,001406294	Significativo
61	TF5-09	-0,55	-0,03	0,013771769	Significativo
62	TF5-10	-0,65	-0,03	0,002426957	Significativo
63	TF5-11	-0,72	-0,04	0,000511688	Significativo

Tabla 6-15. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para el pH

ID	Parcela	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
64	TF5-12	-0,61	-0,03	0,005692491	Significativo
65	TF5-13	-0,81	-0,04	2,28672E-05	Significativo
66	TF5-FIN	-0,82	-0,05	1,43368E-05	Significativo
67	TF-6-01	0,38	0,02	0,113084157	No significativo
68	TF-6-02	0,31	0,01	0,198181241	No significativo
69	TF-6-FIN	0,24	0,01	0,416767495	No significativo
70	TF-7-01	0,69	0,05	0,001081091	Significativo
71	TF-7-02	0,02	0,00	0,939671368	No significativo
72	TF-7-03	-0,56	-0,03	0,012283709	Significativo
73	TF-7-04	-0,79	-0,04	5,93398E-05	Significativo
74	TF-7-05	-0,58	-0,02	0,008562606	Significativo
75	TF-7-FIN	-0,68	-0,03	0,001283543	Significativo

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Las parcelas sin tendencia llegan al 59% (44 muestras), mientras que el 41% restante (31 muestras) presenta alguna tendencia. Dado que más del 10% de la muestra presenta tendencia significativa, se debe evaluar si estas continúan al momento del monitoreo mediante un análisis de convergencia de datos.

b1-Evaluación de convergencia de datos

Dado que el análisis de significancia de la pendiente para cada uno de los 75 puntos de monitoreo arrojó que más del 10% de ellos poseen tendencia (31 puntos de muestreo, equivalentes al 41% del total), es que se evalúa si esta tendencia continúa al momento del monitoreo, mediante un análisis de convergencia de datos.

El análisis de convergencia se realiza sobre los 31 puntos de monitoreo que presentaron tendencia. Este análisis consiste en suavizar los datos anuales de pH, desde 2006 a 2024, mediante un promedio móvil común, para luego obtener una curva de tendencia ajustada. Con esta nueva curva, se calculan los residuos, es decir, la diferencia entre los datos observados y la curva de tendencia ajustada. Para luego, evaluar la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, que indica si la varianza de los residuos se mantiene constante en el tiempo (Tabla 6-16), con la finalidad de utilizar correctamente el rango [pH del 2024 ajustado $\pm 1,64$ veces la desviación estándar], aplicable solo si los datos son homogéneos. Finalmente, se evalúa si los datos reales del año 2024 se encuentran dentro del rango calculado.

Tabla 6-16. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 31 puntos con tendencia significativa

Parcela	Prueba de White		Valor p	Resultado
TF1-01	LM (Valor observado)	1,315	0,518	Los residuos son homocedásticos

Tabla 6-16. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 31 puntos con tendencia significativa

Parcela	Prueba de White		Valor p	Resultado
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-04	LM (Valor observado)	1,334	0,513	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-10	LM (Valor observado)	1,330	0,514	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-13	LM (Valor observado)	1,379	0,502	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-15	LM (Valor observado)	1,362	0,506	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-16	LM (Valor observado)	1,348	0,510	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF1-18	LM (Valor observado)	3,346	0,188	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-02	LM (Valor observado)	0,488	0,783	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-12	LM (Valor observado)	2,482	0,289	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-13	LM (Valor observado)	1,287	0,525	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF2-FIN	LM (Valor observado)	1,799	0,407	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-01	LM (Valor observado)	2,739	0,254	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-04	LM (Valor observado)	0,077	0,962	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-05	LM (Valor observado)	1,336	0,513	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-06	LM (Valor observado)	1,152	0,562	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF3-FIN	LM (Valor observado)	1,600	0,449	Los residuos son homocedásticos

Tabla 6-16. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 31 puntos con tendencia significativa

Parcela	Prueba de White		Valor p	Resultado
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF4-03	LM (Valor observado)	0,231	0,891	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF4-04	LM (Valor observado)	0,950	0,622	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-03	LM (Valor observado)	0,026	0,987	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-08	LM (Valor observado)	0,220	0,896	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-09	LM (Valor observado)	0,148	0,929	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-10	LM (Valor observado)	0,004	0,998	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-11	LM (Valor observado)	0,858	0,651	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-12	LM (Valor observado)	0,578	0,749	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-13	LM (Valor observado)	0,830	0,660	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF5-FIN	LM (Valor observado)	1,134	0,567	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-01	LM (Valor observado)	0,004	0,998	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-03	LM (Valor observado)	0,313	0,855	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-04	LM (Valor observado)	0,752	0,687	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-05	LM (Valor observado)	1,134	0,749	Los residuos son homocedásticos
	LM (Valor crítico)	5,991		
TF-7-FIN	LM (Valor observado)	0,578	0,998	Los residuos son homocedásticos

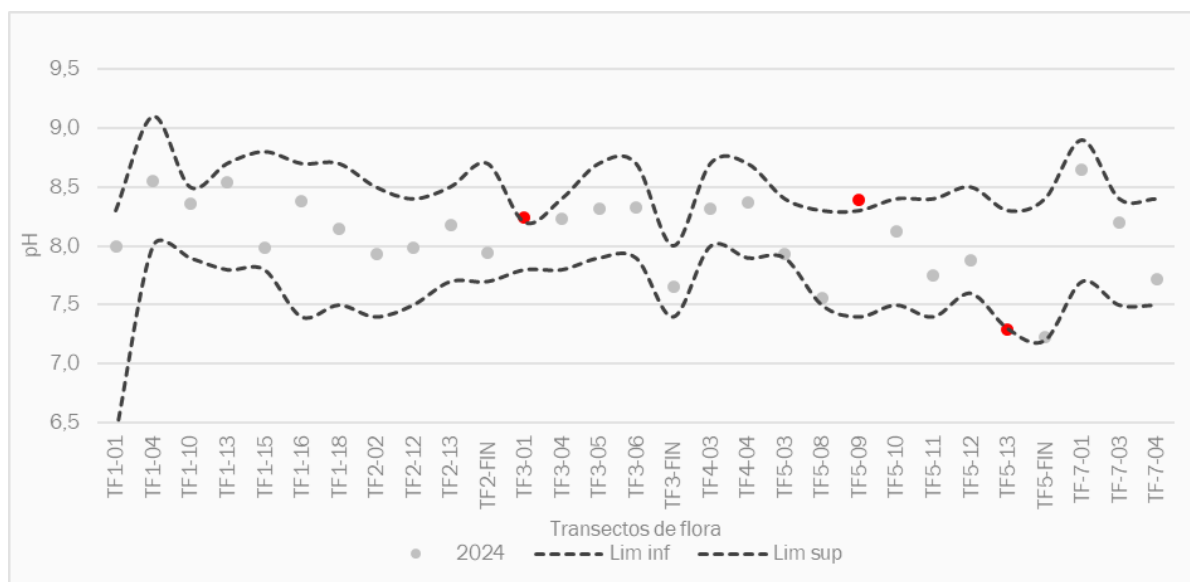
Tabla 6-16. Evaluación de la homogeneidad (heterocedasticidad) de la varianza, en los residuos de los 31 puntos con tendencia significativa

Parcela	Prueba de White		Valor p	Resultado
	LM (Valor crítico)	5,991		

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Los resultados indican que sólo tres (3) de los 31 puntos de monitoreo, correspondiente al TF3-01, TF5-09 y TF5-13, continúan mostrando tendencia en el monitoreo 2024. Dado que estos puntos equivalen a menos del 10% del total de muestras del plan de seguimiento, es que no se debe realizar un estudio adicional de causalidad de tendencia para el pH, ya que existe un estudio previo²⁷.

Figura 6-25. Rango calculado para evaluar la convergencia de las mediciones de pH en 2024



Puntos rojos, indican que el valor se encuentra fuera de los rangos calculados.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

La aplicación del Protocolo de análisis de Tendencias de variables ambientales indicó que, al comparar el monitoreo 2024 con la serie histórica, el pH se comportó según lo observado históricamente. Mediante la evaluación de convergencias se detectó que sólo en tres (3) muestras la tendencia continuó en el monitoreo actual. En su mayoría, esta tendencia fue a la baja, sin embargo, los valores de pH siempre se mantuvieron en la alcalinidad del sustrato, lo que concuerda con lo reportado para otros salares según Luzio (2010).

El comportamiento del pH en el tiempo no tendrían una relación directa con los resultados de la riqueza y frecuencia de la flora vascular, ya que los resultados sugieren que esta última se encuentra ligada a la dis-

²⁷ INFORME: Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH, realizado por M. Adriana Carrasco Rimassa, Químico MSc. Especialista en Química de Suelos. 2017. INFORME: Correlaciones pH y Salinidad, realizado por SQM, en 2017.

ponibilidad hídrica (régimen de precipitaciones locales y a la napa subterránea), y no a los cambios observados en las variables microambientales del suelo, dado que las plantas que crecen en el Borde Este del Salar de Atacama se encuentran adaptadas a condiciones extremas, logrando desarrollarse a pesar de los niveles de excesiva alcalinidad del sustrato.

6.1.3.3 Salinidad del sustrato (Conductividad eléctrica)

Tal como se explica en el capítulo 4.4.3, se obtuvo valores de Conductividad eléctrica según una entidad ETFA ALS Life Sciences Chile S.A. y según el laboratorio con el cual se han realizado los ensayos desde el año 2012 en adelante (Agroanálisis UC). Esto debido a que la metodología de análisis utilizada por ambos es distinta, implicando que los datos no sean comparables.

Con el objeto de verificar las consistencias y/o diferencias entre análisis, se comparan a continuación las mediciones de cada laboratorio.

6.1.3.3.1 Conductividad eléctrica del sustrato según la ETFA ALS Life Sciences Chile S.A.

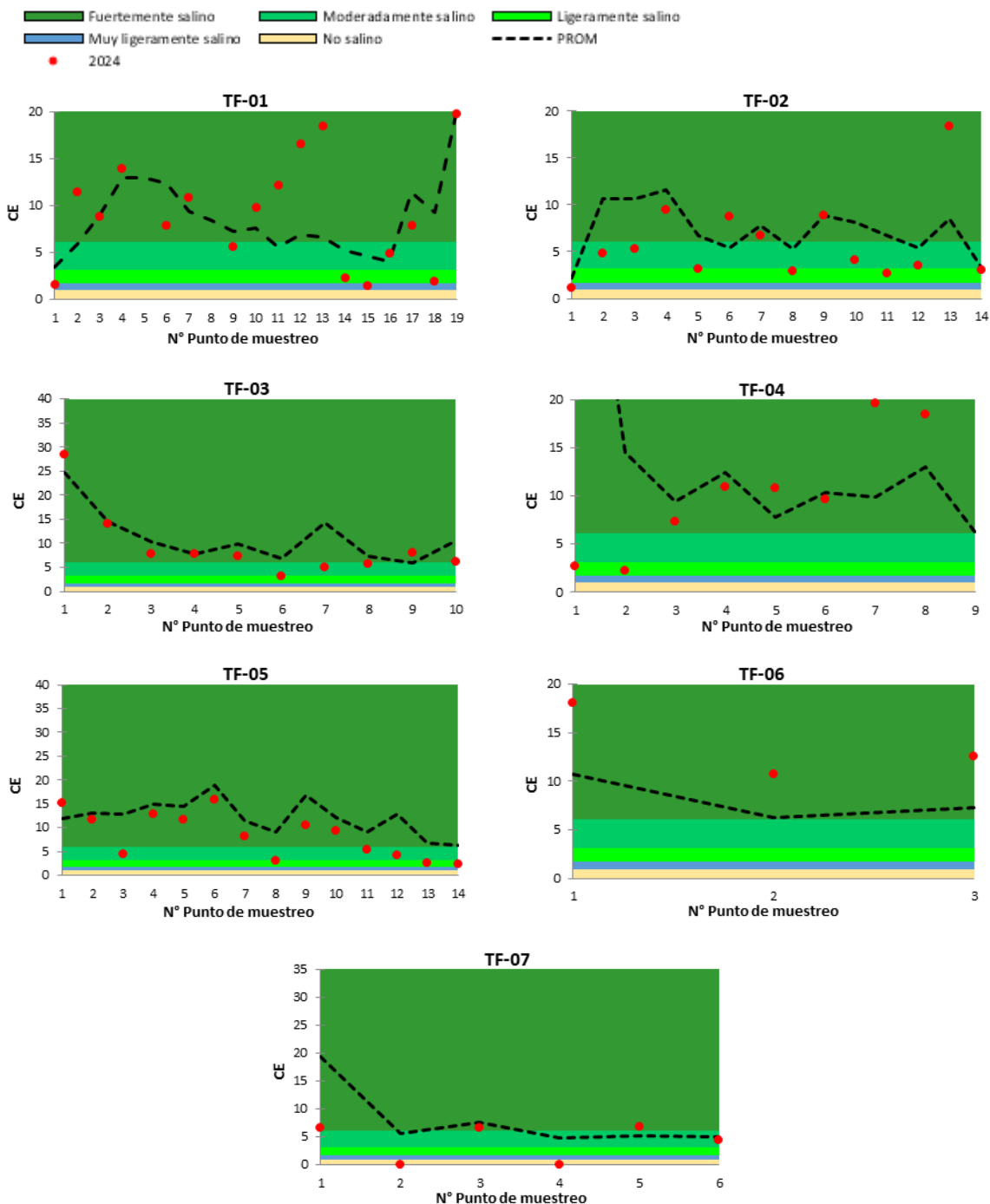
A continuación, se presentan los resultados de la conductividad eléctrica analizada por ALS. Cabe destacar que el periodo de análisis con metodologías ETFA comenzó en 2018, por lo que se dispone 7 años de monitoreo (2018 – 2024). En la Figura 6-26 se ilustra el valor de la CE para el año 2024, así como el valor promedio de los registros 2018 – 2024.

Las muestras del año 2024 en la mayoría de los transectos de flora poseen una conductividad eléctrica que da cuenta de un sustrato Fuertemente salino y Moderadamente salino (78,6% del total), y en menor medida llegan a ser Ligeramente salinos (14,7% del total) y Muy ligeramente salinos (4,0% del total), concordando con los resultados esperados para suelos en un salar.

Tal como muestra la Figura 6-26, los valores registrados en 2024 difieren del promedio correspondiente a los siete años anteriores, especialmente en los transectos TF-02, TF-03, TF-05 y TF-07. En la mayoría de los casos, se presentan valores de conductividad eléctrica inferiores al promedio histórico. Dado que la conductividad eléctrica del suelo es un indicador directo de su salinidad, una disminución en esta sugiere una menor concentración de sales. Cambios en la salinidad pueden modificar la composición vegetal, favoreciendo especies con distinta tolerancia a condiciones salinas (Mata-Fernández et al., 2014). Esta variación podría estar relacionada con la cantidad limitada de años considerados en el análisis, el evento de lluvias intensas ocurrido en 2019 y la alta variabilidad propia de la categoría "Fuertemente salino", que incluye valores superiores a 6,08 mS/cm.

La muestra muy ligeramente salina (CE entre 0,98 y 1,71 dS/m) se presenta en el transecto de flora N°2, específicamente en el punto TF2-1., donde anteriormente se habían registrados suelos fuertemente salinos (CE >6,07 dS/m). Las muestras Ligeramente salinas (CE entre 1,71 y 3,16 dS/m); Moderadamente salinas (CE entre 3,16 y 6,07 dS/m) y Fuertemente salinas (CE mayor a 6,07 dS/m), son las más abundantes en todos los años de monitoreo.

Figura 6-26. Conductividad Eléctrica según Algoritmos y mediciones ambientales SPA para el año 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.3.2 Conductividad eléctrica del sustrato según Agroanálisis UC (Complementario)

De acuerdo con la Figura 6-27 se observa que, del total de muestras obtenidas en la campaña de 2024 (75 muestras), el 90,7% se encuentran dentro de los valores máximo y mínimos observados entre abril de 2007 a abril de 2024.

De las muestras fuera de rango, cinco (5) se encuentran por debajo de los registros históricos, representando un 6,7% del total. Y dos (2) muestras presentaron un valor sobre los rangos establecidos, equivalente al 2,7% del total.

Por otra parte, la conductividad eléctrica del presente año demostró las condiciones de alta salinidad esperables para un salar; donde el 78,7% de muestras estuvieron distribuidas en la categoría fuertemente salina, validando lo observado en otros salares donde los valores pueden alcanzar hasta los 500 dS/m en superficie (Luzio, 2010).

La presencia de flora en sectores con altos valores de salinidad permite inferir que esta variabilidad no afectaría a la riqueza y frecuencia de especies de plantas observadas en la temporada y en los años anteriores. En este contexto, la persistencia de la vegetación se explicaría por los mecanismos de adaptación de las especies a condiciones de extrema salinidad y probablemente, su expresión en el Borde Este del Salar de Atacama, estaría relacionada en primer lugar con la disponibilidad de agua.

En la Figura 6-27 se muestra la comparación de la conductividad eléctrica del año 2024 con el promedio de todos los años anteriores. Las parcelas en los gráficos están organizadas desde el Borde Este del salar hacia el núcleo (Este – Oeste).

Figura 6-27. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores

●: valor registrado en abril de 2024 ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)

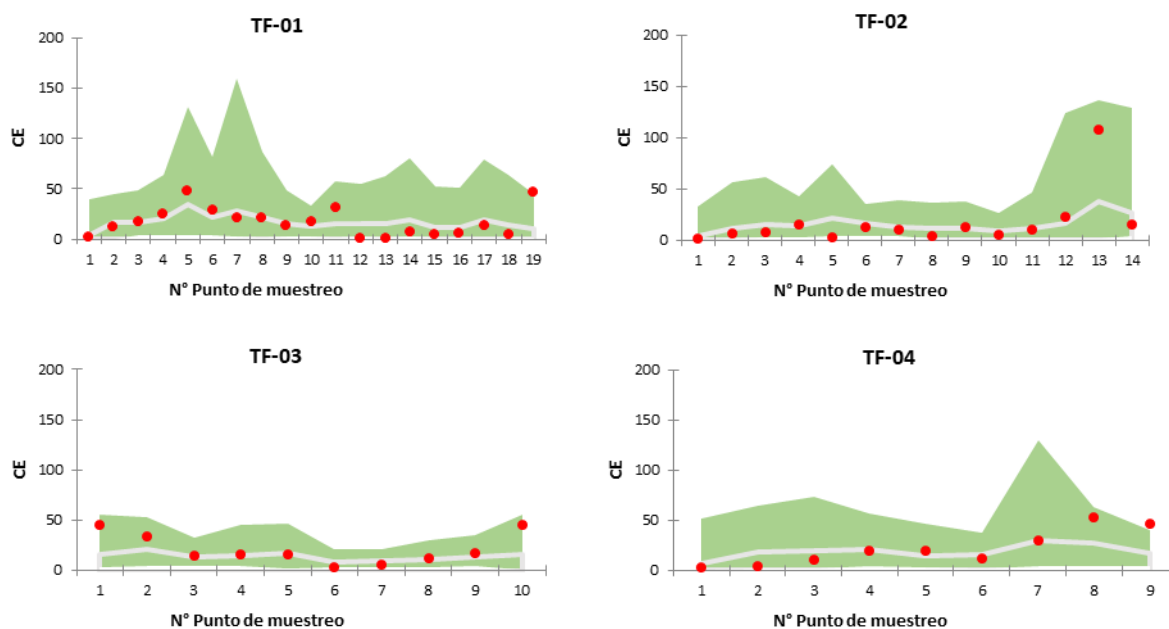
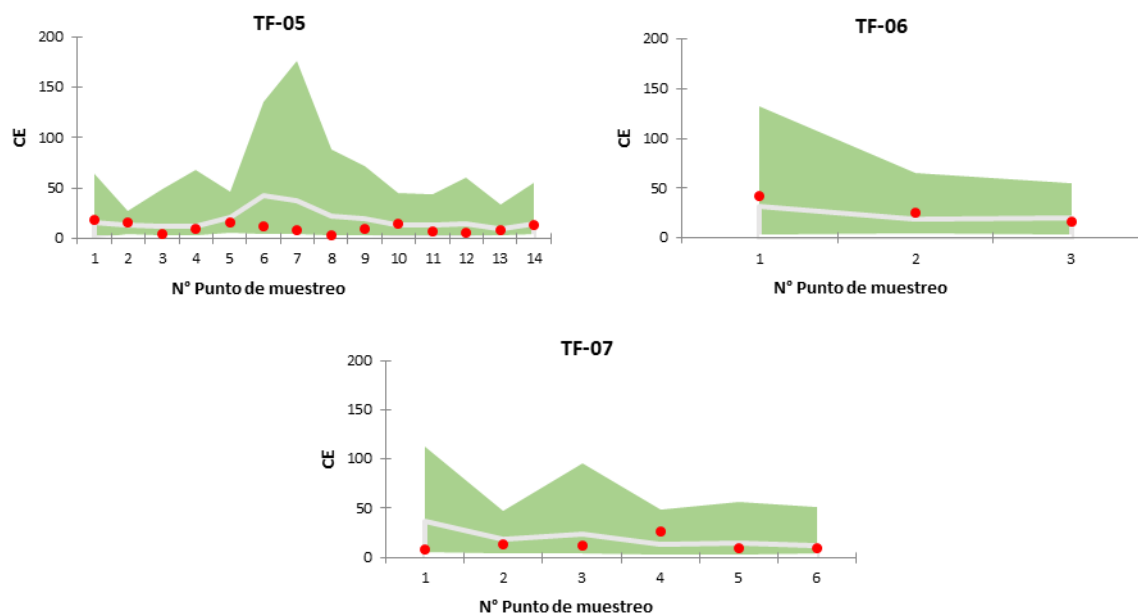


Figura 6-27. Comparación de la conductividad eléctrica (dS/m) actual con la obtenida en años anteriores

●: valor registrado en abril de 2024 ■: valores máximos y mínimos registrados en torno del valor promedio (en blanco)



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.3.3.2.1 Protocolo de análisis de tendencias de variables ambientales

Este análisis responde al protocolo de análisis de tendencias ambientales diseñado por ECOS Consultores, que forma parte del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N° 38/Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, detallado en el Anexo 9 del presente informe.

a. Comparación del monitoreo actual con serie histórica

Para evaluar si las observaciones sobre la conductividad eléctrica en la campaña actual (2024) se comportan según lo observado históricamente se evalúan los datos entregados por el laboratorio Agroanálisis UC, dado que el set de datos abarca un mayor tiempo de monitoreo.

a1-Análisis de rangos históricos

Este análisis es realizado para evaluar si los datos del CE durante el año 2022 representan un cambio respecto a las observaciones previas, esto mediante una desagregación del monitoreo actual y comportamiento pasado.

Este análisis contempla el cálculo de un umbral para la variable CE para cada punto de monitoreo, el cual se calculó según la siguiente fórmula:

$$\text{Umbral CE} = \bar{X} \mp 1,64485 * \sigma$$

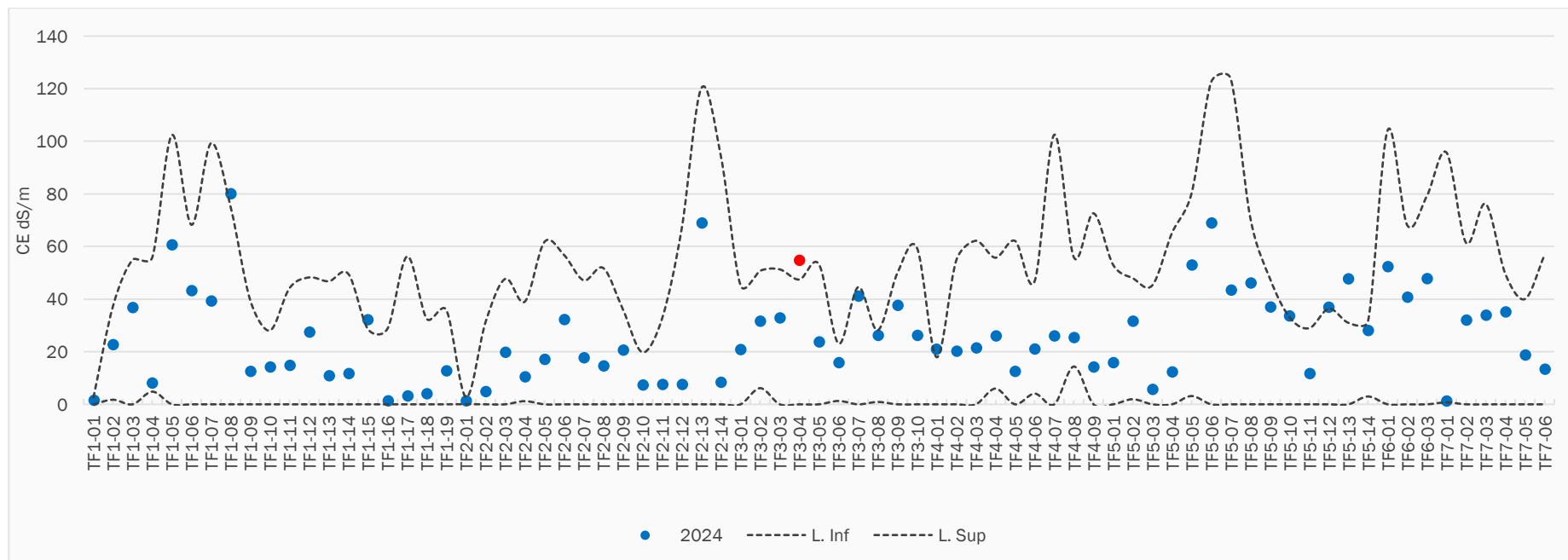
Donde:

$\bar{X}$ = Promedio del CE del periodo 2006 – 2023

σ = Desviación estandar de CE del periodo 2006 – 2023

Luego se comparó el valor de la conductividad eléctrica para el 2024, evaluando si la muestra se ubica dentro o fuera de los límites establecidos. La Figura 6-28, muestra gráficamente los límites construidos para la CE y los valores medidos en la temporada 2024, observándose que en un (1) punto de monitoreo el valor registrado en 2024 se ubicó fuera de los límites establecidos (1,3% del total). Así, en 74 muestras, correspondiente 98,7% del total, se observa que los valores se encuentran dentro de los límites, comportándose dentro de los rangos históricos.

Figura 6-28. Rangos históricos de conductividad eléctrica y las mediciones reportado en 2024



Puntos rojos, indican que el valor se encuentra fuera de los rangos calculados.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Tabla 6-17. Puntos fuera del UCE-TF para cada punto de muestreo

Punto de muestreo	UCE-TF		Valor 2024
	L. Inferior ¹	L. Superior	
TF1-19	0,0	35,8	47,00

Matemáticamente los límites inferiores pueden tomar valores negativos, sin embargo, se restringieron a valores a la realidad física de la variable, cuyo límite es 0.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

De acuerdo con lo establecido en el protocolo de tendencia, no es necesario realizar un estudio adicional para determinar causalidad de tendencias, dado que no se superó el número de casos fuera del rango definido (mayor a 12 elementos²⁸).

a2- Análisis de distribución

Este análisis es realizado para evaluar si los datos de la Salinidad, evaluado como conductividad eléctrica, durante las campañas 2006 - 2022 representan un cambio previo al comportamiento del año 2024, esto evaluando si el set de datos del monitoreo actual posee la misma distribución observada durante los años anteriores (comparación del año 2024 con cada año anterior de manera separada). Para esto se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual detecta si hay diferencias significativas entre las distribuciones de dos muestras, considerando un nivel de confianza del 95%, de acuerdo con las siguientes hipótesis:

H0= La distribución de las dos muestras es la misma,

H1= Las distribuciones de las dos muestras son diferentes.

Esta prueba calcula un valor p bilateral, el que, al ser mayor al nivel de confianza establecido, determina que no se puede rechazar la hipótesis nula H0 de igualdad de distribuciones. Mientras que, al ser menor a 0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0 y aceptar la hipótesis alternativa H1, por lo que las distribuciones de los años comparados son diferentes.

Los resultados de esta prueba, comparado el monitoreo actual con cada uno de los años anteriores se muestran a continuación:

²⁸ Para un conjunto de 75 elementos en donde se define el rango [$\text{media} \pm 1,64485 * \text{desviación}$], se tiene que, si la variable se distribuye normal, la probabilidad de que a lo más 12 elementos estén fuera del rango es de 96,7%. Así, se escoge 12 elementos como la cantidad crítica cumpliéndose que, sin presencia de tendencias, menos del 4% de las veces habrá más de 12 elementos fuera del rango.

Tabla 6-18. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones de la pH de 2024 con cada año anterior

Año	KS	p-value
2006 – 2024	0,850	<0,001
2007 – 2024	0,660	<0,001
2008 – 2024	0,753	<0,001
2009 – 2024	0,820	<0,001
2010 – 2024	0,686	<0,001
2011 – 2024	0,326	0,036
2012 – 2024	0,392	0,006
2013 – 2024	0,151	0,755
2014 – 2024	0,269	0,127
2015 – 2024	0,189	0,487
2016 – 2024	0,499	0,000
2017 – 2024	0,161	0,684
2018 – 2024	0,219	0,312
2019 – 2024	0,850	<0,001
2020 – 2024	-	-
2021 – 2024	0,269	0,127
2022 – 2024	0,376	0,010
2023 – 2024	-	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Dado que el Protocolo establece que: “Si la totalidad de los pares de años analizados mostraran diferencias significativas con el período actual, será necesaria la elaboración de un estudio que profundice las causas”, y en vista que, 9 de los 18 pares de años analizados no muestran diferencias, es que no se requiere un estudio adicional.

b. Evaluación de tendencias

Por otra parte, el protocolo indica que se debe evaluar para cada punto de monitoreo si su serie temporal queda representada por una recta de pendiente cero, esto para determinar si existen tendencias sostenidas en el tiempo.

En la Tabla 6-19, se presentan los análisis de tendencia de la Salinidad medida como Conductividad Eléctrica. Los resultados indican que el 93,3% de las muestras (70 de 75 muestras) no presentan significancia estadística en su serie temporal. Mientras que, el 6,7% de las observaciones (cinco muestras), presentan alguna tendencia. En vista que las observaciones del periodo 2022 se encuentran bajo del 10% de las parcelas muestran tendencias, no se requiere de un estudio adicional, tal como lo indica el Protocolo.

Tabla 6-19. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para la Salinidad (CE)

ID	Transecto de flora	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
1	TF1-01	10,1%	0,04	0,184	No significativo
2	TF1-02	0,0%	0,02	0,964	No significativo
3	TF1-03	0,8%	-0,28	0,713	No significativo
4	TF1-04	3,5%	-0,51	0,440	No significativo
5	TF1-05	0,0%	-0,02	0,989	No significativo
6	TF1-06	0,7%	-0,32	0,726	No significativo
7	TF1-07	0,5%	-0,43	0,783	No significativo
8	TF1-08	5,7%	1,16	0,325	No significativo
9	TF1-09	0,4%	0,14	0,798	No significativo
10	TF1-10	11,3%	0,50	0,160	No significativo
11	TF1-11	6,8%	0,70	0,281	No significativo
12	TF1-12	0,0%	-0,02	0,977	No significativo
13	TF1-13	1,3%	-0,34	0,636	No significativo
14	TF1-14	0,2%	0,12	0,870	No significativo
15	TF1-15	7,1%	0,49	0,269	No significativo
16	TF1-16	1,7%	-0,25	0,599	No significativo
17	TF1-17	0,7%	0,30	0,737	No significativo
18	TF1-18	0,5%	-0,14	0,774	No significativo
19	TF1-19	8,5%	0,75	0,225	No significativo
20	TF2-01	8,7%	0,04	0,221	No significativo
21	TF2-02	4,0%	-0,37	0,413	No significativo
22	TF2-03	0,2%	-0,11	0,868	No significativo
23	TF2-04	7,8%	-0,54	0,247	No significativo
24	TF2-05	0,5%	-0,25	0,771	No significativo
25	TF2-06	6,2%	-0,75	0,304	No significativo
26	TF2-07	8,7%	-0,81	0,220	No significativo
27	TF2-08	3,0%	-0,60	0,479	No significativo
28	TF2-09	0,1%	-0,06	0,900	No significativo
29	TF2-10	0,5%	-0,08	0,767	No significativo
30	TF2-11	0,3%	-0,11	0,815	No significativo

Tabla 6-19. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para la Salinidad (CE)

ID	Transecto de flora	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
31	TF2-12	1,3%	-0,56	0,646	No significativo
32	TF2-13	0,0%	0,03	0,988	No significativo
33	TF2-14	8,8%	-1,83	0,218	No significativo
34	TF3-01	1,9%	0,38	0,571	No significativo
35	TF3-02	10,0%	0,71	0,188	No significativo
36	TF3-03	2,5%	-0,43	0,519	No significativo
37	TF3-04	0,0%	0,00	0,996	No significativo
38	TF3-05	2,2%	-0,42	0,543	No significativo
39	TF3-06	17,2%	-0,47	0,078	No significativo
40	TF3-07	4,7%	-0,54	0,372	No significativo
41	TF3-08	1,6%	0,18	0,604	No significativo
42	TF3-09	2,3%	-0,41	0,539	No significativo
43	TF3-10	0,4%	-0,19	0,800	No significativo
44	TF4-01	3,0%	0,22	0,475	No significativo
45	TF4-02	1,4%	0,41	0,630	No significativo
46	TF4-03	2,6%	-0,54	0,513	No significativo
47	TF4-04	11,7%	-0,90	0,152	No significativo
48	TF4-05	9,6%	-1,15	0,197	No significativo
49	TF4-06	21,6%	-1,06	0,045	Significativo
50	TF4-07	2,8%	-1,03	0,494	No significativo
51	TF4-08	2,2%	0,35	0,545	No significativo
52	TF4-09	32,3%	-2,41	0,011	Significativo
53	TF5-01	10,1%	-0,97	0,185	No significativo
54	TF5-02	13,7%	-0,92	0,119	No significativo
55	TF5-03	34,7%	-1,59	0,008	Significativo
56	TF5-04	33,6%	-2,35	0,009	Significativo
57	TF5-05	26,3%	-2,13	0,025	Significativo
58	TF5-06	6,3%	-1,75	0,300	No significativo
59	TF5-07	9,6%	-2,36	0,197	No significativo
60	TF5-08	3,8%	-0,82	0,426	No significativo

Tabla 6-19. Análisis lineal con significancia de la pendiente en la serie de tiempo 2006 – 2024 para la Salinidad (CE)

ID	Transecto de flora	R ²	Pendiente de la recta	p - valor	Significancia de la pendiente
61	TF5-09	1,5%	0,36	0,618	No significativo
62	TF5-10	9,1%	0,59	0,210	No significativo
63	TF5-11	5,4%	0,40	0,339	No significativo
64	TF5-12	14,0%	0,86	0,114	No significativo
65	TF5-13	1,4%	0,22	0,627	No significativo
66	TF5-14	2,2%	-0,22	0,543	No significativo
67	TF6-01	2,1%	-0,84	0,552	No significativo
68	TF6-02	9,5%	-1,11	0,200	No significativo
69	TF6-03	11,6%	-1,43	0,154	No significativo
70	TF7-01	29,2%	-2,77	0,017	Significativo
71	TF7-02	11,1%	-1,14	0,164	No significativo
72	TF7-03	12,4%	-1,54	0,139	No significativo
73	TF7-04	8,0%	0,88	0,242	No significativo
74	TF7-05	0,4%	-0,14	0,809	No significativo
75	TF7-06	14,9%	-1,41	0,103	No significativo

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Basado en todo lo anterior, se puede señalar que la conductividad eléctrica del sustrato, considerando la serie histórica estandarizada, evidencia que los suelos monitoreados en los transectos de flora varían entre ligeramente salino a fuertemente salino, cuyos valores son típicos de un salar (Luzio, 2010). El análisis respecto a la comparación del monitoreo actual mostró que el monitoreo 2024 difiere a la serie histórica (2006 – 2023) solo el 9 pares de años, mientras que, solo seis (6) muestras de monitoreo presentaron tendencia, por lo que la variable se mantiene relativamente estable en términos del comportamiento histórico.

6.1.4 Monitoreo de Algarrobos

6.1.4.1 Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2

La población de algarrobos objeto de estudio ha sufrido los efectos de aluviones a través del tiempo, registrándose individuos desaparecidos o desprendidos por efecto de ello desde el año 2012 en adelante. Tal como se mencionó en la sección anterior, durante la temporada estival del 2019 se produjo un evento aluvial²⁹ de gran envergadura, que arrasó con 8 ejemplares. Posterior a eso, durante el periodo de monitoreo

²⁹ Comprobante de reporte de aviso/contingencia/incidente. Cod: RIA4549

(2023) se reportó el desprendimiento de 2 nuevos individuos que se encontraban secos desde el levantamiento de la línea base del proyecto (2006) y desde el año 2008, respectivamente. En el presente monitoreo (2024) se reportó el desprendimiento de un nuevo individuo que se encontraba seco desde 2019. El desprendimiento de estos últimos podría atribuirse tanto a la presencia de burros dentro de la quebrada o a la acción humana.

Lo anterior da cuenta de un total de 15 individuos que han sido desprendidos a lo largo de los periodos de monitoreo, y que se catalogan como desaparecidos. En vista de que se ha producido una variación en el universo de individuos, generando imprecisiones en la evaluación temporal y distorsión en la comparación histórica, es que los ejemplares desaparecidos no son considerados para los análisis de vitalidad, copa viva, fenología y daño, a pesar de que sí se visita el sitio de desprendimiento durante las prospecciones realizadas.

6.1.4.1.1 Vitalidad

Los resultados históricos de las mediciones de la vitalidad de los algarrobos y las tendencias asociadas a cada categoría (período 2006 – 2024) se muestran en la Tabla 6-20 y Figura 6-29.

- **Seco:** En la línea base del año 2006 se identificaron 12 individuos secos, los que fueron incorporados al monitoreo con el fin de evaluar la dinámica de los algarrobos del sector. Los registros reflejan una tendencia al aumento en el número de individuos secos con el pasar de los años (Coeficiente de determinación $R^2 = 0,75$), alcanzando un máximo de 30 individuos entre los años 2020 y 2022 (Figura 6-29 (1)). Durante el 2024, se observó una disminución de un [1] individuo en el total de individuos secos, debido al desprendimiento de estos.
- **Muy débil:** La cantidad histórica de ejemplares catalogados con vitalidad Muy débil ha variado a lo largo del tiempo, sin embargo, nunca ha superado los 9 individuos (máximo presentado en 2016). Durante el presente monitoreo (2024) solo se presentó un [1] individuo con vitalidad Muy débil, quedando por sobre el valor mínimo histórico (0) se había presentado en los años 2013, 2019 y 2023. A lo largo de los años monitoreados no se observa una tendencia con respecto a esta categoría ($R^2 = 0,05$; Figura 6-29 (2)).
- **Débil:** La cantidad histórica de ejemplares catalogados con vitalidad Débil ha variado desde un mínimo de 4 registros, en el año 2019, hasta un máximo de 24 registros, en el año 2011. Respecto de la línea base (año 2006), en el 2024 se reportan cuatro [4] individuos en esta categoría, coincidiendo con el mínimo histórico. Dada la variación en el número de registros dentro de esta categoría a lo largo del monitoreo, no se observa una tendencia significativa ($R^2 = 0,12$, Figura 6-29 (3)).
- **Crecimiento normal:** El número de ejemplares en esta categoría ha presentado variabilidad en el tiempo (promedio de 25 ± 10 registros), con un máximo de 48 registros al comienzo del monitoreo (2006) y un mínimo de 9 registros en el año 2021. En el 2024, se registraron 24 individuos con Crecimiento normal, encontrándose dentro de los rangos históricos y ubicándose cerca del promedio. A pesar de la variabilidad de los registros, para esta categoría sí es posible observar una tendencia hacia la baja en el número de registros con Crecimiento normal ($R^2 = 0,50$; Figura 6-29 (4)).
- **Excepcionalmente vigoroso:** En la mayor parte de los años de monitoreo la cantidad de ejemplares pertenecientes a esta categoría corresponde a cero, con un máximo de ocho individuos observados en el año 2019. Durante el periodo de monitoreo actual (2024), no se registró ningún individuo Excepcionalmente vigoroso, coincidiendo con el mínimo histórico. No se observa una tendencia de aumento o disminución en la frecuencia de esta categoría ($R^2 = 0,001$; Figura 6-29 (5)).

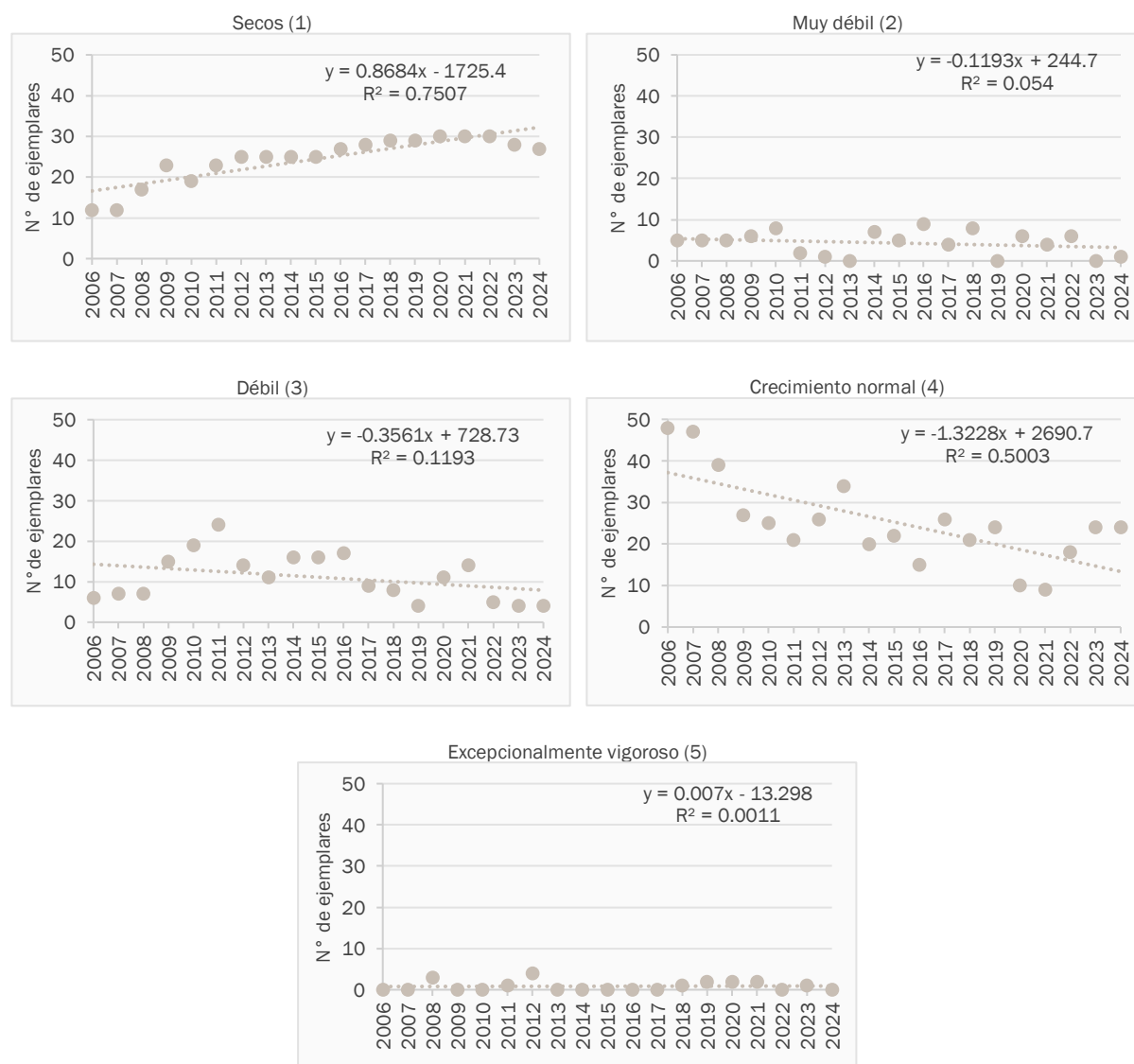
- Individuos desaparecidos: En la campaña actual (abril 2024) se identificó solo un [1] nuevo individuo que se desprendió durante el transcurso del año 2023.

Tabla 6-20. Vitalidad de la población de algarrobos. Campañas 2006 – 2024

Año	Vitalidad								
	Seco	Muy Débil	Débil	Crecimiento normal	Excepcionalmente Vigoroso	Desaparecidos		Total	
						Por año	Acumulado	Por año	Muestra
2006	12	5	6	48	0	0	0	71	71
2007	12	5	7	47	0	0	0	71	71
2008	17	5	7	39	3	0	0	71	71
2009	23	6	15	27	0	0	0	71	71
2010	19	8	19	25	0	0	0	71	71
2011	23	2	24	21	1	0	0	71	71
2012	25	1	14	26	4	1	1	70	71
2013	25	0	11	34	0	0	1	70	71
2014	25	7	16	20	0	2	3	68	71
2015	25	5	16	22	0	0	3	68	71
2016	27	9	17	15	0	0	3	68	71
2017	28	4	9	26	0	1	4	67	71
2018	29	8	8	21	1	0	4	67	71
2019	29	0	4	24	2	8	12	59	71
2020	30	6	11	10	2	0	12	59	71
2021	30	4	14	9	2	0	12	59	71
2022	30	6	5	18	0	0	12	59	71
2023	28	0	4	24	1	2	14	57	71
2024	27	1	4	24	0	1	15	56	71
Máximo	30	9	24	48	4	-	-	-	-
Mínimo	12	0	4	9	0	-	-	-	-
Promedio	24	4	11	25	1	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-29. Tendencia de la Vitalidad de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.4.1.2 Porcentaje de copa viva

Los resultados de las mediciones del porcentaje de copa viva realizadas sobre los algarrobos durante las campañas de monitoreo (período 2006 a 2024), se muestran en la Tabla 6-9 y Figura 6-30. Al respecto, se observa:

- **Copa viva 0%:** En la línea base del año 2006 se identificaron 12 individuos secos (sin follaje verde), los que fueron incorporados al monitoreo con el fin de evaluar la dinámica natural de la población de algarrobos. Al igual que los resultados de vitalidad expuestos en la sección anterior, los registros reflejan una

tendencia al aumento en el número de individuos sin follaje verde (coeficiente de determinación $R^2 = 0,76$), alcanzando un máximo de 30 individuos entre los años 2020 y 2022 (Figura 6-30 (1)). Durante el 2024, se observó una disminución de un [1] individuo en el total de individuos de esta categoría, debido al desprendimiento de estos.

- Copa viva <5%: La cantidad histórica de ejemplares con copa viva inferior al 5% ha variado a lo largo del tiempo, sin embargo, nunca ha superado los 8 individuos (máximo presentado en 2010 y 2018). Durante el presente monitoreo (2024) se presentó dos [2] individuos dentro de esta categoría, lo que se encuentra dentro de los rangos históricos y bajo el promedio del monitoreo (4 árboles). A lo largo de los años monitoreados no se observa una tendencia con respecto a esta categoría ($R^2 = 0,06$; Figura 6-30 (2)).
- Copa viva 5 – 25%: Al igual que la categoría anterior, la cantidad de individuos que presentan entre 5 y 25% de copa viva ha variado a lo largo del tiempo, con un mínimo de 3 ejemplares (en los años 2011, 2019 y 2020) y un máximo de 14, al comienzo del monitoreo (2006). En el monitoreo actual (2024), se registraron nueve [9] ejemplares, encontrándose dentro de los rangos históricos y por encima del promedio (6 árboles). Como se observa en la Figura 6-30 (3), esta categoría no presenta una tendencia significativa ($R^2 = 0,03$).
- Copa viva 25 – 50%: La cantidad histórica de ejemplares que presentan entre 25 y 50% de copa viva ha variado entre un mínimo de 4 individuos registrados en 2022 y un máximo de 22, registrados al comienzo del monitoreo (2006). Durante el monitoreo del 2024, se reportaron seis [6] individuos dentro de esta categoría, posicionándose bajo el promedio (10 árboles) y dentro de los rangos históricos. Con respecto a la evolución de la cantidad de ejemplares en el tiempo, se observa una leve tendencia a la disminución ($R^2 = 0,26$) (Figura 6-30 (4)).
- Copa viva 50 – 75%: El número de individuos en esta categoría ha variado entre un mínimo de 5 ejemplares, registrados en el 2021 y 2022, y un máximo de 17 ejemplares registrados en el año 2011. En el presente monitoreo (2024) se reportaron seis [6] individuos en esta categoría, tres [3] menos que lo reportado en la campaña inicial (2006). Dada la variación en el número de ejemplares catalogados con 50 – 75% de copa viva, no es posible observar una tendencia con respecto a la evolución de los datos en el tiempo ($R^2 = 0,13$) (Figura 6-30 (5)).
- Copa viva 75 – 100%: Finalmente, respecto de la categoría de mayor copa viva (75 – 100%), la cantidad de ejemplares ha variado desde un máximo histórico de 31 ejemplares, en el año 2008, hasta un mínimo de 2 ejemplares, en el año 2011. Durante el monitoreo del 2024, se reportaron seis [6] individuos dentro de esta categoría, lo que corresponde a siete [7] menos que lo que se reportó en la campaña inicial (2006). La evolución histórica de la cantidad de ejemplares dentro de esta categoría muestra una tendencia a la disminución, la cual se observa a partir del 2009 en adelante ($R^2 = 0,55$) (Figura 6-30 (6)).

Tabla 6-21. Copa viva (%) de la población de algarrobos. Campañas 2006 – 2024

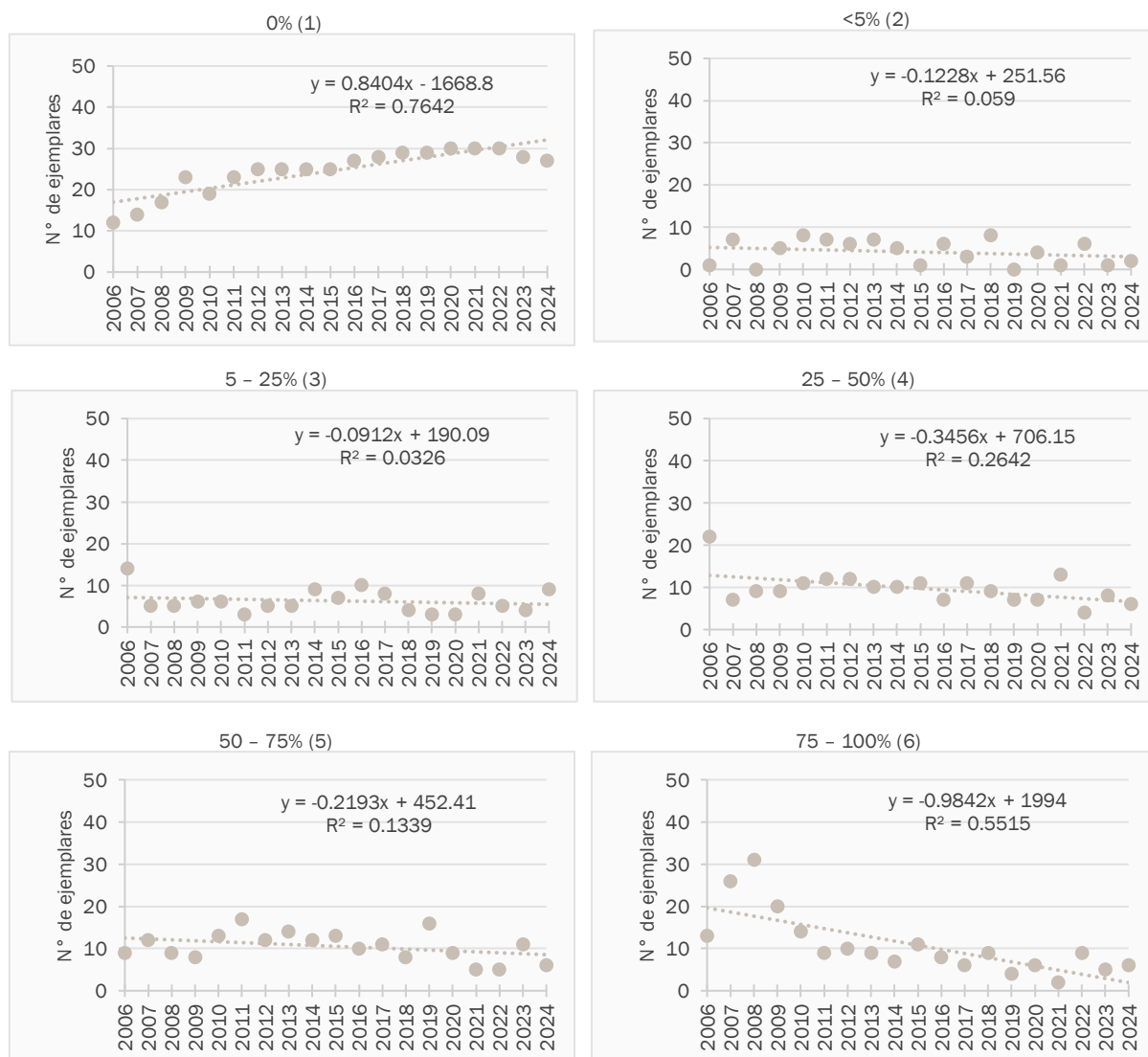
Año	Porcentaje de copa viva									
	0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	Desaparecidos		Total	
							Por año	Acumulado	Por año	Muestra
2006	12	1	14	22	9	13	0	0	71	71

Tabla 6-21. Copa viva (%) de la población de algarrobos. Campañas 2006 – 2024

Año	Porcentaje de copa viva									
	0%	<5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%	Desaparecidos		Total	
							Por año	Acumulado	Por año	Muestra
2007	14	7	5	7	12	26	0	0	71	71
2008	17	0	5	9	9	31	0	0	71	71
2009	23	5	6	9	8	20	0	0	71	71
2010	19	8	6	11	13	14	0	0	71	71
2011	23	7	3	12	17	9	0	0	71	71
2012	25	6	5	12	12	10	1	1	70	71
2013	25	7	5	10	14	9	0	1	70	71
2014	25	5	9	10	12	7	2	3	68	71
2015	25	1	7	11	13	11	0	3	68	71
2016	27	6	10	7	10	8	0	3	68	71
2017	28	3	8	11	11	6	1	4	67	71
2018	29	8	4	9	8	9	0	4	67	71
2019	29	0	3	7	16	4	8	12	59	71
2020	30	4	3	7	9	6	0	12	59	71
2021	30	1	8	13	5	2	0	12	59	71
2022	30	6	5	4	5	9	0	12	59	71
2023	28	1	4	8	11	5	2	14	57	71
2024	27	2	9	6	6	6	1	15	56	71
Máximo	30	8	14	22	17	31	-	-	-	-
Mínimo	12	0	3	4	5	2	-	-	-	-
Promedio	25	4	6	10	11	11	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-30. Tendencia de la copa viva (%) de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.4.1.3 Fenología

Respecto al estado fenológico de los individuos, la Tabla 6-22 y Figura 6-31 muestran los resultados de lo largo de los años de monitoreo, a partir de lo cual se observa:

- **Senescente (Figura 6-31 (1)):** La cantidad de individuos dentro de esta categoría ha variado entre un mínimo de 17 individuos, en el año 2008, a un máximo de 31 individuos, registrados en los años 2020 y 2021. En el monitoreo actual (2024), se reportan 27 ejemplares senescentes, concordante con las categorías de vitalidad seco y de 0% de copa viva. Con respecto al monitoreo de línea base, actualmente se

reportan 7 individuos más que lo reportado en 2006. Al observar la evolución en el tiempo de esta categoría, se observa una tendencia al aumento del número de ejemplares senescentes con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,74$.

- Crecimiento vegetativo (Figura 6-31 (2)): La cantidad histórica de ejemplares en esta categoría, ha variado entre un máximo de 53 individuos, en el año 2008, y un mínimo de 28 individuos registrados en los años 2012, 2020 y 2021. En el monitoreo actual (2024), se registraron 29 individuos dentro de esta categoría, lo que corresponde a 20 individuos menos que reportado en el monitoreo de línea base del Proyecto (2006). En efecto, es posible observar una tendencia hacia la disminución de individuos en esta categoría ($R^2 = 0,72$).
- Floración (Figura 6-31 (3)): Durante los años que se ha monitoreado la fenología de la población de algarrobos, no se han registrado individuos en floración durante el mes en el que se realiza el monitoreo (abril). Esto debido a que, de acuerdo con el ciclo fenológico de la especie, los procesos de floración ocurren entre los meses de octubre a diciembre. Cabe mencionar, que el ciclo fenológico completo de la población de algarrobos de Camar sí se ha podido reflejar en el marco de los informes semestrales del Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar, que se realizan como parte del Programa de Cumplimiento (PdC).
- Fructificación (Figura 6-31 (4)): La cantidad de ejemplares con presencia de frutos durante el mes de abril es variable en el tiempo, pudiendo encontrar años en donde no hay signos de fructificación (cero) y años en donde, excepcionalmente, se han presentado una gran cantidad de ejemplares con frutos (ej. 16 registros en el año 2012). Lo anterior, debido a que los meses con mayor producción de frutos corresponden a diciembre, enero y febrero, luego de los cuales comienza a disminuir fuertemente la producción, según lo que se ha reportado en los informes semestrales del Programa de Seguimiento de Flora y Vegetación de la quebrada de Camar, que se realizan como parte del PdC.

Tabla 6-22. Fenología de los ejemplares de la población de algarrobos en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024

Año	Estado fenológico							
	Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	Desaparecidos		Total	
					Por año	Acumulado	Por año	Muestra
2006	20	49	0	2	0	0	71	71
2007	20	46	0	5	0	0	71	71
2008	17	53	0	1	0	0	71	71
2009	23	48	0	0	0	0	71	71
2010	19	52	0	0	0	0	71	71
2011	22	48	0	1	0	0	71	71
2012	26	28	0	16	1	1	70	71
2013	25	45	0	0	0	1	70	71
2014	24	44	0	0	2	3	68	71

Tabla 6-22. Fenología de los ejemplares de la población de algarrobos en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024

Año	Estado fenológico							
	Senescente	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación	Desaparecidos		Total	
					Por año	Acumulado	Por año	Muestra
2015	25	43	0	0	0	3	68	71
2016	29	34	0	5	0	3	68	71
2017	28	39	0	0	1	4	67	71
2018	30	37	0	0	0	4	67	71
2019	29	29	0	1	8	12	59	71
2020	31	28	0	0	0	12	59	71
2021	31	28	0	0	0	12	59	71
2022	30	29	0	0	0	12	59	71
2023	28	29	0	0	2	14	57	71
2024	27	29	0	0	1	15	56	71
Máximo	31	53	0	16	-	-	-	-
Mínimo	17	28	0	0	-	-	-	-
Promedio	25	39	0	2	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-31. Tendencia del estado fenológico de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024

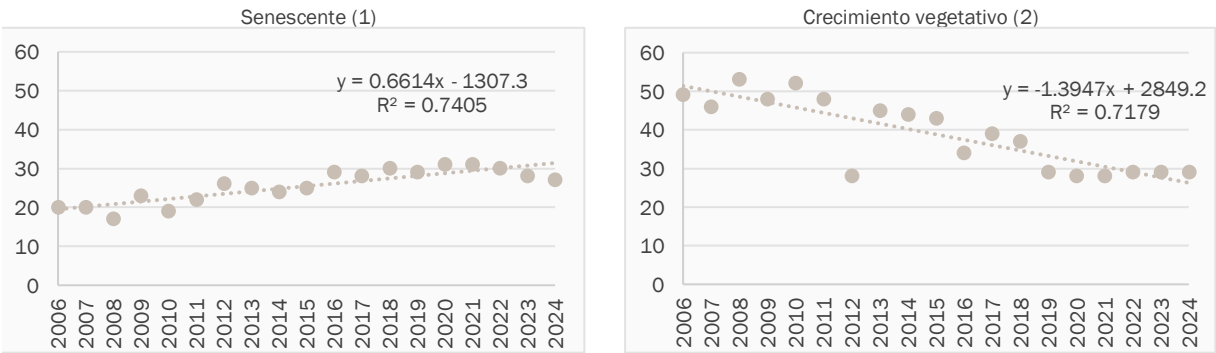
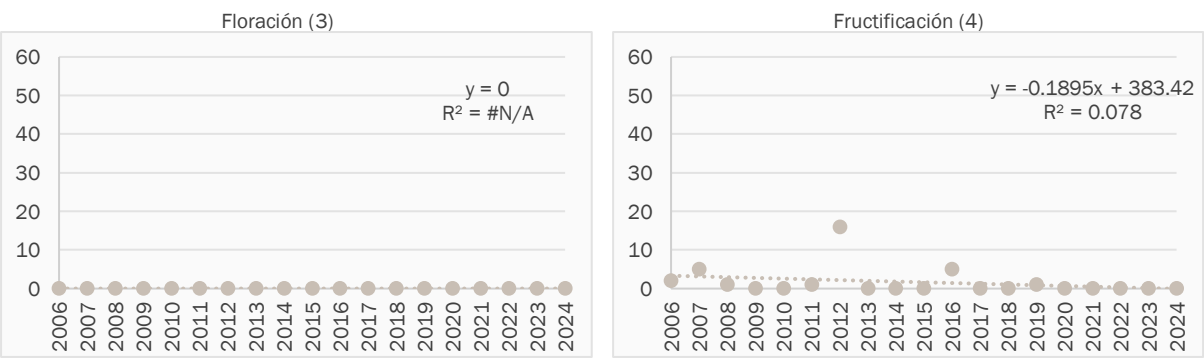


Figura 6-31. Tendencia del estado fenológico de ejemplares de Algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.4.1.4 Daño por agentes externos

Tal como se mencionó en los análisis anteriores, durante el monitoreo del 2024 la cantidad de ejemplares secos disminuyó a 27 (48,21% del total de individuos en pie), debido al desprendimiento de un [1] ejemplar que se encontraba seco. Del resto de individuos que sí presentaron vitalidad (51,79%), solo tres [3] individuos no presentaron daño animal ni antrópico (5,36% del total en pie), y 26 individuos (46,43% del total) evidenciaron tener signos de daño por ramoneo. Cabe mencionar, que los individuos catalogados como desaparecidos no son incluidos dentro de estos análisis.

Respecto a los ocho años analizados (2017 a 2024), se observa que el daño animal predomina en los ejemplares vivos (Tabla 6-23, Figura 6-32), siendo este tipo de daño el que posee mayor incidencia en la vitalidad y follaje verde de la población. Lo anterior debido a que los animales tienden a alimentarse de frutos, hojas y ramillas con poca lignificación, reduciendo la superficie fotosintética del follaje, generando una degradación en la vitalidad de los algarrobos.

Por su parte, el daño antrópico ha sido observado en pocos individuos a través del tiempo, siendo el corte de ramas el más común de visualizar.

Tabla 6-23. Individuos de algarrobos con presencia de daño en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2024

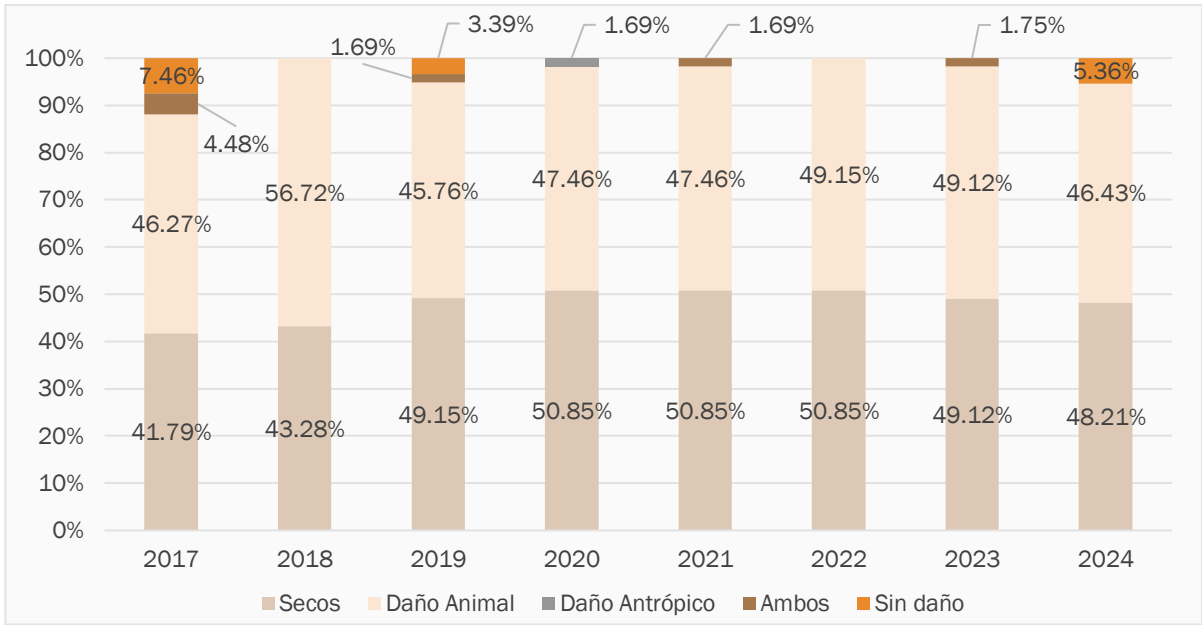
Año	Daño			Sin daño	Secos	Desaparecidos	Total	
	Animal	Antrópico	Ambos				Por año	Muestra
2017	31	0	3	5	28	4	67	71
2018	38	0	0	0	29	4	67	71
2019	27	0	1	2	29	12	59	71
2020	28	1	0	0	30	12	59	71

Tabla 6-23. Individuos de algarrobos con presencia de daño en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2024

Año	Daño			Sin daño	Secos	Desaparecidos	Total	
	Animal	Antrópico	Ambos				Por año	Muestra
2021	28	0	1	0	30	12	59	71
2022	29	0	0	0	30	12	59	71
2023	28	0	1	0	28	14	57	71
2024	26	0	0	3	27	15	56	71

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-32. Proporción (%) del tipo de daño en individuos de algarrobo en el área del pozo Camar 2. Campaña 2017 - 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Fotografía 6-1. Efectos de ramoneo en individuo A-48. Fotografías tomadas en los monitoreos de PSAB en abril 2022 y abril 2024

Árbol 48 (7.410.129N, 598.519E)



Fecha: abril 2022
Vitalidad: Crecimiento normal
Porcentaje copa verde: 75-100%



Fecha: abril 2024
Vitalidad: Crecimiento normal
Porcentaje copa verde: 5 – 25%

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.1.4.1.5 Análisis de la dinámica de los algarrobos

Recientemente las especies nativas y endémicas del género *Prosopis* en Chile, conocidas como algarrobos y tamarugos, han modificado su nomenclatura tradicional propuesta por Burkart (1976) siendo reemplazados por los géneros *Neltuma* y *Strombocarpa*, según estudios actuales de Hughes et al. (2022), presentando la justificación de la desintegración del género *Prosopis* L. Las especies que componen estos géneros se distribuyen principalmente en ambientes áridos y semiáridos de Sudamérica, conformando poblaciones vinculadas históricamente con los habitantes del desierto (Álvarez y Villagra, 2009).

En Chile, *Neltuma alba* se distribuye en el extremo norte, específicamente en las quebradas costeras de la región de Arica y Parinacota (Luebert & Plissock, 2018), en la Pampa del Tamarugal y siguiendo la quebrada del río Loa hasta su desembocadura (Rodríguez et al. 1983; Altamirano & Donoso, 2006; Luebert & Plissock, 2006).

Al igual que la mayoría de las especies de su género, *N. alba* desarrolla un sistema de raíces dimórfico, con una raíz vertical pivotante que profundiza varios metros y una corona de raíces superficiales que se extienden lateralmente y que facilita el acceso al agua ubicada tanto en profundidad como superficial; lo que, además, permite redistribuir el agua dentro del perfil de suelo (Villagra et al., 2010; Villagra et al., 2011; Cisneros & Moglia, 2017).

Si bien se desconoce la profundidad máxima de enraizamiento de esta especie, existen evidencias de que puede llegar a desarrollar raíces superficiales laterales de más de 30 metros que absorberían principalmente agua de lluvia infiltrada en el suelo (Villagra et al., 2010). Además, existen evidencias directas (análisis isotópico) e indirectas que muestran que puede acceder a la napa freática si ésta se encuentra entre los 13 y 17 metros de profundidad (Jobbágy et al., 2008; Villagra et al., 2010).

En el caso de los ejemplares de algarrobo de la quebrada de Camar, éstos aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última en el sector de Camar se ubica a más de 50 m. Dicha afirmación se basa en el estudio isotópico de fuentes de agua y agua xilemática de algarrobo realizado por el CRICYT (2018), al verificar que los algarrobos de Camar estarían consumiendo principalmente agua de horizontes subsuperficiales del suelo, considerando que el agua xilemática de los ejemplares medidos presenta firmas isotópicas distintas a la del agua subterránea y al agua superficial.

Por lo anteriormente indicado, es que se analiza la relación de la vitalidad con dos factores que afectan directamente el balance hídrico en la Quebrada de Camar: Las precipitaciones y las temperaturas medias de los meses cálidos en los últimos años en el Salar de Atacama.

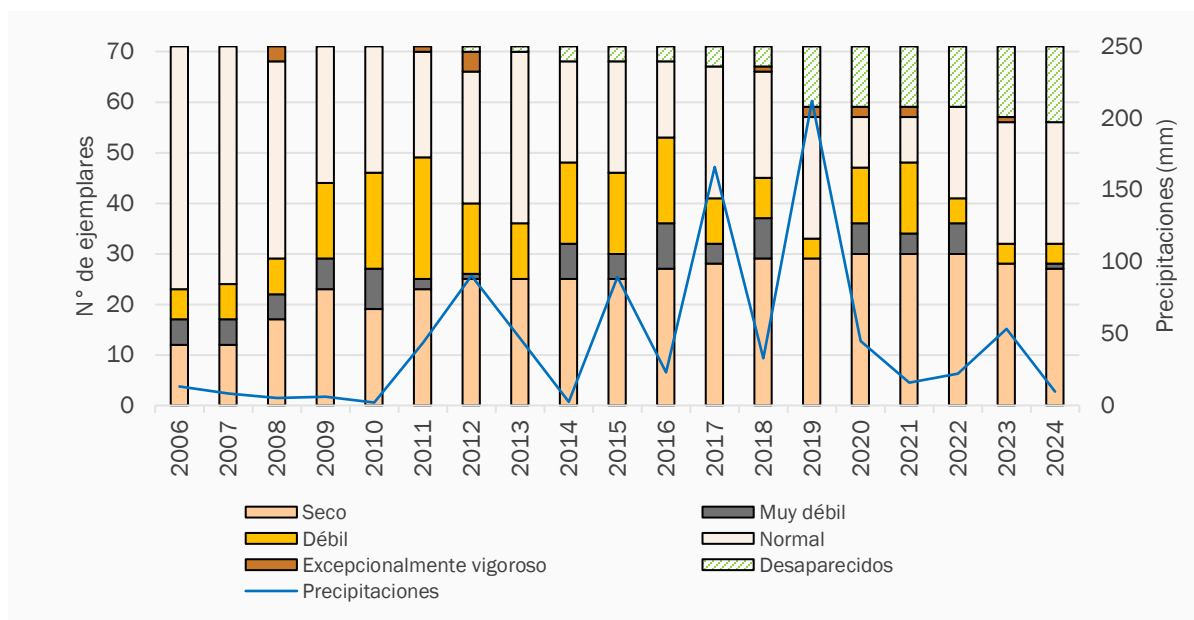
- Régimen de precipitaciones

Tal como se indicó previamente, los algarrobos objeto de monitoreo se ubican en el cono aluvial de la quebrada de Camar. Estos se originaron posiblemente mediante el depósito de semillas provenientes del sector alto de la quebrada y cuyo principal aporte hídrico proviene de las escorrentías esporádicas que se producen como consecuencia de las lluvias estivales altoandinas, las que se infiltran por los horizontes superficiales arenosos hasta el horizonte arcilloso (CRICYT, 2018).

Como se observa en la Figura 6-33, la precipitación anual en el sector de la quebrada ha presentado gran variabilidad a lo largo del periodo de monitoreo (2006 – 2024), con un promedio de $46,66 \pm 57,26$ mm. En efecto, durante los primeros 5 años de monitoreo (2006 – 2010) se presentó un periodo de sequía, con montos de precipitaciones muy escasos (<15 mm anuales) y llegando a valores mínimos de tan sólo 2 mm de precipitación durante el año 2010. Durante este periodo se observa un aumento paulatino en la cantidad de individuos secos y con vitalidad Débil, en desmedro del número de ejemplares con Crecimiento normal (48 ejemplares en 2006 vs 25 ejemplares en 2010).

Luego, entre los años 2011 y 2019, se observa una tendencia alcista de la precipitación, pero con oscilaciones interanuales importantes. A partir del año 2020, se ha observado una disminución en el monto de las precipitaciones. A pesar de lo anterior, el número de ejemplares con Crecimiento normal y Excepcionalmente vigorosos no ha aumentado ni se ha estabilizado, a diferencia de la cantidad de ejemplares secos que sí ha evidenciado cierta estabilización a partir del año 2019.

Figura 6-33. Precipitación anual acumulada vs número de ejemplares de algarrobo por categoría de vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2024



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados desde DGA – Estación Camar (2006 – 2020) y Red Agrometeorológica de INIA – Estación Camar (2021 – 2024).

Por otra parte, Hidroestudios (2020), a partir de imágenes satelitales, identificó una modificación de la red de drenaje en la quebrada de Camar, la cual generó una reactivación de un(os) cauce(s) en el lóbulo sur del abanico y un progresivo abandono del sistema de cauces en el sector norte y centro de la población de algarrobos (Figura 6-34). Es así como, previo al año 2008, el escurrimiento desbordaba principalmente hacia el norte. Posteriormente, producto de un desborde del cauce principal producido 1.200 metros aguas arriba del pozo Camar-2, el escurrimiento se dirige con mayor flujo hacia el sur.

Figura 6-34. Modificación de los escurrimientos superficiales en el sector de Camar

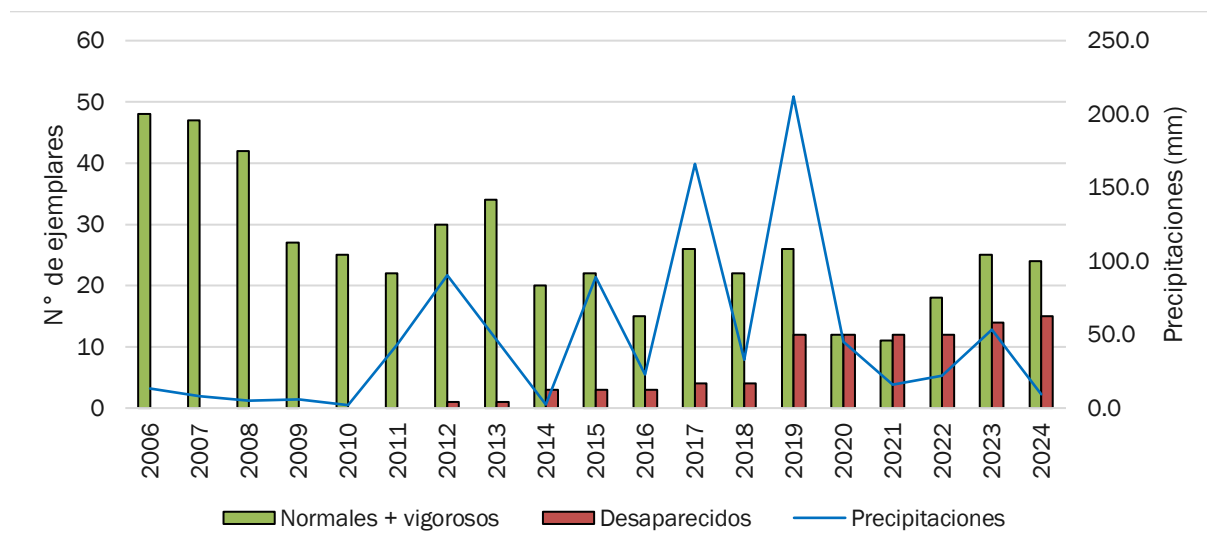


Fuente: Hidroestudios, 2020.

Esta modificación de cauces sería una de las causas principales del detrimento de la vitalidad y la disminución del porcentaje de copa viva en los algarrobos ubicados en el sector norte durante los primeros años de monitoreo, debido a la disminución del aporte hídrico relacionado a escurrimientos superficiales y subsuperficiales en esa zona. En particular, se observa que los individuos secos comienzan a aumentar por primera vez en 2008 (Figura 6-33), coincidente con el año en que se observa la modificación de cauces.

Por otra parte, los aluviones producto de precipitaciones han sido una de las causas del descepaado y posterior desaparición de algunos de los ejemplares de algarrobos. En efecto, a lo largo del monitoreo se han visualizado ejemplares de algarrobo enterrados y/o desprendidos del suelo por efecto de la activa dinámica aluvial en el sector, asociada a las intensas precipitaciones estivales que han ocurrido especialmente en los años 2012, 2015, 2017 y 2019. El fenómeno de mayor incidencia se produjo en 2019, donde precipitaron 212 mm (de acuerdo con lo reportado en la estación Camar de la DGA) provocando un evento aluvial de gran volumen, el cual provocó el desprendimiento de ocho ejemplares (Figura 6-35). Durante los años siguientes, el monto de las precipitaciones fue disminuyendo, presentando un leve aumento en las lluvias estivales recién pasadas (verano 2023; 53,3 mm en comparación a 15,8 mm en 2021 y 22,0 mm en 2022). Entre los años 2020 y 2022 no se registraron nuevos individuos desprendidos, mientras que en 2023 se reportan dos nuevos individuos desaparecidos que se encontraban secos desde 2006 y 2008.

Figura 6-35. Número de ejemplares en la categoría Crecimiento normal y Excepcionalmente vigoroso, desaparecidos por año de monitoreo y su relación con las precipitaciones en la zona



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados desde DGA – Estación Camar (2006 – 2020) y Red Agrometeorológica de INIA – Estación Camar (2021 – 2024).

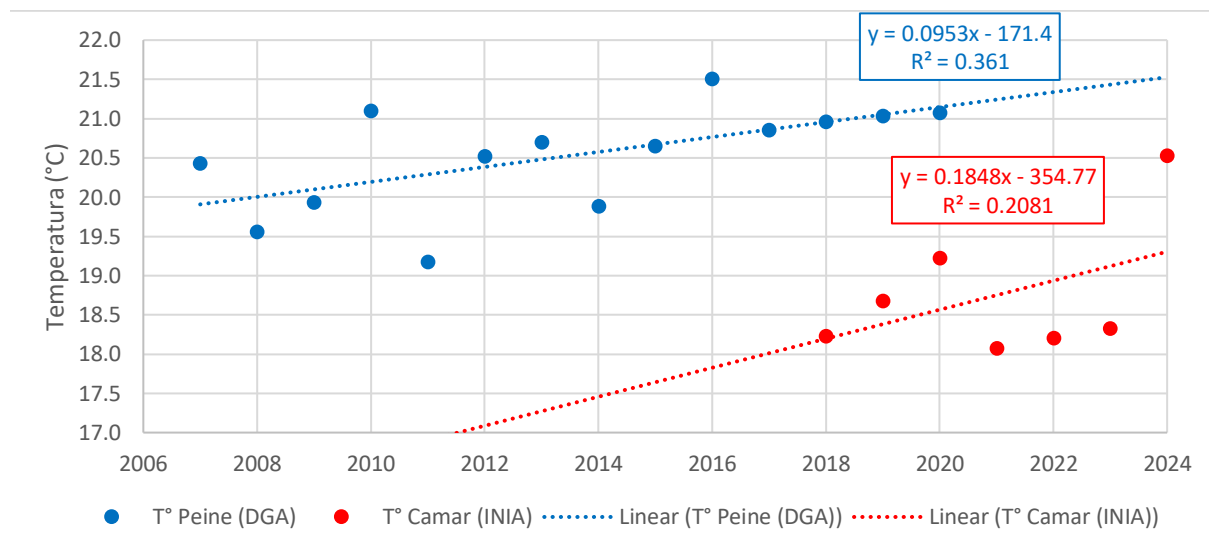
Cabe mencionar, que no sólo los eventos aluviales han sido responsables del desprendimiento de ejemplares catalogados como desaparecidos. Por ejemplo, en el año 2014 las precipitaciones fueron muy escasas (2,4 mm), pero sí se presentaron dos nuevos individuos desaparecidos, de los cuales no se tienen antecedentes de su causalidad.

- Cambios en la temperatura media de los meses cálidos

La temperatura se considera un factor que, junto a otros mencionados anteriormente, influiría en la vitalidad de las plantas que habitan el Borde Este del Salar de Atacama, incluida la población de algarrobos de la quebrada de Camar.

Utilizando como referencia las estaciones meteorológicas ubicadas en Peine de la DGA (2007 – 2020), se observa que la temperatura media de los meses cálidos (diciembre a marzo) ha evidenciado una leve tendencia al aumento desde 2007 hasta el 2020 (Figura 6-36), con un promedio de $20,53 \pm 0,66$ °C. Sin embargo, luego del 2020 no se tienen registros de temperatura para la Estación Peine de la DGA, por lo que, desde el 2021, se muestran los datos de la Estación Camar de Red Meteorológica del INIA, cuyos registros comienzan desde el año 2018. Lo anterior, dificulta el establecimiento de tendencias con respecto a la evolución de la temperatura con el paso de los años debido al bajo número de registros ($N = 7$). Si bien, en el gráfico de la Figura 6-36, se observa una línea de tendencia que aumenta, esta relación no es estadísticamente significativa al tener un bajo valor del coeficiente de correlación ($R^2 = 0,2081$).

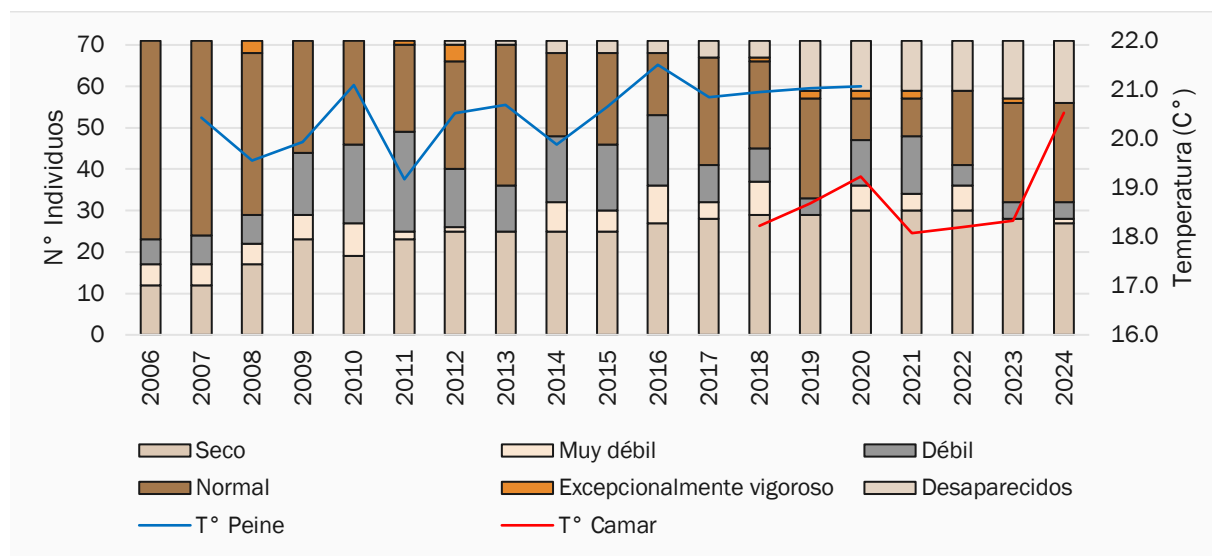
Figura 6-36. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) en las estaciones Peine – DGA (azul) y Camar – INIA (rojo)



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados desde DGA – Estación Peine (2007 – 2020) y Red Agrometeorológica de INIA – Estación Camar (2018 – 2024).

Con respecto al efecto que podría tener la temperatura sobre la población de algarrobos de la quebrada de Camar, en la Figura 6-37 se gráfica el número de ejemplares pertenecientes a cada categoría de vitalidad a lo largo del periodo de monitoreo (2006 – 2024) y la temperatura media del aire de los meses cálidos. De ella, se observa que en años con una mayor temperatura del aire se ha observado una mayor cantidad de ejemplares dentro de la categoría de vitalidad Débil (años 2010 y 2016).

Figura 6-37. Temperatura media de los meses de verano (diciembre – marzo) y número de ejemplares de algarrobos según vitalidad en el área del pozo Camar 2. Campañas 2006 - 2024

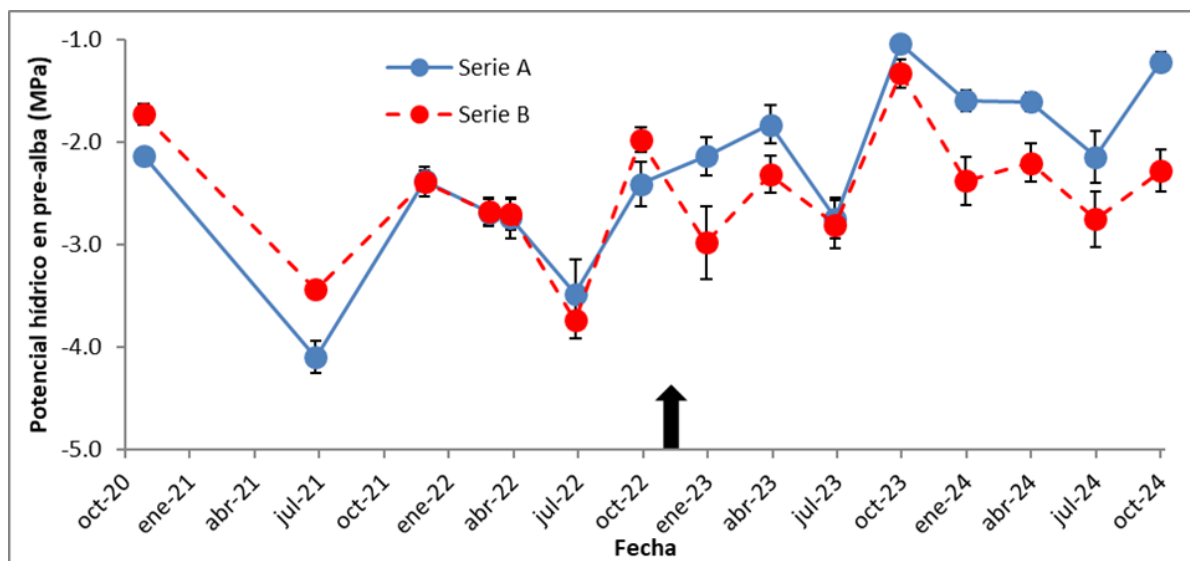


Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados desde DGA – Estación Peine (2007 – 2020) y Red Agrometeorológica de INIA – Estación Camar (2018 – 2024).

6.1.4.2 Fisiología de algarrobos

En la Figura 6-38 se observa la evolución en el tiempo (desde octubre de 2020 a octubre de 2024) del potencial hídrico en pre-alba en los árboles de la serie A y B. En los meses de julio (2021 y 2022) se observan los valores más bajos de potencial (inferiores a -3,0 MPa), tanto en la serie A como en la serie B. Por otro lado, antes de la aplicación de riego (diciembre 2022) la serie B tuvo valores superiores o similares a los de la serie A, lo que se da por el mejor estado hídrico de los árboles B11, B17, B20 y B21. Estos árboles se encuentran distribuidos cercanos a la ruta CH-23, donde los árboles B20 y B21 reciben diariamente agua liberada desde el poblado de Camar, lo que ha sido observado desde el inicio de las mediciones en 2020. Pese a ello, al iniciar el riego, la serie A alcanza valores superiores a los de la serie B en enero, abril y octubre de 2023. En la campaña de octubre 2023, se alcanzaron los valores más altos de todo el seguimiento, tanto en la serie A como en la serie B. Mientras en 2024 la serie A mantuvo valores superiores a los de la serie B, alcanzando en octubre 2024 el segundo valor más alto de la serie A, después del registrado en octubre 2023.

Figura 6-38. Variación histórica del potencial hídrico en pre-alba para árboles de las series A y B *

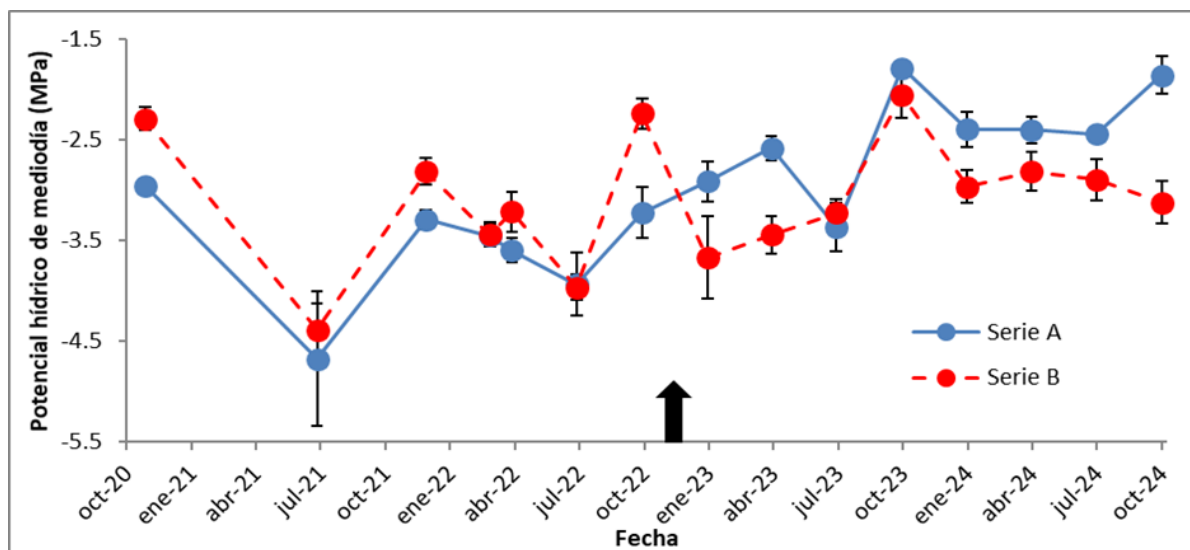


*Las barras verticales representan el error estándar de la media. La flecha representa el inicio de la aplicación de riego en los árboles de la serie A.

Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la Quebrada de Camar, Anexo 13.

La Figura 6-39 se observa la evolución en el tiempo del potencial hídrico de mediodía en los árboles de la serie A y B. Al igual que en el potencial hídrico en pre-alba, se aprecia que en los meses de julio (2021 y 2022) se presentaron valores más bajos de potencial de cada año (en 2021 alcanzan valores inferiores a los -4,0 MPa), tanto para la serie A como para la serie B. Por otro lado, antes de la aplicación de riego la serie B alcanzó una media superior a la de la serie A, mientras que, en las campañas de enero y abril de 2023, con la aplicación del riego en la serie A, esta alcanza valores superiores a los de la serie B. En la campaña de octubre de 2023, la serie A alcanza el valor de potencial hídrico de mediodía más alto de todo el seguimiento (-1,78 MPa). El comportamiento del potencial hídrico a medio día en 2024 es similar al comportamiento del potencial hídrico pre-alba, donde, la serie A mantuvo valores superiores a los de la serie B, alcanzando en octubre 2024 el segundo valor más alto de la serie A, después del registrado en octubre 2023.

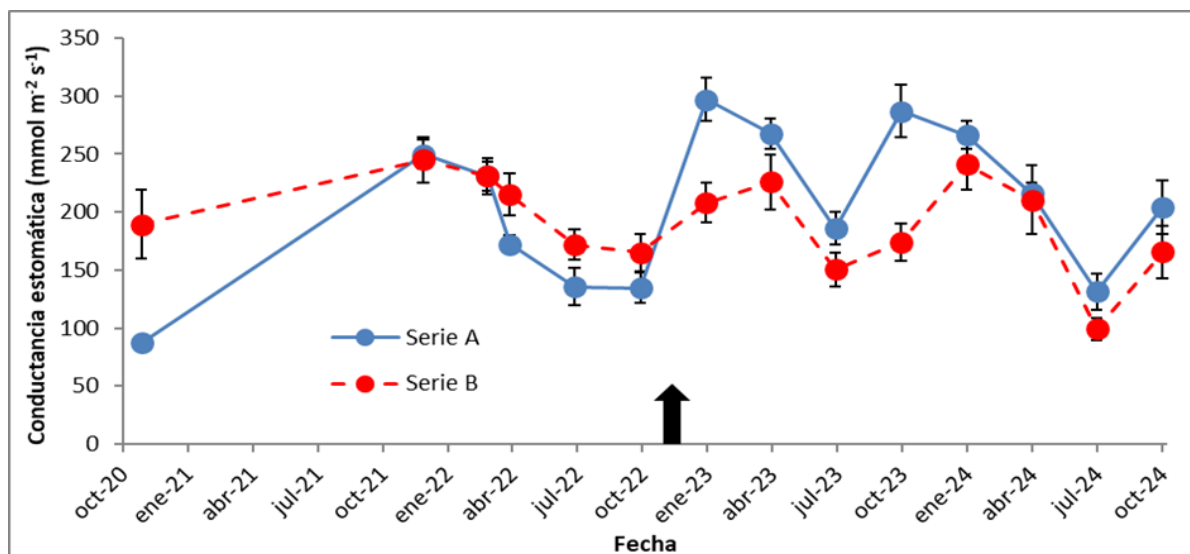
Figura 6-39. Variación histórica del potencial hídrico de mediodía para árboles de las series A y B



Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la Quebrada de Camar, Anexo 13.

Al analizar la variación histórica en la conductancia estomática en los árboles de la serie A y B (Figura 6-40), se aprecia que antes de la aplicación de riego, la serie B alcanzó valores superiores o similares a los de la serie A (hasta 2022), mientras que, en las últimas ocho [8] campañas, con la aplicación del riego en la serie A, esta alcanza valores superiores a los de la serie B. En esta campaña de octubre se observaron valores más altos de conductancia estomática respecto de la campaña realizada en invierno de este año.

Figura 6-40. Variación histórica de la conductancia estomática para árboles de las series A y B



Fuente: Informe de estado hídrico en algarrobo de la Quebrada de Camar, Anexo 13.

En general, al analizar la dinámica temporal de las variables medidas, se observa un patrón similar en el potencial hídrico en pre-alba y mediodía, donde los valores obtenidos en los meses de julio son los más bajos

de cada año, tanto para la serie A como para la serie B, salvo en julio 2023, donde el valor de la serie B fue levemente más bajo en enero que en julio y en 2024, donde los valores de potencial hídrico a medio día fueron menores en octubre y enero. Este cambio temporal de potenciales coincide con lo evaluado en *Strombocarpa tamarugo*, donde se observa un patrón de menor potencial hídrico de pre-alba en la época de invierno, y un mayor valor en la época estival (SAP, 2021). Por otro lado, se observa un efecto de la aplicación del riego, ya que previo a esta aplicación, los valores de potencial hídrico y conductancia estomática de la serie B eran superiores o similares a los de la serie A. Posteriormente, iniciado el riego en los árboles de la serie A, estos alcanzaron valores superiores a la serie B en las tres variables medidas.

Con respecto a los algarrobos ubicados aguas arriba y aguas debajo de la tubería que atraviesa la quebrada, no se observó diferencias significativas entre estos grupos en la campaña de julio en cuanto a potencial hídrico a pre-alba y medio día, sin embargo, si se encontraron diferencias significativas en los valores de conductancia estomática ($p=0,0402$), encontrando una media de Ψ_{pa} , Ψ_{md} y g_s de: -2,49 MPa, -2,7 MPa y 109,2 mmol m⁻²s⁻¹, respectivamente. Esto, posiblemente debido al receso invernal de estos árboles (MMA, 2012a; MMA, 2012b), los cuales en esta época del año presentan una disminución de la cobertura, mayor senescencia de hojas y disminución de la producción de ramillas nuevas. Por otra parte, en octubre, tampoco se observaron diferencias, con los valores más bajos en los árboles ubicados aguas arriba (-1,65 MPa, -2,39 MPa y 193,8 mmol m⁻²s⁻¹). Cabe mencionar que los datos de potencial hídrico de los árboles aguas abajo, provienen solo de dos individuos, lo que limita la comparación y la obtención de conclusiones robustas del análisis.

6.1.4.3 Biomasa de algarrobos

Los resultados del estudio de estimación de biomasa en individuos de algarrobos en el segundo semestre de 2024 presentan los mismos patrones a los obtenidos el primer semestre. Respecto a la biomasa aérea, las mediciones dan cuenta que se trata en su mayoría de árboles con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales. En la campaña de julio de 2024, una gran proporción de los individuos censados (84,70% del total) presentó algún nivel de vitalidad en sus fustes y sólo el 15,30% de estos (29 individuos) se registró seco. En la campaña de octubre de 2024 la situación se invierte, el 43,0% de los individuos censados presenta algún nivel de vitalidad en sus fustes y un 57,0% de estos (111 individuos) se registró seco.

Respecto a las clases diamétricas, se mantiene el mismo patrón del primer semestre, con la mayor parte de los individuos en clases pequeñas y una menor porción en clases grandes. En julio de 2024, el 77,8% de los algarrobos se concentran en las clases diamétricas de menor tamaño (< 5 cm), presentando alturas medias que no superan los 50 cm. En contraste, los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) sólo representa el 9,5% y pueden alcanzar hasta los 6,6 m de altura. Por su parte, en la campaña de octubre de 2024, el 80,50% de los algarrobos se presentó clases diamétricas de menor tamaño (< 5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm, mientras que, los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) sólo representan el 9,20% y pueden alcanzar hasta los 7 m de altura. Los resultados de las mediciones diamétricas en el segundo semestre indican que la estructura de la población se concentraría en individuos jóvenes o de poco desarrollo y con una alta capacidad de retoñación, estructura que se ha mantenido constante en el periodo analizado.

Los valores de biomasa aérea en ambas campañas (julio y octubre de 2024) se encuentran entre los rangos reportados por otros autores para *P. pallida* (Padrón y Navarro 2004); *P. juniflora* (Birhane et al., 2017). Los

valores de biomasa de los individuos de menor tamaño (<2,5 cm Dbe) se encuentran cercanos a lo reportado por Felker *et al.*, (1989) para *N. alba* y por Aronson *et al.*, (2002) para *N. alba* y *N. chilensis*. Sin embargo, los valores de ambos estudios provienen de plantaciones de estas especies. Es importante señalar, que los valores de biomasa constituyen una aproximación a los valores reales de biomasa. Esto debido a que proviene de valores promedios de distintas funciones disponibles en la bibliografía estadísticamente seleccionadas, y no de un muestreo destructivo particular para la construcción de funciones locales de biomasa para la población en estudio. La distribución porcentual de la biomasa aérea leñosa de los individuos (11,5% corresponde al fuste, 85,6% a ramas y 2,8% a hojas en julio, en octubre un 13,4% corresponde al fuste, 83,5% a ramas y 3,1% a hojas) se encuentran entre lo reportado para el género *Prosopis* (Aronson, *et al.*, 2002; Padrón y Navarro 2004, Khan, *et al.*, 2011).

6.2 Fauna

En el Anexo 17 se presenta el catastro de especies con la composición de fauna en el área de estudio, registrada en las campañas realizadas a lo largo de los 19 años de monitoreo. Entre estas se incluyen la campaña de Línea Base, realizada el año 2006, una campaña en etapa preoperacional efectuada el año 2007, y diecisiete campañas de monitoreo en etapa operacional, realizadas desde el año 2008 hasta el 2024. De acuerdo con las prospecciones de terreno efectuadas desde abril de 2006 hasta la campaña realizada en 2024, el listado de fauna silvestre del Borde Este del Salar de Atacama está compuesto por un total de 73 especies. Estas corresponden a un [1] anfibio, tres [3] reptiles, 60 aves (20 Passeriformes y 40 no Passeriformes) y nueve [9] mamíferos. Durante la campaña de abril 2023 y 2024, se incorporó en el listado a *Rhopospina fruticeti* (yal), especie no registrada en años anteriores.

Se debe mencionar que, a partir de la revisión de los antecedentes de la literatura, así como a la revisión del registro correspondiente a la especie *Liolaemus paulinae* cf., se descartó definitivamente su presencia en el Borde Este del Salar³⁰. De esta forma, no hay un incremento neto en la riqueza de la clase reptiles.

De las 73 especies descritas en el catastro del PSA, todas corresponden a especies nativas, de las cuales una es endémica del territorio nacional, perteneciendo exclusivamente a la clase Reptilia. En términos de sus categorías de conservación, 23 especies se encuentran clasificadas según el Reglamento de Clasificación de Especies, aumentando respecto al año anterior debido a la incorporación de *Phalaropus tricolor* (pollito de mar tricolor) a la clasificación Preocupación Menor (LC) en el proceso N° 19, de enero 2024 D.S N° 2/2024.

Como se mencionó anteriormente, durante el periodo 2020 no se obtuvo acceso al sector Cruce Camar (hábitats de Brea-Cachiyuyo, Pajonal y marginal salar), Aguas de Quelana (ambientes de pajonal y marginal salar), y sector de Peine (laguna Interna), en el ambiente de Salar, tal como fue justificado e indicado en el

³⁰ Las especies *Liolaemus puna* y *Liolaemus paulinae* son confundidas debido a similitudes en su morfología y en la coloración, diferenciándose solo por su rango de distribución geográfica: *L. paulinae* se encuentra principalmente en los alrededores del Río Loa (Donoso-Barros, 1961; Pincheira-Donoso & Nuñez, 2005; Demangel, 2016; Mella, 2017), mientras que *L. puna* se encuentra descrita para las regiones de Tarapacá y Antofagasta, donde habita en ambientes arbustivos en las inmediaciones de San Pedro de Atacama, entre otras. Por lo anterior, el registro de *L. paulinae* se modifica, estableciendo el ejemplar como *Liolaemus puna*, con lo cual se establece la presencia de solo tres especies de reptiles en el área de estudio (Borde Este del Salar de Atacama).

Informe Anual PSAB N° 14 (periodo de reporte 2020³¹). Como consecuencia, los resultados evidencian una baja abundancia para ese periodo, producto del muestreo incompleto. Durante los años posteriores, el monitoreo se desarrolló con normalidad a excepción de la presente campaña, donde se realizaron metodologías en el mes de julio (invierno 2024) en el sistema Peine, por lo que la abundancia y composición de especies del sector puede estar influenciada por la estacionalidad, disminuyendo el número de individuos avistados, y no encontrando especies migratorias que, para la fecha, es poco probable que se encuentren presentes en el sector.

6.2.1 Abundancia de reptiles

Con relación a los resultados obtenidos durante las distintas campañas de monitoreo, se aprecia un incremento en la abundancia de reptiles para la campaña 2024 respecto al año anterior, pese a mantener valores bajo el promedio para el total de individuos detectados en el área de estudio durante los años 2006-2024 (Tabla 6-24). Al comparar estos valores con los últimos dieciocho años de monitoreo (2006 -2023), corresponde a la sexta abundancia más baja después de 2009, 2010, 2020, y 2023, e igualando a la abundancia de la campaña 2006 (Figura 6-41). Sin embargo, es un valor que se encuentra por sobre los valores mínimos registrados durante todos los años de monitoreo (2006 - 2024). En la presente campaña, las tres [3] especies obtuvieron valores inferiores al promedio registrado históricamente, donde *L. fabiani* y *L. constanzae* tuvieron un valor de cuatro [4] y tres [3] individuos por transecto respectivamente, mientras que *L. puna* obtuvo una abundancia de 0,33 individuos/transecto (Figura 6-41).

Tabla 6-24. Abundancia promedio de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.

Sector	Hábitat			
	<i>Liolaemus constanzae</i>	<i>Liolaemus fabiani</i>	<i>Liolaemus puna</i> *	Total
2006	1,67	5,66	0	7,33
2007	5,00	5,66	0	10,66
2008	1,67	6,99	0	8,66
2009	3,00	2,66	0	5,66
2010	2,99	0,33	0	3,32
2011	7,67	7,66	0	15,33
2012	5,34	8,67	0	14,01
2013	8,99	8,99	0	17,98
2014	5,33	6,00	0	11,33
2015	14,34	11,67	2,33	28,34

³¹ Entrada en vigencia del protocolo de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, aprobado por la Resolución N° 64/2020 (ver Anexo 2).

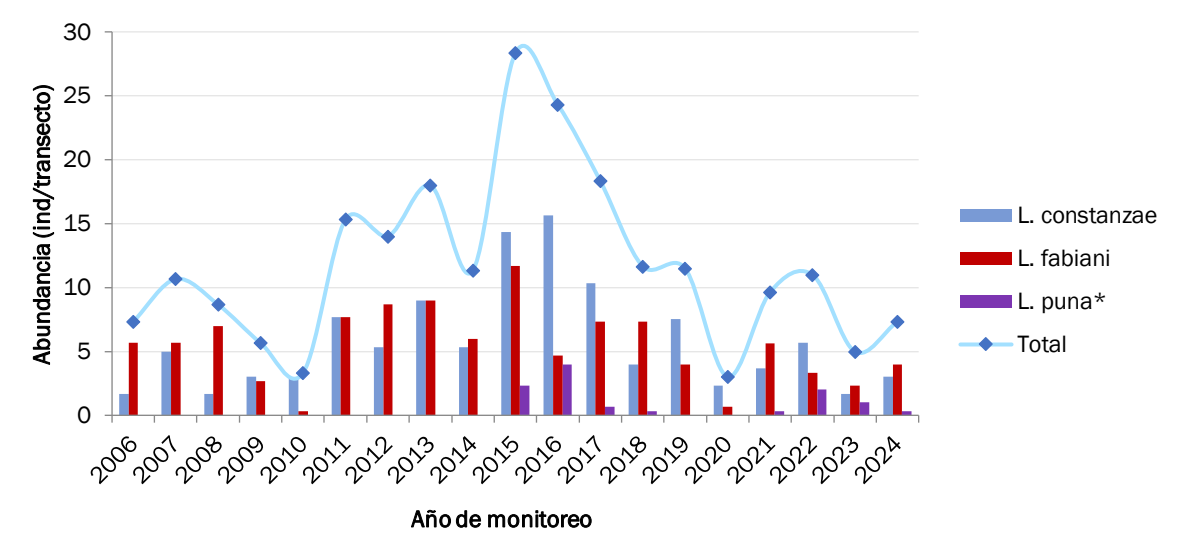
Tabla 6-24. Abundancia promedio de reptiles en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.

Sector	Hábitat			
	<i>Liolaemus constanzae</i>	<i>Liolaemus fabiani</i>	<i>Liolaemus puna</i> *	Total
2016	15,66	4,66	3,99	24,31
2017	10,34	7,33	0,67	18,34
2018	3,99	7,34	0,33	11,66
2019	7,53	3,96	0	11,49
2020	2,34	0,67	0	3,01
2021	3,65	5,65	00,33	9,63
2022	5,66	3,33	2,00	10,99
2023	1,65	2,33	1	4,98
2024	3	4	0,33	7,33
Abundancia promedio	5,78	5,45	0,58	11,81

* Se descarta presencia de *L. cf. paulinae* (2015), clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-41. Abundancia de reptiles en el área de estudio. Campañas 2006 - 2024



(*) Se descarta la presencia de *L. cf. Paulinae*, clasificando el ejemplar como morfotipo de *L. puna*.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En términos generales, las especies más abundantes durante las campañas de monitoreo realizadas desde el 2006 corresponden a *L. constanzae* y *L. fabiani*, con una abundancia promedio de 5,78 y 5,45 individuos

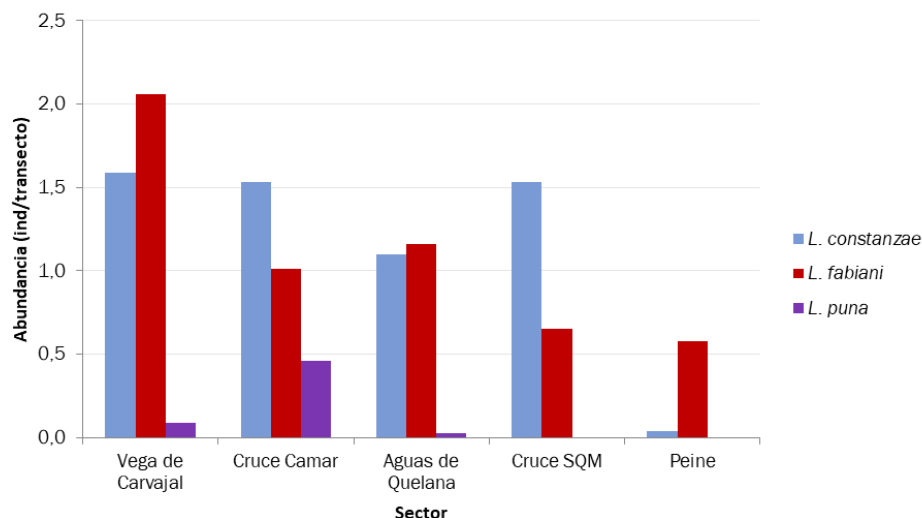
por transecto, respectivamente (Tabla 6-24). Ambas especies han sido registradas durante los distintos años de monitoreo, encontrándose presentes en los cinco sectores de estudio (Figura 6-42). Con respecto a la abundancia promedio de reptiles por hábitat, se puede detectar una diferenciación importante en la preferencia de hábitat de ambas especies. Por un lado, *L. constanzae* es la especie dominante en los hábitats de Rica rica - Pingo pingo y de Brea y Cachiyuyo (i.e. sectores más alejados de ambientes salinos y lacustres), mientras que *L. fabiani* predomina en el ambiente marginal salar y salar. Por su parte, en el ambiente Pajonal ambas especies se encuentran en simpatría, siendo más abundante *L. fabiani* (Figura 6-43).

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, y evitar la competencia entre ellos (Pérez-García y Paz-Quevedo, 2021). Este es el caso de *L. fabiani*, que habita en costras y suelos más salinos del Salar de Atacama, en cambio, *L. constanzae* habita en ambientes con vegetación, de suelos pedregosos o arenosos, siendo especialmente abundante en el ambiente de Rica rica – Pingo pingo.

Por su parte, *L. puna* ha sido registrada desde el año 2015 en adelante (exceptuando los años 2019 y 2020), principalmente en el ambiente de Brea – Cachiyuyo, siendo detectada también en los ambientes de marginal salar, pajonal. En la presente campaña, esta especie también fue registrada en el ambiente Rica rica – Pingo pingo. Los únicos sectores donde no se ha registrado su presencia corresponde a Cruce SQM y Peine (Figura 6-42), siendo en términos generales, la especie menos abundante con un promedio de 0,58 ind/transecto (Tabla 6-24).

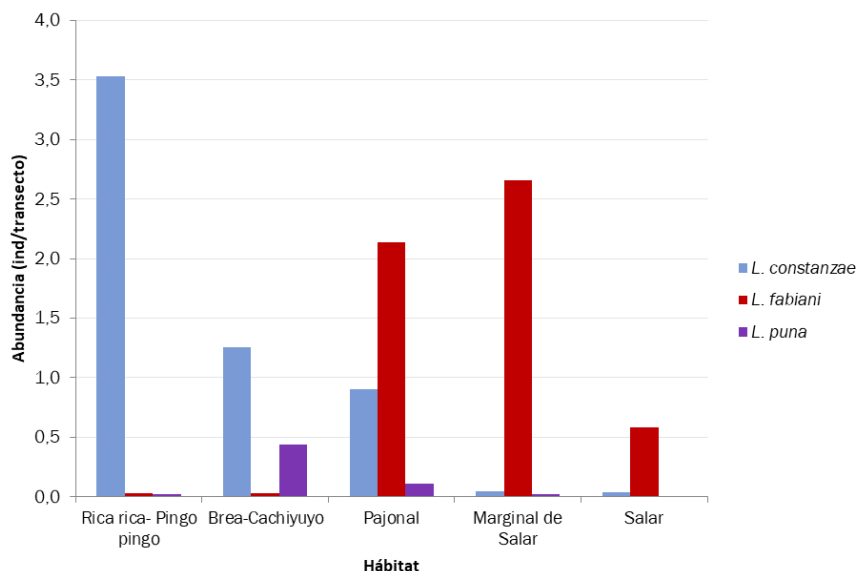
En cuanto a la distribución y abundancia de las tres especies de reptiles en los diferentes ambientes, en la presente campaña se detectaron patrones similares a lo observado históricamente, manteniéndose un predominio de *L. fabiani* en los ambientes de pajonal, marginal salar y salar, seguido de *L. constanzae* en los ambientes con presencia de matorrales (Rica rica – Pingo pingo, Brea – Cachiyuyo y pajonal) y *L. puna* siendo avistada en todos los ambientes a excepción de salar.

Figura 6-42. Abundancia promedio de reptiles por sector de estudio. Campañas 2006 – 2024.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-43. Abundancia promedio de reptiles por hábitat en el área de estudio. Campañas 2006 - 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.2.2 Abundancia de aves terrestres

Durante el periodo de monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental (PSA 2006-2024), en el Borde Este del Salar de Atacama, las aves terrestres se han caracterizado por exhibir bajas abundancias, independiente de la cobertura y composición de la vegetación predominante en los distintos hábitats (Anexo 17). En la campaña

correspondiente al monitoreo de abril/julio de 2024, se registraron seis [6] especies de aves asociadas a transectos en ambientes terrestres. La abundancia fue baja, existiendo concordancia con los registros históricos (un promedio de 0,28 individuos por transecto). Considerando las distintas campañas del PSA, se pueden observar fluctuaciones en el tiempo en cuanto al registro de las distintas especies, detectándose en algunos casos especies en forma intermitente e incluso periodos sin avistamientos (Tabla 6-25). De las 52 especies de aves registradas en ambientes terrestres (incluyendo a especies registradas fuera de transectos, como registros circunstanciales), 35 fueron catastradas mediante la metodología de transectos y son consideradas para el cálculo de abundancia. De estas, 13 tienen registros en solo uno de los dieciocho años de seguimiento. En contraparte, tres [3] especies (*Charadrius alticola*, *Geranoaetus polyosoma* y *Anthus corren-dera*) mostraron el mayor grado de presencia, siendo detectadas en diez [10], nueve [9] y nueve [9] de los dieciocho años de monitoreo, respectivamente.

En cuanto al número de especies identificadas anualmente a lo largo del PSA, este parámetro ha fluctuado entre 0 y 12 especies, con un promedio de 6,11 especies por año (mediante la metodología de transectos). Durante la campaña de 2024 se detectaron seis [6] especies, por lo que se encuentra dentro del promedio. Los años con menor número de especies registradas mediante esta metodología corresponden al 2008, donde solo fueron avistadas fuera de transecto, no siendo posible calcular su abundancia; y el 2017 con un registro de solo tres [3] especies. Por otra parte, los mayores registros fueron obtenidos en los años 2016, 2013 y 2019, con 12, 11 y 11 especies respectivamente (Tabla 6-25).

Tabla 6-25. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.

Especies observadas	Abundancia (**)																			Promedio (***)
	2006	2007	2008*	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
<i>Agriornis micropterus</i>	0	0	0	1,00	0,67	0,33	0	0,67	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0,66	0,33	0,23
<i>Agriornis montanus</i>	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	2,33	0	0	0	0,33	0	0,67	0	0	0,21
<i>Anthus correndera</i>	1,33	0,33	0	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0	0,33	1,67	0	0	2,00	0	0,33	0	0	0	0,38
<i>Athene cunicularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	1,00	0	0	0	0	0	0,07
<i>Bartramia longicauda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,02
<i>Bubulcus ibis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Calidris bairdii</i>	0	0	0	0	0	0	3,00	2,34	6,67	0	0,66	0,67	0,66	0	0	0	0	0	0,67	0,77
<i>Charadrius alticola</i>	0	0	0	0	0	0	4,00	3,67	5,67	2,00	4,01	2,00	0,33	0	0	1,00	0	1,67	3,33	1,46
<i>Circus cinereus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0,03
<i>Falco peregrinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0,02
<i>Geositta punensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	0	0	0	0	0,33	0	0	0,33	0,33	0,33	0	0	0	0	0,66	0,99	1,00	1,00	1	0,31
<i>Hirundo rustica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,33	0	0	0,03
<i>Leistes supercilii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	0	0,33	0	0	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
<i>Lessonia oreas</i>	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0,03
<i>Metriopelia aymara</i>	0	0	0	0,33	0	0	0	0,67	10,67	0	8,67	0	1,00	0,50	0	0	0	0	0	1,15
<i>Metriopelia melanoptera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,50	0,67	0	0	0	0	0,17
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	1,00	0	0	0	0	0,10

Tabla 6-25. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.

Especies observadas	Abundancia (**)																			Promedio (***)
	2006	2007	2008*	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
<i>Muscisaxicola frontalis</i>	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	0	0,33	0	0,67	0,66	1,66	0	0,33	0,66	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28
<i>Oreopholus ruficollis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,67	0	0	0	0	0	0,14
<i>Parabuteo unicinctus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0,02
<i>Phalaropus tricolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,70
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0,33	0	1,00	0	0,66	0,14
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1,33	5,00	0,66	5,66	1,33	0	5,00	0	0,33	0	1,33	0	1,09
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,33	0	14,00	4,00	0	0	0	0	0	1,12
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,67	0	0,07
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,07
<i>Recurvirostra andina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Rhoposopina fruticeti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	2	0,12
<i>Thinocorus rumicivorus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Upucerthia dumetaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Zonotrichia capensis</i>	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	3,50	0	0	0	0	0	0,22
Número de especies	4	5	0	4	4	4	3	11	10	9	12	3	5	10	8	6	5	7	6	
Abundancia acumulada	2,32	1,65	0	2,33	2,32	2,65	7,33	11	30,65	6,31	40,98	4	16,32	22	3,65	3,31	3,33	5,99	7,99	9,67

(*) Año 2008 sin registros de aves dentro de los transectos, solo registros circunstanciales.

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

(***) El cálculo del promedio se realizó considerando todos los años evaluados, incluyendo aquellos en los que no se observaron ejemplares

Tabla 6-25. Abundancia total de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama. Campañas 2006 – 2024.

Especies observadas	Abundancia (**)																			Promedio (***)
	2006	2007	2008*	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	

Asthenes modesta (2009), Chroicocephalus serranus (2013) y Sicalis auriventris (2006) fueron eliminadas de la tabla histórica, ya que son especies que fueron avistadas fuera de la metodología de transecto de aves y no se han registrado nuevamente. Estos ejemplares no fueron incluidos en el cálculo de abundancia.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Históricamente, el sector que registra la mayor riqueza de especies es Cruce SQM con 20 especies, seguida de Vega de Carvajal y Cruce Camar con 17 especies cada una. Por otro lado, Aguas de Quelana y Peine presentan la menor riqueza, con 15 y cinco [5] especies, respectivamente. En el caso del Sector Peine, su riqueza se caracteriza por estar compuesta por especies acuáticas (*Calidris bairdii*, *Charadrius alticola*, *Lessonia oreas*, *Phalaropus tricolor* y *Phoenicopterus chilensis*), encontrándose asociadas a ambientes acuáticos y salobres. 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 6-26), y que, además, la cobertura vegetal en el sector es baja o nula.

A partir de 2024, se decide excluir las especies que, en años anteriores, se encontraban fuera de la metodología de transectos, las cuales contribuían a la riqueza del sector, pero no a la abundancia. Esta decisión conlleva una disminución de la riqueza por sector y hábitat, sin alterar los resultados de abundancia.

Las dos [2] especies de mayor abundancia durante el transcurso del PSA corresponden, en primer lugar, a *Charadrius alticola* (chorlo de la puna), con un total de 83 avistamientos en transecto asociados principalmente a los ambientes de salar y salar marginal. En segundo lugar, *Metriopelia aymara* (tortolita de la puna), con un total de 66 avistamientos en transectos, distribuidos ampliamente en el Borde Este del Salar, encontrándose en todos los sectores menos el ambiente de salar.

Una especie que destaca por su amplia distribución en el área de estudio es *Calidris bairdii* (playero de Baird), especie acuática detectada en ambientes marginal salar en los cinco sectores y en el ambiente de salar en laguna Interna. El mayor número de registros acumulados en transectos a lo largo del PSA son del ambiente marginal salar, con 44 individuos. Otras especies relevantes en los diferentes sectores y/o ambientes son *Muscisaxicola maculirostris*, *Anthus correndera*, *Geranoaetus polyosoma*, *Agriornis montanus*, *Metriopelia aymara*, *Phalcoboenus megalopterus*, y *Phoenicoparrus andinus*. Si bien estas especies presentan una amplia distribución en el área de estudio (i.e. en los distintos ambientes), han presentado un bajo número de ejemplares.

Respecto a las especies observadas en un único sector y/o ambiente en las distintas campañas de monitoreo, aquellas con valores de abundancia altos como como *Phalaropus tricolor* (pollito de mar), registrados en el ambiente de salar en laguna Interna, corresponde a ejemplares observados durante un día de prospección, avistando 40 individuos. Esta especie, al igual que el playero de Baird, es migratoria boreal. De manera similar, el registro de 64 ejemplares de *Phoenicoparrus jamesi* (parina chica) en el ambiente marginal de salar en el sector de Vegas de Carvajal se obtuvo en tres oportunidades, con registros de 10, 42 y 12 individuos en los años 2016, 2018 y 2019, respectivamente. En conclusión, estas especies no son consideradas como indicadoras del sector o ambiente en que se observaron, pues son registros esporádicos y además correspondientes a especies evaluadas en la metodología de censo de aves en ambientes acuáticos. Hasta la fecha no se ha encontrado ninguna especie de ave presente en los cinco ambientes y sectores de estudio (Tabla 6-26).

Tabla 6-26. Indicadores generales de aves registradas a través de transectos en ambientes terrestres por sector. Campañas 2006-2024.

Indicador	Vega de Carvajal	N° ind.	Cruce Camar	N° ind.	Aguas de Quelana	N° ind.	Cruce SQM	N° ind.	Peine – Laguna Interna	N° ind.
Riqueza acumulada	17	-	17	-	15	-	20	-	5	-
Abundancia promedio*	0,63	-	0,31	-	0,35	-	0,52	-	1,08	-
Especies con mayor número de registros (N° de individuos**)	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	64	<i>Metriopelia aymara</i>	22	<i>Charadrius alticola</i>	33	<i>Metriopelia aymara</i>	27	<i>Phalaropus tricolor</i>	40
	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	38	<i>Metriopelia melanoptera</i>	10	<i>Calidris bardii</i>	25	<i>Charadrius alticola</i>	22	<i>Charadrius alticola</i>	24
Especies registradas en sólo un sector (N° de individuos**)	<i>Circus cinereus</i>	2	<i>Athene cunicularia</i>	4	<i>Falco peregrinus</i>	1	<i>Bubulcus ibis</i>	1	<i>Phalaropus tricolor</i>	40
	<i>Hirundo rustica</i>	2	<i>Bartramia longicauda</i>	1	<i>Parabuteo unicinctus</i>	1	<i>Geositta punensis</i>	2		
	<i>Oreopholus ruficollis</i>	8	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	1	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	1	<i>Recurvirostra andina</i>	1		
	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	64	<i>Metriopelia melanoptera</i>	10			<i>Thinocorus rumicivorus</i>	1		
			<i>Leistes superciliaris</i>	1			<i>Upucerthia dumetaria</i>	1		
Especies compartidas	<i>Agriornis montanus</i> ; <i>Geranoaetus polyosoma</i> ; <i>Metriopelia aymara</i> ; <i>Muscisaxicola maculirostris</i> .									
	<i>Phalcoboenus megalopterus</i> ; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (presentes en cuatro sectores, excepto Laguna Interna).									

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.2.3 Censos de aves en ambientes acuáticos

En la Tabla 6-27 se presenta la abundancia de las aves acuáticas durante el periodo 2006 a 2024. Como se mencionó anteriormente, durante la campaña del 2020 no se tuvo acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo cual no se cuenta con resultados para esa temporada, en marco de la Resolución N° 64/2020 emitida por CONAF, que instruyó el cierre de todas las áreas silvestres protegidas del estado administradas por CONAF (Anexo 2). Sin embargo, los análisis para el sector de Peine se realizaron utilizando referencialmente los datos del Informe del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico – PMB Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N° 21/2016)” Informe Semestral N° 9 Monitoreo Invierno 2020 (datos de septiembre) los cuales fueron incorporados en la base de datos histórica. Cabe destacar que estos datos no presentan un detalle de registros correspondientes a las distintas lagunas que conforman el sistema de Peine, por lo cual se utilizaron en los análisis para todo el sistema y no por laguna (laguna Interna, Salada y Saladita). De similar modo, en la presente campaña el censo en el sistema Peine no fue realizado en el mes de abril, debido al cierre de las lagunas por parte de la comunidad de Peine junto con la CONAF, dado el avistamiento de polluelos en el sector (Anexo 2). De esta forma, los resultados presentados en el 2024 para el sistema Peine, fueron desarrollados en el mes de julio a solicitud de la comunidad (Anexo 2), por lo que la composición de especies en este sistema podría verse alterada debido a la estacionalidad presente en el Salar (i.e ausencia de aves migratorias, entre otros factores).

En base a los resultados, la especie más abundante durante la campaña del 2024 fue la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), alcanzando un total de 629 individuos, seguida de flamencos no determinados (*Phoenicopteriformes* sp.) con 419 individuos, esto debido a la lejanía a la cual se encontraban los individuos o al horario del censo (alrededor de las 12:30 pm). En tercer lugar, se encuentra el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) con 278 individuos contabilizados. En relación con los años anteriores se observó una disminución en la abundancia de los dos flamencos registrados respecto al promedio (Tabla 6-27).

Las especies menos abundantes durante el año 2024 fueron *Pygochelidon cyanoleuca* y *Tringa flavipes* con un [1] individuo cada una, seguida por *Lophonetta specularioides* y *Lessonia oreas* con tres [3] y dos [2] individuos, respectivamente. La golondrina de dorso negro (*P. cyanoleuca*) solo había sido registrado con anterioridad durante la campaña 2019 (Tabla 6-27).

Tabla 6-27. Número de aves registradas a través de censos en ambientes acuáticos en los monitoreos 2006-2024

Especie	Número de individuos																			Promedio
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (*)	2021	2022	2023	2024	
<i>Anas flavirostris</i>	0	1	9	2	4	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1,37
<i>Anas georgica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16
<i>Anthus correndera</i>	10	41	14	30	31	33	30	11	12	1	20	4	0	0	0	0	1	3	0	12,68
<i>Bubulcus ibis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
<i>Calidris bairdii</i>	222	167	241	205	192	218	117	176	235	321	246	83	90	0	0	90	284	33	94	158,63
<i>Calidris melanotos</i>	27	97	18	0	0	4	8	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,84
<i>Charadrius alticola</i>	128	130	97	117	77	108	88	101	206	149	130	61	26	156	0	191	111	126	146	113,05
<i>Chroicocephalus serranus</i>	13	3	8	2	7	9	2	6	0	1	3	5	22	27	0	3	46	0	11	8,84
Flamencos no determinados	0	36	0	211	0	60	10	10	262	200	0	14	0	0	0	0	228	330	419	93,68
<i>Fulica ardesiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,05
<i>Fulica cornuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
<i>Gallinula galeata</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16
<i>Hirundo rustica</i>	26	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1,79
<i>Lessonia oreas</i>	24	8	6	11	11	18	4	1	9	7	9	13	1	0	0	1	0	3	3	6,79
<i>Lophonetta specularioides</i>	13	10	4	14	18	8	13	11	21	7	9	5	0	3	0	0	4	2	2	7,58
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32
<i>Phalaropus tricolor</i>	178	284	96	186	121	263	179	280	656	302	728	552	1	0	0	217	40	170	118	230,05
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	2.101	722	879	618	610	544	1.113	887	989	1348	1.184	340	921	966	105	609	859	834	629	855,68
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	184	632	473	341	457	366	389	1.026	477	155	397	95	37	769	29	135	337	84	101	341,26

Tabla 6-27. Número de aves registradas a través de censos en ambientes acuáticos en los monitoreos 2006-2024

Especie	Número de individuos																			Promedio
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (*)	2021	2022	2023	2024	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	762	395	314	211	459	491	269	386	248	650	336	516	350	943	41	849	517	722	278	459,84
<i>Pluvialis dominica</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
<i>Podiceps occipitalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
Pollos de flamencos	0	491	563	1	0	0	1.122	699	1.114	1.251	709	13	0	62	0	0	0	0	31**	317,11
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	30	4	0	0	0	0	1	2,11
<i>Recurvirostra andina</i>	286	96	95	142	129	143	170	120	87	173	66	113	178	158	0	78	196	310	135	140,79
<i>Spatula cyanoptera</i>	0	0	0	2	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47
<i>Spatula puna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0,32
<i>Tringa flavipes</i>	10	0	0	0	0	0	1	5	0	21	0	0	190	0	0	0	2	48	1	14,63
<i>Tringa melanoleuca</i>	0	7	20	130	6	28	5	33	18	13	5	10	4	0	0	0	1	4	20	16,00
<i>Tringa sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,37

(*) Datos 2020 provienen del Informe del Plan de Seguimiento Ambiental Biótico – PMB Proyecto: “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N° 21/2016)”. Informe Semestral N° 9 Monitoreo invierno 2020. Noviembre 2020.

(**) datos no considerados en los cálculos de abundancia debido a que fueron obtenidos con diferentes metodologías y temporalidad.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Con relación a las especies de flamencos, durante la campaña 2024 se registraron 964 individuos de flamencos en el Sistema lacustre Soncor. La mayor abundancia correspondió a flamencos no determinados, registrando un total de 377 individuos, seguido por la parina grande (*P. andinus*) con un total de 354 individuos. En tercer lugar, se encuentra el flamenco chileno (*P. chilensis*) registrando un total de 194 individuos, mientras que la parina chica (*P. jamesi*) presentó un total de 39 individuos. Los valores registrados en este sector durante la campaña de 2024 son levemente mayores en comparación a la campaña 2023, y se encuentran dentro de las variaciones históricas que se han detectado en las distintas campañas de monitoreo (Figura 6-44).

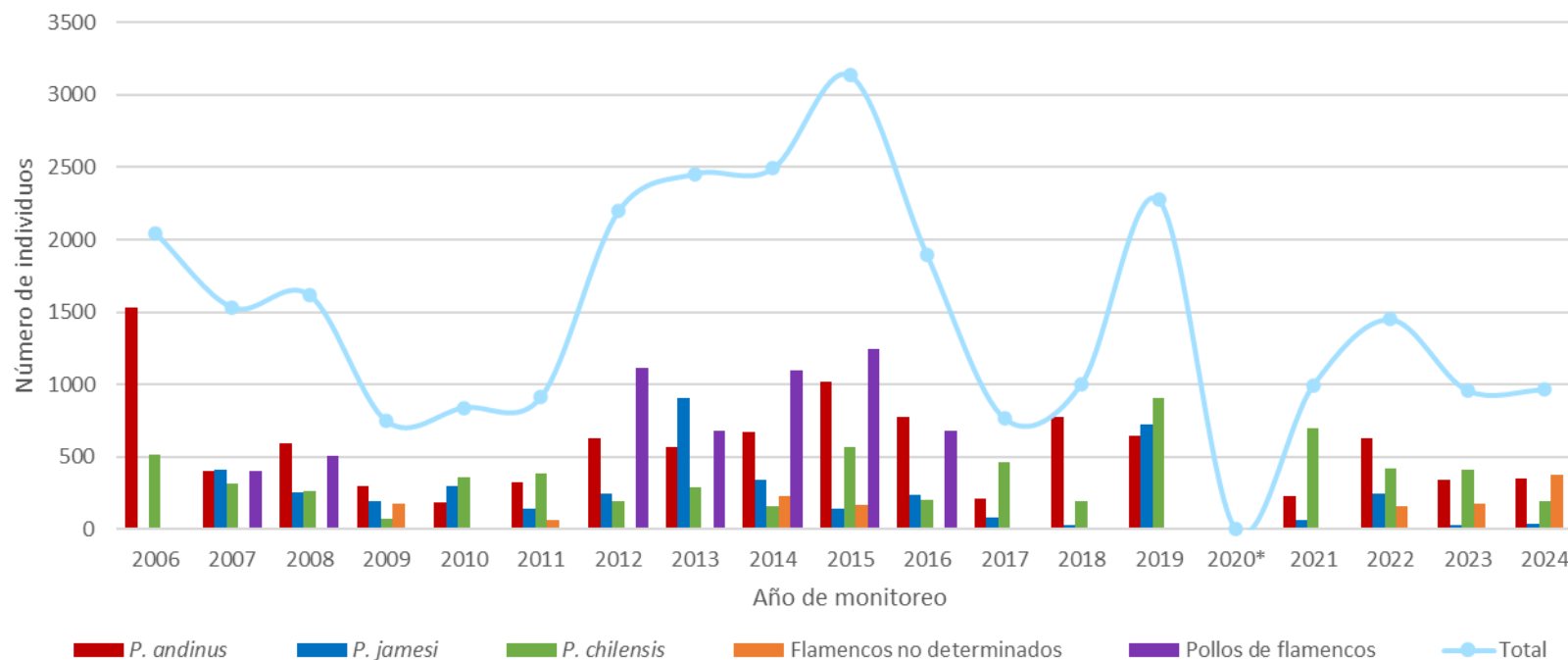
Cabe destacar que este sistema corresponde a un sitio de congregación de individuos reproductivos, lo que se ve reflejado en la abundancia de pollos registrada durante los años 2007, 2008 y durante el periodo 2012 – 2016. Sin embargo, durante las campañas más recientes no se ha registrado la presencia de polluelos, detectándose solo individuos juveniles.

Con relación a las distintas lagunas, para la campaña 2024 se registró la mayor cantidad de flamencos no determinados en Puilar (223 individuos), seguida de la laguna Chaxa con 133 individuos (Tabla 5-37; ver 4.1.2.3). Lo anterior se explicaría por la lejanía a la cual se encontraban los flamencos en el caso de la laguna Puilar, y al horario de observación en la laguna Chaxa (alrededor de las 12:30 pm), lo que impide una visualización clara y nítida para identificar la especie de los individuos.

Con respecto al resto de las especies de aves presentes en el sistema lacustre Soncor (Figura 6-45), se observó una disminución en el total general de aves (descartando a flamencos) en el periodo 2024, aunque estos valores se encuentran dentro del rango normal histórico. Por otro lado, históricamente, la laguna Chaxa ha congregado el mayor número de individuos diferentes a los flamencos, siendo desplazada desde el 2021 por el Canal Burro Muerto, convirtiéndose en el cuerpo de agua con mayor abundancia de estas aves.

Adicionalmente, las distintas especies de aves migratorias presentes en la Reserva Nacional los Flamencos comienzan sus procesos de tránsito hacia el hemisferio norte al acercarse el invierno austral (desde abril), por lo que el desarrollo del monitoreo durante una fecha donde las temperaturas medias comienzan a descender puede generar un sesgo en la información recopilada debido al abandono del sector por parte de algunas de estas especies migratorias.

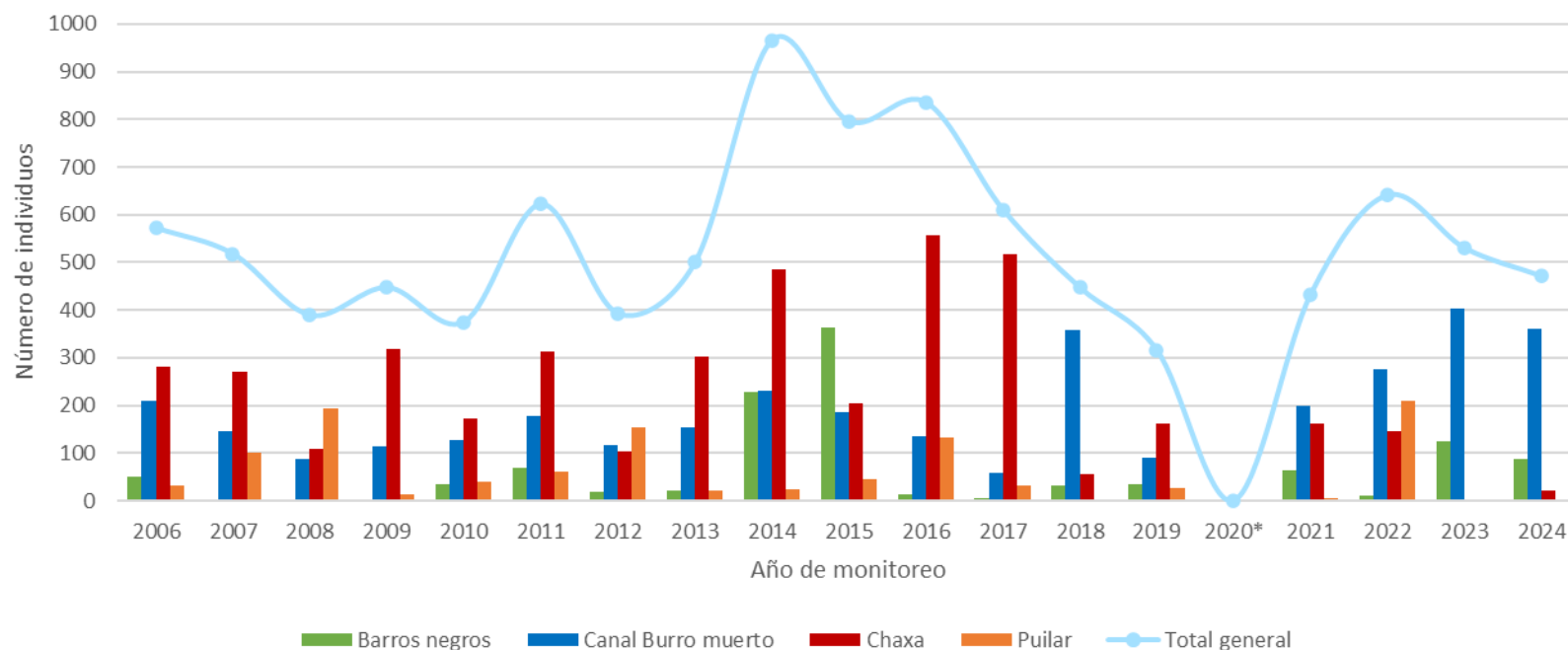
Figura 6-44. Abundancia de especies de flamencos en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2024 (año 2020 no censado)



(*) En el caso excepcional de la temporada 2020, no se pudo acceder a las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, dada la entrada en vigencia del protocolo de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, aprobado por la Resolución N° 64/2020 (Anexo 2).

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-45. Abundancia de otras especies de aves (no flamencos) en el Sistema lacustre Soncor. Campañas 2006 – 2024 (año 2020 no censado)



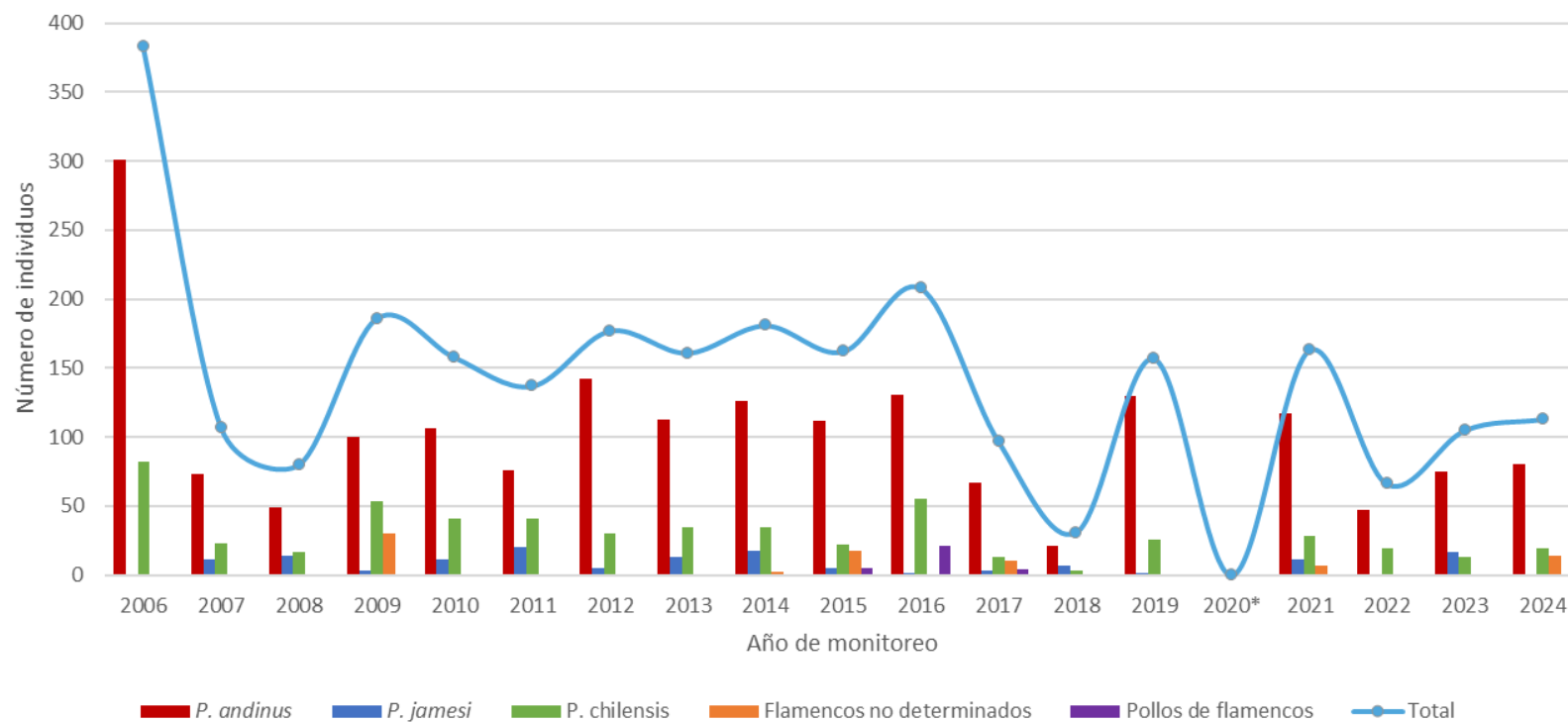
(*) En el caso excepcional de la temporada 2020, no se pudo acceder a las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, dada la entrada en vigencia del protocolo de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, aprobado por la Resolución N° 64/2020 (Anexo 2).

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Los resultados obtenidos durante la presente campaña en el Sistema lacustre de Aguas de Quelana (Figura 6-46) demuestra que la abundancia de flamencos tiende a la oscilación. Durante todas las campañas de monitoreo, la especie que siempre ha mantenido las mayores abundancias corresponde a la parina grande (*P. andinus*), alcanzando en la actual campaña, la cantidad de 80 individuos (Tabla 5-37). Con respecto al resto de las especies de aves presentes en Aguas de Quelana (Figura 6-47), se puede observar que durante los últimos siete años existe una tendencia a la disminución de estas especies en el sistema lacustre Aguas de Quelana.

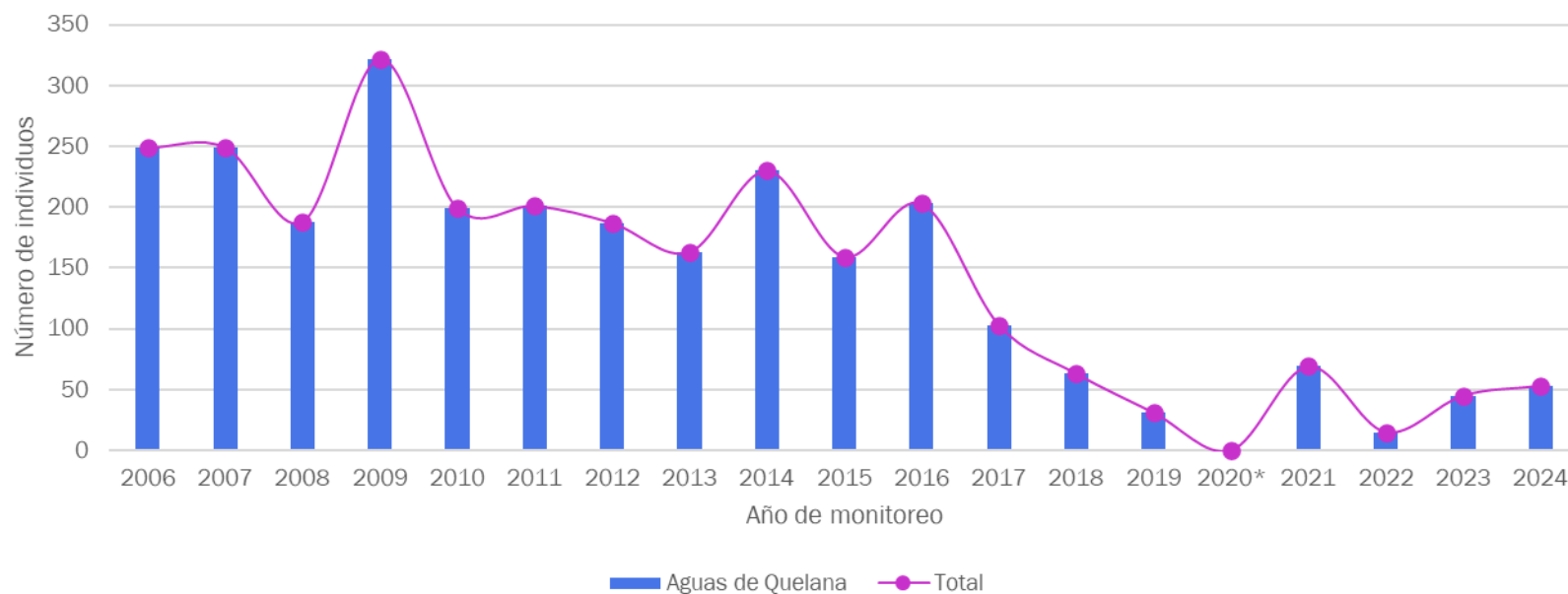
Es importante mencionar que el comportamiento de las oscilaciones en relación con la variabilidad del número de individuos responda a variaciones en la dinámica de desplazamientos entre algunos y/o salares dentro de su rango de distribución.

Figura 6-46. Abundancia de flamencos en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2024. (Año 2020 no censado)



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-47. Abundancia de aves acuáticas (no flamencos) en el sistema lacustre Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2024



(*) En el caso excepcional de la temporada 2020, no se pudo acceder a las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, dada la entrada en vigencia del protocolo de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, aprobado por la Resolución N° 64/2020 (Anexo 2).

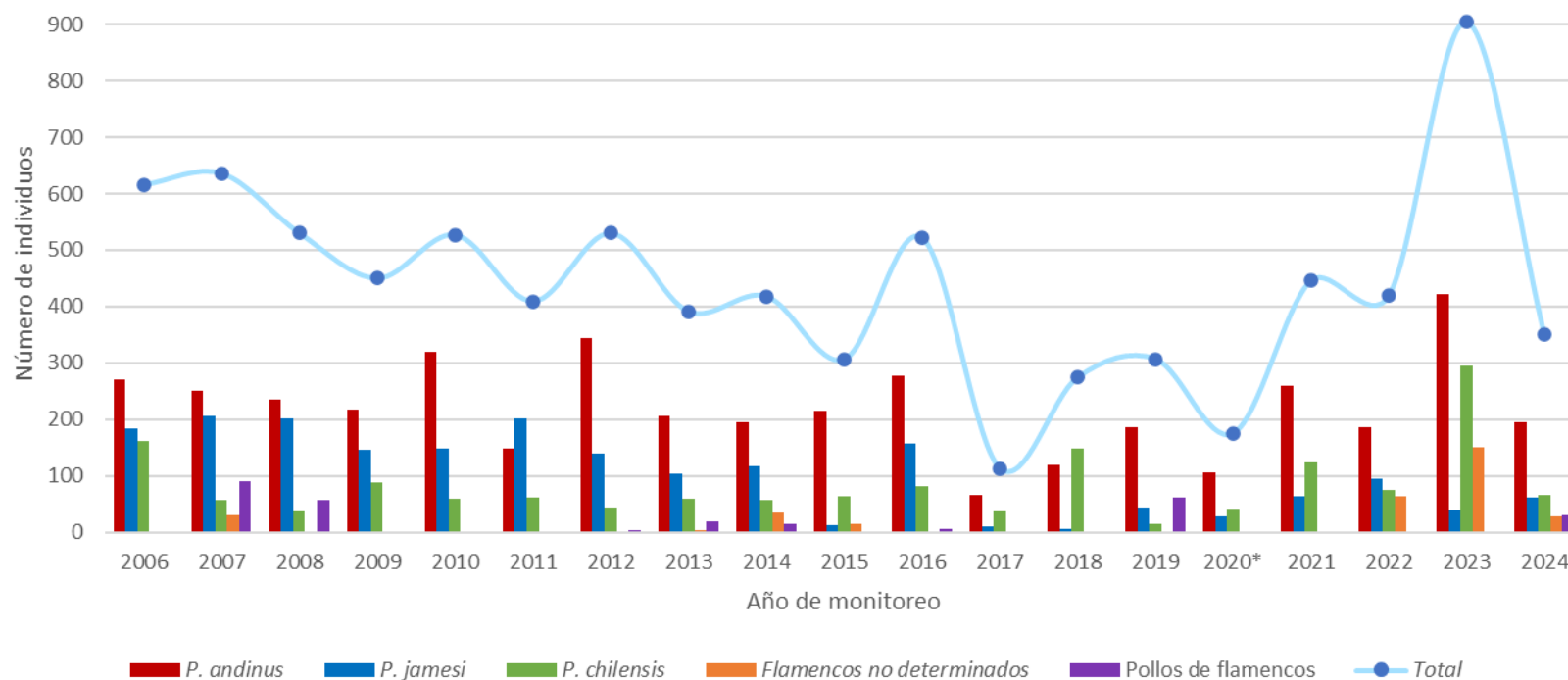
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En el Sistema lacustre Peine, la tendencia de los datos muestran una oscilación en la abundancia de flamencos, destacándose una disminución en el 2017 y 2020. Tras estos periodos, se ha observado un aumento en su número, especialmente en 2023. Sin embargo, durante la presente campaña se observa una disminución en la abundancia con tan solo 350 individuos avistados en el Sistema Lacustre Peine. Es importante señalar que los registros de 2024 corresponden a la temporada de invierno, lo que podría haber influido en la abundancia de las diferentes especies presentes en Peine (Figura 6-48). Por otro lado, la especie con mayor abundancia a través de los monitoreos corresponde a la parina grande (*P. andinus*), seguida desde el 2017 por el flamenco chileno (*P. chilensis*).

Es importante mencionar que, en abril del presente año, CONAF y la comunidad de Peine realizaron un censo e informaron la presencia de 31 pollos de parina grande (*P. andinus*) presentes en estas lagunas. Esta información se presenta en la Figura 6-48; sin embargo, no fueron considerados en cálculos de abundancia debido a diferencias metodológicas y temporales.

Con respecto al resto de las especies de aves presentes en los Sistemas lacustres de Peine (Figura 6-49), al igual que en el caso de los flamencos, evidencian una oscilación en su abundancia. Se puede observar que históricamente, la laguna Salada es el sector que ha congregado el mayor número de individuos, seguido por laguna Interna y finalmente laguna Saladita (Figura 6-49). Los datos de la campaña actual, sin embargo, son el tercer valor más bajo históricamente (sin considerar el 2020), que puede ser explicado por la estacionalidad del monitoreo de este sistema en la presente campaña. Cabe destacar que los datos bibliográficos del año 2020 no fueron incorporados a la Figura 6-49, dado que no se cuenta con la información por laguna, sino de todo el sistema.

Figura 6-48. Abundancia de flamencos en Sistema lacustre Peine. Campañas 2006 – 2024**



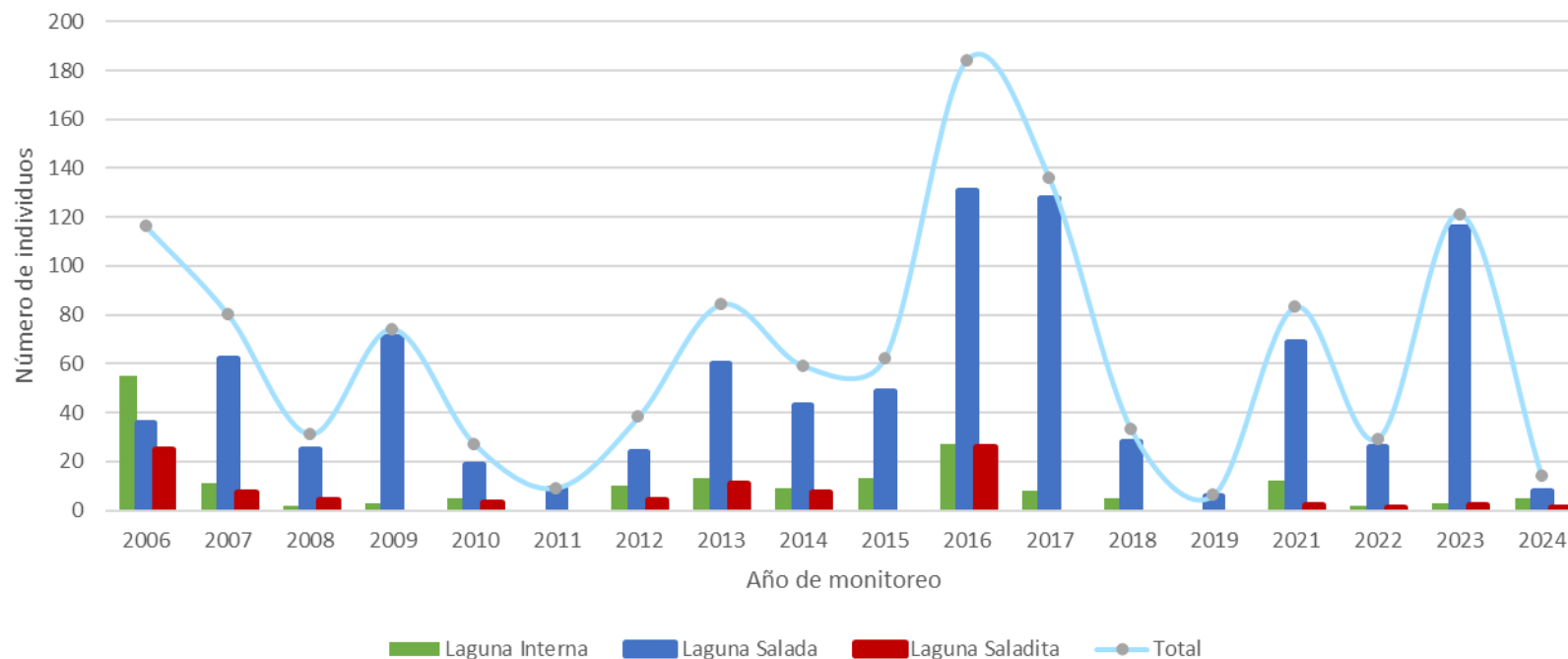
(*) En el caso excepcional de la temporada 2020, se complementó la información de los datos recopilados de terreno con los resultados del Plan de Manejo Biótico de los compromisos ambientales, asociados a la RCA N° 21/2016. Esto debido a que durante ese año no se pudo acceder a las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puillar, dada la entrada en vigencia del protocolo de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, aprobado por la Resolución N° 64/2020 (Anexo 2).

(**) Campaña correspondiente al mes de julio 2024 debido a reprogramación de los puntos (Anexo 2).

Pollos de flamencos de la campaña 2024 no se consideran en los cálculos de abundancia debido a diferencias metodológicas y temporales.

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-49. Abundancia de especies diferentes a los flamencos en el Sistema Peine. Campañas 2006 – 2024



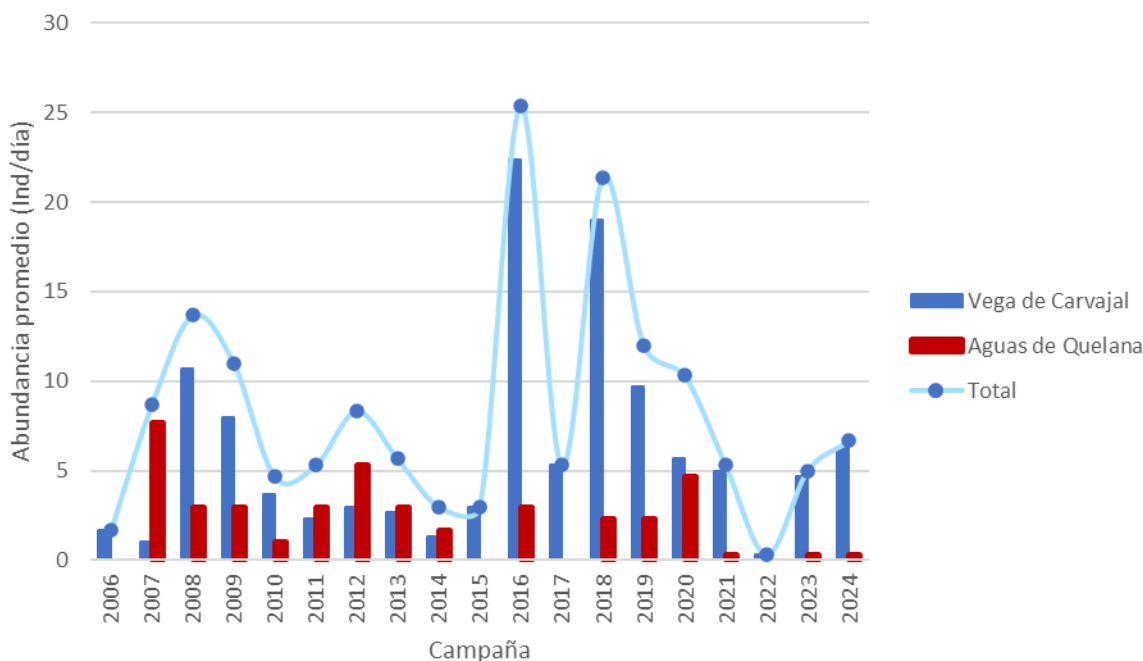
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.2.4 Abundancia de micromamíferos

En la campaña de monitoreo del periodo 2024, se obtuvo registro de micromamíferos en el sector Vegas de Carvajal (16 individuos de *Eligmodontia puerulus* y 3 individuos de *Abrothrix andinus*) y Aguas de Quelana (1 individuo de *E. puerulus*). Este año se observa un aumento en la abundancia promedio con respecto al año pasado, sin embargo, desde el 2019 se evidencia una disminución en las abundancias de micromamíferos (Figura 6-50), esto puede explicarse, por las fluctuaciones naturales en la dinámica poblacional de cada especie.

Al comparar los valores de abundancia promedio según sector, es posible observar que las mayores abundancias tienden a registrarse en Vegas de Carvajal, registrando su máximo durante el año 2016, con 22,34 individuos capturados por día de trampeo; mientras que el sector Aguas de Quelana registró su máximo durante el año 2007 con 7,67 individuos/sector (Figura 6-50). Con respecto a la abundancia total, los monitoreos de los años 2016 y 2018 muestran un incremento de la abundancia respecto a las campañas anteriores, esto se atribuye a las fluctuaciones naturales en la dinámica poblacional de cada especie o a un aumento de la oferta trófica en el ambiente. Esta situación se puede relacionar con un desfase en el aumento de la oferta trófica en el ambiente, aspecto propio de las poblaciones de roedores donde se aprecia este tipo de fluctuaciones en función de la disponibilidad de recursos, producción primaria y precipitaciones, entre otros factores (Brown & Zeng, 1989).

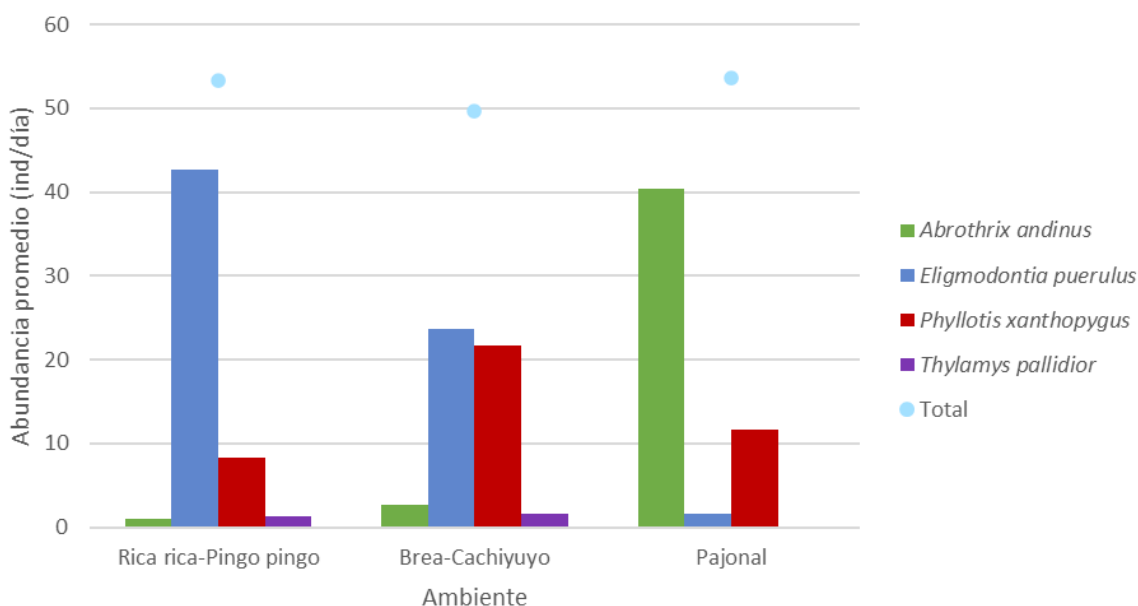
Figura 6-50. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 - 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

El análisis de los registros históricos del seguimiento ambiental desde el año 2006-2024 en el Borde Este del Salar de Atacama, muestra un predominio de tres especies de clase Mammalia, las que se distribuyen en función del ambiente en que viven (Figura 6-51): la especie *A. andinus* se encuentra predominantemente en ambientes de Pajonal (40,33 ind/hábitat), mientras que *Eligmodontia puerulus* se encuentra predominantemente en ambientes de Rica rica-Pingo pingo (42,65 ind/hábitat), por otra parte *Phyllotis xanthopygus* ha presentado una abundancia homogénea en los tres ambientes, presentando la mayor abundancia promedio en el ambiente Brea – Cachiyuyo con 21,67 ind/hábitat. Por último, *Thylamys pallidior*, ha presentado los menores valores de captura, dando cuenta de sus bajas densidades poblacionales, así como su difícil captura. De esta forma, el ensamble de roedores varía en los distintos ambientes prospectados, en función de sus características, en donde el ratón andino (*A. andinus*) se encuentra asociado principalmente a sectores con humedad, en tanto que la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) presenta preferencia por sitios de arbustos bajos y sectores más abiertos. En el caso del ambiente de características intermedias presenta una simpatria entre *P. xanthopygus* y *E. puerulus*.

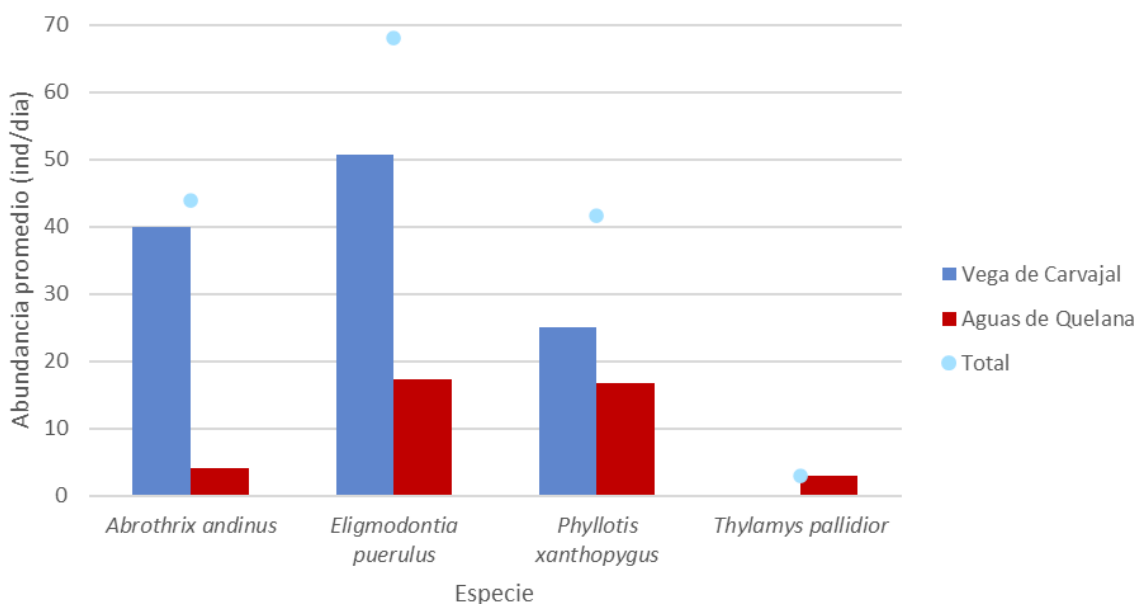
Figura 6-51. Abundancia de micromamíferos por tipo de hábitat. Campañas 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

En cuanto a los sectores Aguas de Quelana y Vega de Carvajal correspondientes al estudio (Figura 6-52), la riqueza de especies es mayor en Aguas de Quelana en donde, hasta la fecha se han registrado cuatro especies capturadas durante los monitoreos, mientras que en Vega de Carvajal solo se han registrado tres de las cuatro especies que se han detectado históricamente en el Borde Este del Salar de Atacama a través de trampas Sherman, no existiendo a la fecha registros de *T. pallidior* en el sector de Vegas de Carvajal.

Figura 6-52. Abundancia de micromamíferos en los sectores de estudio. Campañas 2006 - 2024



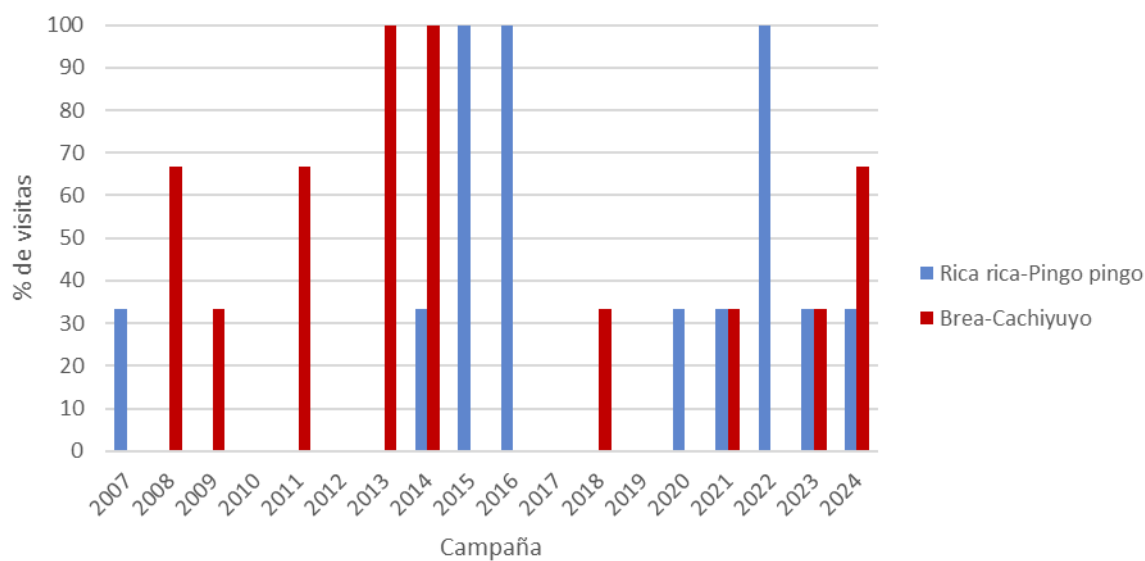
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.2.5 Abundancia de macromamíferos

En el presente monitoreo, hubo registro en dos [2] de las cuatro [4] estaciones olfativas, esto fue complementado con la metodología de trampas cámara en las mismas estaciones, a través de las cuales fue posible identificar la presencia de las dos especies presentes en el área de estudio, el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y el zorro chilla (*Lycalopex griseus*). Así mismo, la presencia de zorro se pudo verificar mediante el registro de evidencia indirecta (huellas y fecas) en otros ambientes y sectores dentro del área de estudio.

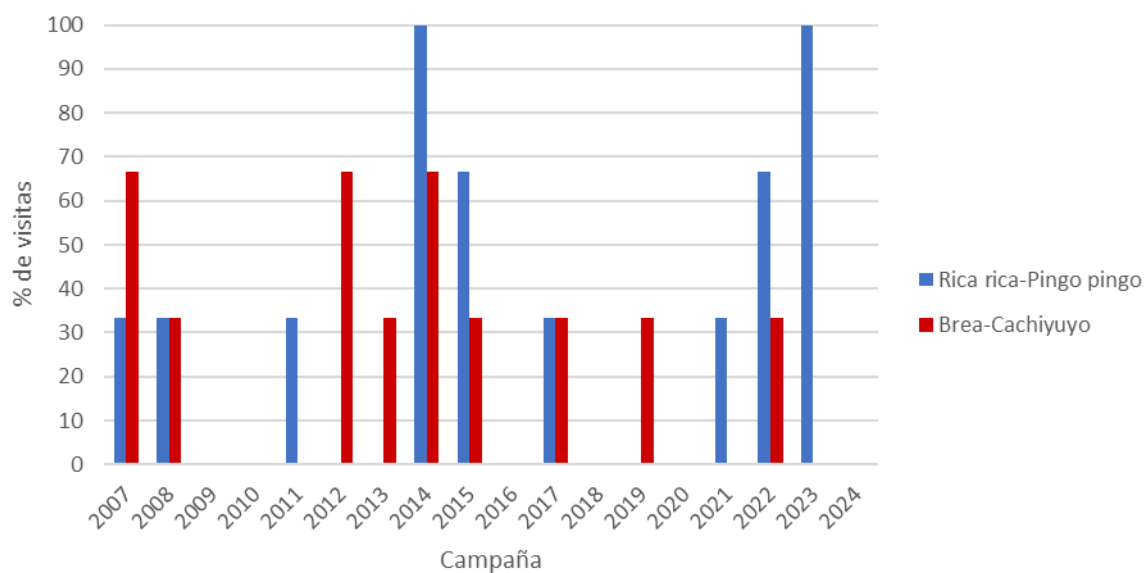
Durante los años de monitoreo (Figura 6-53, Figura 6-54), ha sido posible determinar la presencia de zorros en todos los años de monitoreo, a excepción de la campaña 2010, donde no hubo registros para estas especies en ningún sector, el resto de los años la detección ha sido en al menos uno de los dos sectores prospectados (Vega de Carvajal y Aguas de Quelana). Al comparar la cantidad de registros positivos acumulados hasta la fecha (Figura 6-55), hay una leve diferencia entre ambientes (30 registros en el ambiente Rica rica – Pingo pingo, y 28 registros en el ambiente de Brea - Cachiyuyo). Sin embargo, la comparación entre sectores evidencia que ambos poseen un similar número de registros positivos, con 31 registros en el sector Vega de Carvajal y 27 registros positivos en el sector de Aguas de Quelana. La ocupación regular de ambos ambientes y sectores dan cuenta del amplio ámbito de hogar de estas especies.

Figura 6-53. Porcentaje de visitas de macromamíferos en el sector Vega de Carvajal. Campañas 2006 – 2024.



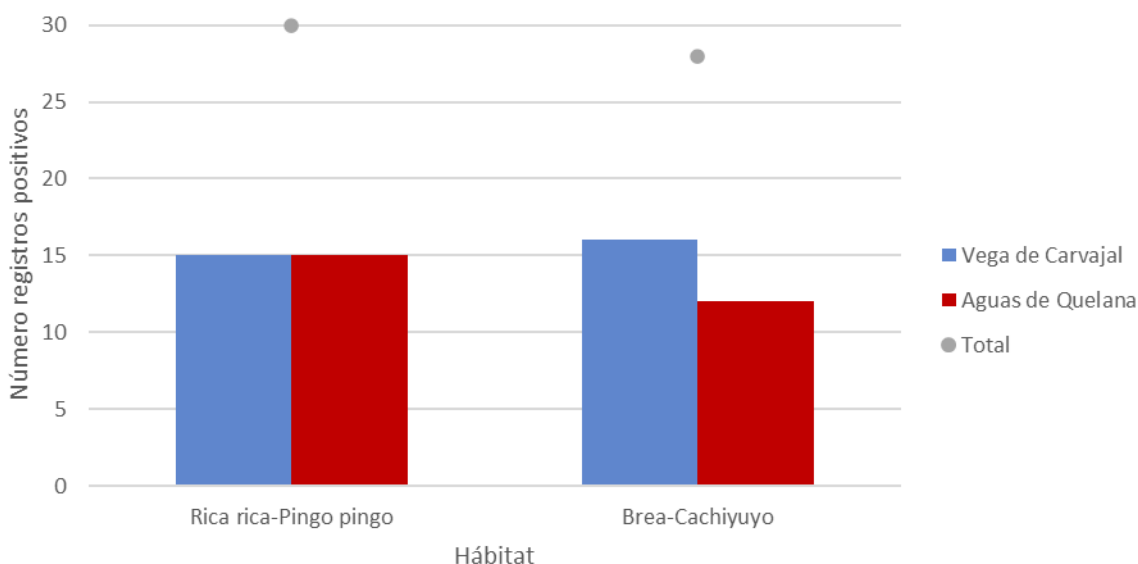
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-54. Porcentaje de visitas de macromamíferos en el sector Aguas de Quelana. Campañas 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-55. Registros positivos en los diferentes ambientes. Campañas 2006 – 2024



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3 Biota acuática

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la campaña 2024 respecto al registros del monitoreo histórico (2006 a la actualidad) asociado al Plan de Seguimiento Ambiental (RCA N° 226/2006).

Cabe indicar que en la comparación histórica se excluye el año 2020, debido a que no se realizaron muestreos por contingencias asociadas a la pandemia del Covid-19.

6.3.1 Medio abiótico

Los registros de los parámetros fisicoquímicos medidos *in situ* en las columnas de agua y sedimento muestran variaciones interanuales dentro de cada sistema hidrológico. Estas fluctuaciones estarían vinculadas a las variaciones naturales de las condiciones ambientales generales del Salar de Atacama, así como las características estructurales propias de cada sistema hidrológico, las que en conjunto son responsables de los procesos de recarga y descarga de los sistemas acuáticos.

Los sistemas hídricos en estudio corresponden a los de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, ubicados en el margen este del Salar, los corresponden a vías de recarga del Salar, transportando agua desde las zonas altas de la cordillera de los Andes al Salar. El escurrimiento en los sistemas ocurre de manera subsuperficial con afloramientos en el margen este del Salar en las zonas de depresión del paisaje, los que son en gran medida responsables de la presencia de los cuerpos de agua, lagunas y canales superficiales presentes. Estos afloramientos, además del relieve, son propiciados por el encuentro del agua de escurrimiento con la salmuera contenida en el salar, así como por el proceso de evaporación superficial (Ortiz *et al.*, 2014; Munk

et al., 2021, Marazuela *et al* 2018; Marazuela *et al* 2019). Al respecto, antecedentes señalan una variación estacional importante de la superficie y nivel de los cuerpos de agua producto de la interacción de las variaciones naturales en la intensidad de la evaporación y recarga (caudal y precipitaciones), ponderado por las características estructurales propias de los sistemas, lo que tiene como consecuencia diferencias en la sensibilidad de estos sistemas hidrológicos a las variaciones climáticas y del acuífero, así como es sus características fisicoquímicas y su variación temporal (Ortiz *et al.*, 2014; Boutt *et al.*, 2016; Munk *et al.*, 2021; Farias *et al.* 2020, Vignale *et al.* 2021, Salazar *et al.* 2020; Fernández-Turiel *et al.*, 2005).

En general, los valores registrados en la campaña del 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica. El valor estimado para el pH en los diferentes sistemas hidrológicos, en general, se mantuvo entre neutro, con una tendencia levemente alcalina, oscilando entre 7 y 9 unidades (Figura 6-57). Los registros correspondientes a la campaña 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica. La baja variabilidad de este parámetro es esperable dada la naturaleza de las aguas de un salar, caracterizada por una alta concentración de sales.

En el caso del oxígeno disuelto, los registros históricos presentan una amplia variabilidad temporal dentro de los sistemas, oscilando entre 1 a 12 mg/l. En general, fisicoquímicamente los sistemas de salares se caracterizan por bajo niveles de oxígeno dado por su reducida solubilidad en ambientes salinos dado por la inherente alta carga iónica (Green y Carritt, 1967). El amplio registro observado en a lo largo de las campañas podría estar influida por las condiciones locales de las estaciones al momento del muestreo, en donde factores mecánicos exógenos al ecosistema acuático podrían incidir en las condiciones de mezcla de la columna de agua (i.e. viento) y como consecuencia en la concentración de oxígeno disuelto registrada al momento.

En línea con los parámetros anteriores, los registros promedios históricos de conductividad eléctrica en la columna de agua oscilaron entre 26 - 200 mS/cm. En términos generales, en el sistema Soncor los valores medios estimados oscilaron en torno a los 100 mS/cm, con un máximo de 120 mS/cm en la campaña 2023. En Aguas de Quelana y Peine, los valores oscilaron principalmente en torno a los 60 mS/cm, con un máximo medio en el 2016 sobre los 150 mS/cm en Aguas de Quelana y de 80 mS/cm en Peine (Figura 6-59). La salinidad, por otra parte, dentro de cada sistema osciló entre 10 g/l a 180 g/l. En Aguas de Quelana, a partir del 2012 se observó un aumento progresivo de la salinidad hacia el año 2016, para luego volver a un rango similar al observado previo al 2012. En el caso de Soncor y Peine los valores de salinidad oscilaron entre campañas sin un patrón temporal (Figura 6-60). Durante 2024 la salinidad registrada en Peine fue similar a los valores inferiores del rango de variación histórica, mientras que en el caso de Soncor y Aguas de Quelana los registros 2024 fueron cercanos al valor de tendencia central histórico observado en cada sistema.

Los registros de temperatura promedio de la columna de agua también mostraron una amplia variabilidad temporal dentro de los sistemas. En el sistema de Soncor a magnitud de esta variación fue mayor a la observada en el resto de los sistemas, no obstante, para el sistema Soncor y Aguas de Quelana esta osciló en torno a los 20°C, mientras que para Peine fue alrededor de los 16°C. Estos resultados estarían condicionado por el momento en que fue realizado el muestreo en las diferentes estaciones, influida por las amplias diferencias entre el día y la noche.

A continuación, se muestra una discusión detallada de los registros abióticos históricos por sistema hidrológico, incluyendo la campaña actual (2024), por parámetro.

6.3.1.1 Temperatura

La temperatura promedio estimada para cada sistema hidrológico muestra una amplia variabilidad interanual. el mayor rango de variación se observa en el sistema de Peine (Figura 6-56). El valor promedio más alto se estimó para el año 2017, con un valor de $29,23 \pm 1,83$ °C, y el mínimo el 2024, con un promedio de $5,60 \pm 0,00$ °C. En el sistema de Aguas de Quelana se observa la menor magnitud en la variabilidad interanual. El valor promedio máximo estimado fue en el año 2017 ($29,00 \pm 0,00$ °C) y el mínimo en el año 2024 ($15,18 \pm 1,75$ °C) (Figura 6-56). En el sistema Soncor, coincidentemente el valor medio máximos se estimó para el año 2017 ($27,68 \pm 0,86$ °C) y 2007 ($24,39 \pm 1,05$ °C) y el mínimo en el 2014 ($12,72 \pm 2,08$ °C).

Comparando la campaña actual (2024) con los promedios históricos de temperatura del agua, para los sistemas Soncor y de Aguas de Quelana el valor estimado se encuentran dentro del rango de variación histórico. En el caso de Peine la temperatura registrada en la campaña 2024 es inferior al promedio mínimo ($5,60 \pm 0,00$ °C). Esta observación podría estar influenciada por el hecho de que solo se registró la temperatura en una única estación SA-1, lo que podría incidir en una subestimación del valor medio del sistema. En general, independiente de estos resultados, se debe tener en consideración al momento de evaluar los resultados que tanto la hora en la cual se registra la temperatura y la profundidad del cuerpo cumplen un papel relevante sobre el registro per se de temperatura, y como consecuencia de la variabilidad del régimen observado.

Figura 6-56. Temperaturas históricas promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

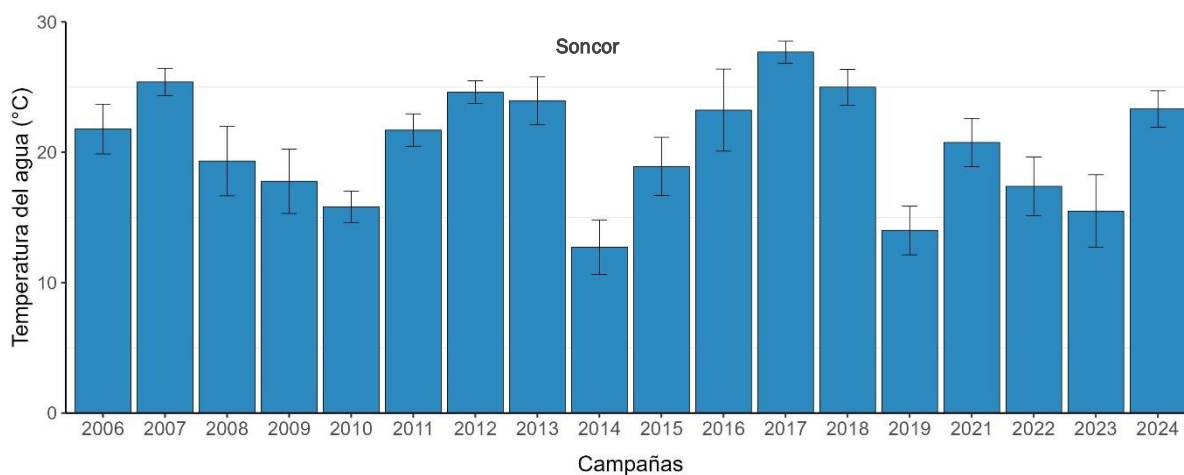
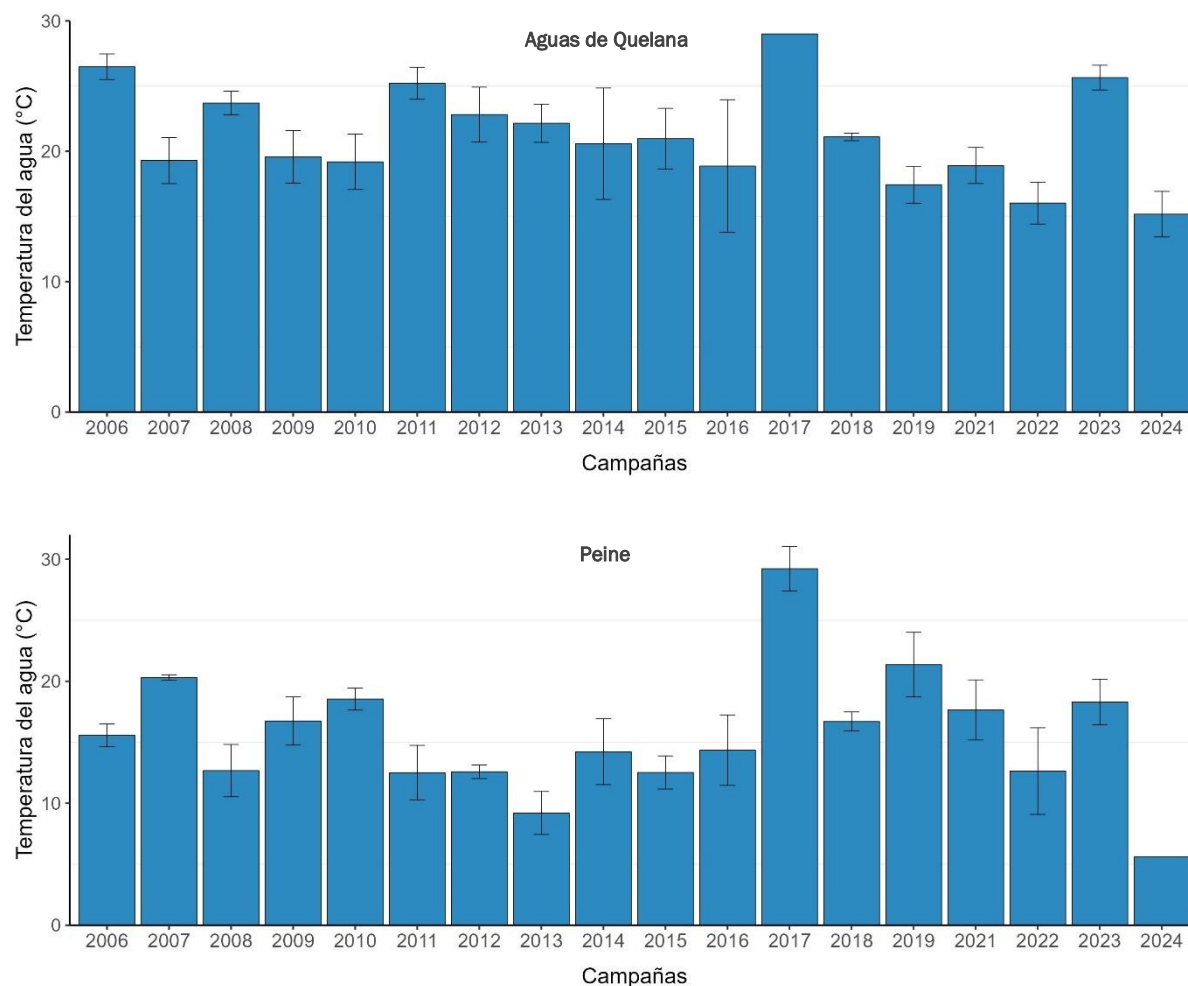


Figura 6-56. Temperaturas históricas promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

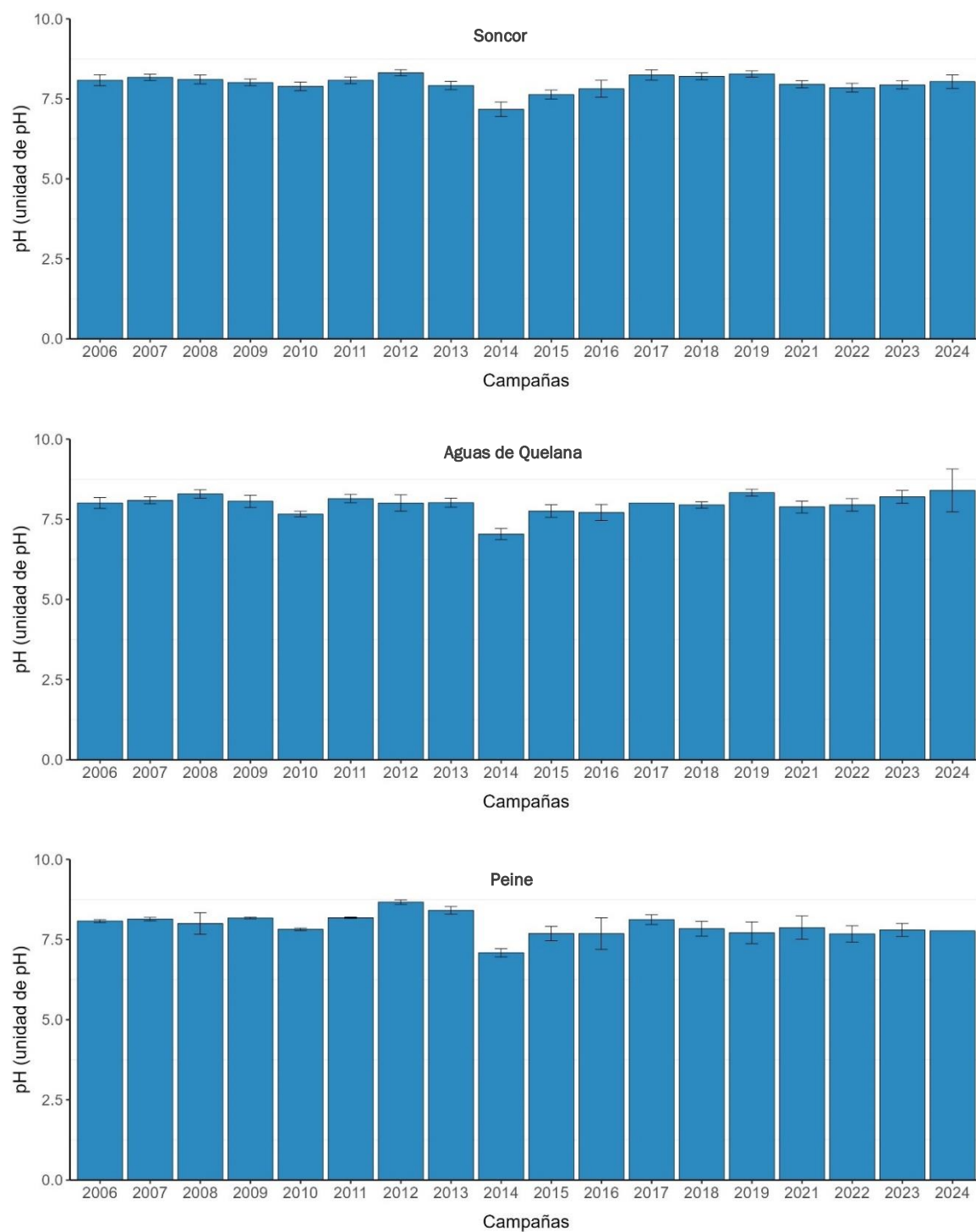


Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.1.2 pH

El valor medio estimado de pH en los diferentes sistemas hidrológicos ha mostrado un comportamiento neutro con una leve tendencia a la alcalinidad. Los valores estimados han oscilado entre 7 y 9 unidades en todos los sistemas. Los valores promedio históricos más altos por sistema corresponden a $8,66 \pm 0,07$ unidades el año 2012 en Peine, seguido por $8,4 \pm 0,67$ unidades en Aguas de Quelana el 2024, y $8,31 \pm 0,10$ unidades el 2012 en Soncor (Figura 6-57). Los promedios mínimos de pH se registraron en el año 2014 para todos los sistemas, estos valores corresponden a $7,04 \pm 0,17$ en Aguas de Quelana, $7,09 \pm 0,13$ en Peine y $7,18 \pm 0,23$ en Soncor (Figura 6-57).

Comparando la campaña actual (2024) con los promedios históricos de pH, para los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Peine el valor medio 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica.

Figura 6-57. pH histórico promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.1.3 Oxígeno Disuelto

Los registros históricos de oxígeno disuelto en los distintos sistemas hidrológicos (Soncor, Aguas de Quelana y Peine) presentan una amplia variabilidad temporal (Figura 6-58). En el sistema de Soncor los valores oscilan entre 1,2 mg/l a 10,22 mg/l, en Aguas de Quelana entre 1,58 mg/l y 11, mg/l, y 0,94 mg/l y 11,87 mg/l en Peine (Figura 6-58). Coincidentemente, los menores registros medios de oxígeno disuelto se observaron en la campaña 2015 en todos los sistemas, mientras que los registros mayores fueron observados el 2006 en Peine, en Aguas de Quelana en el año 2008 y en Soncor en 2008. Esta variabilidad en los valores máximos podría estar influida por las condiciones locales de viento, lo que incide en la intensidad de la mezcla de la columna de agua y finalmente sobre la presencia de oxígeno disuelto (Figura 6-58).

Independiente de los resultado antes señalados, los valores de oxígeno disuelto de la campaña de abril del 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica en todos los sistemas (Soncor, Aguas de Quelana y Peine).

Figura 6-58. Oxígeno disuelto histórico promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

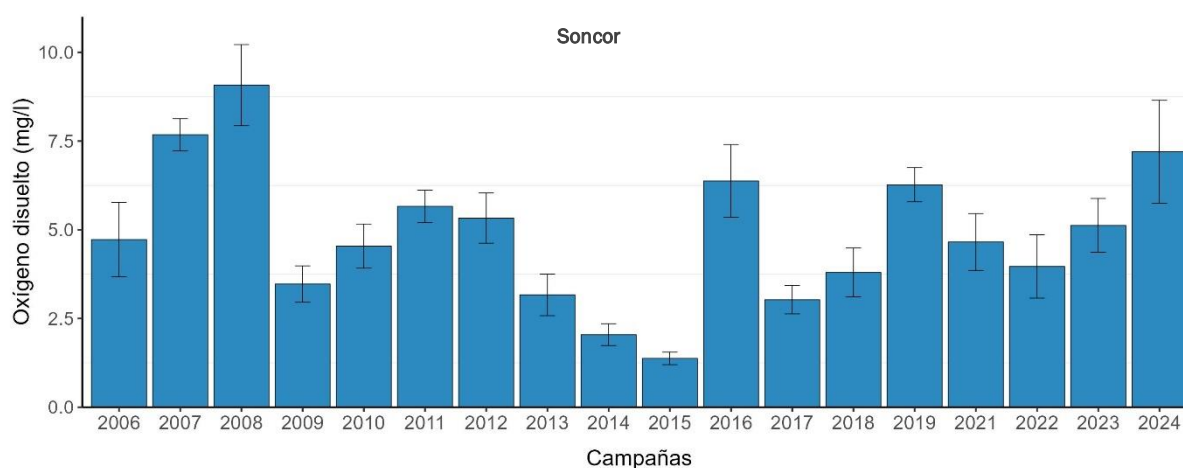
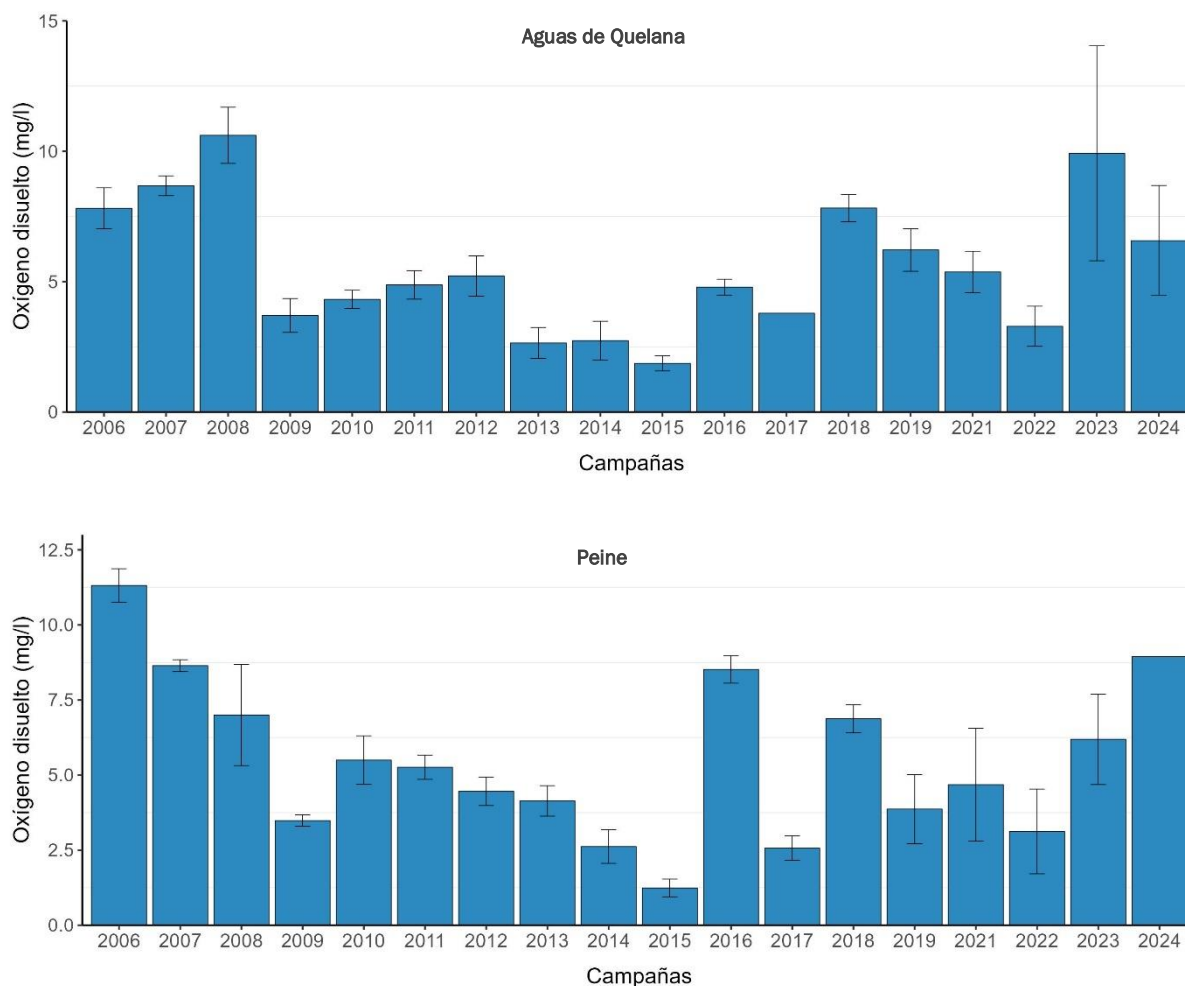


Figura 6-58. Oxígeno disuelto histórico promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.1.4 Conductividad eléctrica en agua

A lo largo del registro histórico, los valores de los promedios de conductividad eléctrica en la columna de agua muestran amplias variaciones entre las campañas anuales en cada sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine). Las mayores oscilaciones se observan en el sistema Aguas de Quelana, el promedio más elevado de conductividad se registró en el año 2016 con $161,70 \pm 36,81$ mS/cm) y el mínimo en el año 2018 ($26,69 \pm 0,60$ mS/cm) (Figura 6-59). En Peine la intensidad de la oscilación observada fue la de menor magnitud, en la campaña 2019 el valor estimado fue de $86,47 \pm 32,34$ mS/cm, mientras que el mínimo se registró el 2024, con $29,10$ mS/cm (Figura 6-59). En Soncor las conductividades oscilaron entre $59,00 \pm 12,79$ mS/cm en 2019 y $122,47 \pm 7,44$ mS/cm en la campaña del 2023 (Figura 6-59).

Los valores promedio de conductividad eléctrica de la columna de agua registrados durante la campaña del 2024 se encuentran dentro de los rangos de variación históricos en los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, mientras que, para Peine, el valor estimado en la campaña ha sido el de menor registro, no obstante, de similar orden al estimado en la campaña 2011 (Figura 6-59).

Figura 6-59. Conductividad eléctrica histórica promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

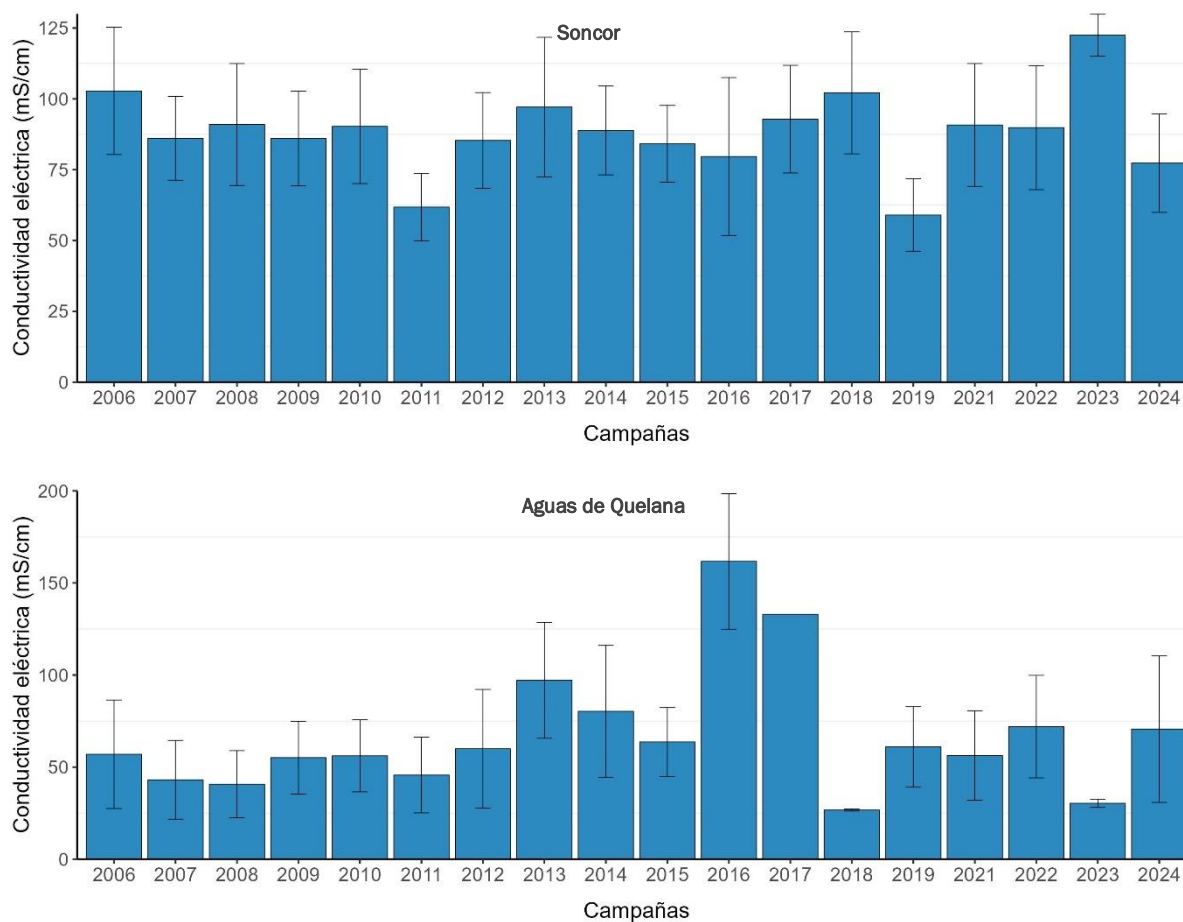
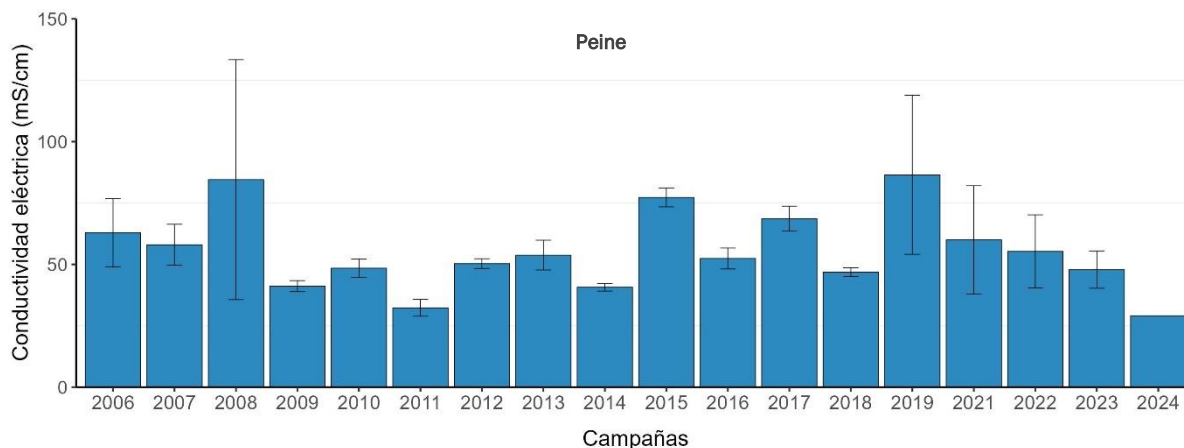


Figura 6-59. Conductividad eléctrica histórica promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

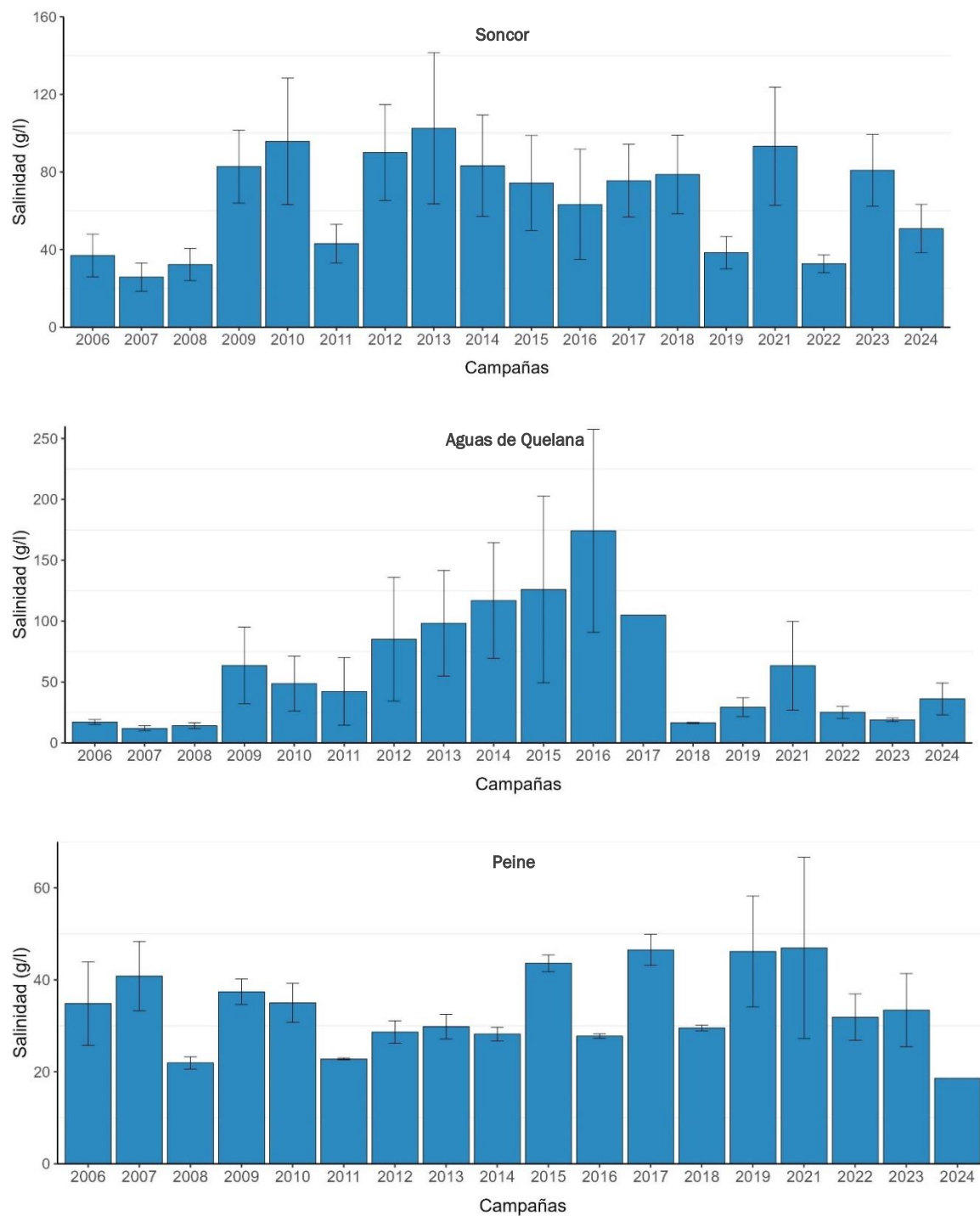


Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.1.5 Salinidad

Similar a lo que ocurre con la conductividad, se observa una variación temporal en los valores promedios en los distintos sistemas hidrológicos. A lo largo de las campañas de seguimiento Aguas de Quelana es el que muestra la mayor variabilidad temporal, con valores que oscilan entre $11,92 \pm 2,08$ g/l en 2007 y $174,17 \pm 83,39$ g/l en 2016. En el caso de Soncor, los promedios históricos de salinidad varían entre $25,81 \pm 7,33$ g/l registrado para 2007 y $102,48 \pm 39,01$ g/l en el año 2013, mientras que en el sistema Peine la salinidad varía entre $18,62 \pm 0,00$ g/l y $46,93 \pm 19,7$ g/l, promediados para los años 2024 y 2021 respectivamente (Figura 6-60). En general, los registros bajos de salinidad dentro de los sistemas podrían estar vinculados a la magnitud de los caudales de recarga de los cuerpos de agua al momento del registro, y la proximidad de las estaciones a las zonas de afloramiento de agua. En particular el sistema aguas de Quelana es el que se encuentra relativamente más alejado del núcleo del Salar, lo que puede redundar en una menor mezcla de aguas de escurrimiento con la salmuera, y con esto su menor salinidad.

Comparando la campaña actual (2024) con los registros históricos, se observa que los valores promedios tanto del Sistema Soncor como de Aguas de Quelana se encuentran dentro del rango de variación histórica. En Peine el registro realizado en el 2024 mostró un valor inferior al rango de variación histórica del sistema, lo que como fue mencionado, podría ser en parte un artefacto asociado a una subrepresentación del sistema al solo contar con datos de una única estación, y/o además de condición de dilución particular de la estación al momento del registro (en la campaña la columna de agua en la estación mostró una mayor altura (ver Anexo 18), lo que redundaría en la concentración de iones).

Figura 6-60. Salinidades históricas promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.1.6 Clorofila-a fracción

Los registros de clorofila a históricos muestran una amplia variabilidad interanual en los sistemas particularmente en Aguas de Quelana, seguida por Peine y por último Soncor (Figura 6-61). Los valores promedio más altos de clorofila a fueron observados en la campaña 2016 en todos los sistemas (Figura 6-61). En el sistema Peine, la concentración de clorofila fluctuó entre 0,002 $\mu\text{g/l}$ (2006) y 106,58 $\mu\text{g/l}$ (2016). En el sistema Soncor, las concentraciones de clorofila a oscilaron entre 0,01 $\mu\text{g/l}$ en el 2008 y 47,32 $\mu\text{g/l}$ en el 2016. Mientras que el Aguas de Quelana, el rango de variación de clorofila a fue de 0,01 $\mu\text{g/l}$ en el año 2008 y 217,23 $\mu\text{g/l}$ en el año 2016 (Figura 6-61).

Al comparar la campaña de seguimiento actual (2024) con las variaciones históricas de clorofila a, los registros estimados en el 2024 se encuentran dentro del rango histórico para los Sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Peine.

Figura 6-61. Clorofila a planctónica histórica promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

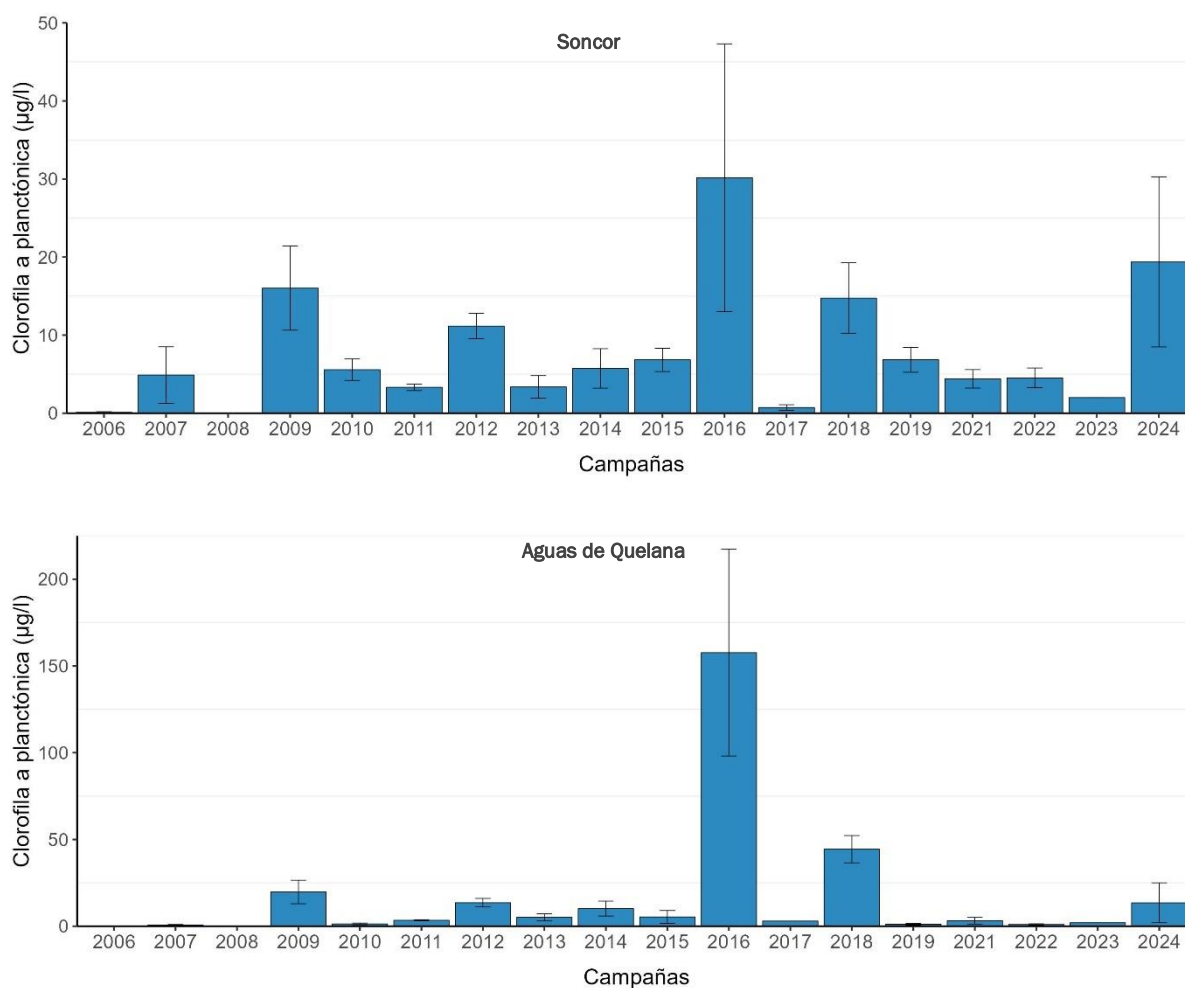
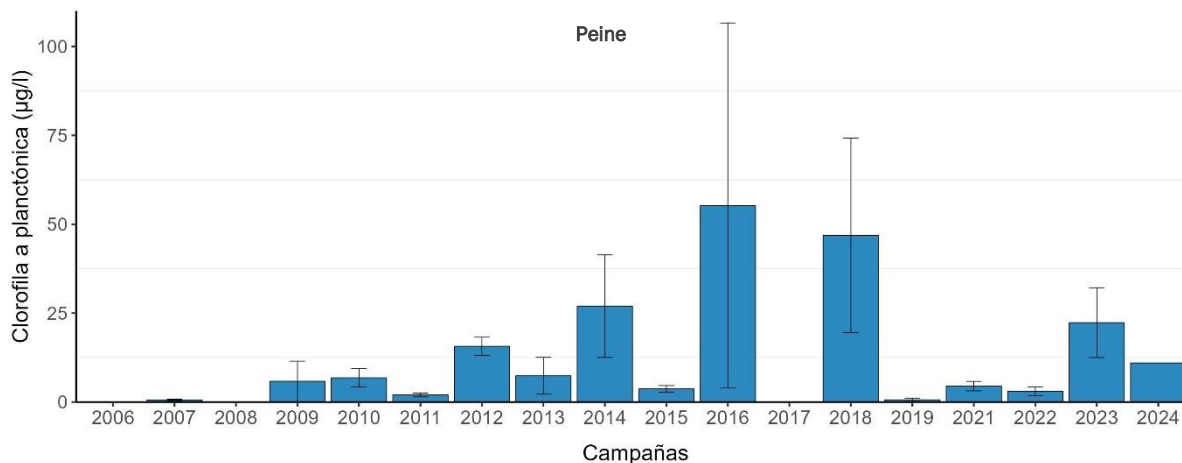


Figura 6-61. Clorofila a planctónica histórica promedio ($\pm ee$) por sistema hidrológico (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2 Medio biótico

A nivel histórico, en general, se observa un grado de alternancia entre las clases de mayor aporte a la abundancia del ensamble entre las campañas, marcado por el dominio en general de los ensamblajes fitoplanctónicos y fitobentónicos por parte de las diatomeas (clase Bacillariophyceae). En el fitoplancton, junto a las diatomeas se observa algunos aumentos esporádicos del aporte de Cyanophyceae y Trebouxiophyceae a la composición del ensamble entre las campañas realizadas el 2013 al 2017. En el caso del fitobentos, la clase Bacillariophyceae es la clase dominante a lo largo del registro histórico, el que estuvo acompañado también por un incremento ocasional en la abundancia de Cyanophyceae entre el 2019 al 2022.

A diferencia de lo que ocurre con las microalgas, para la fauna acuática planctónica y bentónica la dominancia no está exclusivamente dada por una clase. Los taxa más comunes corresponden a Copepoda, Ostracoda, Gastropoda, Insecta y Malacostraca en el zooplancton, y las clases Ostracoda, Insecta, Copepoda, Arachnida y Gastropoda en el zoobentos.

En términos de la riqueza de taxa y la abundancia total media, a lo largo del registro histórico dentro de los cuerpos de agua del Salar de Atacama se han observado variaciones interanuales en los registros de microalgas planctónicas y bentónicas, marcadas por la ocurrencia de eventos particulares de mayor riqueza en el caso del fitoplancton y de períodos de mayor riqueza en el caso del fitobentos, como el observado entre el 2009 y 2014. Un factor por considerar al momento de evaluar la fluctuación en la riqueza de taxa corresponde a la potencial incertidumbre taxonómicas asociada a la identificación de las diatomeas, la que se encuentra en desarrollo, particularmente para los taxa altoandinos. Por otra parte, como fue mencionado, las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua muestran amplios rangos de variación interanuales, ligados a variaciones naturales de los factores ambientales determinantes para los procesos de recarga y descarga. Estas variaciones ambientales condicionan la ocurrencia cambios en las condiciones de hábitat para

los organismos que habitan los cuerpos de agua, lo que puede redundar en la composición de los ensambles, su riqueza y su abundancia.

La riqueza de los ensambles de zoobentos y zooplancton muestra una escasa variación interanual, con rango máximo promedio de 5 taxa. En términos de las abundancias, se observa una mayor variabilidad en los valores medios, en donde para el zoobentos se registran variaciones que alcanzan varios ordenes de magnitud entre campañas. La baja variabilidad de la riqueza de taxa en general, y el marcado incremento en la abundancia del zoobentos en particular, indica que los cambios en abundancia estarían dados fundamentalmente por eventos reproductivos, cuya ocurrencia está definida por las condiciones ambientales locales, en donde un incremento en las condiciones de estrés incide negativamente sobre el éxito reproductivo y/o sobrevivencia de juveniles (larvas) (Lambret et al., 2021; Souissi et al., 2022).

En el caso de los índices de diversidad, para todos los descriptores estimados se observan variaciones interanuales en sus valores medios. Estos cambios estarían influidos principalmente por las variaciones en los registros de abundancia por taxa en consideración a la baja variabilidad observada en la riqueza de taxa. En términos generales, los registros de diversidad de Shannon para el ensamble de microalgas plantónicas oscilan entre 0,5 y 3,0. En el caso de la fauna planctónica y bentónica, el índice de diversidad oscila entre 0,25 y 0,75.

El valor del índice de dominancia de Simpson muestra una variación para las microalgas bentónicas entre 0,5 a 1,0, y para las microalgas plantónicas entre 0,5 y 0,75. Para la fauna acuática bentónica el índice de dominancia oscila históricamente entre 0,15 y 0,45, mientras que para la fauna planctónica el rango de variación histórica es de 0,1 a 0,5.

En cuanto al índice de Pielou para el fitoplancton el registro histórico osciló entre 0,22 a 0,99; en el caso del fitobentos el valor del índice varió entre 0,29 a 0,93. Para la fauna, los valores estimados a lo largo de las campañas variaron entre 0 para estaciones en donde se registró la presencia de solo un taxa, a 0,78 en el caso del zooplancton y de 0,75 para el zoobentos.

A continuación, se muestra una discusión detallada de los registros bióticos históricos por sistema hidrológico, incluyendo la campaña actual (2024), así como los valores estimados para los descriptores comunitarios de diversidad.

6.3.2.1 Fitoplancton

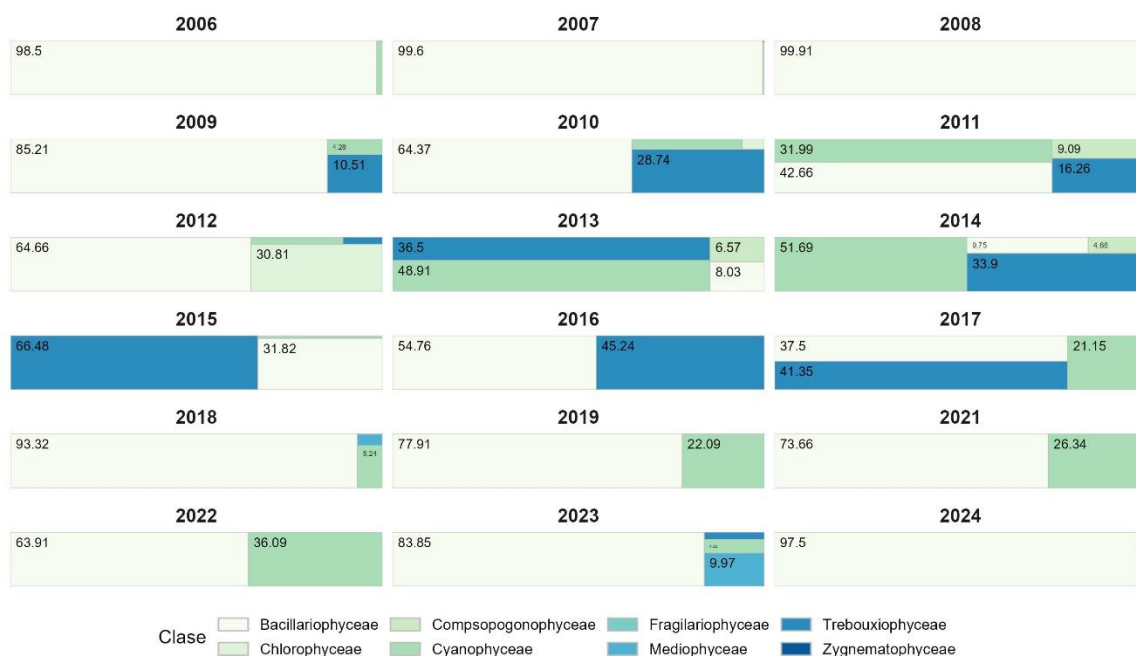
6.3.2.1.1 Composición taxonómica histórica

Para el ensamble fitoplanctónico, a la fecha (2006 al 2024), se han identificado 8 clases en el Sistema Soncor, las que corresponden a Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Compsopogonophyceae, Cyanophyceae, Fragilariophyceae, Mediophyceae, Trebouxiophyceae y Zygnematophyceae (Figura 6-62) entre estos taxa, las diatomeas son el taxa dominante, salvo en las campañas 2013 y 2014 en donde se registra una mayor presencia de las clases Cyanophyceae y Trebouxiophyceae, esta última mantiene su presencia en el 2015, 2016 y 2017. A partir del 2018 las diatomeas vuelven a ser el taxon dominante (Figura 6-62).

En Aguas de Quelana a la fecha se han registrado 11 clases; Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Compsopogonophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Fragilariophyceae, Mediophyceae, Trebouxiophyceae y Zygnematophyceae (Figura 6-63). Al igual que en Soncor, las diatomeas son el taxa dominante, salvo en la campaña el 2009, donde predominan levemente las cianobacterias, clase Cyanophyceae. En los años 2013 y 2014, además de la clase Bacillariophyceae, destaca a presencia de las clases Cyanophyceae y Trebouxiophyceae, y en las campañas del 2015 y 2017 domina la clase Trebouxiophyceae. Desde el 2018 a la actualidad las diatomeas son dominantes, exceptuando el 2023, cuando la clase Coscinodiscophyceae es dominante (Figura 6-63).

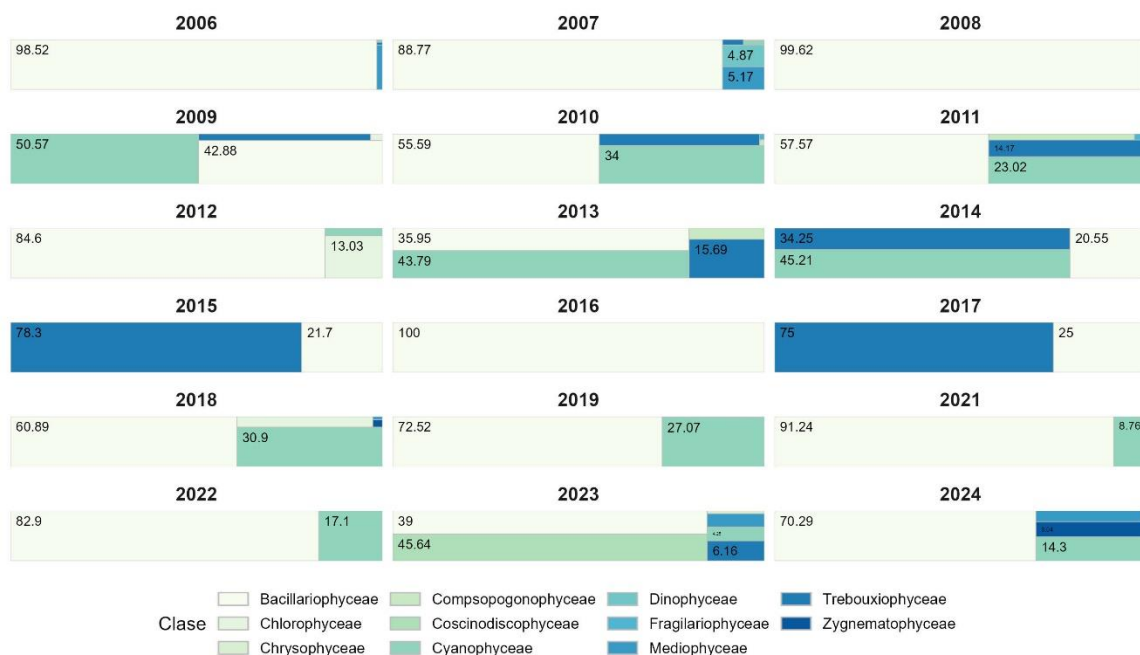
En el sistema de Peine se han registrado 9 clases, las que corresponden a Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Compsopogonophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, Fragilariophyceae, Mediophyceae y Trebouxiophyceae (Figura 6-64). Entre las clases registradas, la clase Bacillariophyceae corresponde al taxa dominante en las campañas entre el 2006 al 2012. En los años 2013 y 2014 las diatomeas comparten dominancia con las clases Cyanophyceae y Trebouxiophyceae, siendo esta ultima la dominante en la campaña del 2017. Las Chlorophyceae corresponden al taxon dominante en el año 2018. A partir del 2019 a la fecha las diatomeas son la clase dominante (Figura 6-64).

Figura 6-62. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton en el sistema hidrológico Soncor



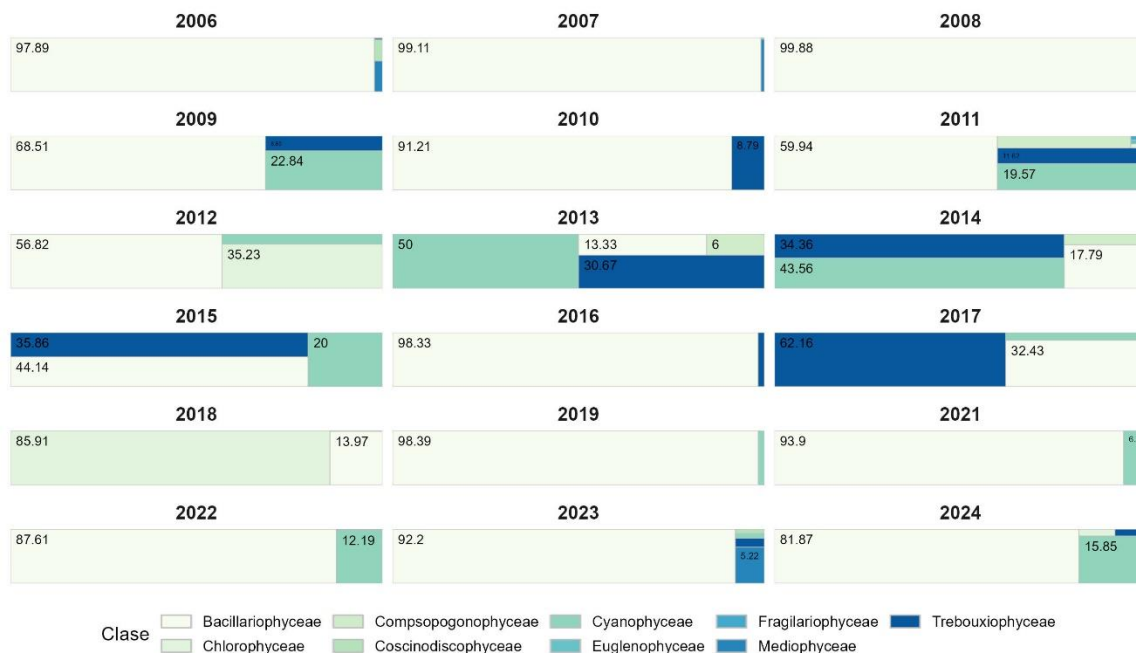
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-63. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton en el sistema hidrológico Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-64. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitoplancton en el sistema hidrológico Peine.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.1.2 Riqueza y Abundancia histórica

En general, la riqueza promedio muestra una amplia variación temporal dentro de los sistemas hidrológicos. Para los tres sistemas hidrológicos la mayor riqueza se registró en la campaña del 2011, donde se identificaron $22,1 \pm 1,08$ taxa en Soncor, $23,63 \pm 0,94$ taxa en Aguas de Quelana y $27,4 \pm 3,35$ taxa en Peine (Figura 6-65). La estimación de los valores de riqueza media menores para los tres sistemas se registró en la campaña del 2012, promediando un valor de $2,25 \pm 0,19$ taxa en Soncor, $2,0 \pm 0,71$ taxa en Aguas de Quelana y $2,0 \pm 0,14$ taxa en Peine (Figura 6-65).

La riqueza promedio estimada para el 2024 para los diferentes sistemas es inferior al valor medio estimado histórico (2006 – 2023). Para Soncor el registro 2024 fue de $6,35 \pm 0,63$ y el histórico de $8,84 \pm 0,92$, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $6,0 \pm 0,91$, y en el histórico de $11,4 \pm 1,2$. En Peine el registro 2024 fue de $8,67 \pm 1,45$ y el histórico de $9,16 \pm 1,65$). No obstante, estos registros, el valor estimado en el 2024 se encuentra dentro del rango de variación registrado en cada sistema (Figura 6-65).

Respecto a las abundancias promedio por sistema, se observa una amplia variabilidad entre las diferentes campañas de monitoreo, destacándose la ocurrencia de marcados incrementos de abundancia (Figura 6-66). En Soncor y Peine se registran picos de abundancia en las campañas de 2009 y 2023, donde los promedios fueron de 917.857 ± 275.245 cel/l y $1.088.625 \pm 59.407,6$ cel/l en Soncor y $2.255.000 \pm 547.259$ cel/l y $3.811.667 \pm 862.110$ cel/l en Peine respectivamente (Figura 6-66). En Aguas de Quelana igual se registran picos de abundancia en las campañas de 2009 ($1.795.500 \pm 196.806,6$ cel/l) y 2023 ($1.544.500 \pm$

126.893,9 cel/l), además de los años 2010 ($1.632.500 \pm 211.489,6$ cel/l) y 2015 ($530.000 \pm 339.411,3$ cel/l). Estos picos de abundancia podrían estar relacionados a procesos ambientales generales dentro del salar dado que se observa un grado de sincronía entre los sistemas.

Al contrastar los registros históricos (2006 – 2023) con la campaña actual (2024), los valores promedios de abundancia estimados en los diferentes sectores fueron inferiores al valor medio histórico. Para Soncor el registro 2024 fue de $47494,35 \pm 22673,92$ cel/l y el histórico de $199616,60 \pm 95915,66$ cel/l, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $78128,33 \pm 33987,85$ cel/l, y en el histórico de $392973,7 \pm 197830,5$. En Peine el registro 2024 fue de $493499,0 \pm 402135,7$ cel/l y el histórico de $49210,0 \pm 6748,76$ cel/l. No obstante, estos registros, el valor estimado en el 2024 se encuentra dentro del rango de variación registrado en cada sistema.

Figura 6-65. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico

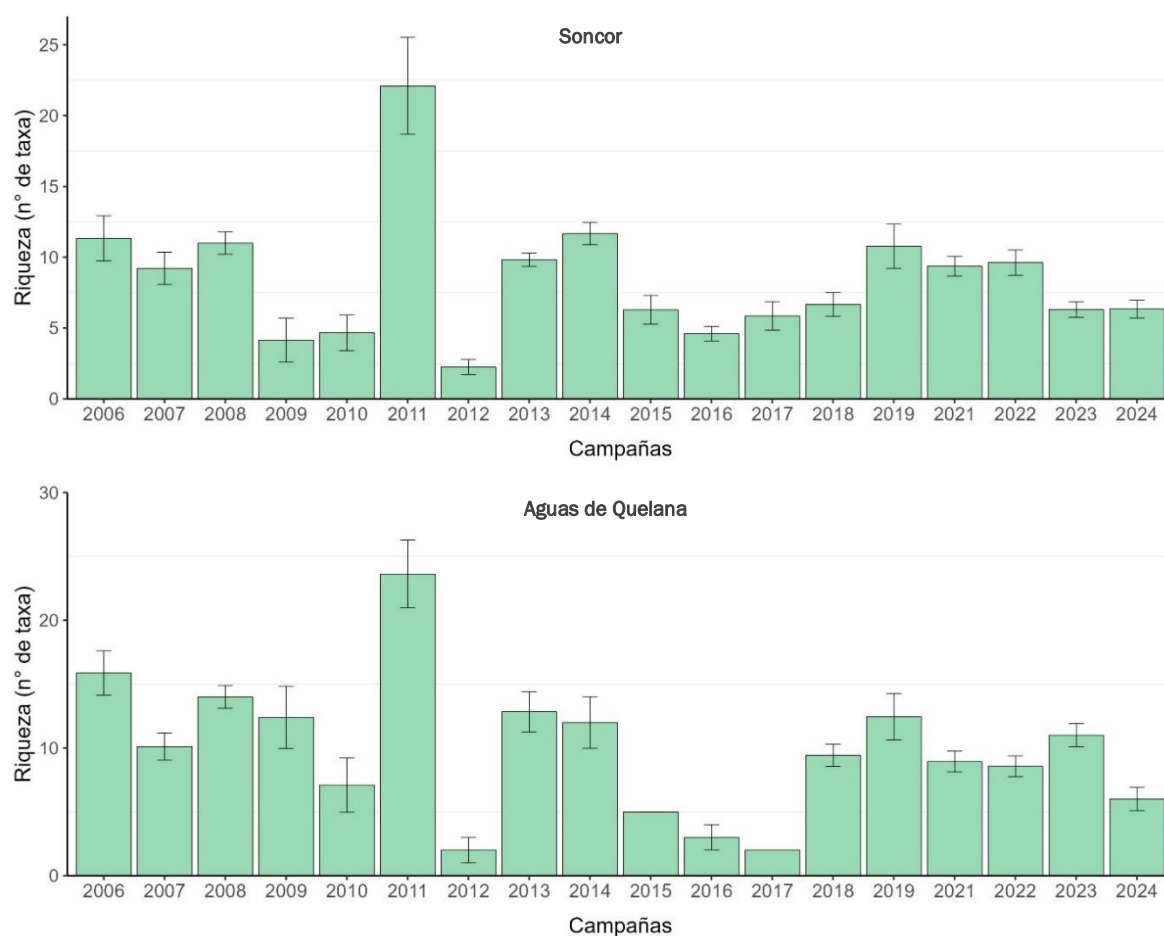
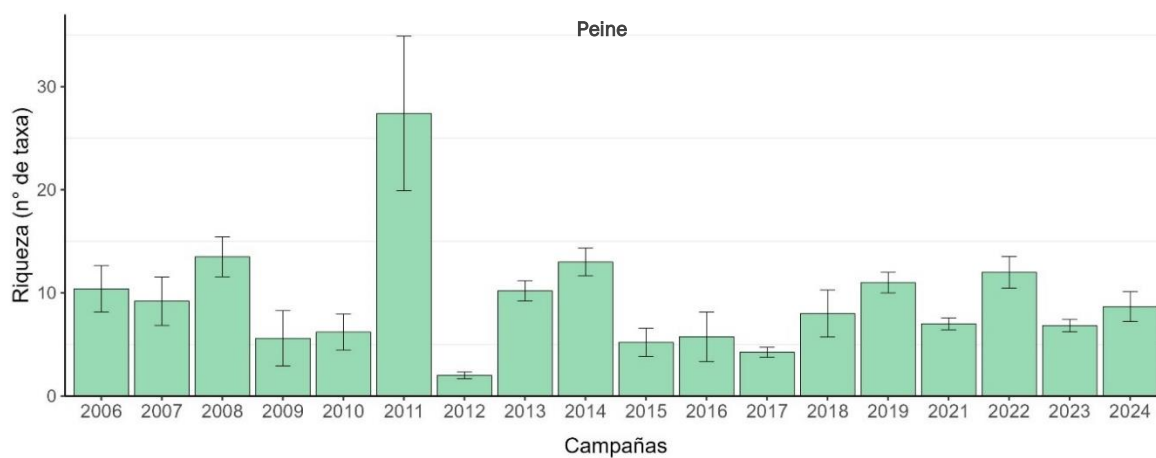


Figura 6-65. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

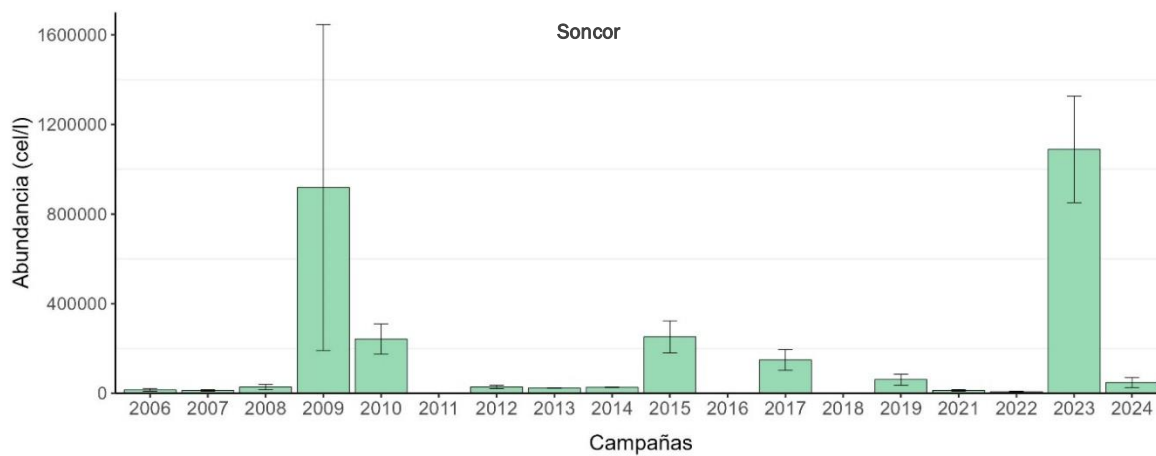
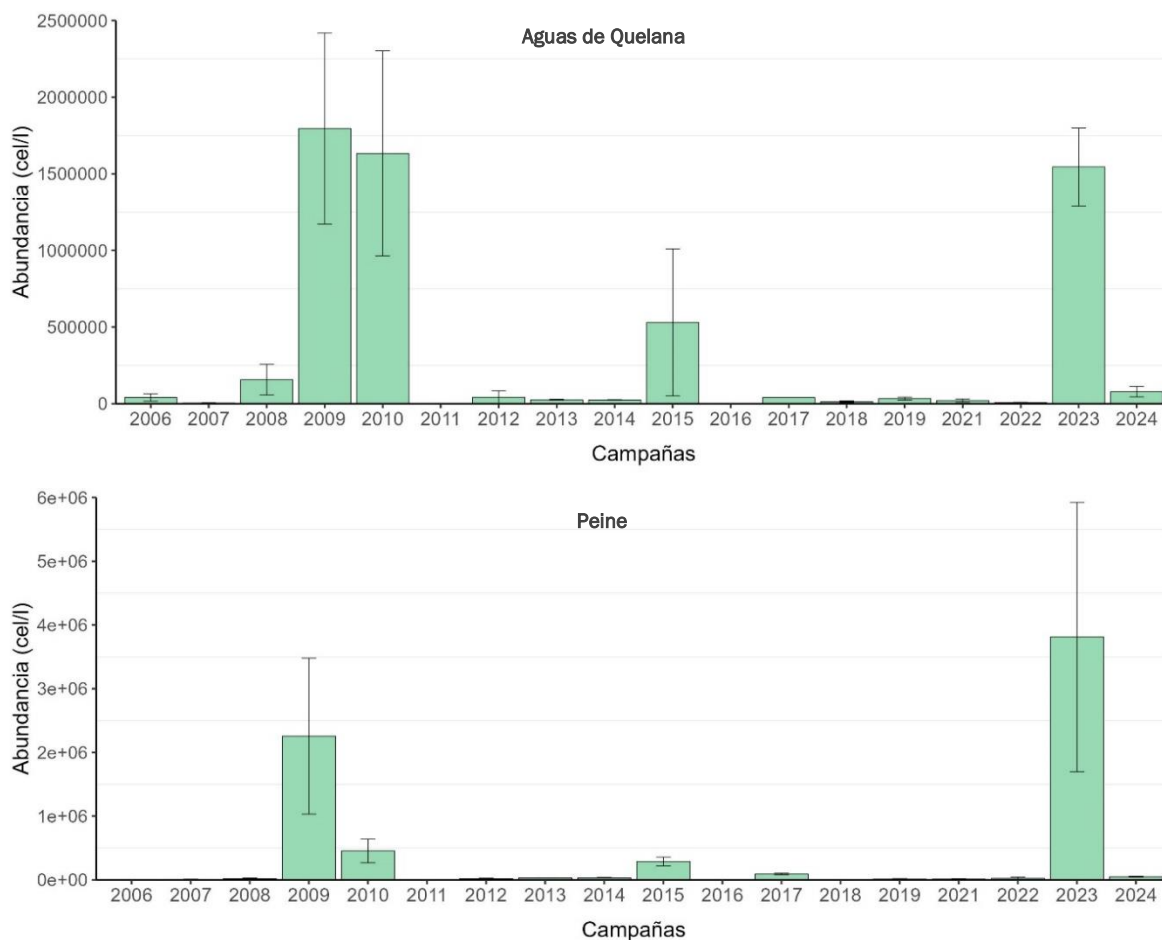
Figura 6-66. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico.

Figura 6-66. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en cel/l del ensamble de fitoplancton por sistema hidrológico.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.1.3 Diversidad histórica

En términos del registro histórico, los sistemas hidrológicos evaluados, Aguas de Quelana, Soncor y Peine, muestran patrones interanuales similares para la diversidad, dominancia y equitatividad, registrándose en general los mayores valores durante la campaña del 2011 y los menores durante la campaña del 2012 (Figura 6-67; Figura 6-68; Figura 6-69).

El índice de diversidad de Shannon presenta un patrón de variación temporal similar en los tres sistemas hidrológicos (Figura 6-67). Se registra un máximo cercano a un valor de 3 para la campaña del 2011 en todos los sistemas. En los demás años los valores se encuentran cercanos a un promedio de 1 y 2, a excepción del 2012, donde los promedios son de $0,5 \pm 0,06$ en Soncor, $0,24 \pm 0,17$ en Aguas de Quelana y $0,50 \pm 0,06$ en Peine (Figura 6-67).

El índice de dominancia de Simpson (Figura 6-68) mostró un patrón similar al de Shannon, registrándose los mayores valores promedio en la campaña del 2011 (Soncor = $0,92 \pm 0,003$; Aguas de Quelana = $0,92 \pm 0,004$; Peine = $0,93 \pm 0,006$) y el menor valor el 2012 (Soncor = $0,29 \pm 0,03$; Aguas de Quelana = $0,13 \pm 0,04$; Peine = $0,32 \pm 0,04$).

Respecto al índice de equitatividad de Pielou histórico (Figura 6-69), el patrón de variación temporal fue ligeramente diferente al reportado en los índices anteriores (Figura 6-67; Figura 6-68). En Peine la equitatividad promedio osciló entre $0,36 \pm 0,08$ en el 2009 y $0,94 \pm 0,003$ el 2011. En Aguas de Quelana se registró la mayor equitatividad promedio durante la campaña del 2016 ($0,99 \pm 0,01$) y la menor durante el 2012 ($0,22 \pm 0,15$). En Soncor se observa el mayor registro en el 2011 y el menor en el 2012 (Figura 6-69), como ocurrió con la diversidad y la dominancia.

Al contrastar los valores medios estimados para los descriptores de diversidad para la campaña 2024 respecto al registro histórico (2006 - 2023), estos se encuentran dentro del rango de variación observado históricamente (Figura 6-69), lo que establece una importante estabilidad temporal en la estructura del ensamble fitoplanctónico a través del tiempo en los sistemas en estudio.

Figura 6-67. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema

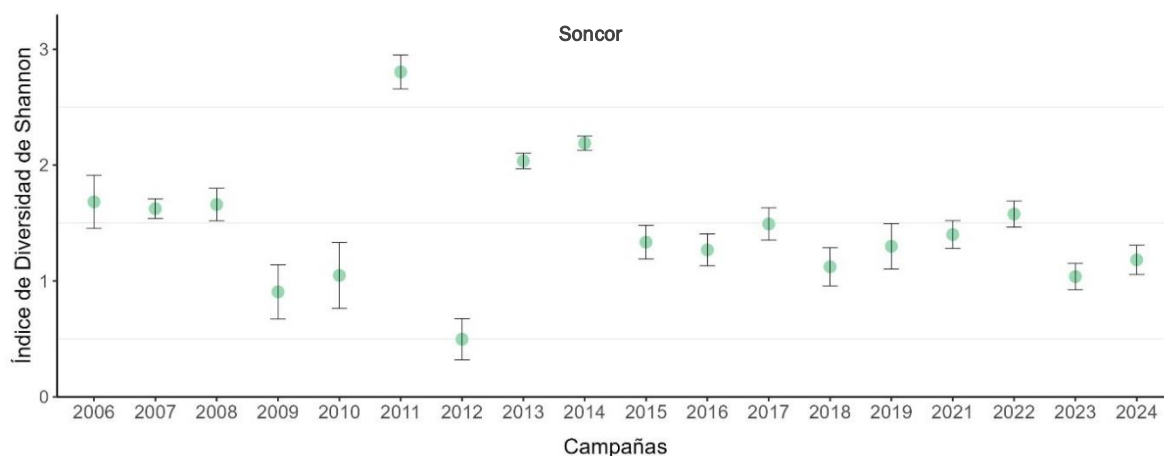
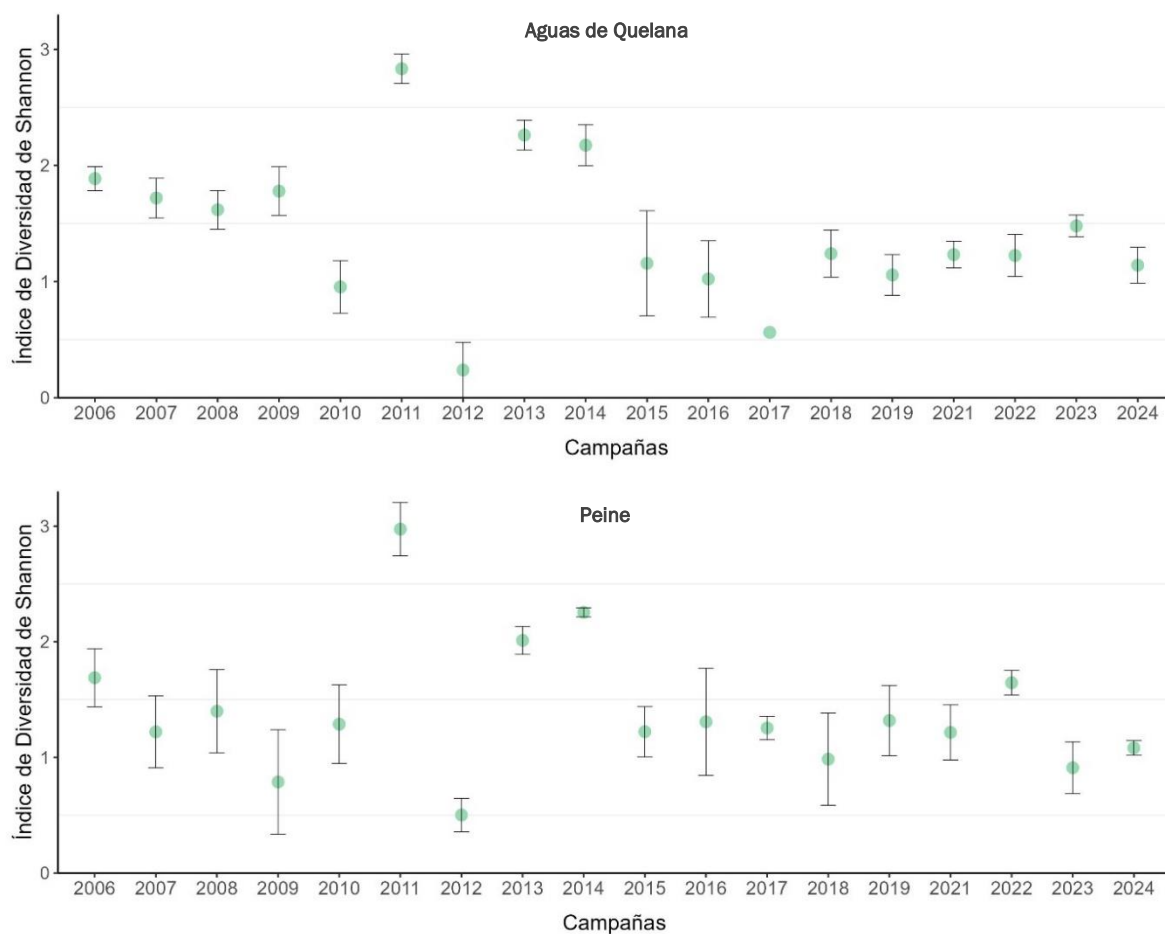
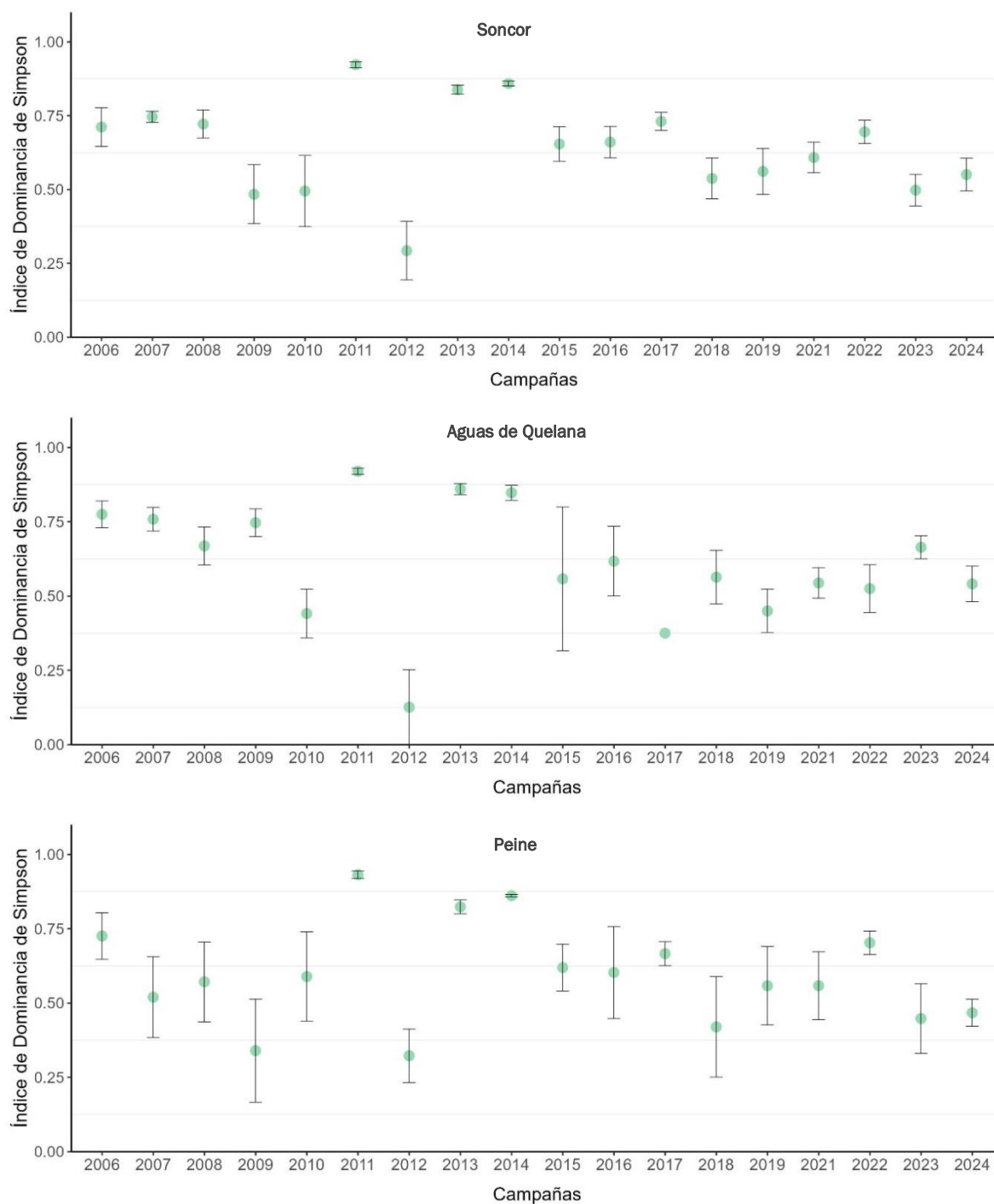


Figura 6-67. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema



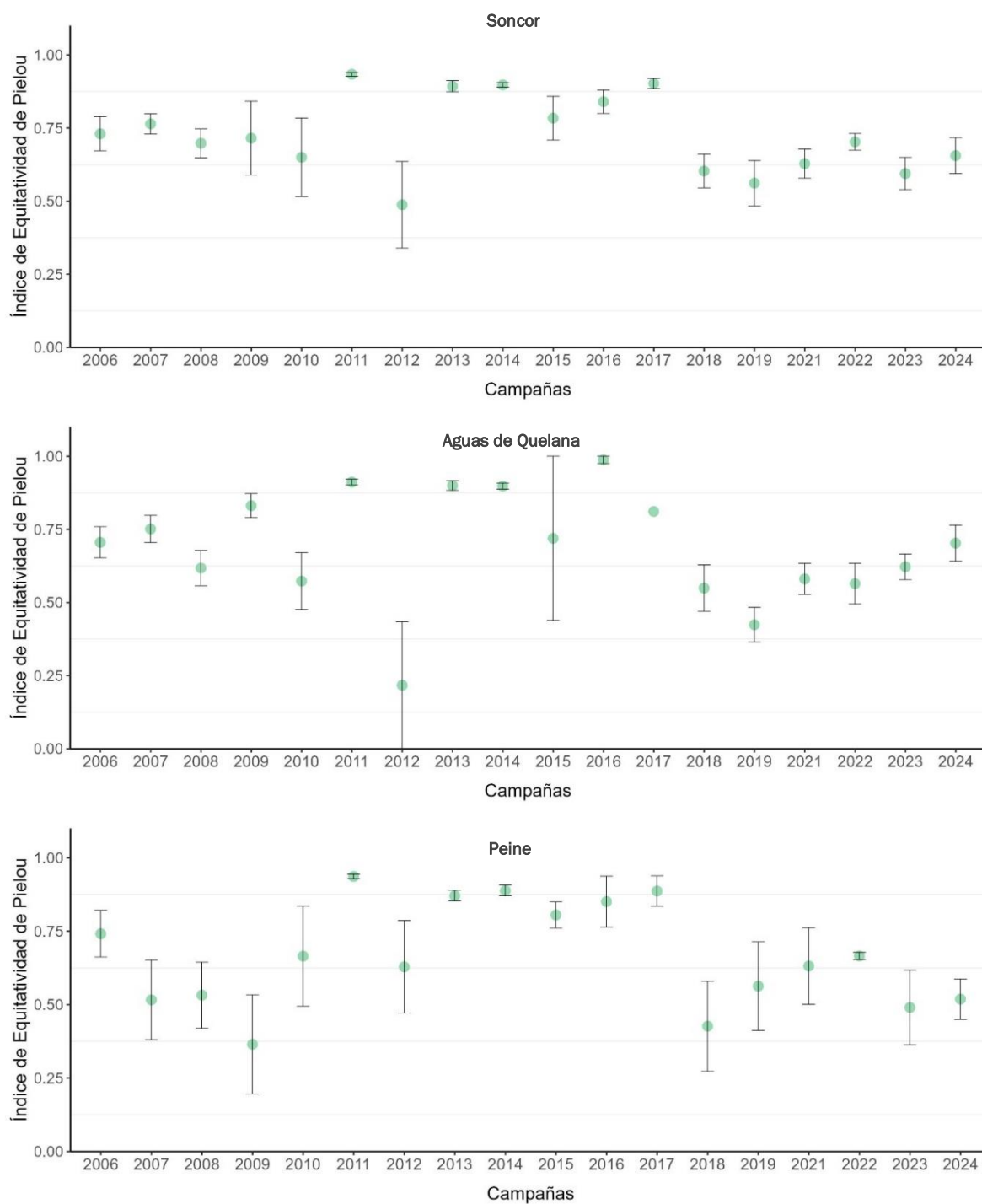
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-68. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-69. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitoplancton por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.2 Fitobentos

6.3.2.2.1 Composición taxonómica histórica

Para el ensamble fitobentónico a nivel histórico (2006 al 2024), en el sistema de Soncor se han identificado 6 clases; Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Coscinodiscophyceae, Mediophyceae y Cyanophyceae (Figura 6-70). En general el taxa dominante a través de las campañas y sistemas corresponde a las diatomeas (Bacillariophyceae). En Soncor, las diatomeas aportan corresponden al grupo dominante en todas las campañas, aportando en sobre el 98% de los individuos en gran parte de las campañas. En las campañas 2019, 2021 y 2022 se registra un aumento de las algas verdes Cyanophyceae, no obstante, este aumento no sobrepaso el 40% de la abundancia total (Figura 6-70).

En aguas de Quelana se han registrado a la fecha 9 clases; Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Coscinodiscophyceae, Cyanobacteria, Cyanophyceae, Fragilariophyceae, Mediophyceae y Trebouxiophyceae (Figura 6-71). La clase dominante corresponde a las Bacillariophyceae en todas las campañas, con excepción del año 2022 en donde las cianobacterias de clase Cyanophyceae contribuyeron con el 53,3% de la abundancia total registrada en la campaña (Figura 6-71).

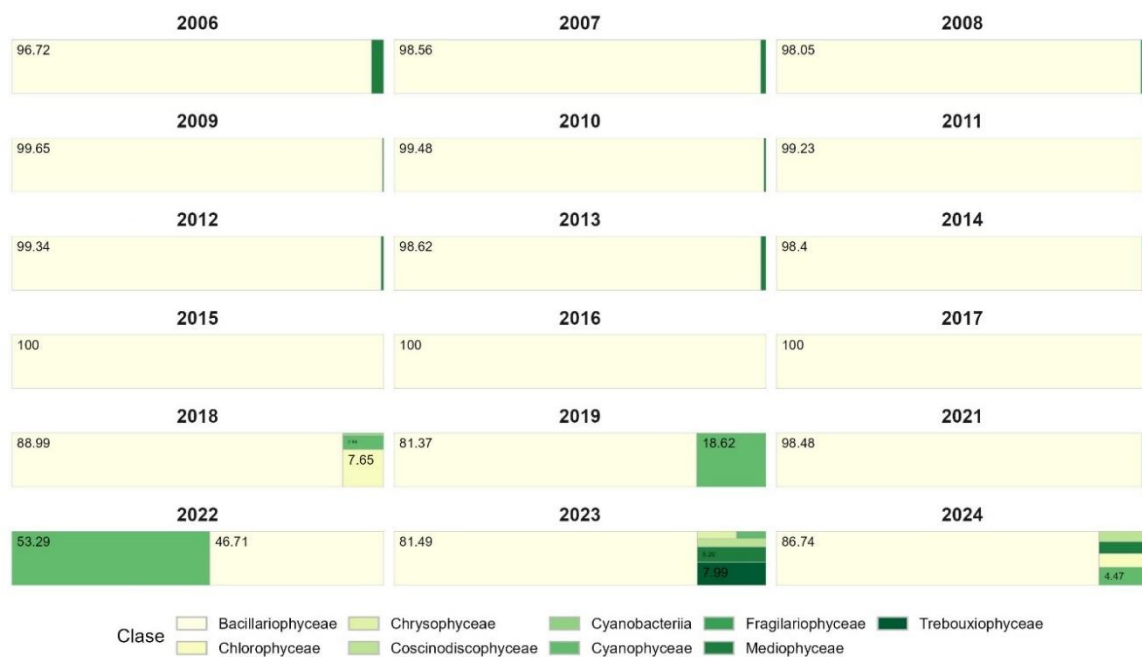
En el sistema de Peine, a la fecha se han registrado 7 clases; Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria, Cyanophyceae, Fragilariophyceae, Mediophyceae y Trebouxiophyceae (Figura 6-72). En Peine se observa un patrón similar al descrito en Soncor y Aguas de Quelana, donde la clase Bacillariophyceae corresponde a la clase dominante en todas las campañas realizadas hasta el 2023. En la campaña actual (2024) el taxa dominante correspondió a las cianobacterias, clase Cyanophyceae con un 73,5% (Figura 6-72).

Figura 6-70. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitobentos en el sistema hidrológico Soncor



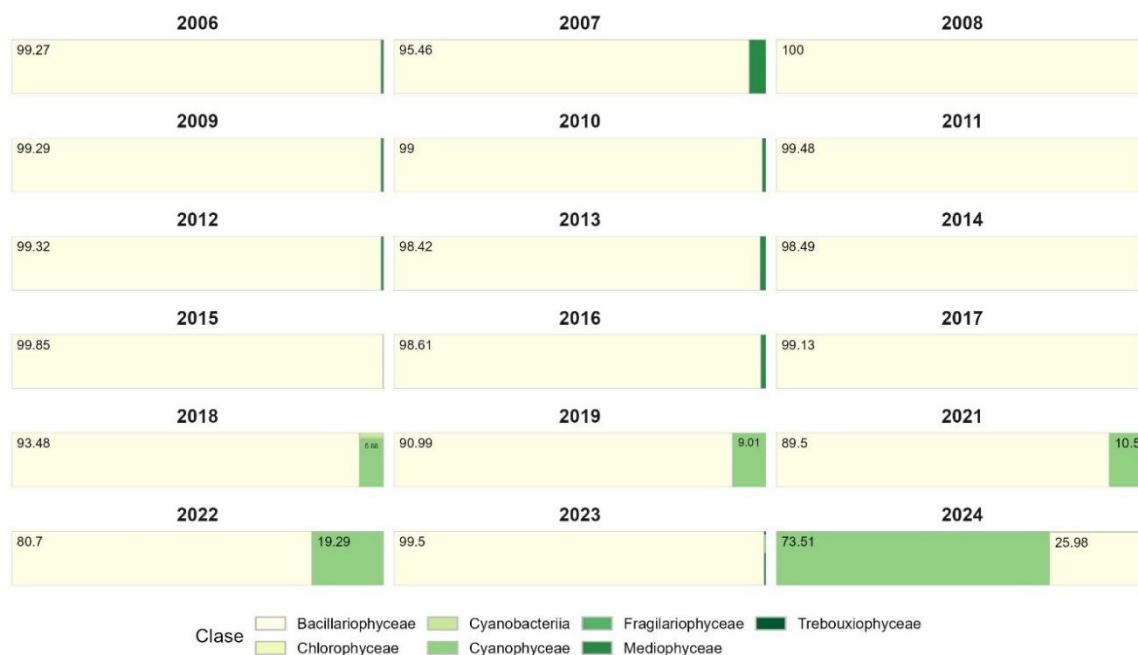
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-71. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitobentos en el sistema hidrológico Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-72. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de fitobentos en el sistema hidrológico Peine



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.2.2 Riqueza y Abundancia histórica

El valor medio de la riqueza de taxa a lo largo del registro histórico muestra una amplia variación, marcada por un incremento progresivo en todos los sistemas a partir del 2009 al 2014, seguida por un abrupto descenso en el 2015. A partir del 2015 se identifica una escasa variación en el registro medio de la riqueza (Figura 6-73). El máximo valor estimado en el 2014 fue de $61,56 \pm 0,71$ especies en Soncor, $53,33 \pm 2,58$ especies en Aguas de Quelana y $73,4 \pm 1,12$ especies en Peine (Figura 6-73). El menor número de especies se registró para los tres sistemas durante la campaña del 2007, promediando valores de $4,13 \pm 0,32$ especies en Soncor, $4,8 \pm 0,24$ especies en Aguas de Quelana y $3,0 \pm 0,37$ especies en Peine (Figura 6-73).

La riqueza promedio estimada para el 2024 para los diferentes sistemas es inferior al valor medio estimado histórico (2006 – 2023), no obstante, el registro se encuentra dentro del rango de variación histórico (Figura 6-65). Para Soncor el registro 2024 fue de $8,25 \pm 0,68$ y el histórico de $23,79 \pm 3,14$, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $11,08 \pm 1,12$, y en el histórico de $20,08 \pm 3,26$. En Peine el registro 2024 fue de $5,67 \pm 1,45$ y el histórico de $29,84 \pm 5,40$ (Figura 6-65).

Respecto a las abundancias promedio por sistema (Figura 6-74), se observan marcadas diferencias temporales en la magnitud del valor medio en los tres sistemas hídricos. En particular, se destacan los máximos de abundancia en las campañas 2006 al 2008 y a partir del 2018 a la fecha respecto a los registros anteriores en los sistemas (Figura 6-74). Los mayores registros de abundancia corresponden a la campaña del 2006, donde los promedios fueron de $15.884.857 \pm 2.040.996$ cel/cm³ en Aguas de Quelana, $58.607.100 \pm$

11.752.200 cel/cm³ en Soncor y 14.201.800 ± 4.183.915 cel/cm³ en Peine (Figura 6-74). En Aguas de Quelana y en Peine se registran además incrementos importantes de abundancia en las campañas de 2008, 2019, 2021, 2022 y 2024, estos últimos dos años mayormente en Aguas de Quelana. El origen de estos picos de abundancia podría estar vinculado a procesos ambientales generalizados dentro del Salar de Atacama dado que se observa un grado de sincronía entre sistemas.

Al contrastar los registros históricos (2006 – 2023) con la campaña actual (2024), los valores promedios de abundancia fueron inferiores al valor medio histórico en los sistemas de Soncor y Peine. Para Soncor el registro 2024 fue de 1517111,00 ± 376656,00 cel/cm³ y el histórico de 5139553,00 ± 4909160,00 cel/cm³, en Peine en el 2024 fue de 1413394,00 ± 1183382,00 cel/cm³, y en el histórico de 2486519,00 ± 1493489,00 cel/cm³. En Aguas de Quelana el registro 2024 fue mayor al valor histórico estimándose una media de 3294573,00 ± 1920885,00 cel/cm³ y el histórico de 2870943,00 ± 1223012,00 cel/cm³. No obstante, estos resultados, el valor estimado en el 2024 se encuentra dentro del rango de variación registrado en cada sistema.

Figura 6-73. Riqueza histórica promedio (±ee) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico

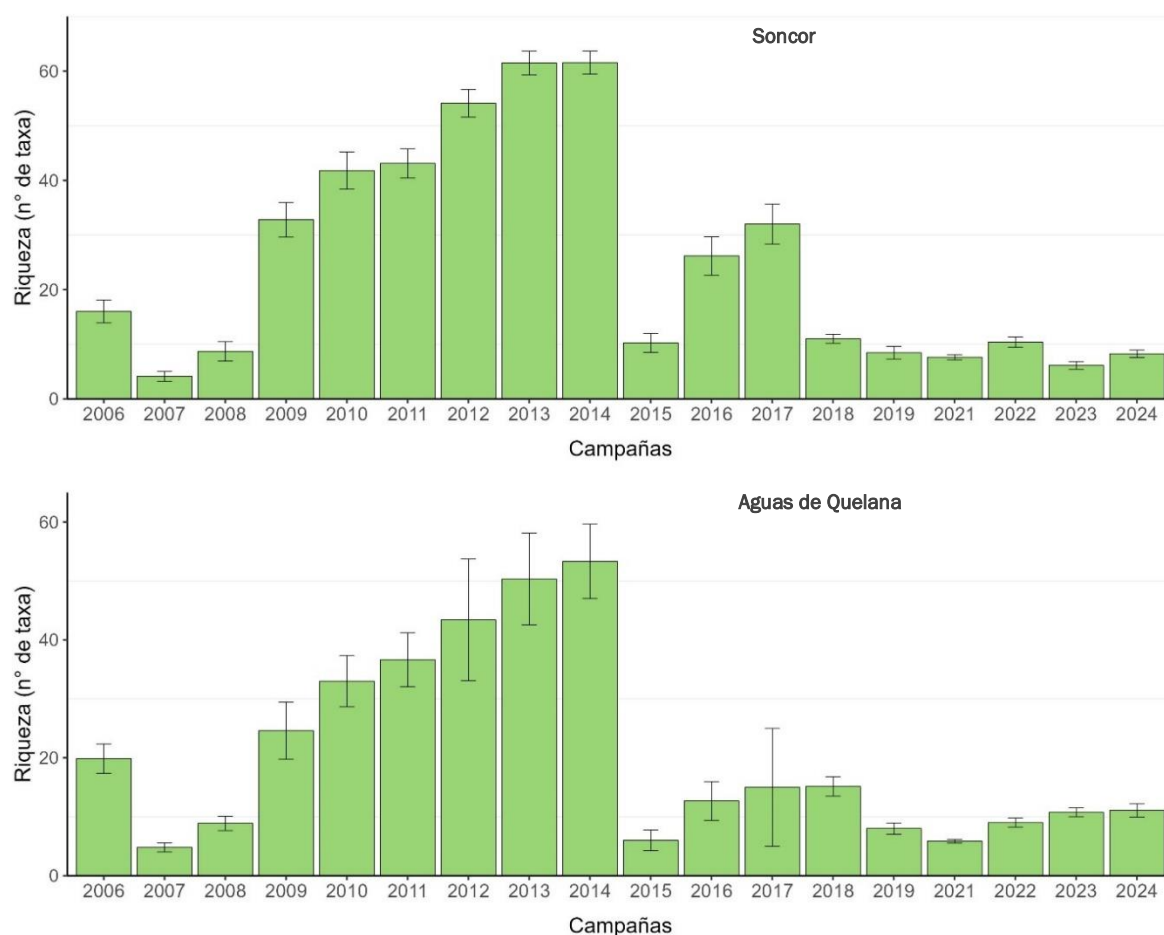
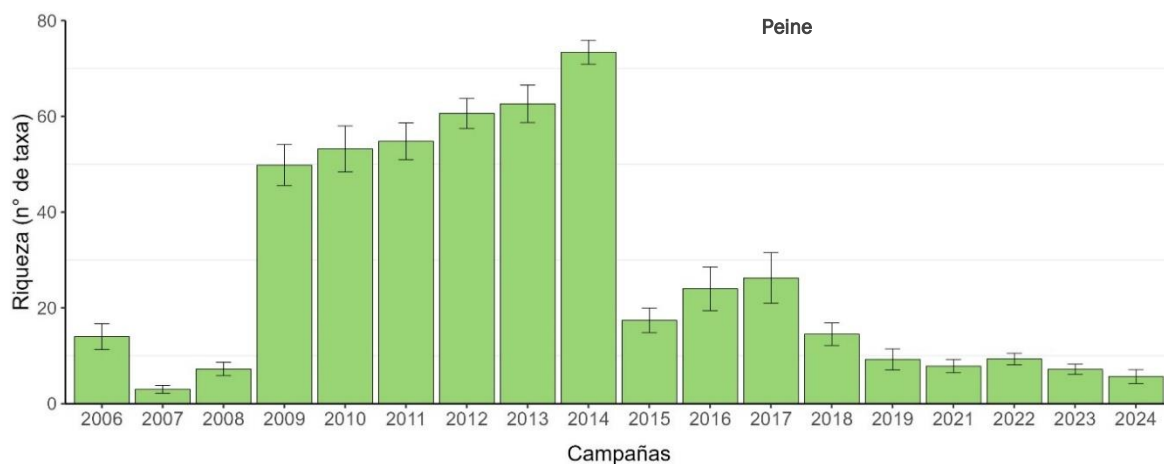


Figura 6-73. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

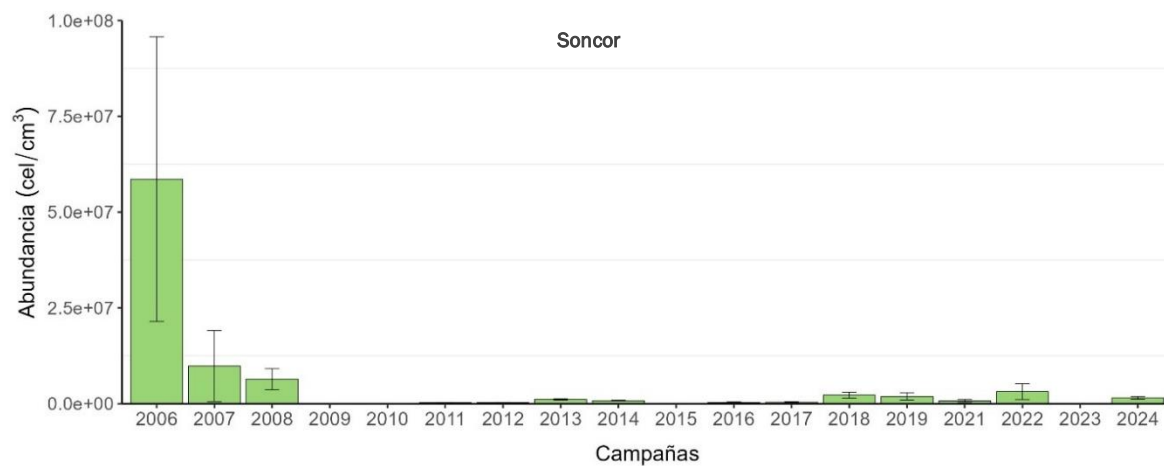
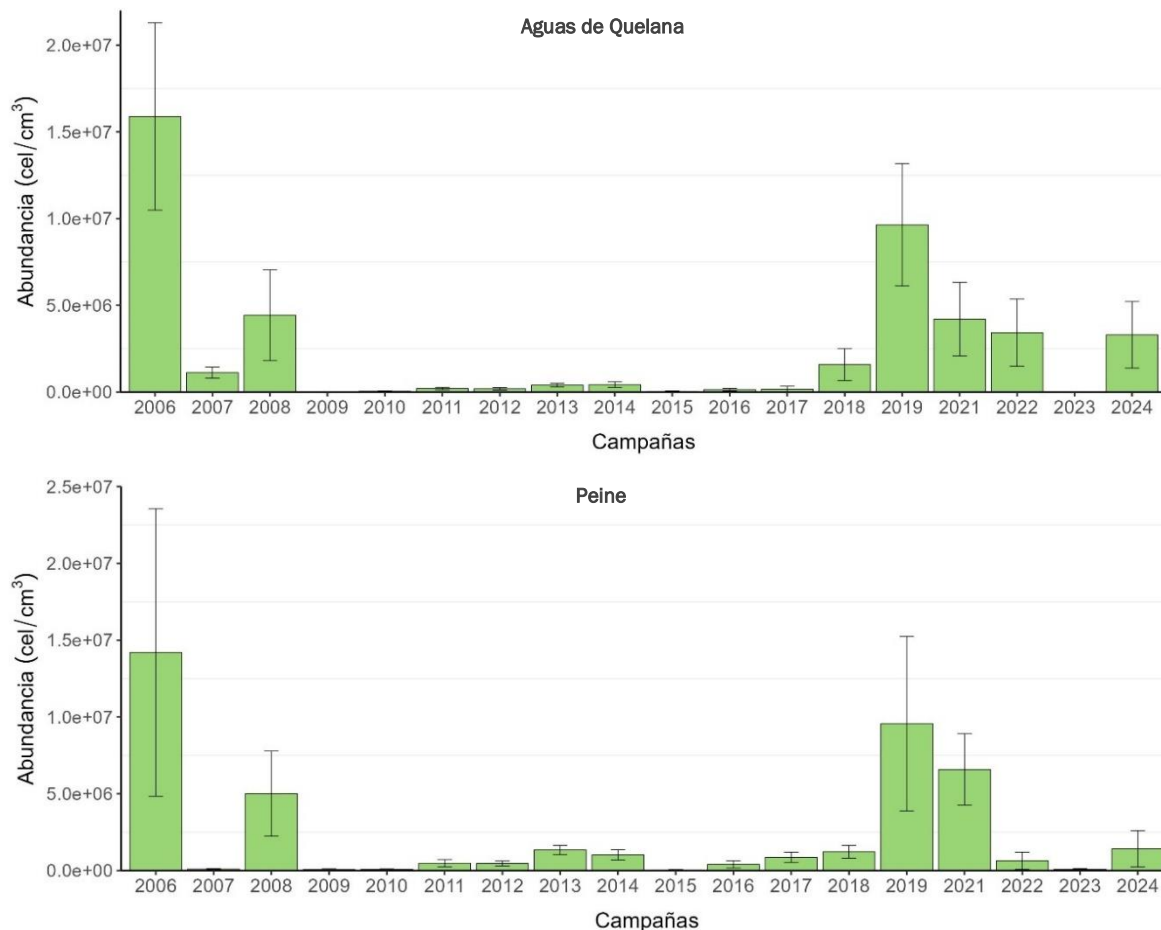
Figura 6-74. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en cel/cm³ del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico.

Figura 6-74. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en cel/cm³ del ensamble de fitobentos por sistema hidrológico.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.2.3 Diversidad histórica

Los valores estimados para los descriptores de diversidad del ensamble fitobentónico en los sistemas hidrológicos muestra patrones de variación temporal similar (Figura 6-75; Figura 6-76; Figura 6-77).

El índice de diversidad de Shannon muestra los valores más altos en las campañas del 2009 al 2014 (Figura 6-75). En la campaña realizada el año 2014 se estima la mayor diversidad promedio por sistema, equivalente a $3,57 \pm 0,05$ en Aguas de Quelana, $3,71 \pm 0,01$ en Soncor y $3,89 \pm 0,02$ en Peine. En los demás años la diversidad se encuentra, en términos generales, entre valores de 0,5 y 2,5 (Figura 6-75). Los menores registros estimados corresponden a la campaña 2018 en Soncor ($0,78 \pm 0,11$), 2021 en Aguas de Quelana ($0,90 \pm 0,01$) y 2007 en Peine ($0,84 \pm 0,27$) (Figura 6-75).

El índice de dominancia de Simpson (Figura 6-76) mostró un patrón similar al de Shannon, registrándose un incremento en la diversidad hasta el 2014, año en el que se alcanzan los promedios máximos de $0,97 \pm$

0,0004 en Soncor, $0,96 \pm 0,002$ en Aguas de Quelana y $0,97 \pm 0,0004$ en Peine. Los menores registros estimados corresponden a la campaña 2018 en Soncor ($0,32 \pm 0,06$), 2021 en Aguas de Quelana ($0,45 \pm 0,02$) y 2007 en Peine ($0,47 \pm 0,13$) (Figura 6-76).

Para el índice de equitatividad de Pielou histórico se observa una mayor heterogeneidad entre campañas (Figura 6-77). Se aprecia un leve aumento en la equitatividad hasta el 2012, que posteriormente comienza a disminuir hasta alcanzar el mínimo en la campaña del 2018 para todos los sistemas (Soncor = $0,29 \pm 0,01$; Aguas de Quelana = $0,49 \pm 0,02$; Peine = $0,45 \pm 0,04$) (Figura 6-75).

Al contrastar los valores medios estimados para los descriptores de diversidad para la campaña 2024 respecto al registro histórico (2006 - 2023), estos se encuentran dentro del rango de variación observado históricamente (Figura 6-69), lo que establece una importante estabilidad temporal en la estructura del ensamble fitoplanctónico a través del tiempo en los sistemas en estudio.

Figura 6-75. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema

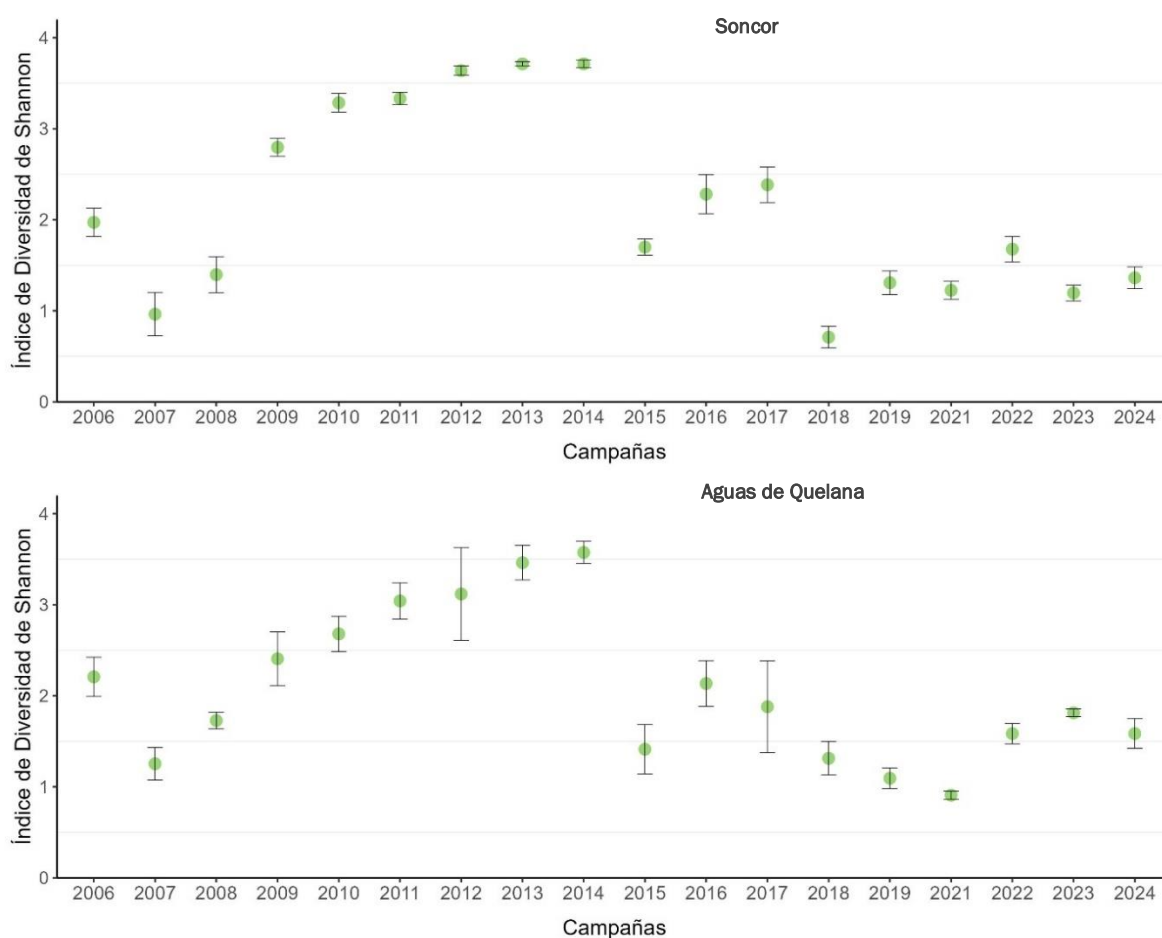
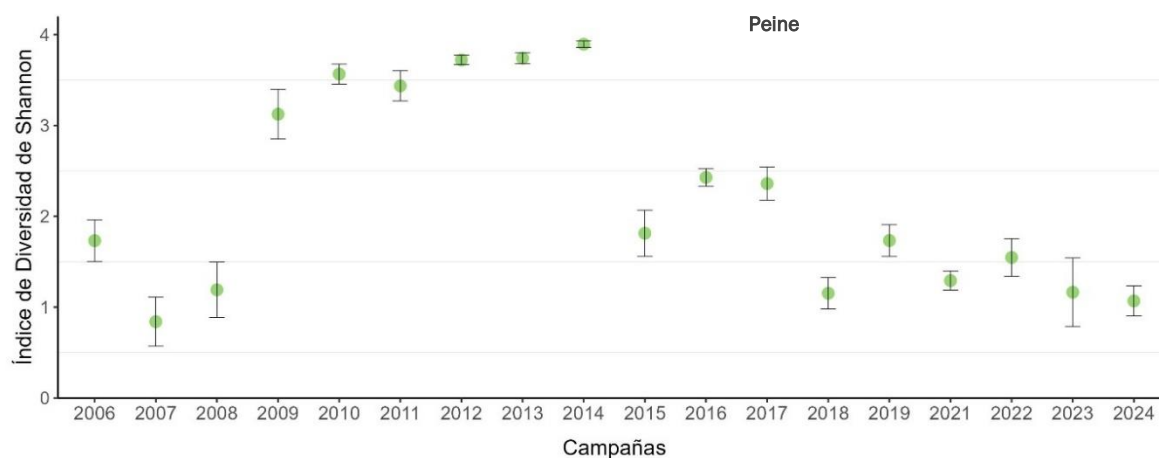


Figura 6-75. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-76. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema.

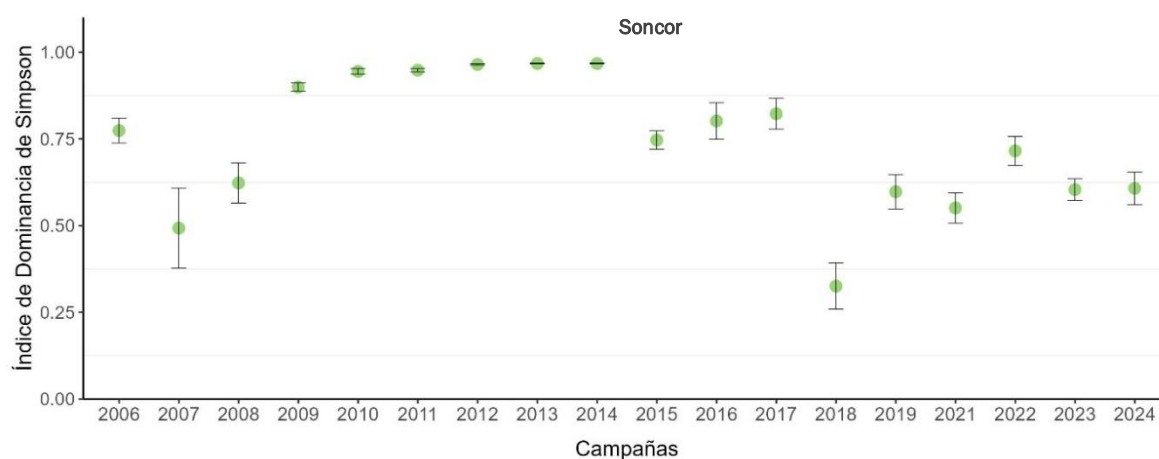
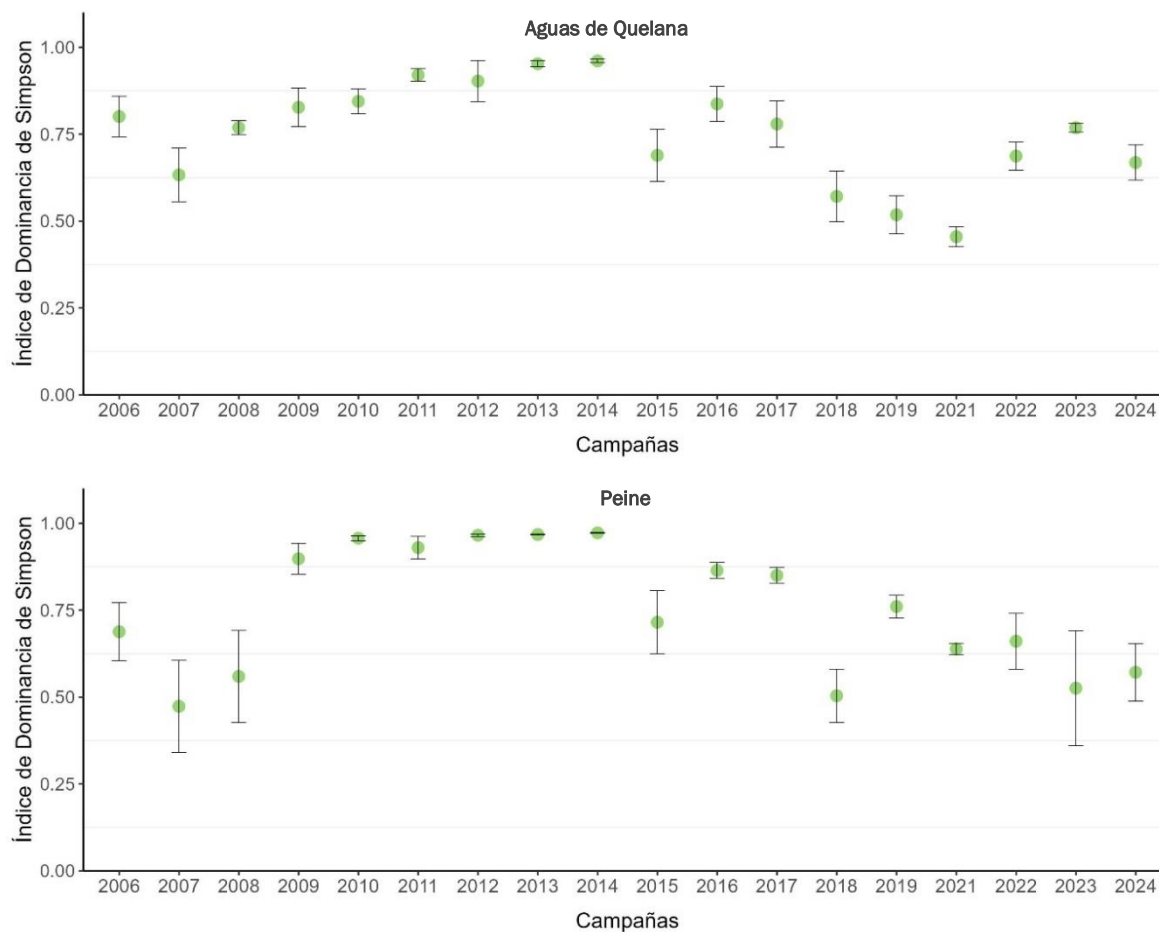
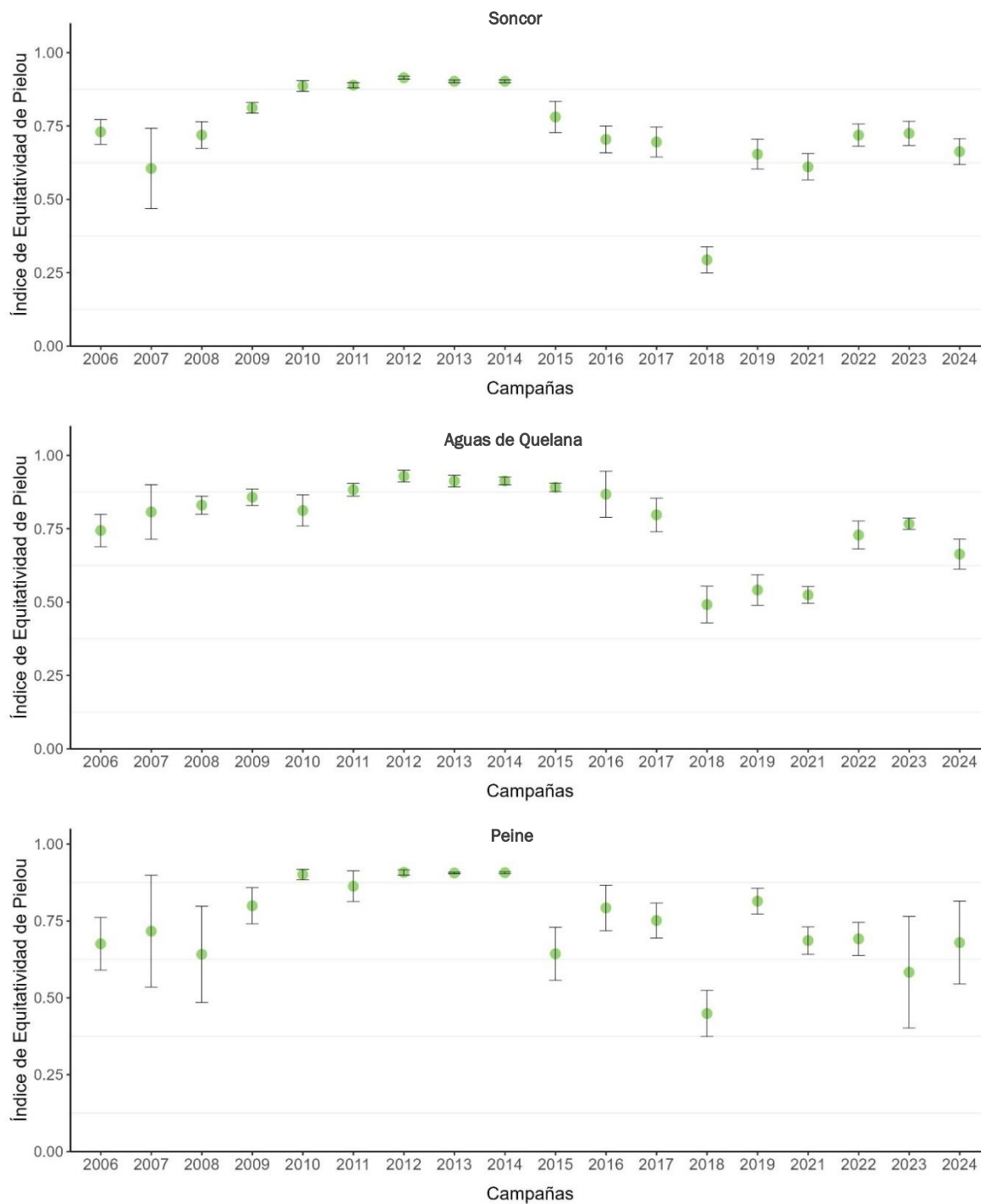


Figura 6-76. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-77. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de fitobentos por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.3 Zooplancton

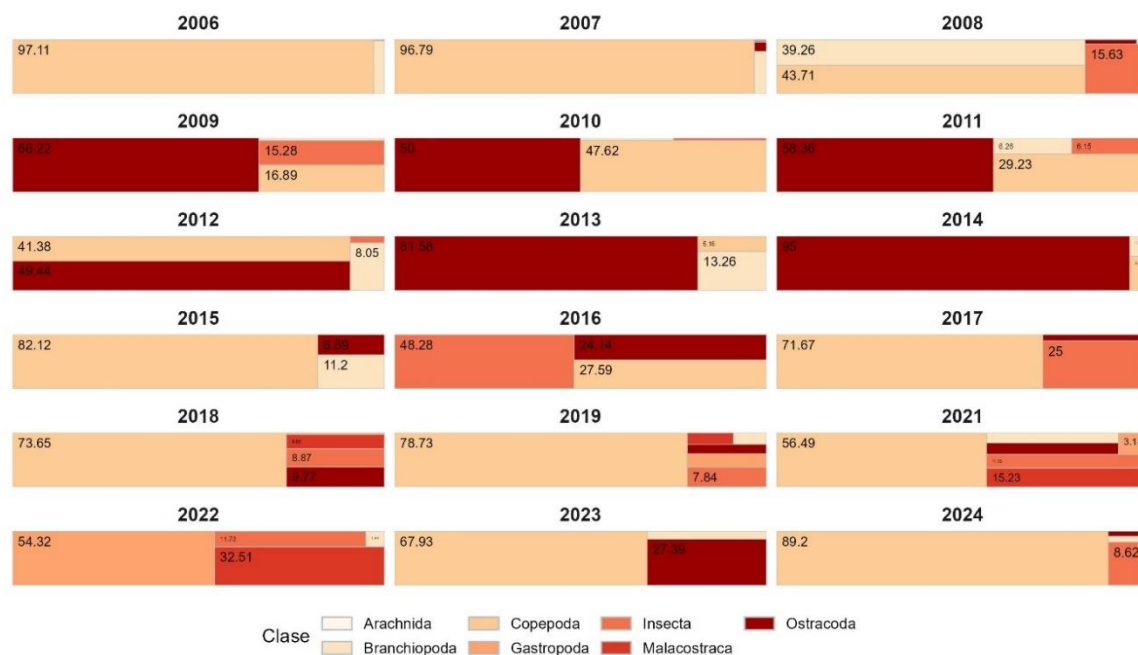
6.3.2.3.1 Composición taxonómica histórica

Para el ensamble zooplanctónico a nivel histórico (2006 al 2024), se han identificado 7 clases en el Sistema Soncor, Arachnida, Branchiopoda, Copepoda, Gastropoda, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Figura 6-78). A diferencia de lo que ocurre con las microalgas, la dominancia no está exclusivamente dada por una clase, sino que se observa una alternancia entre los crustáceos copépodos y los ostrácodos principalmente, seguido por los insectos. Los crustáceos copépodos son dominantes en gran parte de las campañas salvo en el período 2009 al 2014 en donde los ostrácodos son los de mayor aporte a la abundancia. En la campaña 2016 los insectos corresponden al grupo dominante y en el 2022, año en que predominan las clases Gasterópoda y Malacostraca (Figura 6-78).

En el sistema de Aguas de Quelana a la fecha se han identificado 8 clases, las que corresponden a Arachnida, Branchiopoda, Copepoda, Gastropoda, Hexanauplia, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Figura 6-79). Entre las clases identificadas los taxa dominantes se alternan a través de las campañas entre copépodos (2008, al 2010, 2016, 2019, 2021 y 2023), Malacostracos (2006 y 2007), y Ostrácodos (2011 al 2014, y 2018). Los Insectos mostraron un incremento acotado en las campañas 2017 y 2024 siendo el taxa dominante, mientras que en el 2015 dominaron los Branchiopodos. En el 2022 destacan las clases Malacostraca y Hexanauplia como el taxa dominante (Figura 6-79).

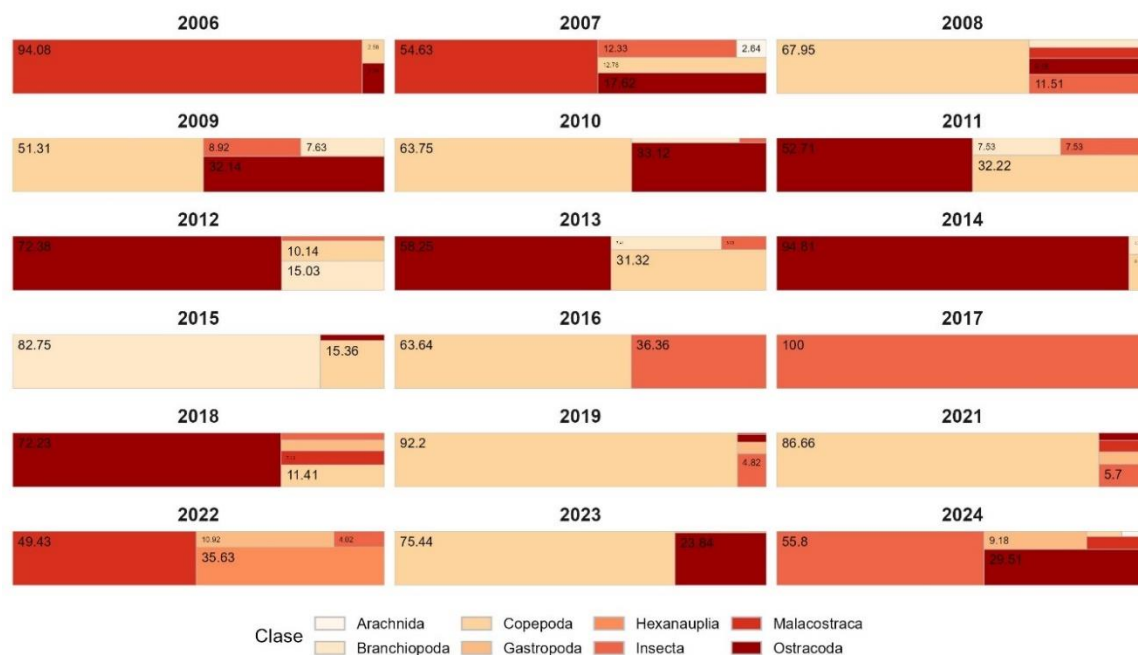
En el sistema de Peine a la fecha se han registrado un total de 7 clases; Branchiopoda, Chromadorea, Copepoda, Gastropoda, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Figura 6-80). En Peine la dominancia a lo largo de las campañas se alterna entre la clase Copepoda, Ostracoda y Branchiopoda. Los copépodos fueron la clase dominante en las campañas del 2006, 2011, 2014, 2018, 2019 y 2024. En el 2009, 2010, 2012, 2013, 2016 2017 y 2023 los ostrácodos fueron el taxa de mayor abundancia, mientras que los Branchiopoda fueron dominantes en las campañas 2007, 2008, 2015 y 2021. La excepción a estas tres clases se observó en la campaña 2022 en donde el 100% de los individuos identificados corresponden a la clase Insecta (Figura 6-80).

Figura 6-78. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zooplancton en el sistema hidrológico Soncor



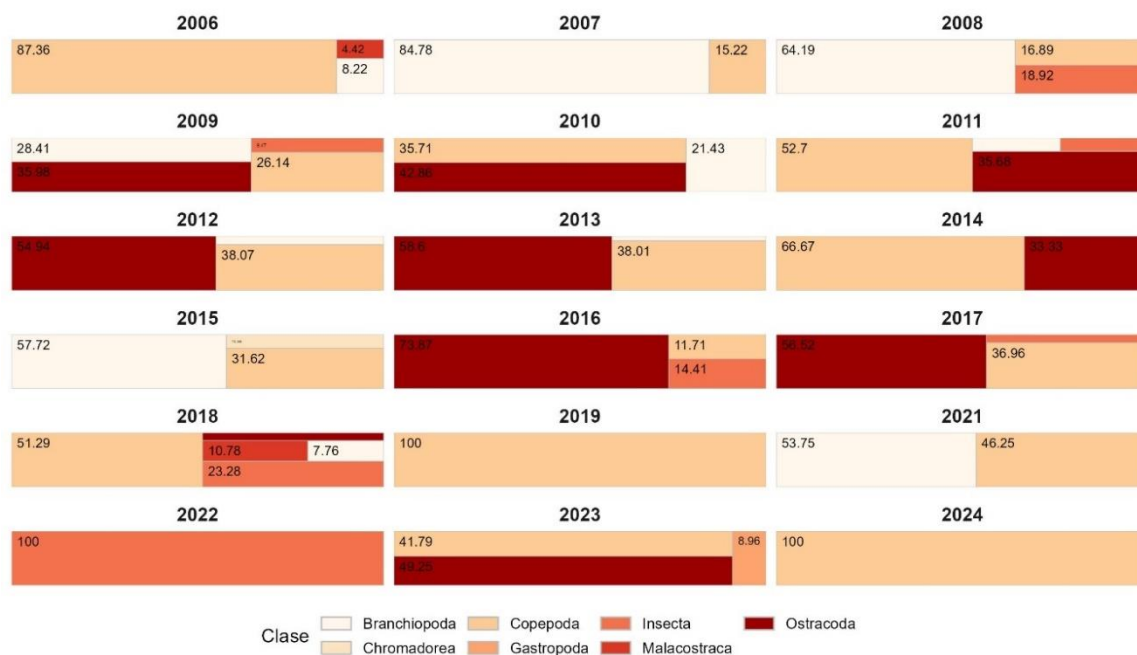
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-79. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zooplancton en el sistema hidrológico Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-80. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zooplancton en el sistema hidrológico Peine



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.3.2 Riqueza y Abundancia histórica

La riqueza del ensamble de zooplancton muestra una escasa variación a través del registro histórico (2006 al 2024) en los tres sistemas evaluados. En los sistemas hidrológicos Soncor y Peine la mayor riqueza se registró en la campaña del 2018, en donde se identificaron $4,63 \pm 0,32$ taxa en Soncor y $4,00 \pm 0,74$ en Peine (Figura 6-81). Para Aguas de Quelana la campaña de máxima riqueza fue la del 2019, con un valor de $3,78 \pm 0,16$ taxa. Los valores de riqueza media menores se registraron en el 2014 en Soncor ($1,13 \pm 0,04$ taxa), el 2017 en Aguas de Quelana ($1,0 \pm 0,0$ taxa) y en los años 2019, 2022 y 2024 en Peine con una especie promedio (Figura 6-81).

La riqueza promedio estimada para el 2024 en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana es similar al valor medio estimado. histórico (2006 – 2023). Para Soncor el registro 2024 fue de $2,10 \pm 0,32$ y el histórico de $2,12 \pm 0,32$, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $1,91 \pm 0,28$, y en el histórico de $2,22 \pm 0,36$. En Peine el registro 2024 fue inferior a la media histórica, para la campaña 2024 el valor estimado fue de $1,00 \pm 0,00$ y el histórico de $1,95 \pm 0,40$ (Figura 6-81). En general, los valores observados la campaña 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica (Figura 6-81).

Respecto a las abundancias promedio se observa una amplia variabilidad entre las diferentes campañas de monitoreo dentro de los diferentes sistemas (Figura 6-82). En Soncor se registran picos de abundancia durante las campañas del 2014, 2017, 2016 y 2007, mientras que en Peine se registran en las máximas abundancias en las campañas del 2016 y 2017 (Figura 6-82). En Aguas de Quelana se observa una menor

variabilidad entre campañas, marcada por un aumento en el 2009 el que se sostiene en magnitud hasta el 2017, obteniéndose el máximo durante la campaña del 2014 ($49,72 \pm 9,82$ ind/l). Al igual que en Aguas de Quelana, en Soncor se registra el máximo promedio de abundancia en la campaña del 2014, con un valor de $96,8 \pm 22,58$ ind/l, mientras que en Peine la máxima abundancia ($115,0 \pm 15,61$ ind/l) se obtiene el 2017 (Figura 6-81). Las menores abundancias en el sistema Soncor se registraron en la campaña 2019 ($0,38 \pm 0,21$ ind/l), en el sistema de Aguas de Quelana en la campaña ($0,28 \pm 0,13$ ind/l), y en Peine en la campaña 2019 ($0,05 \pm 0,00$ ind/l) (Figura 6-82)

Al contrastar los registros históricos (2006 – 2023) con la campaña actual (2024), los valores promedios de abundancia estimados se encuentran bajo la media histórica, sin embargo, se encuentran dentro del rango de variación histórica en todos los sistemas. Para Soncor el registro 2024 fue de $9,62 \pm 2,78$ y el histórico de $19,22 \pm 9,36$, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $2,80 \pm 1,24$, y en el histórico de $15,02 \pm 5,79$. En Peine el registro 2024 fue de $0,66 \pm 0,06$ y el histórico de $27,29 \pm 8,88$ (Figura 6-82). En general, los valores observados la campaña 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica (Figura 6-82).

Figura 6-81. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico

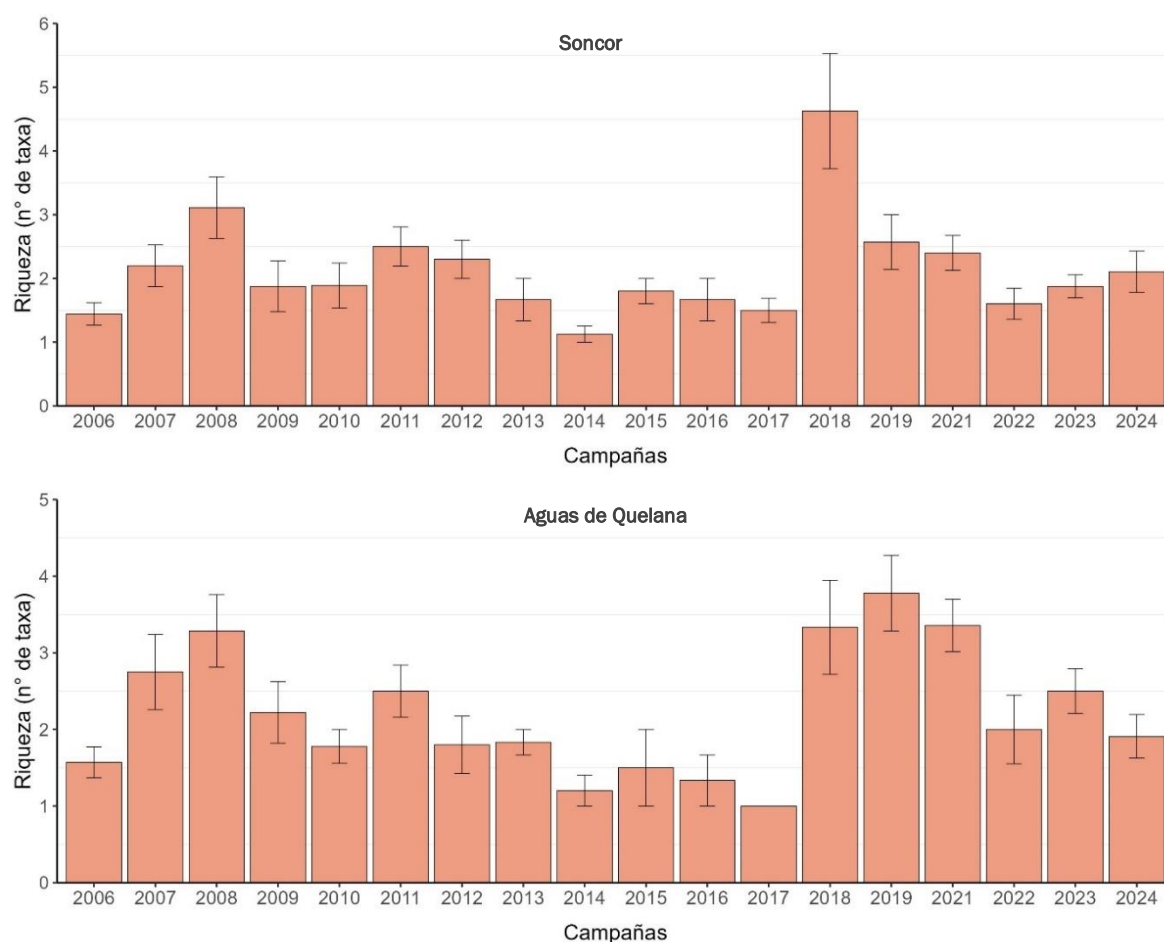
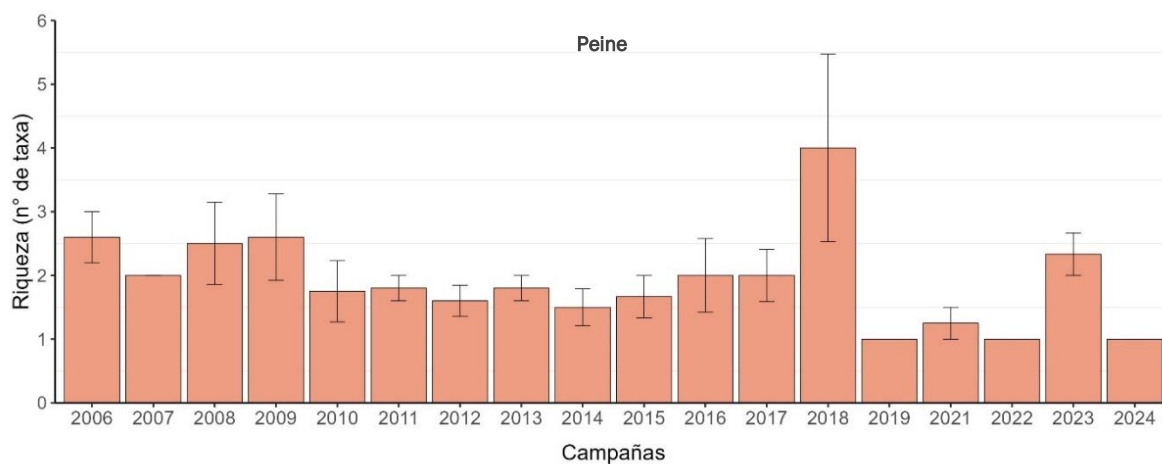


Figura 6-81. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

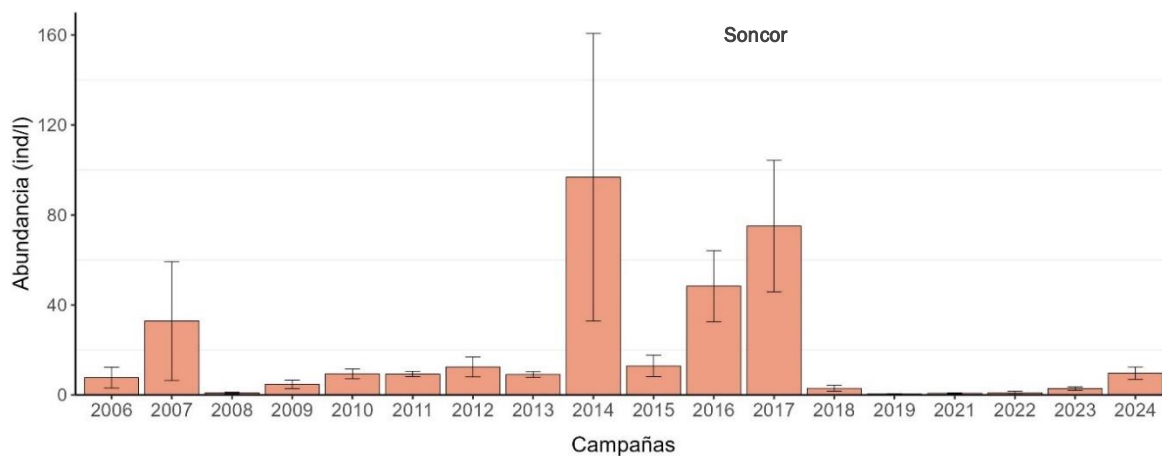
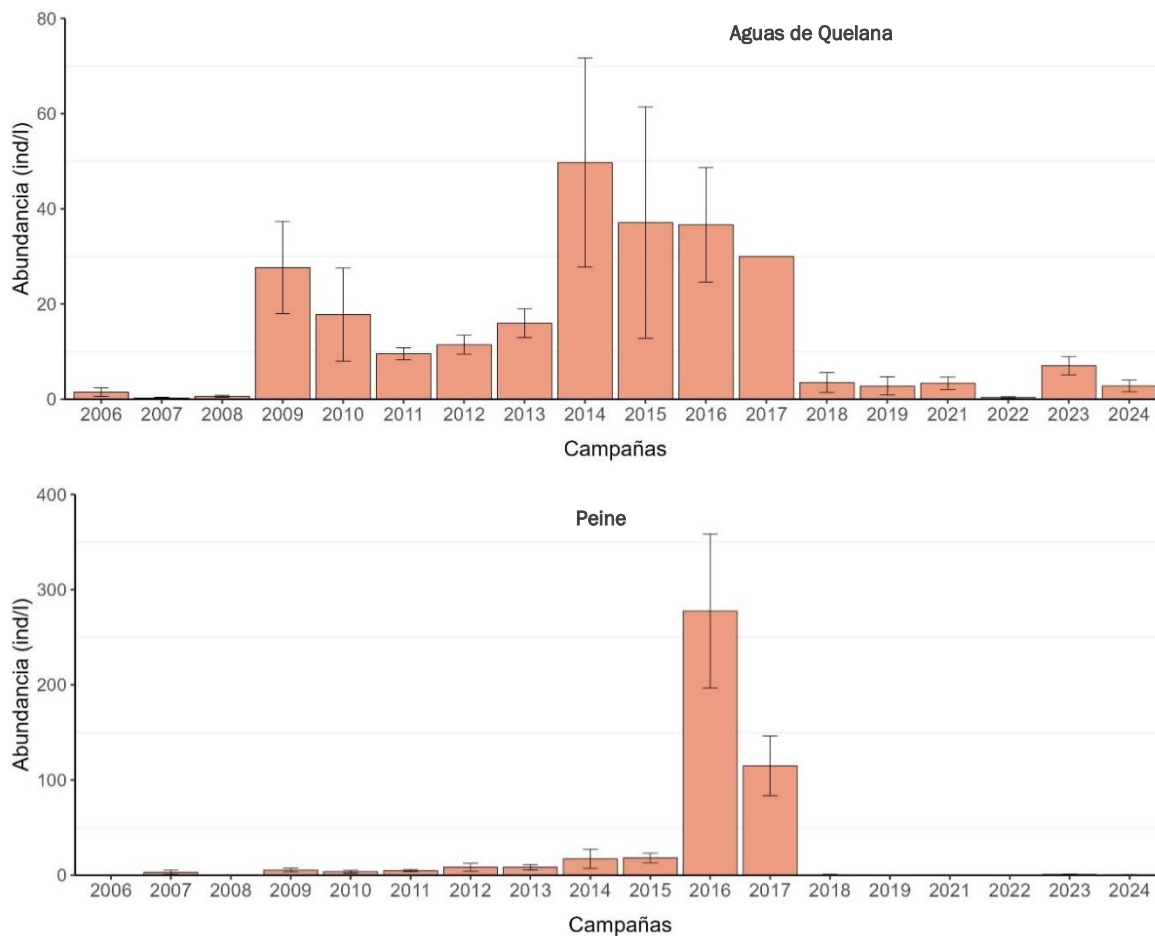
Figura 6-82. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en ind/l del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico.

Figura 6-82. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en ind/l del ensamble de zooplancton por sistema hidrológico.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.3.3 Diversidad histórica

Los valores estimados para los descriptores de diversidad del ensamble zooplanctónico en los sistemas hidrológicos muestra tendencias similares en sus variaciones temporales (Figura 6-83; Figura 6-84; Figura 6-85).

Para el índice de diversidad de Shannon (Figura 6-83) el máximo valor estimado en Soncor fue de $0,95 \pm 0,16$ en la campaña 2018, mientras que en Aguas de Quelana fue el 2008 con un registro de $0,90 \pm 0,15$, y en Peine de $0,88 \pm 0,35$ en el 2018. Los menores valores de diversidad fueron de $0,00 \pm 0,00$ en Peine (2019, 2022 y 2024) y Aguas de Quelana (2017), mientras que para Soncor fue de $0,07 \pm 0,07$ en la campaña 2014. Los valores 0 se corresponden con el registro de un único taxa en la campaña. (Figura 6-83).

El índice de dominancia de Simpson (Figura 6-84) los mayores valores promedio se observan en la campaña del 2018 para Soncor y Peine (Soncor = $0,51 \pm 0,03$; Peine = $0,47 \pm 0,08$), y en el 2008 para Aguas de

Quelana ($0,51 \pm 0,03$). Los registros menores corresponden a 0,00, en las campañas 2019, 2022 y 2024 en Peine, 2017 en Aguas de Quelana y 0,04 $\pm$ 0,02 en Soncor para la campaña 2006. Los valores 0,0 se corresponden al registro de un único taxa en la campaña.

En el caso del índice de equitatividad de Pielou (Figura 6-85), el valor promedio osciló entre $0,00 \pm 0,00$ (2019, 2022 y 2024) y $0,77 \pm 0,09$ el 2013. En Aguas de Quelana se registró la mayor equitatividad promedio durante la campaña del 2008 ($0,79 \pm 0,02$) y la menor durante el 2017 ($0,00 \pm 0,00$). En Soncor se observa el mayor registro en el 2011 con un valor de $0,78 \pm 0,03$ y el menor en el 2014 con un valor de $0,11 \pm 0,04$ (Figura 6-85).

Al contrastar los valores medios estimados para los descriptores de diversidad para la campaña 2024 respecto al registro histórico (2006 - 2023), estos se encuentran dentro del rango de variación observado históricamente (Figura 6-83; Figura 6-84; Figura 6-85), lo que establece una importante estabilidad temporal en la estructura del ensamble fitoplanctónico a través del tiempo en los sistema en estudio.

Figura 6-83. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema

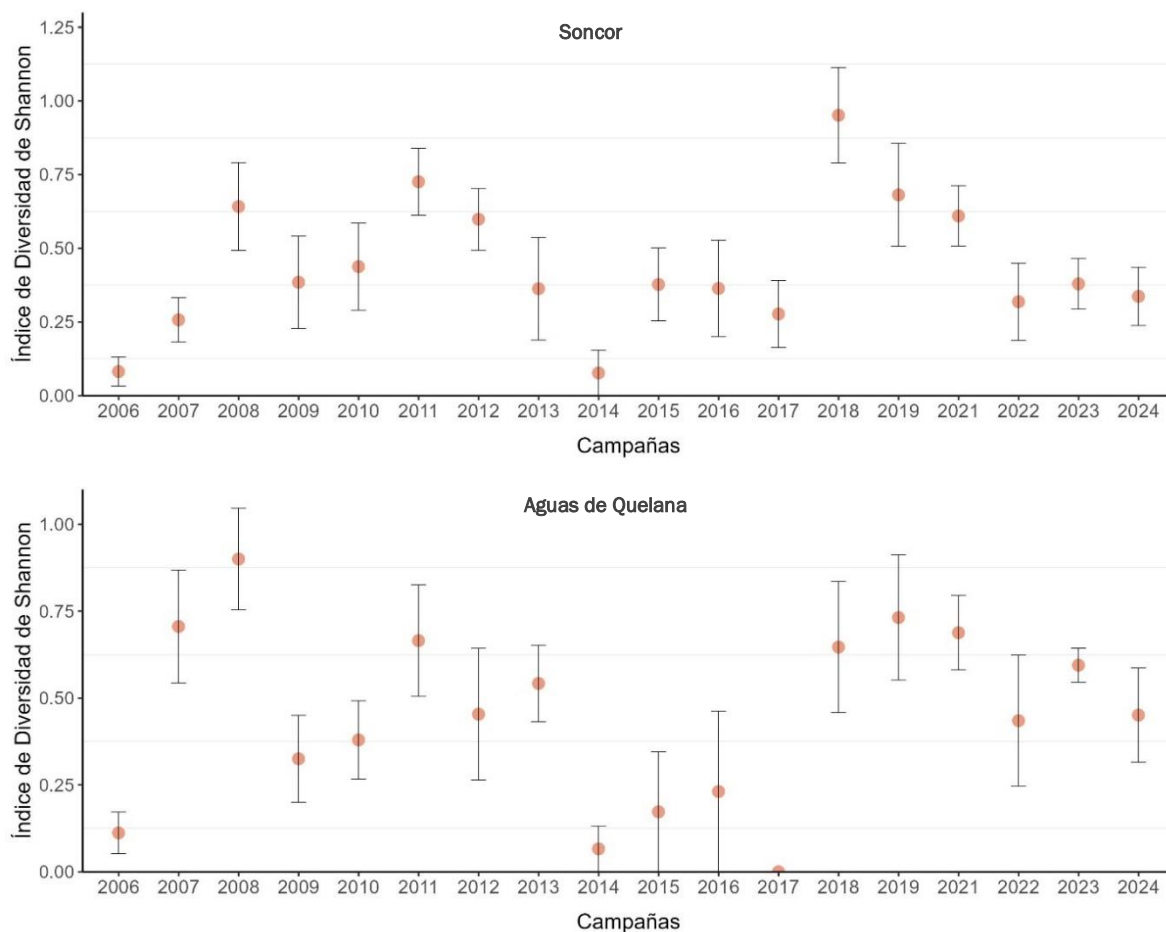
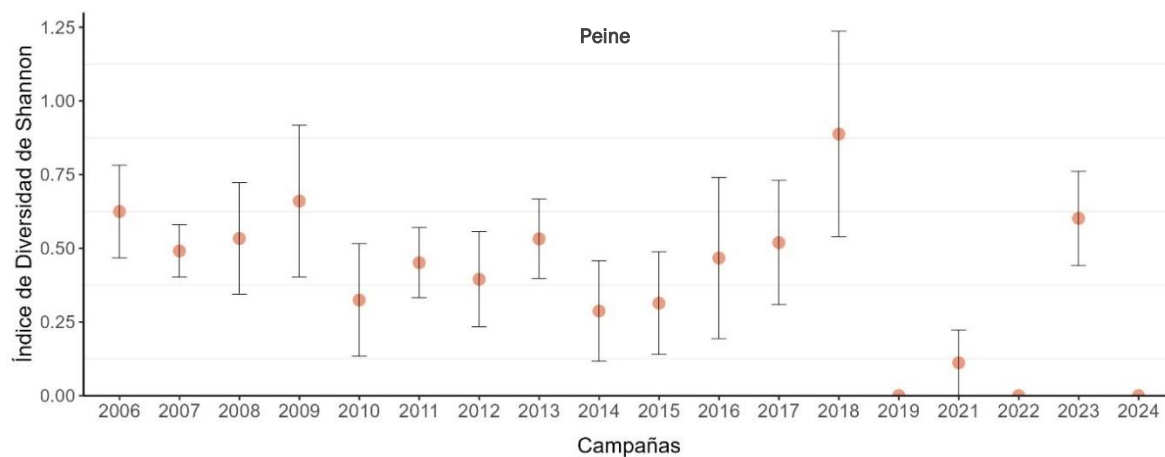


Figura 6-83. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-84. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema.

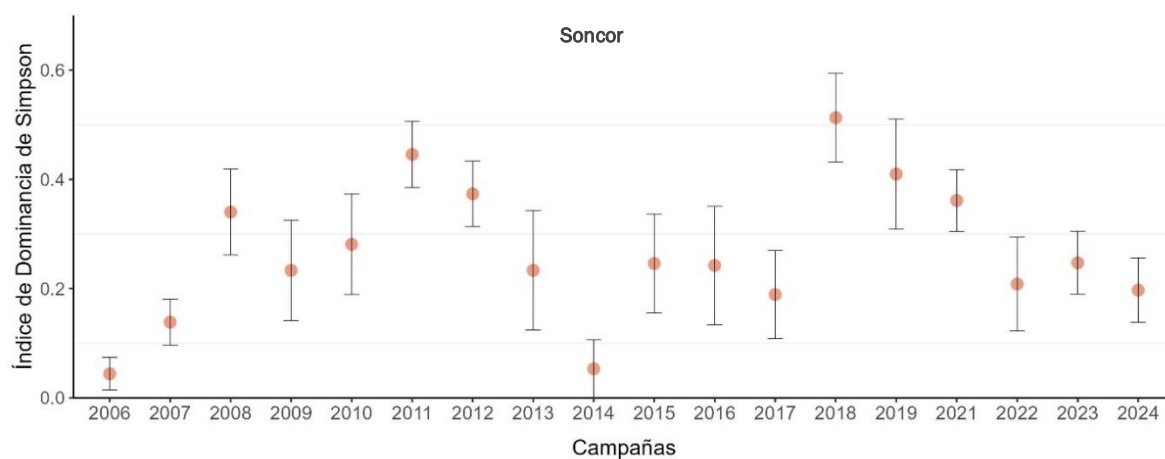
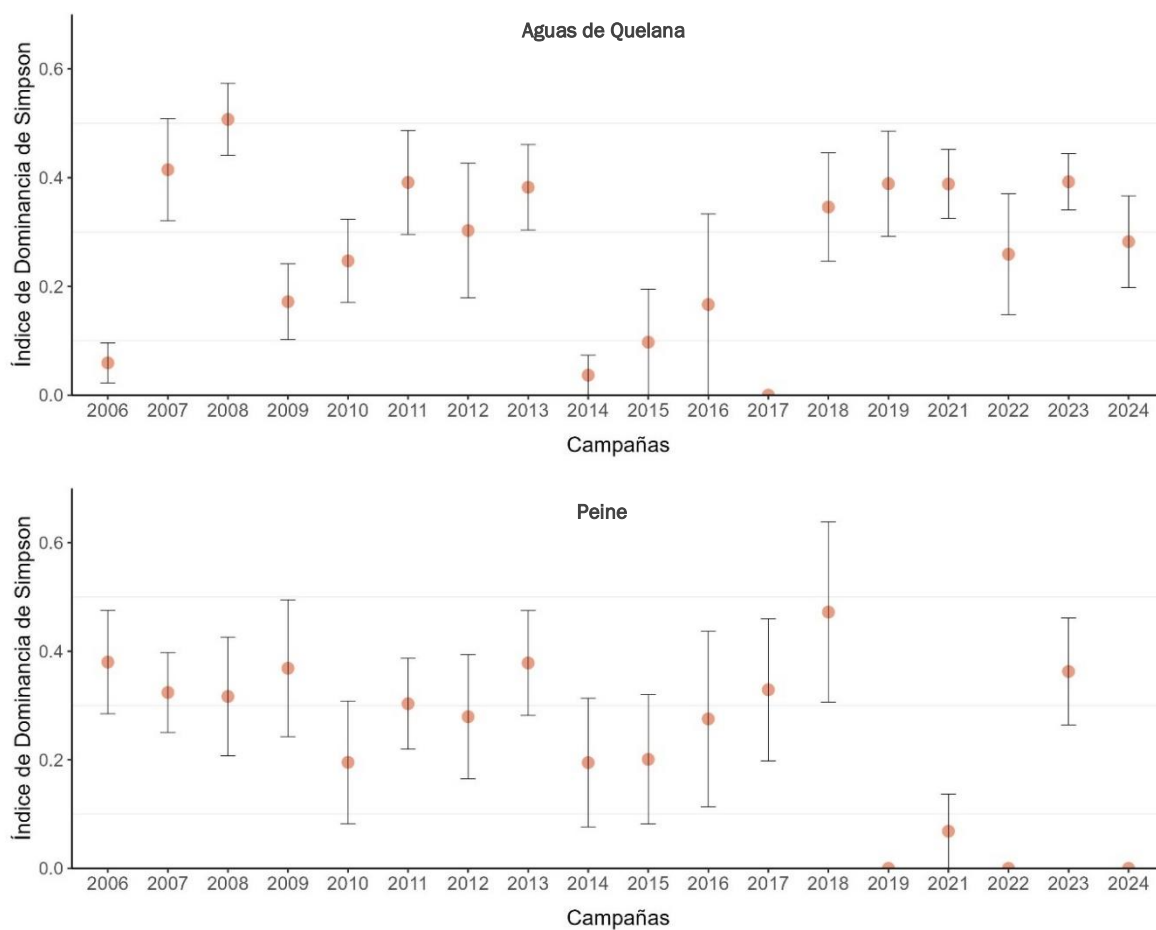
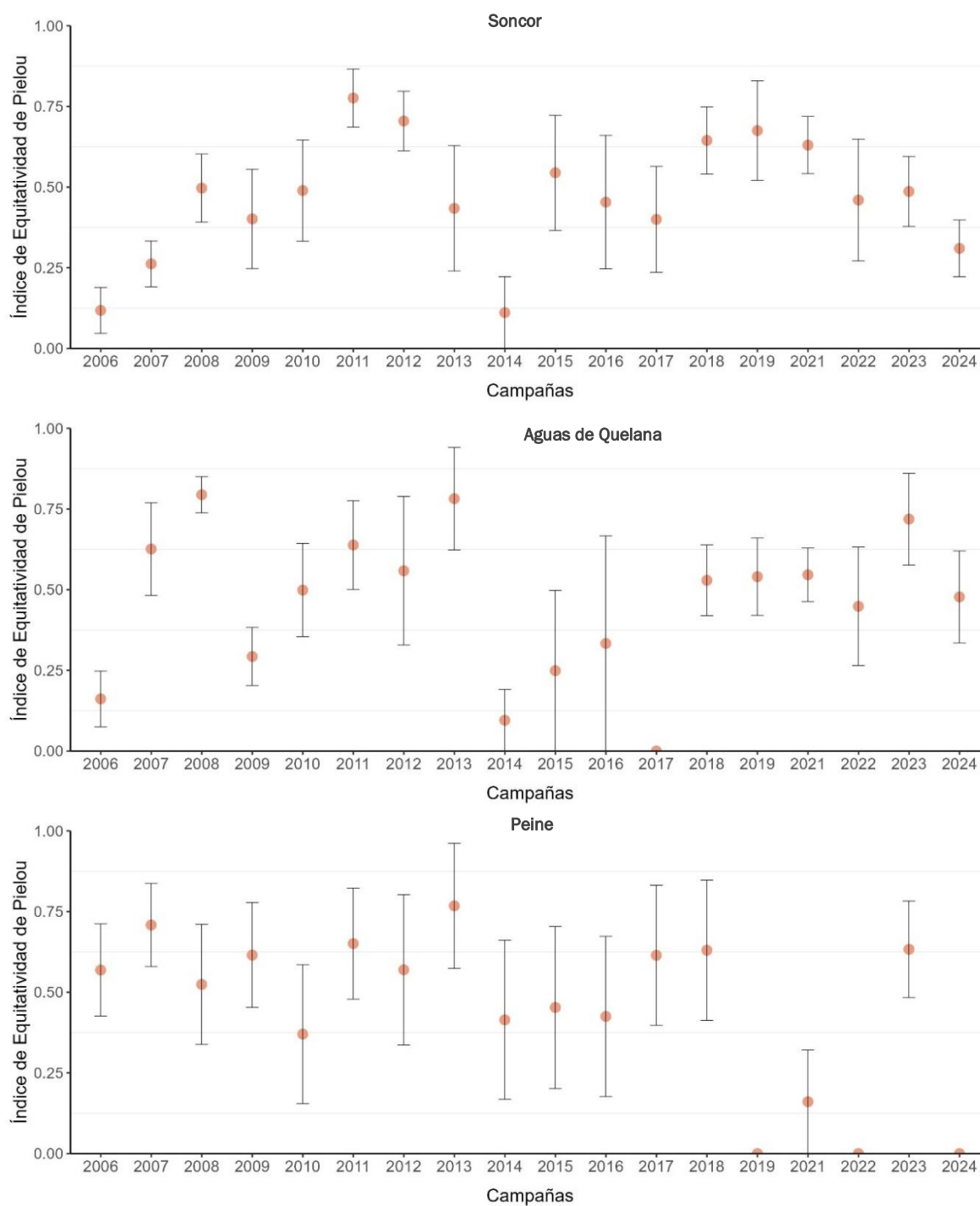


Figura 6-84. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema.



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-85. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zooplancton por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.4 Zoobentos o invertebrados bentónicos

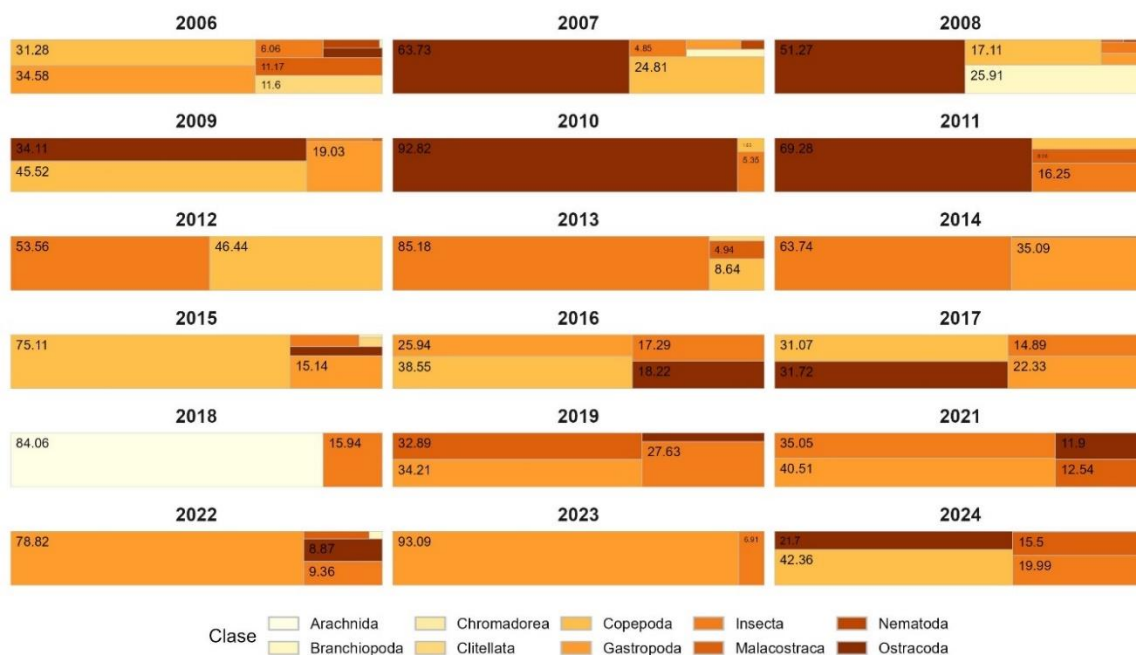
6.3.2.4.1 Composición taxonómica histórica

Para el ensamble zoobentónico a nivel histórico (2006 al 2024) se han identificado 10 clases en el Sistema Soncor correspondientes a Arachnida, Branchiopoda, Chromadorea, Clitellata, Copepoda, Gastropoda, Insecta, Malacostraca, Nematoda y Ostracoda (Figura 6-86). La clase dominante corresponde a Ostracoda en las campañas del 2007, 2008, 2010 y 2011, a la clase Insecta en los años 2012, 2013 y 2014, los copépodos en el 2015, la clase Arachnida el 2018 y los gastrópodos en el 2022 y 2023. En las demás campañas la distribución es más equitativa y no está determinada por la dominancia de una clase en particular (Figura 6-86).

En el Sistema Aguas de Quelana se han identificado 8 clases, las que corresponden a, Arachnida, Branchiopoda, Clitellata, Copepoda, Gastropoda, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Figura 6-87). En este sistema la clase Gastropoda corresponde a dominante en gran parte de las campañas realizadas a la fecha (2006, 2008, 2014, 2016, 2019, 2021, 2022 y 2023). A los gastrópodos le siguen, los copépodos siendo dominantes en las campañas 2009 y 2017, y finalmente la clase Insecta en los monitoreos del 2012, 2013 y 2018. En las demás campañas, la distribución es más equitativa y no está determinada por la dominancia de una clase en particular (Figura 6-87).

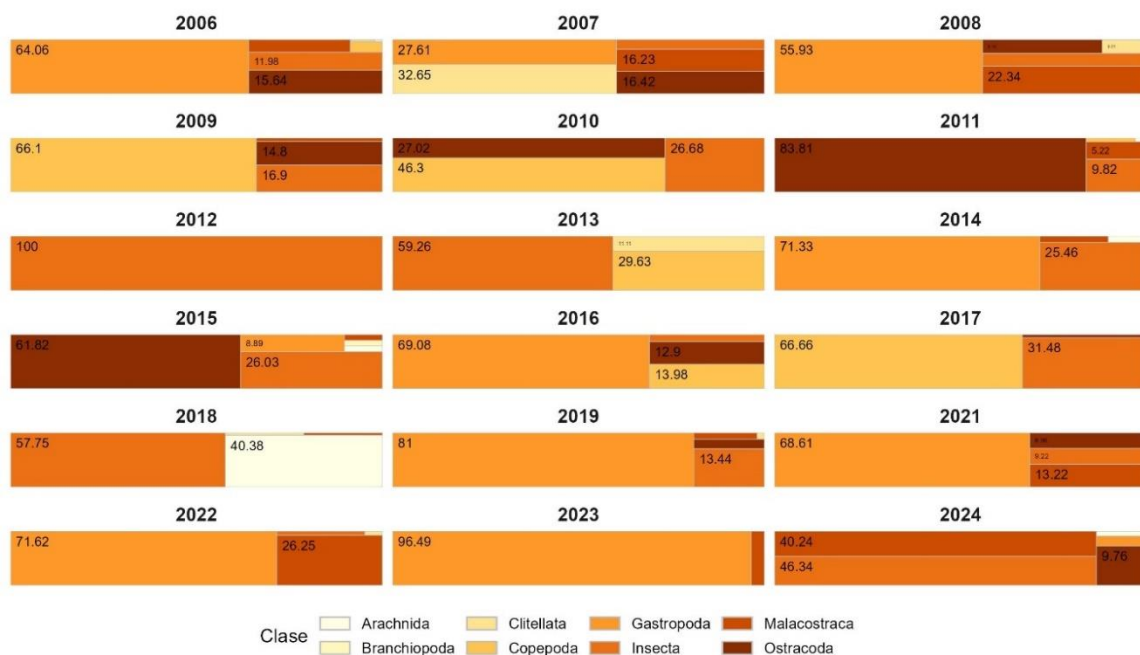
En el sistema Peine se han identificado 7 clases correspondientes a Arachnida, Clitellata, Copepoda, Gastropoda, Insecta, Malacostraca y Ostracoda (Figura 6-88). La clase dominante corresponde a Copepoda, aportando con la mayor abundancia en las campañas realizadas entre el 2006 al 2017, exceptuando los años 2010 y 2011 y 2022, donde predominaron los Ostrácodos, y el 2014 los gastrópodos. Durante el 2018 se registraron mayoritariamente individuos de las clases Arachnida e Insecta, observándose un aumento de estos últimos para las campañas del 2019 y 2021. La campaña 2023 la clase Gastropoda aporta el 60% del total de individuos, mientras que en el 2024 el 100% de los individuos identificados fueron insectos (Figura 6-88).

Figura 6-86. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zoobentos en el sistema hidrológico Soncor



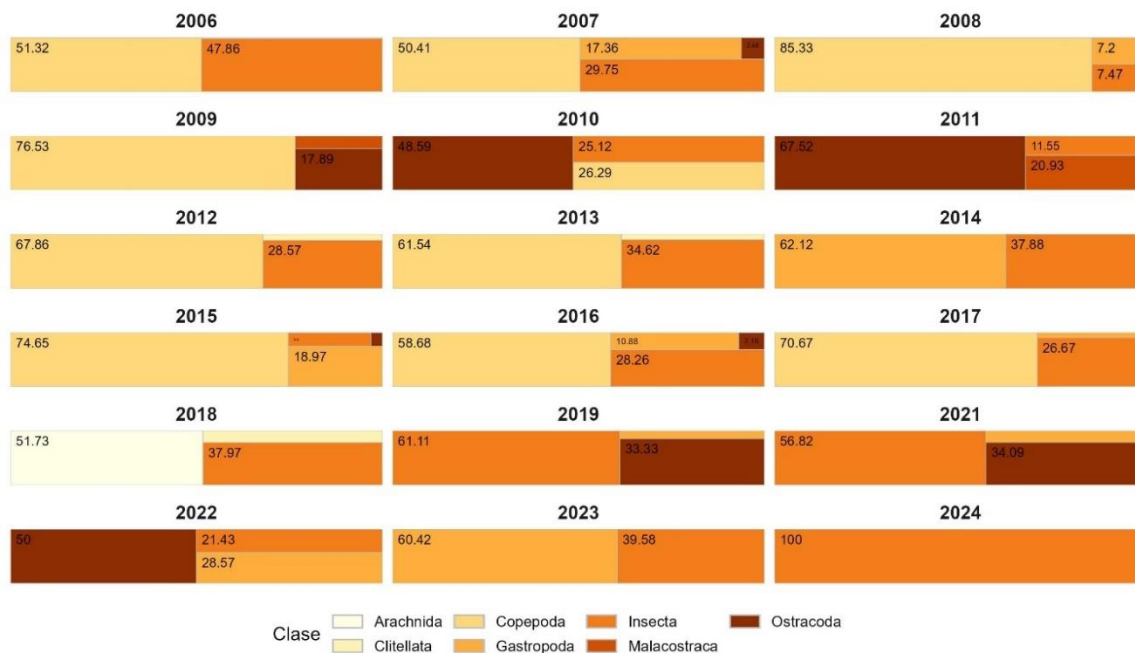
Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-87. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zoobentos en el sistema hidrológico Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-88. Composición taxonómica histórica a nivel de clase del ensamble de zoobentos en el sistema hidrológico Peine



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.4.2 Riqueza y Abundancia histórica

La riqueza del ensamble de zoobentos muestra una reducida variación en el registro histórico de riqueza promedio de taxa en los sistemas hidrológicos (Figura 6-89). En Soncor y Aguas de Quelana, la mayor riqueza fue estimada en la campaña del 2006, donde se identificaron $3,4 \pm 0,17$ taxa en Soncor y $5,0 \pm 0,26$ taxa en Aguas de Quelana, mientras que en Peine la máxima riqueza fue estimada para la campaña 2015 con $3,2 \pm 0,33$ taxa (Figura 6-89). Los valores de riqueza media menores se registran para los tres sistemas durante la campaña del 2023, promediando una riqueza de $1,00 \pm 0,00$ taxa en Soncor y Peine, y $1,25 \pm 0,13$ taxa en Aguas de Quelana (Figura 6-89).

La riqueza promedio estimada para el 2024 en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana es similar al valor medio estimado, histórico (2006 – 2023). Para Soncor el registro 2024 fue de $2,00 \pm 0,33$ y el histórico de $2,36 \pm 0,35$, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $2,70 \pm 0,42$, y en el histórico de $2,63 \pm 0,43$. En Peine el registro 2024 fue inferior a la media histórica, para la campaña 2024 el valor estimado fue de $1,66 \pm 0,00$ y el histórico de $2,20 \pm 0,49$ (Figura 6-89). En general, los valores observados la campaña 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica (Figura 6-89).

Respecto a las abundancias promedio se observa amplias oscilaciones a través del registro histórico dentro de los sistemas hidrológicos (Figura 6-90). En todos los sistemas se registra un incremento en el período 2006 al 2008, luego entre el 2015 al 2017, y a partir del 2019 a la fecha. En Soncor el máximo de abundancia promedio se observó en la campaña 2008, con un promedio de 59.546 ± 6.506 ind/m² y seguido por la

campana 2007 con 35.621 ± 6.694 ind/m². En Peine el máximo se registró en el 2008 con 23.674 ± 6.834 ind/m² seguido por las campañas 2015 ($7.085,44 \pm 4.200$ ind/m²) (Figura 6-90). En Aguas de Quelana la abundancia máxima se registró en la campaña de 2016 con 31.309 ± 13.366 ind/m², seguida por la campaña 2008 con $23.302,67 \pm 6.105,1$ ind/m².

Al contrastar los registros históricos (2006 – 2023) con la campaña actual (2024), los valores promedios de abundancia estimados se encuentran bajo la media histórica, sin embargo, se encuentran dentro del rango de variación histórica en todos los sistemas. Para Soncor el registro 2024 fue de $3.236,83 \pm 1.369,39$ y el histórico de $9.827,14 \pm 4.116,81$, en Aguas de Quelana en el 2024 fue de $2.496,82 \pm 922,95$, y en el histórico de $9.420,96 \pm 5.060,11$. En Peine el registro 2024 fue de $1.910,83 \pm 1.535,72$ y el histórico de $3.727,34 \pm 1.872,09$ (Figura 6-90). En general, los valores observados la campaña 2024 se encuentran dentro del rango de variación histórica (Figura 6-90).

Figura 6-89. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico

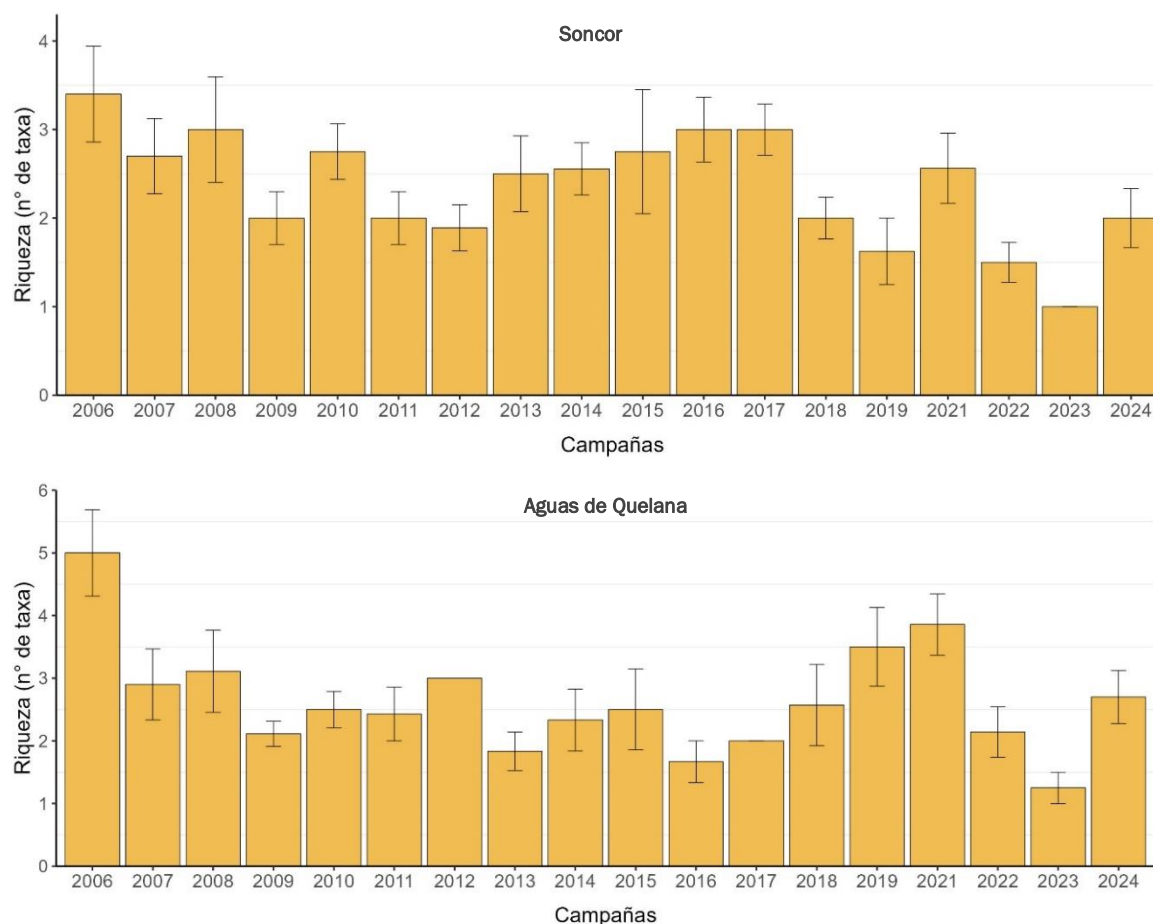
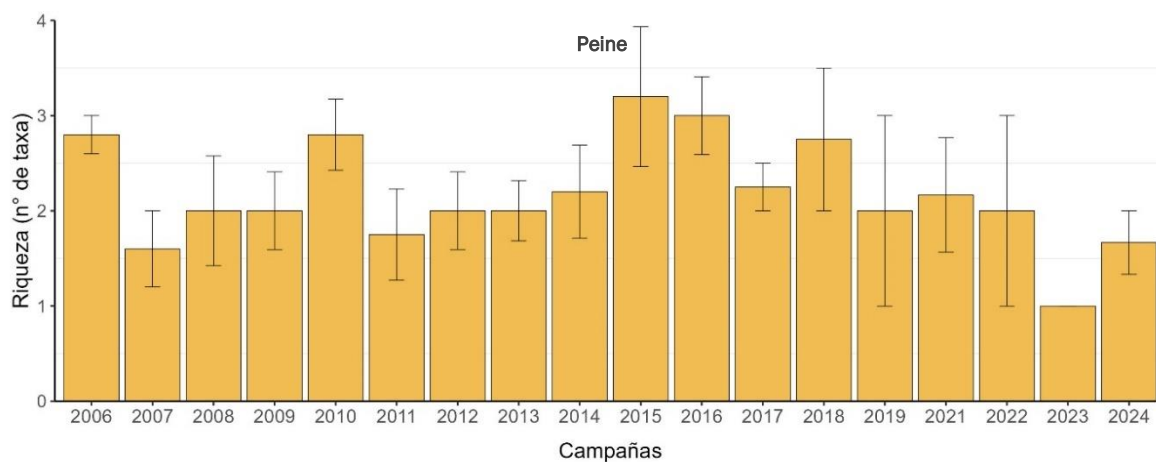


Figura 6-89. Riqueza histórica promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

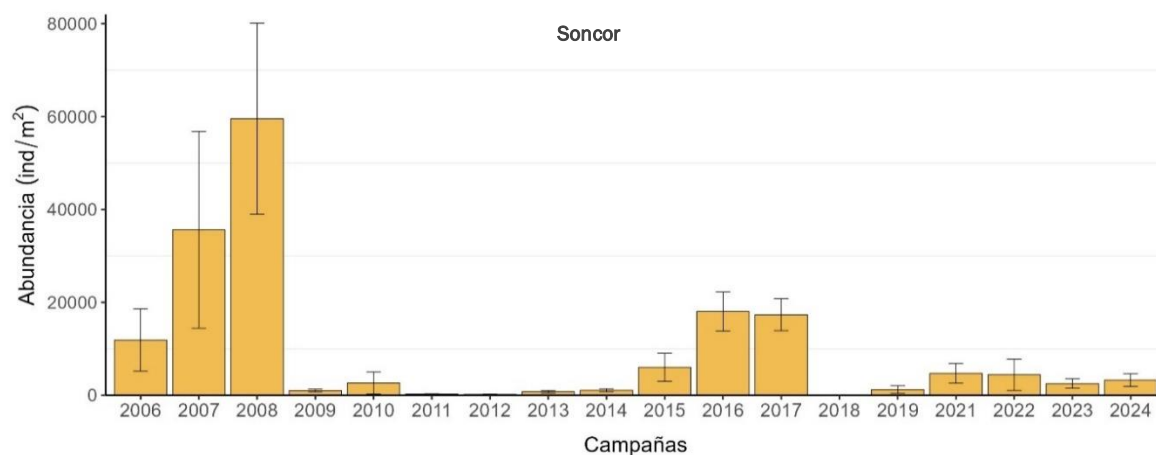
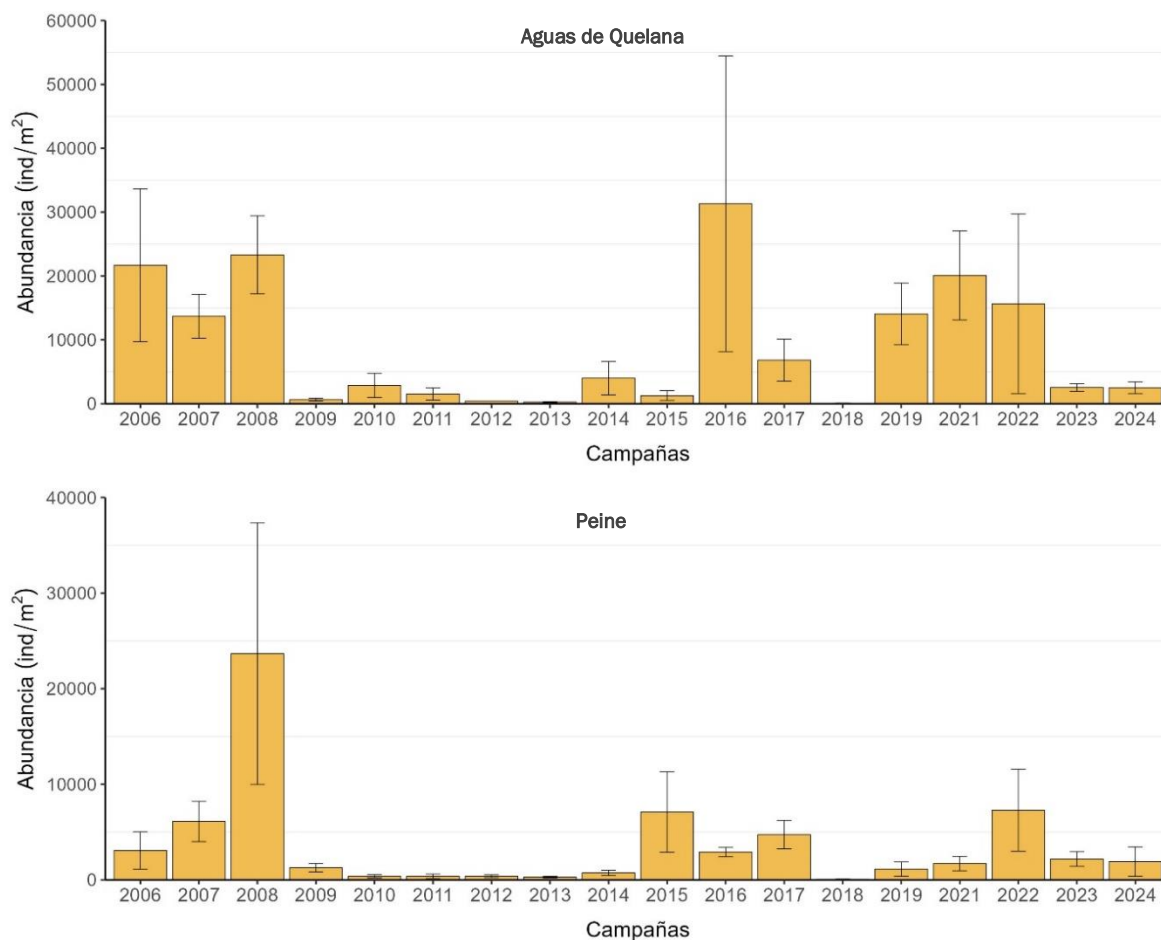
Figura 6-90. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en ind/m² del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico

Figura 6-90. Abundancia histórica promedio ($\pm ee$) en ind/m² del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

6.3.2.4.3 Diversidad histórica

En términos del registro histórico, los descriptores de diversidad muestran una baja variabilidad a través de las campañas en todos los sistemas hidrológicos (Figura 6-91; Figura 6-92; Figura 6-93).

El índice de diversidad de Shannon (Figura 6-91), registra un máximo de $0,92 \pm 0,06$ en Aguas de Quelana (2006), $0,89 \pm 0,06$ en Peine (2010) y $0,78 \pm 0,04$ en Soncor (2017). (Figura 6-91). La menor diversidad se registró para todos los sistemas en el año 2023, con valores de $0,05 \pm 0,02$ en Aguas de Quelana y diversidad $0,00 \pm 0,00$ en Peine y Soncor.

El índice de dominancia de Simpson (Figura 6-92) mostró un patrón similar al de Shannon para cada sistema. Se observan los mayores valores promedio en la campaña del 2017 para Soncor ($0,45 \pm 0,02$), en 2010 para Peine ($0,54 \pm 0,03$) y en 2006 para Aguas de Quelana ($0,47 \pm 0,03$). En la campaña del 2023 el valor estimado de fue $0,00 \pm 0,00$ en Peine y Soncor.

En el caso del índice de equitatividad de Pielou (Figura 6-93), en Peine la equitatividad promedio osciló entre $0,00 \pm 0,00$ (2023) y $0,90 \pm 0,01$ el 2010. En Aguas de Quelana se registró la mayor equitatividad promedio durante la campaña del 2012 ($0,72 \pm 0,00$) y la menor durante el 2023 ($0,07 \pm 0,04$). En Soncor se observa el mayor registro en el 2014 con un valor de $0,75 \pm 0,03$ y el menor en el 2023 con un valor de $0,00 \pm 0,00$ (Figura 6-93).

Al contrastar los valores medios estimados para los descriptores de diversidad para la campaña 2024 respecto al registro histórico (2006 - 2023), estos se encuentran dentro del rango de variación observado históricamente (Figura 6-91; Figura 6-92; Figura 6-93), lo que establece una importante estabilidad temporal en la estructura del ensamble fitoplanctónico a través del tiempo en los sistemas en estudio.

Figura 6-91. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico

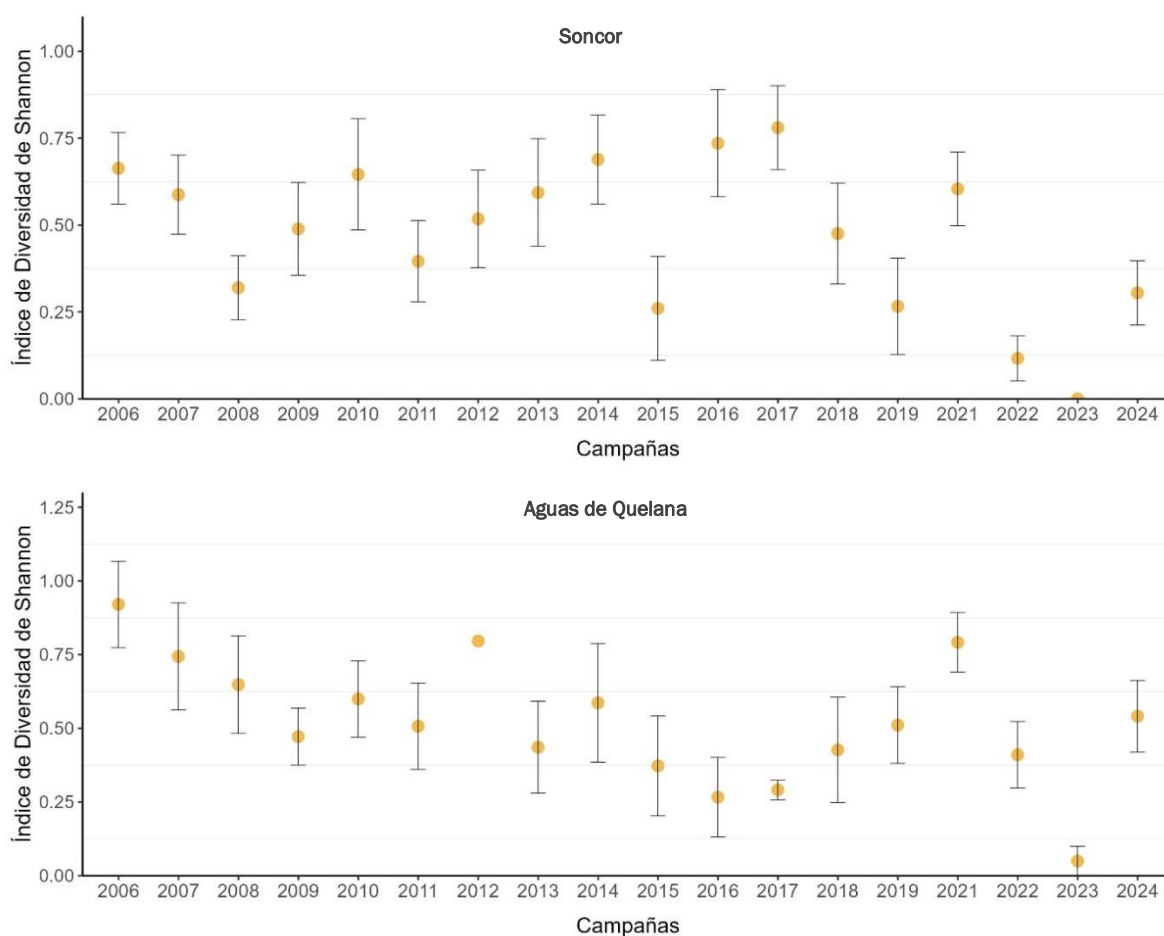
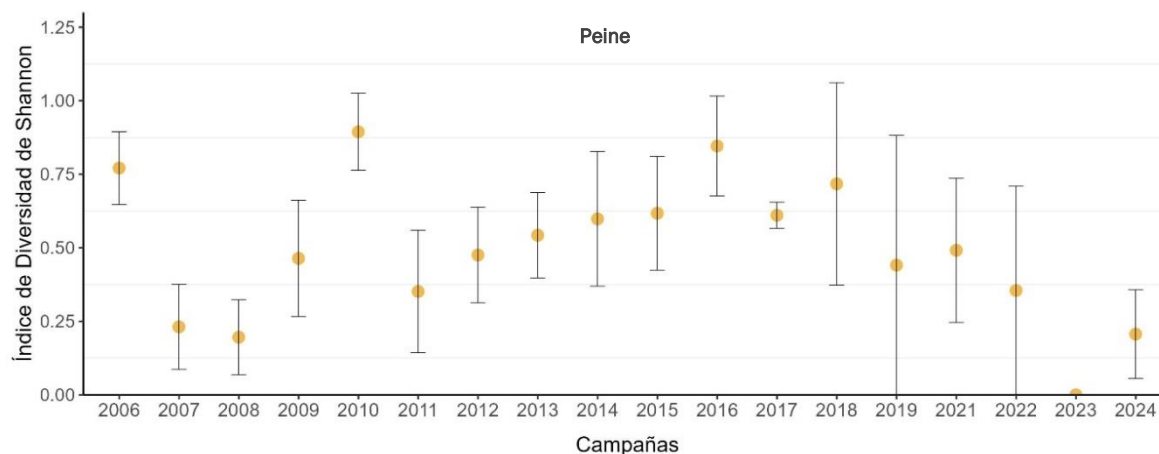


Figura 6-91. Índice de diversidad de Shannon histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema hidrológico



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-92. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema

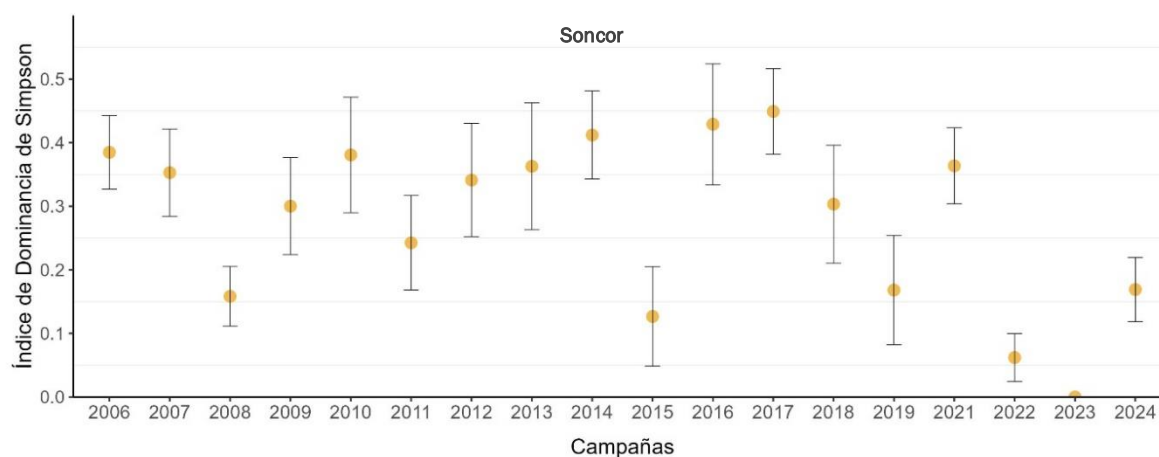
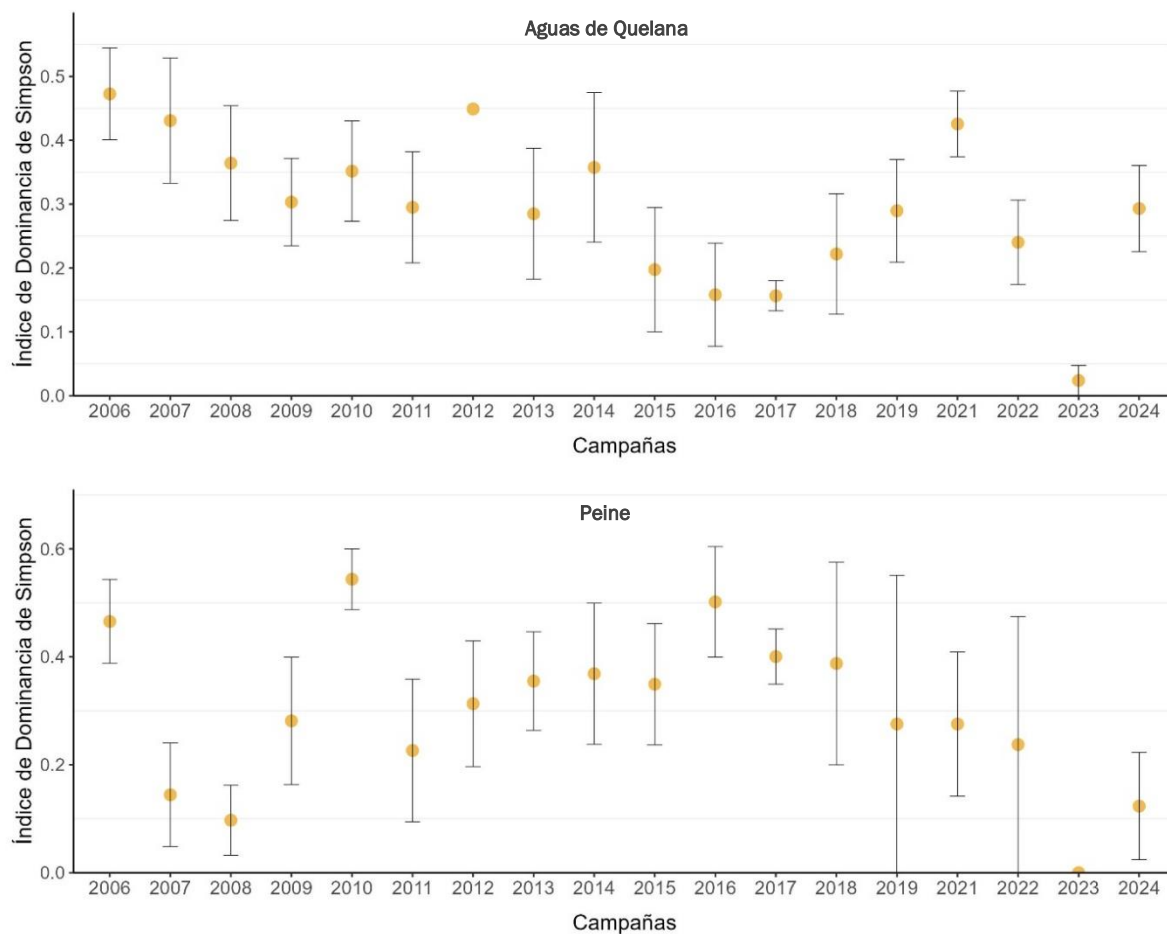
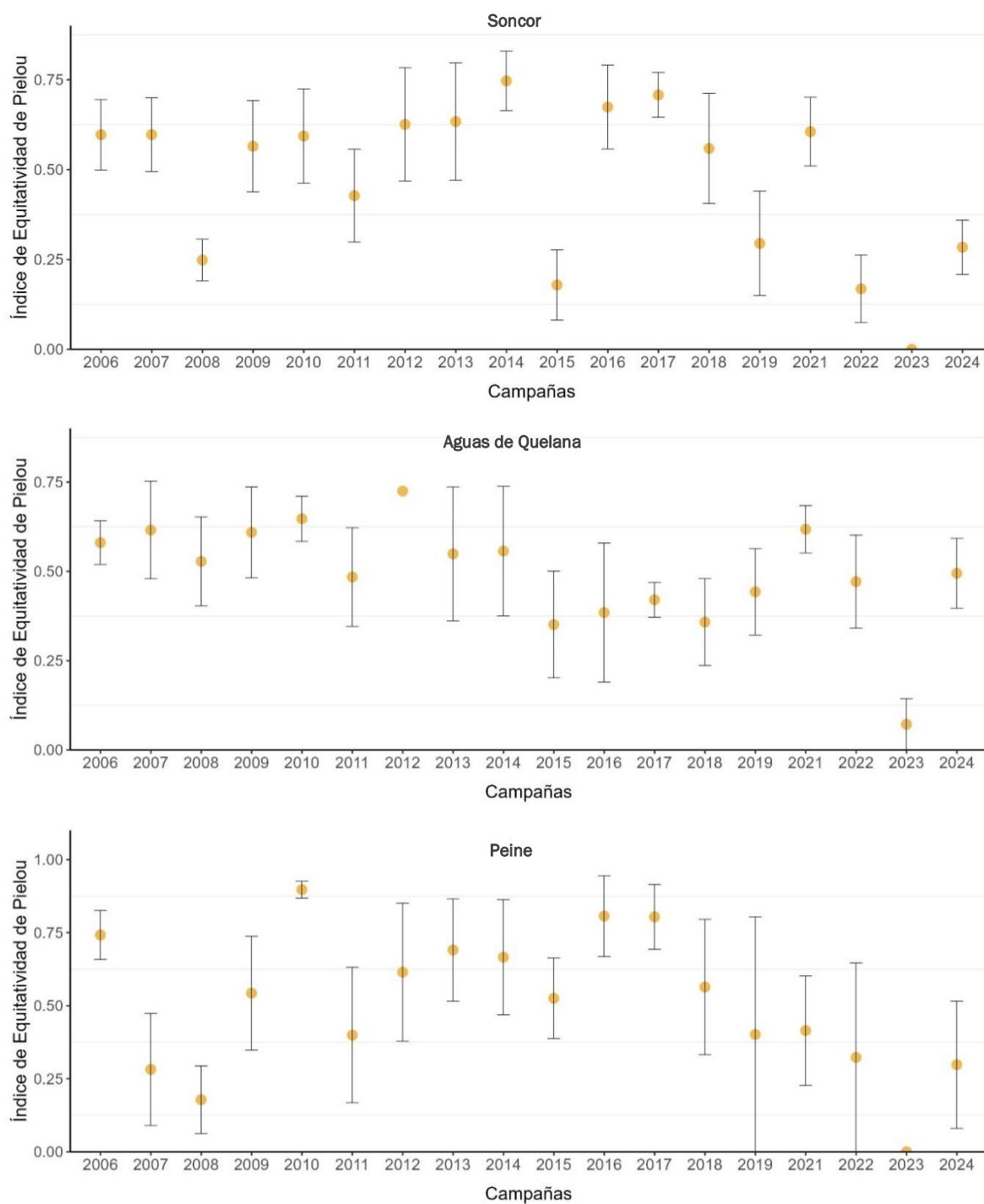


Figura 6-92. Índice de dominancia de Simpson histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema



Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

Figura 6-93. Índice de equitatividad de Pielou histórico promedio ($\pm ee$) del ensamble de zoobentos por sistema

Fuente: Elaboración propia, Geobiota 2025.

7 Conclusiones

7.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Los resultados obtenidos en 2024 indican que la superficie cubierta con vegetación en el área de estudio alcanza 14.091,74 ha, lo que se encuentra dentro de los rangos observados en los periodos previos.

El matorral de *Tessaria absinthioides* (brea), continúa siendo la formación vegetacional predominante en el área, ocupando el 51,92% de la superficie cubierta por vegetación (equivalente a 7.315,86 ha), seguido por la pradera de *Distichlis spicata* (Gramma salada), ocupando el 16,25% y el matorral de *Atriplex atacamensis* – *Atriplex imbricata* (Cachiyuyo – Ojalar) ocupando un 12,79% de la superficie con vegetación (2.289,36 ha y 1.801,89 ha respectivamente). En cuarto lugar, se ubica la pradera de *Juncus balticus* - *Schoenoplectus americanus* - *Baccharis juncea* (Junquillo – Totorá – Suncho), ocupando el 9,86% del área con vegetación (1.392,10 ha).

En el análisis por tipo vegetacional en relación con el periodo anterior, se observa que el matorral de Cachiyuyo – Ojalar, matorral de Rica rica – Pingo pingo y el matorral de Káuchal mantuvieron las mismas superficies con respecto al monitoreo anterior (2023), mientras la pradera de Gramma salada aumentó su superficie de ocupación respecto al monitoreo anterior en 37,7 ha respectivamente. Por su parte, el matorral de Brea y la Pradera de Junquillo – Totorá – Suncho presentaron bajas en superficie con respecto al periodo anterior, disminuyendo 43,54 ha y 3,15 ha, respectivamente.

La dinámica de la vegetación del periodo reportado se encuentra dentro de las variaciones normales verificadas en todo el monitoreo. Al comparar las observaciones de vitalidad, copa verde y fenología en terreno para la construcción del [mapa del Borde Este](#) de abril 2024 con la temporada anterior, se evidencia:

- La vitalidad muestra un aumento en las categorías Débil, Muy débil y Seco respecto al periodo anterior (2023) en un 15,4%, 9,1% y 2,9% respectivamente. Mientras las categorías Excepcionalmente vigoroso y Crecimiento normal, presentaron una disminución de un 3,9% y 23,4%. No obstante, esta variabilidad se encuentra dentro del rango histórico observado.
- Respecto al porcentaje de copa verde, se observa una disminución respecto al periodo anterior (2023), registrando un aumento en la frecuencia de las categorías de menor copa verde y una disminución en la de mayor copa verde. Las categorías de copa verde 0%, <5% y 5-25%, registraron un aumento de 2,9%, 6,1% y 21,2% respectivamente. Por su parte, las categorías 25-50%, 50-75% y 75-100% disminuyeron en un 2,7%, 15,5% y 11,9% respectivamente.
- En el periodo reportado, la etapa de Crecimiento vegetativo fue la etapa fenológica más abundante, aumentando en 19,6% respecto al año anterior (2023). La etapa Senescente también registro un alza de 8% respecto al año anterior. Por otra parte, y en relación con los resultados anteriores, la cantidad de Fructificación y Floración disminuyeron en 18,9 % y 8,7% respecto al 2023.

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

7.2 Monitoreo trimestral de la vegetación

Adicionalmente, de acuerdo con lo estipulado en la acción 14 del Plan de Cumplimiento de SQM Salar SpA., aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) mediante la Res. 38/Rol F-041-2016 en agosto 2022. Se aumenta el periodo de análisis de la vegetación mediante imágenes satelitales, a una frecuencia trimestral, con la finalidad de dar cuenta de los cambios interanuales que pudiera presentar la vegetación.

El monitoreo trimestral de la vegetación del Borde Este muestra la evolución del estado vital de las unidades de vegetación durante el año. Se observa que, en las muestras de vegetación las categorías Excepcionalmente vigoroso y Crecimiento normal descienden, teniendo sus valores máximos en el primer semestre del año 2024. Mientras que, los valores de las categorías Débil y Muy débil ascienden con el paso de los monitoreos durante el año registrando sus valores máximos durante el segundo semestre en el mes de Julio. Los valores de la categoría Seco o sin vegetación disminuyó levemente hacia el segundo semestre.

El porcentaje de copa viva, durante el período 2024, descienden de manera regular conforme avanzan las estaciones del año, esto se puede visualizar en las categorías 75-100%, 50-75% y 25-50%. Contrariamente, las categorías 5-25% y <5% aumentaron considerablemente durante el segundo semestre, registrando ambas, su máximo valor en el tercer y cuarto trimestre (julio y octubre respectivamente). La categoría 0% o sin vegetación también aumenta levemente a medida que avanza el año.

Respecto a la fenología para el período 2024, se puede ver que, conforme avanzan las estaciones del año, las categorías Floración y Fructificación descienden de manera abrupta. Sucede de manera contraria con las categorías Crecimiento vegetativo y Senescente o sin vegetación, que aumentan de manera regular conforme avanzan las estaciones del año.

7.3 Monitoreo de la vegetación en la zona de conexión vegetación – acuífero

Del monitoreo de la vegetación presente en la zona de conexión vegetación – acuífero, correspondientes a sectores cubiertos principalmente por matorral de *Tessaria absinthioides* (brea), realizado en enero y abril de 2024, se evidenció lo siguiente:

- De acuerdo con los datos obtenidos de las campañas 2007 al 2024, las especies dominantes en los puntos de monitoreo corresponden a *Tessaria absinthioides*, *Distichlis spicata* y *Atriplex atacamensis* para ambos meses. *T. absinthioides* es la más frecuente, registrándose en la mayor parte de los puntos de monitoreo, seguido por *D. spicata* y, en menos proporción, *A. atacamensis*.
- Se observa que, desde los primeros monitoreos, la cobertura se ha distribuido mayoritariamente en las categorías muy abierto y abierto. Los resultados históricos indican que la mayoría de las unidades

vegetacionales mantienen o disminuyen levemente su cobertura en el mes de abril, respecto al monitoreo de enero. En el presente año (2024), predomina la categoría de cobertura muy abierta (10 – 25%) en ambos periodos, seguida en menor proporción por la categoría de cobertura semidensa (50 – 75%).

- La categoría de vitalidad dominante para ambos meses de monitoreo (enero y abril) corresponde a la vitalidad Crecimiento normal, seguida de la categoría Débil con una muy baja frecuencia. En la campaña 2024, los valores se encuentran dentro de los rangos históricos.
- Respecto al porcentaje de copa viva, los registros históricos indican que el mes de enero posee una mayor expresión de copa viva al observarse mayores proporciones en las categorías más altas (50 – 75% y 75 – 100%). Los valores de la campaña 2024 se encuentran dentro de los rangos históricos.
- En cuanto a la fenología, los registros históricos dan cuenta de una mayor proporción de muestras en etapa de floración durante el mes de enero y, consecuentemente, en abril hay una mayor proporción de puntos en fructificación. En la campaña del 2024, se observó una baja proporción de muestras en etapa de floración en enero respecto a los máximos históricos registrados en dos años anteriores (2008 y 2011).

Basado en los resultados y discusiones de este informe, la vegetación en la zona de conexión con el acuífero se encuentra dentro de los rangos observados históricamente, verificándose que no existen efectos del proyecto sobre esta componente.

7.4 Monitoreo de la flora vascular

La riqueza florística identificada durante las prospecciones de terreno se ha mostrado relativamente estable entre las campañas 2006 – 2024, registrándose aumentos, principalmente de especies herbáceas, debido a episodios de lluvia en el altiplano. Esta condición se pudo observar en el monitoreo 2019, periodo en el que registró un total de 35 especies, correspondiente al máximo histórico. Esta situación estaría directamente relacionada con las intensas precipitaciones estivales, que representan a la máxima precipitación desde que se realiza el Plan de Seguimiento (212 mm según la estación Camar de la DGA).

En la presente campaña se detectó una riqueza de 17 taxa, de las que 13 se observaron dentro de los puntos de monitoreo y cuatro (4) se registraron fuera de ellos, a través de colectas libres. Estos 17 taxa se agruparon en 11 familias donde Chenopodiaceae presenta la mayor cantidad de registros. Según hábito de crecimiento, se observa que predomina, el hábito arbustivo y hierba perenne, mientras que el origen biogeográfico de las especies fue mayoritariamente nativo (en 10 taxa) y endémico (en 3 taxa).

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

Las especies más frecuentes en los puntos de muestreo corresponden a *Tessaria absinthioides* registrada en 32 puntos de muestreo (42,67% del total), *Distichlis spicata*, presente en 21 puntos de muestreo (28% del total) y *Nitrophila atacamensis* registrado en 6 puntos de monitoreo (8% del total).

La caracterización química del sustrato según la entidad ETFA ALS Life Sciences Chile S.A. para el periodo 2024 indica que el pH en los puntos de muestreo varía entre las categorías Neutro a Muy fuertemente alcalino, con mayor frecuencia en el rango Moderadamente alcalino.

En cuanto a la salinidad (conductividad eléctrica), se observan suelos No salinos a Fuertemente salinos, concentrándose en esta última categoría.

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

Considerando que en las campañas de monitoreo 2006 – 2024 la riqueza y frecuencia de la flora vascular se presentan estables y no muestran cambios relacionados a las variaciones del pH y conductividad eléctrica, es que se puede afirmar que no se verifican efectos del Proyecto sobre la flora vascular del área de estudio.

7.5 Monitoreo de algarrobos

7.5.1 Ejemplares de algarrobo ubicados en el área del pozo Camar 2

De los 71 algarrobos ubicados en el área del pozo Camar 2, se identificaron 56 ejemplares en pie y en condiciones de ser analizados para el periodo 2024. De los 15 individuos restantes, 12 fueron notificados como desaparecidos (desprendidos) en periodos anteriores a este, principalmente debido a los efectos de las escorrentías provenientes del sector alto de la quebrada de Camar en épocas estivales, siendo el evento más grande el ocurrido en 2019 (desprendimiento de 8 ejemplares producto de precipitaciones estivales de 212 mm). En el monitoreo actual, se registraron un nuevo individuo desprendido, notificándose como desaparecido en el presente informe. Estos individuos se encontraban secos, por lo que, si bien se desconoce la causa del desprendimiento, es posible aludirla a la acción antrópica o animal dentro de la quebrada.

En términos de vitalidad, durante el monitoreo del 2024, el 51,79% de los individuos presentó algún grado de vitalidad, predominando los individuos con Crecimiento normal con el 42,86% del total, seguido de las categorías de vitalidad Débil (7,14%) y Muy débil (1,79%). El resto de los ejemplares se registraron como secos (48,21%). Los resultados son similares a lo registrado en temporadas previas.

Concordante con la vitalidad, el 51,79% de los individuos presentaron follaje verde, destacando las categorías medias de porcentaje de copa verde (16,07% de los individuos concentrados en las categorías de 5 – 25%. El 3,57% de los individuos se presentó con <5% de copa viva, mientras el resto se distribuyó equitativamente en las categorías 75 – 100%, 50 – 75% y 25 – 50% (10,71% de los individuos en cada una), Igualmente se registró un 48,21% de individuos sin presencia de copa viva, correspondiente a los individuos secos de la categoría anterior.

En cuanto a la fenología, la totalidad de individuos en pie y que presentó algún grado de vitalidad se encontró en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo, correspondiente al 51,79% del total. No se presentaron individuos en las etapas fenológicas de floración ni fructificación, coincidentemente con el ciclo fenológico de la especie (floración y fructificación en primavera y verano, respectivamente).

Además, la mayor parte los individuos en pie y con algún grado de vitalidad presentaron daños por animales, asociados específicamente al ramoneo por parte de burros asilvestrados (48,21%), mientras el resto de los individuos en pie (5,36%) no presentó daños de ningún tipo.

Respecto al análisis de la dinámica de la población de algarrobo de la quebrada de Camar, CRICYT (2018) detectó que estos árboles aprovecharían el agua subsuperficial almacenada en el horizonte arcilloso del suelo, independizándose de los aportes directos de las precipitaciones y de la napa freática, ya que esta última en el sector de Camar se ubica a más de 50 m de profundidad, según estimaciones realizadas previo al inicio del Proyecto, descartándose efectos de la extracción de agua industrial desde el pozo Camar 2.

El análisis temporal indica que, la variación de la vitalidad de los ejemplares de algarrobos podría explicarse por múltiples factores; como los años de sequía observados entre el 2006 y el 2010, la ocurrencia de aluviones en los periodos 2012, 2017 y 2019, la modificación de la red de drenaje, la cual fue analizada a través de distintos estudios realizados en el marco del Plan de Cumplimiento y otros factores como el ramoneo de burros asilvestrados. Si bien este último efecto, no se emplea para generar relaciones de causalidad directa, desde su evaluación en terreno en 2017, se observa en la mayor parte de los árboles que conforman el estudio (entre 51,7% y el 100% de los individuos vivos). Los efectos del ramoneo pueden ser significativos ya que muchos de los árboles monitoreados alcanzan bajas alturas, siendo de fácil acceso para los burros silvestres, gatillando la reducción de cobertura fotosintéticamente activa en ellos. Asimismo, cabe destacar que los daños sobre ejemplares adultos pueden ser acumulados en el tiempo, pudiendo ser considerables en el futuro.

7.5.2 Fisiología de algarrobos

Considerando los resultados de potencial hídrico y conductancia estomática registrados en el primer y segundo semestre del 2024, se evidencia que:

- Los algarrobos de la serie A muestran un mejor estado hídrico que los algarrobos de las series B-C, sin embargo, esta situación no provoca diferencias en la conductancia estomática de estos árboles.
- Tanto los algarrobos ubicados aguas arriba de la tubería como los algarrobos ubicados aguas abajo, enfrentan condiciones durante las horas de mayor estrés hídrico al medio día, sin embargo, esto no provoca cambios en el potencial hídrico de pre-alba ni en la conductancia estomática.
- Los algarrobos regados muestran un mejor estado hídrico que los no regados, sin embargo, esta situación no provoca cambios en la conductancia estomática de estos árboles.

En relación con las mediciones anteriores, se evidencia que:

- Los valores de potencial de la campaña de abril 2024 son más altos que los registrados en los meses de julio, lo que es una respuesta a la variación estacional, en el que se observan los valores más negativos en invierno.
- Los valores de potencial de la campaña de julio 2024 son más bajos que los registrados en los meses de octubre, lo que es una respuesta a la variación estacional, en el que se observan los valores más negativos en invierno.
- Se observa un efecto de la aplicación del riego en los árboles de la serie A, donde alcanzan valores superiores a los de la serie B en todas las variables medidas desde enero de 2023.

7.5.3 Biomasa de algarrobos

A lo largo del año, la estructura de la población estaría constituida mayoritariamente por individuos vivos, sin embargo, al final del periodo la situación es inversa (sólo un 28,4% se registró seco en enero de 2024 v/s un 29,8% en abril de 2024, mientras que un 15,3% se registró seco en julio de 2024 v/s un 57,0% en octubre de 2024), jóvenes o de poco desarrollo, la mayor parte de los individuos en las clases diamétricas de menor tamaño (< 7,5 cm) con alturas medias que no superan los 50 cm con alturas medias que no superan los 50 cm y sólo entre un 7% y 7,4% de los individuos de mayor tamaño (> 20, cm) que pueden alcanzar hasta los 7,0 m de altura. Además, la población presentaría una alta capacidad de retoñación, tratándose en su mayoría de individuos de hábito arbóreo-arbustivo, con más de un fuste (plurifustales) y varias ramas principales, estructura que se ha mantenido constante en el período analizado.

La biomasa aérea total de la población enero de 2024 alcanzó 8.357,96 kg, mientras que en abril de 2024 la biomasa aérea total disminuyó a 7.847,87 kg. Los individuos vivos concentraron la mayor proporción (71,60% en enero de 2024 y 70,2% en abril de 2024), acumulándose, en un bajo número de individuos, (cinco árboles) de grandes dimensiones (>47 cm de diámetro), los cuales representan el 77,6% de la biomasa aérea total de la población. Con respecto a las componentes, la biomasa aérea se acumula en forma decreciente en las ramas (87,3%), el fuste (9,9%) y las hojas (2,8%), en particular, la biomasa de frutos acumulada para la población resultó de 49,72 kg, valor que podría estar sobrestimado. Para su ajuste se requiere una mayor acumulación de información en el tiempo y la posibilidad de obtener muestras de los frutos producidos por la población.

Por su parte, la biomasa aérea total de la población julio de 2024 alcanzó 8.458,82 kg, mientras que en octubre de 2024 la biomasa aérea total disminuyó a 7.056,74 kg. Los individuos vivos concentraron la mayor proporción en julio (84,7%), sin embargo, disminuyeron en octubre (solo 43,1% del total), acumulándose, en un bajo número de individuos, (cinco árboles) de grandes dimensiones (>47 cm de diámetro), los cuales representan el más del 77% de la biomasa aérea total de la población en el segundo semestre. Con respecto a las componentes, en julio la biomasa aérea se acumula en forma decreciente en las ramas (85,6%), el fuste (11,5%) y las hojas (2,8%). En octubre, biomasa aérea total de los individuos se distribuye porcentualmente de la siguiente forma: un 13,4% corresponde al fuste, 83,5% a ramas, 3,1% a hojas.

7.6 Fauna

Los resultados del monitoreo de fauna del periodo 2024 indican una riqueza de 27 especies nativas, las que corresponden a tres [3] especies de reptiles (uno endémico), diecinueve [19] aves y cinco [5] mamíferos. Entre las especies registradas, 14 especies se encuentran en categoría de conservación, donde seis [6] se encuentran en categoría de conservación de amenaza o casi amenazadas.

En cuanto a reptiles y aves terrestres en el Borde Este del Salar de Atacama, se observa que la abundancia de reptiles es mayor respecto al año 2023, encontrándose bajo el promedio del periodo completo en estudio, pero dentro de oscilaciones normales. Por otro lado, se detectaron seis [6] especies de aves y una abundancia promedio de 7,99 ind/transecto, lo cual se encuentra dentro de los promedios históricos (6,11 spp. y 9,67 ind/transecto, respectivamente.). Las especies *L. fabiani* y *L. constanzae* siguen predominando en sus respectivos ambientes (*L. fabiani* en ambientes con alta salinidad y cercanos a los cuerpos de agua, y *L. constanzae* en ambientes con vegetación y baja humedad), mientras que, las aves se encuentran en su gran mayoría asociadas a los cuerpos de agua.

Con respecto a la abundancia de aves acuáticas en los sistemas lacustres Soncor, Aguas de Quelana y Peine, se destaca una oscilación en la abundancia de flamencos a lo largo de los años en los mencionados sistemas lacustres. El sistema Peine por su lado, registró un bajo número de flamencos y riqueza de aves diferentes a los flamencos durante la temporada 2024, debido al sesgo estacional en la cual fueron tomados los datos³². Por otro lado, se destaca la falta de registros de pollos de flamencos en el sistema Soncor y la presencia de pollos de parina grande (*P. andinus*) durante la temporada de julio en el sistema lacustre Peine.

Finalmente, los micromamíferos también presentan patrones de abundancia y distribución que reflejan fluctuaciones naturales de las poblaciones. Si bien desde el año 2019 se ha observado una disminución en las abundancias de este grupo, esta tendencia se detuvo con un aumento registrado para el año 2023. Más aún, durante el presente monitoreo (2024) se observó un aumento en la abundancia promedio con respecto al año pasado, volviendo a un promedio que se encuentra dentro de la normalidad observada en el periodo completo de seguimiento. Las especies más abundantes durante los dieciocho años de seguimiento de micromamíferos son la lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) y el ratón andino (*A. andinus*), mostrando una diferenciación en el hábitat. La lauchita de pie sedoso (*E. puerulus*) es la especie dominante en el ambiente de Rica rica - Pingo pingo, mientras que el ratón andino concentra el mayor número de individuos en el ambiente de Pajonal. Por parte de los macromamíferos (carnívoros), los registros de la presente campaña se extienden para ambos ambientes muestreados (rica rica – pingo pingo y brea – cachiyuyo), manteniendo la tendencia observada para el periodo completo de seguimiento.

7.7 Biota acuática

³² En la campaña reportada, los censos y transectos asociados al Sistema Peine fueron realizados en el mes de julio 2024, debido al cierre de las lagunas Salada, Saladita e Interna desde el mes de noviembre 2023 hasta mayo 2024 por presencia de polluelos de flamencos

7.7.1 Medio abiótico

Los valores registrados para la caracterización fisicoquímica de la calidad del agua son concordantes con el carácter de cuerpos de agua hipersalino de altura de las lagunas. Dentro de sus atributos se encuentran una importante oscilación térmica diaria, valores medios a bajos de concentraciones de oxígeno disuelto y de pH neutro a levemente alcalino. La variación observada en valores puntuales y promedios de algunos parámetros fisicoquímicos evaluados en la campaña actual (2024) es coincidente con el rango de variación histórica registrado desde el 2006 a la actualidad en el Salar de Atacama.

En términos del registro histórico, todos los parámetros fisicoquímicos evaluados exhiben fluctuaciones temporales, lo cual es esperado debido a variaciones interanuales en las tasas de evaporación, precipitaciones y escurrimiento, todos procesos responsables de sostener la ciclicidad del agua dentro del Salar de Atacama.

Así, en términos de las características fisicoquímicas, las lagunas se encuentran en condiciones esperables de acuerdo con el registro histórico.

7.7.2 Medio biótico

En líneas generales respecto a la campaña actual, se registran escasas diferencias en las composiciones taxonómicas en las lagunas de los sistemas de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, de los ensambles de microalgas planctónicas y bentónicas. En general, históricamente, ambos ensambles estuvieron dominados por diatomeas, con incrementos esporádicos de cianobacterias y algas verdes. En particular, el ensamble de fitoplancton estuvo dominado por la diatomea *Diatoma* sp. en peine (PE-1), en Aguas de Quelana dominaron los taxa *Nitzschia* sp., *Surirella* sp., *Fragilaria* sp., *Cocconeis* sp. y *Denticula* sp., mientras que en Soncor, *Planothidium* y *Achnanthes* predominaron en las estaciones de Puilar y en el canal Burro Muerto, y *Halamphora* en las estaciones de Barros Negros. El ensamble fitobentónico estuvo compuesto principalmente por las diatomeas *Navicula*, *Nitzschia*, *Melosira*, *Cymbella* y *Cocconeis* en Aguas de Quelana, *Achnanthes*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Halamphora* y *Oscillatoria* en Soncor, y *Merismopedia* en Peine.

En el caso de la fauna acuática (zooplancton y zoobentos), se registran leves variaciones entre lagunas, específicamente ensambles zoobentónicos. Respecto al ensamble zooplanctónico, Canthocamptidae fue la familia dominante en las lagunas Puilar, Burro Muerto e Interna, *Heterocypris*, *Ephyridae* y *Heleobia* en Aguas de Quelana, mientras que en Barros Negros y Chaxa destacaron las *Artemias*. El ensamble zoobentónico estuvo caracterizado por individuos de *Ephydra* en estaciones de Barros Negros, Chaxa y Aguas de Quelana, ejemplares de la familia Cytheroidea en la laguna Puilar, mientras que, en el sistema Peine, representado por la estación PE-1 en la laguna Interna, *Dasyhelea* sp. fue el taxa dominante.

Las macrófitas en el área de estudio solo fueron representadas por la especie *Ruppia filifolia*, hierba hidrofita perene común en ambientes salinos inundados. Esta especie fue observada en las estaciones Q-5 y Q-6 (Aguas de Quelana) mayoritariamente, y algunos ejemplares en PU-1 y PU-2 (Laguna Puilar).

En general, la diversidad de taxa que componen los diferentes ensambles bióticos muestran una escasa variación a través de las campañas, y dentro de los sistemas hidrológicos. Este resultado sugiere una importante estabilidad en la estructura de los ensambles a través del tiempo. Los valores de abundancia muestran

una amplia variabilidad temporal dentro de los sistemas, particularmente para los ensambles de la fauna planctónica y bentónica. Estas variaciones podrían estar vinculadas por una parte a cambios en las condiciones fisicoquímicas de las lagunas las que inciden en las condiciones de habitabilidad de las lagunas, así como a dinámicas reproductivas inherentes de los taxa presentes. Sobre esto último debemos tener en consideración que el programa de estudio solo considera una campaña anual en un período definido del año.

Los resultados observados en la campaña 2024 para los ensambles bióticos, tanto la composición, riqueza y abundancia se encuentra dentro de los rangos de variación observados para los sistemas hidrológicos.

8 Referencias

8.1 Monitoreo de la vegetación mediante imágenes satelitales

Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ediciones Ariel. 578p.

Chavez, P. 1996. Image-Bases Atmospheric corrections – Revisited and improved. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 62, N°9 September 1996, PP 1025-1036.

SQM, 2006. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Le Quesne, C. 2002. Agentes de daño en el bosque nativo. Capítulo 1: Bioecología del Bosque Nativo. Editorial Universitaria. 409 p.

Resolución de Calificación Ambiental N° 226/2006: Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”.

Rodríguez R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sánchez & A. Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Bot. 75(1): 1-430, 2018.

Richardson, A. T. 1977. Monograph of the genus *Tiquilia* (*Coldenia*, sensu lato), Boraginaceae: Ehretioideae. Rhodora 79: 467–572.

Squeo FA, G Arancio & JR Gutiérrez. 2008. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. 456 pp

Squeo F. A., A. Arancio & J. R. Gutiérrez. 2008. Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Capítulo 3: Características climáticas de la región de Atacama. Ediciones Universitarias de La Serena, La Serena, Chile. 3: 25-42.

8.2 Monitoreo de la vegetación de la zona de conexión vegetación – acuífero

Box, G.E.P. & Cox, D.R. 1964. "An Analysis of Transformations", Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Vol. 26, pp. 211-252

SQM, 2006. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Resolución de Calificación Ambiental N° 226/2006: Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama".

Zar, J. H. 2009. Biostatistical Analysis. 5ta ed. New Jersey: Ediciones Pearson Prentice Hall. 449 p.

8.3 Monitoreo de la flora vascular

Álvarez-Amado F, Tardani D, Poblete-González C, Godfrey L, y Matte-Estrada D. 2022. Hydrogeochemical processes controlling the water composition in a hyperarid environment: New insights from Li, B, and Sr isotopes in the Salar de Atacama. Science of the total Environment. Volume 835, 20 August 2022, 155470.

Carrasco. 2017. Análisis Metodologías de Monitoreo de Conductividad Eléctrica y pH. INFORME: Correlaciones pH y Salinidad, realizado.

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume, Madrid, 820 p.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 pp.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2018. Sinopsis bioclimática de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 384 p.

Luzio W.; Casanova M. y Seguel O. 2010. Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. 346 p.

Luzio y Casanova, 2006. Avances en el conocimiento de los suelos de Chile. Universidad de Chile- Servicio Agrícola y Ganadero. 393 p.

Mata-Fernández, I.; M. L. Rodríguez-Gamiño; J. López-Blanco y G. H. Vela-Correa. 2014. Salinidad y sodicidad en suelos. Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente. 1(5):26–35.

Rodríguez R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez & A. Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Bot. 75(1): 1-430, 2018.

Richardson, A. T. 1977. Monograph of the genus Tiquilia (Coldenia, sensu lato), Boraginaceae: Ehretioideae. Rhodora 79: 467–572.

Schoeneberger, P. J.; Wysocki, D. A.; Benham E. C. and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 300 p. Díaz y Wright, 1965.

Trivelli, M.; Huerta, J. 2014. Alcances sobre flora y vegetación de la cordillera de los Andes, Región de Antofagasta. Primera Edición. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile. 319 pp.

USDA NRCS. 2001. United States Department of agriculture. Natural resources conservation service.

Villagran, C. & V. Castro. 2004. Ciencia Indígena de Los Andes del Norte de Chile. Editorial Universitaria. 362 pp.

Zuloaga, F., Morrone O., Belgrano, M. 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Volumen 3. Dicotyledonae: Fabaceae - Zygophyllaceae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107: 2287-3348.

8.4 Monitoreo de algarrobos

8.4.1 Monitoreo de ejemplares de algarrobo, ubicados en el área del pozo Camar 2.

Altamirano H. & C. Donoso. 2006. *Prosopis alba* Grisebach. En: Donoso, C. (Ed) Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología: 528. Marisa Cuneo, Valdivia, Chile.

Alvarez JA & PE Villagra. 2009. *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana (Argentina) 35(1): 49-63.

Cisneros, A.B.; Moglia, J.G. 2017. *Prosopis alba*, alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas. En: Giménez, A.M.; Moglia, J.G. (Ed) Los Bosques actuales del Chaco semiárido argentino. Ecoanatomía y biodiversidad. Una mirada propositiva. Facultad de ciencias forestales. UNSE. Santiago del Estero: Argentina. p.231-248.

CRICYT. 2018. Tercer informe de avance sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobo, en una población ubicada en las proximidades del pozo CAMAR 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile.

Faúndez, L. 2018. Análisis taxonómico de muestras de ejemplares de *Prosopis sp.*, sector quebrada Camar, provincia de El Loa, Región de Antofagasta.

Hidroestudios. 2020. Apéndice 5-D. Modelación de la vitalidad y análisis cuantitativo de posibles causas de afectación en Algarrobos de Camar. Evaluación de Impacto Ambiental Proyecto de actualización Plan de Alerta Temprana y Seguimiento ambiental, Salar de Atacama.

Jobbágy, E. G., M. Nasetto, P. Villagra & R. Jackson. 2008. Isótopos estables como trazadores de las fuentes de agua de bosques de algarrobo en un desierto arenoso. XXI Congreso Argentino de Ciencias del Suelo, Potrero de los Funes, San Luis.

Le Quesne, C. 2002. Agentes de daño en el bosque nativo. Capítulo 1: Bioecología del Bosque Nativo. Editorial Universitaria. 409 p.

Luebert, F. y Plischoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Resolución de Calificación Ambiental N° 226/2006: Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”.

Rodríguez, R., .1983. O. Matthei, M. Quezada. 1983. Flora Arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. 407 p.

Rosenbluth, B., H. A. Fuenzalida y P. Aceituno. 1997. Recent temperature variations in southern South America. *International Journal of Climatology* 17(1): 67-85. [pp. 61, 63].

SQM, 2006. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Villagra, P.E., Vilela, A., Giordano, C., Alvarez, J. 2010. Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments? In: *Desert Plants*, Ramawat K.G. (Ed.). Springer-Verlag. 400 p.

Villagra, P. E., Giordano, C., Alvarez, J. A., Bruno Cavagnaro, J., Guevara, A., Sartor, C. Passera, C. B., & Greco, S. 2011. Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. *Ecología austral*, 21(1), 29-42.

XTerrae. 2019. Informe “Estudio relación morfología y escorrentía superficial abanico quebrada Camar, sector tubería agua industrial”.

8.4.2 Fisiología de algarrobos

Acevedo, E., Sotomayor, D. & Zenteno, V. 1985. Parámetros hídricos de tejidos foliares de *Prosopis tamarugo* Phil. En: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M. (Eds). Arica, Chile. 11-15 de junio de 1984, FAO: 500.

Allen, D. & Ort, D. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science*, 6(1), 36–42.

Briner, C. 1985. Caracterización fenotípica de los biotipos de tamarugo en la Pampa del Tamarugal. En: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Habit, M. (Ed). Arica, Chile. 11-15 de junio de 1984, FAO: 500.

Bucci, S., Scholz, F., Goldstein, G., Meinzer, F., Hinojosa, J., Hoffmann, W. & Franco, A. 2004. Processes preventing nocturnal equilibration between leaf and soil water potential in tropical savanna woody species. *Tree Physiology* 24: 1119-1127.

Carevic, F. 2013. Análisis de las respuestas ecofisiológicas de progenies del género *Prosopis* con vistas a la selección temprana por su resistencia a sequías. Informe final proyecto 047/2011. Ministerio de Agricultura.

Darrah, P., Jones, D., Kirk, G. & Roose, T. 2006. Modelling the rhizosphere: a review of methods for “upscaling” to the whole-plant scale. *European Journal of Soil Science* 57(1):13-25.

Dirección General de Agua (DGA). 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama.

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Doudou, L., Ximeng, L., Benye X., Virginia H. 2020. Evaluation of method to model stomatal conductance and its use to assess biomass increase in poplar trees.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1997. *Prosopis chilensis*, especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales.
- Fundación CRYCIT. 2017. Informe final sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobos, en una población ubicada en las proximidades del pozo Camar 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile. Apéndice 5-C. SQM.
- García, A., Cun, R., Chong, C., Duarte, C. y Montero, L. 2009. Calibration of a hydraulic pressure chamber developed in Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 18(3):24-29.
- Garrido, M., Silva, H., Franck, N., Arenas, J. & Acevedo, E. 2018. Evaluation of Morpho-Physiological Traits Adjustent of *Prosopis tamarugo* Under Long-Term Groundwater Depletion in the Hyper-Arid Atacama Desert. Frontiers in Plant Science 9: 453. doi:10.3389/fpls.2018.00453
- Giordano, C., Guevara, A., Boccalandro, H., Sartor, C. & Villagra, P. 2011. Water status, drought responses, and growth of *Prosopis flexuosa* trees with different Access to the water table in a warm South American desert. Plant Ecol. 212:1123-1134.
- Grzesiak, S., Grzesiak, M., Hura, T., Marcinska, I. & Rzepka, A. 2012. Changes in root system structure, leaf wáter potential and gas Exchange of maize and tritcale seedlings affected by soil compaction. Environmental and Experimental Botany 88:2-10.
- Hidroestudios. 2020. Modelación de la vitalidad y análisis cuantitativo de posibles causas de afectación en algarrobos de Camar. Apéndice 5-D. SQM.
- Ibáñez, S. 2019. Informe taxonómico de identificación de las especies de *Prosopis* en la Quebrada de Camar. Apéndice 4.7-10. SQM.
- Johnson, D., Domec, J.P., Carter, Z., Schwantes, A., Woodruff, D., McCulloh, K., et al. 2018. Co-occurring woody species have diverse hydraulic strategies and mortality rates during an extreme drought: Belowground hydraulic failure during drought. Plant Cell and Environment 41(3): 576-588.
- Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta (SAP). 2021. Informe Proyecto Pampa Hermosa Llamara 2021. SQM.

Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta (SAP). 2023. Informe de estado hídrico en algarrobo de la quebrada de Camar. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 35 p.

May, C., Pérez, A., Ruiz, E., Ic, A. y García, A. 2011. Effect of moisture levels on growth and water potential of *Capsicum chinense* Jacq. and their relationship to the development of *Bemisia tabaci* Genn, Tropical and Subtropical Agroecosystems 14(2011):1039-1045.

Meyer, W.S. & Ritchie, J.T. 1980. Resistance to Water Flow in the Sorghum Plant. Plant Physiology 65: 33-39.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2012a. Ficha de antecedentes de especie 582, *Prosopis flexuosa* DC. Clasificación según estado de conservación.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2012b. Ficha de antecedentes de especie 578, *Prosopis alba* Grise. var. *alba*. Clasificación según estado de conservación.

Pérez, L. 2018. How do we proceed to violations of parametric methods assumptions? or how to work with non-normal biological variables? Revista del Jardín Botánico Nacional 39: 1-12.

Ramírez, E. 1972. Caracterización climatológica e hidrológica del Salar de Atacama. CORFO.

Scholander, P., Bradstreet Edda, D., Hemmingsen, E. & Hammel, H. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. Science 148: 339–346.

Sellés, V., Ferreyra, E. y Maldonado, P. 2022. Cámara de presión, Instrumento para controlar el riego a través de mediciones del estado hídrico de las plantas. Aconex 76:18-22.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2002. Plant Physiology (Third Edition). Sinauer Associates, Inc. Sunderland.

Vernieri, P., Lenzi, A., Figaro, M., Tognoni, F. & Pardossi, A. 2001. How the roots contribute to the ability of *Phaseolus vulgaris* L. to cope with chilling-induced water stress. J. Exp. Bot., 52(364): 2199-2206.

Williams, L. 2001. Irrigation of winegrapes in California. Practical Winery & Vineyard 23:42-55.

8.4.3 Biomasa de algarrobos

Álvarez, J. A., P. E. Villagra y R. Villalba. 2011. Factors controlling deadwood availability and branch decay in two *Prosopis* woodlands in the Central Monte, Argentina. Forest Ecology and Management. 262(4):637-645.

Aronson, J.; C. Ovalle; J. Avendaño; L. Longeri y A. Del Pozo. 2002. Agroforestry tree selection in central Chile: Biological nitrogen fixation and early plant growth in six dryland species. Agroforestry Systems. 56:155-166.

Atanasio M. 2014 Influencia de la poda en el crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. Quebracho Vol.22(1,2):66-78

Baskerville, G.L., 1972. Use of Logarithmic Regression in the Estimation of Plant Biomass. Can. J. For. Res. 2, 49–53. doi:10.1139/x72-009

Birhane, E.; A. C. Treydte; A. Eshete; N. Solomon y M. Hailemariam. 2017. Can rangelands gain from bush encroachment? Carbon stocks of communal grazing lands invaded by *Prosopis juliflora*. *Journal of Arid Environments*. 141:60-67.

Caron, M. y A. Ortin. 2010. Recuperación de bosques de algarrobos después de un incendio. *Ciencia* 5(14) 15 pp.

Cruz, G. y Tapia P. 2020. Estimación biomasa de población de *Prosopis alba* (algarrobo) emplazados en el Sector Camar del Bordo Este del Salar de Atacama. Informe Técnico preparado para Geobiota. Santiago. 49p

De Benitez, C.; M. Pece; M. Juárez de Galíndez y M. Acosta. 2014. Modelaje de la biomasa aérea individual y otras relaciones dendrométricas de *Prosopis nigra* Gris. en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Revista de Ciencias Forestales - Quebracho*. 22:17-29.

Felker, P.; P. P. Clark; J. F. Osborn y G. H. Cannell. 1982. Biomass Estimation in a Young Stand of Mesquite (*Prosopis* spp.), Ironwood (*Oheya tesota*), Palo Verde (*Cercidium floridum*, and *Parkinsonia aculeata*), and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*). 35(1):3.

Felker, P.; D. Smith; C. Wiesman y R. L. Bingham. 1989. Biomass production of *Prosopis alba* clones at two non-irrigated field sites in semiarid south Texas. *Forest Ecology and Management*. 29(3):135-150.

Felker, P., Lopez, C., Soulier, C., Ochoa, J., Abdala, R. y Ewens, M. 2001. Genetic evaluation of *Prosopis alba* (algarrobo) in Argentina for cloning elite trees. *Agroforestry Systems*. 53. 65-76. 10.1023/A:1012016319629.

Fernandes, P. C. F. 1994. Comportamento silvicultural de especies de *Prosopis*, em Petrolina-pe, Região Semi-Árida Brasileira. Curitiba, Brasil: Universidad Federal do Parana. 126p.

Fernandes, P. C.; E. B. de Oliveira y S. do Amaral. 1996. Equações para estimativa de biomassa de especies de *Prosopis* no semi-árido brasileiro. *Bol. Pesq. Fl. Colombo*. 32:67-79.

Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. *Am. Zool.*, 40(5): 748–758.

Geobiota 2020. Plan de Seguimiento Ambiental Biótico 2019. Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama. Región de Antofagasta. Preparado para SQM Salar. Santiago. Mayo, 2020. 21 pág.

Hierro, J. L.; L. C. Branch; D. Villarreal y K. L. Clark. 2000. Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *Journal of Range Management*. 53(6):617-621.

Husch, B., T. W. Beers and J.A. Kershaw. 2003. *Forest Mensuration*. Fourth edition. Wiley. New York, USA. 443 p.

Huxley, J.S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 114: 895–896.

Iglesias, M. D. R. y A. Haydée. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecología Austral*. 20:71-79.

- Karlin, U., Coirini, R. Catalan, L. y Zapata R. 1997 *Prosopis alba* En: FAO 1997 Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiaridas N° 12.
- Khan, D., and R. Ahmad 2011. Size-Phytomass Relations. In: *Prosopis juliflora* (Swartz.) DC. Biol. Biotech., 8 (1): 139-154.
- Laar, A. van, Akça, A., 2007. Forest mensuration, 2. ed., completely and supplemented. ed, Managing forest ecosystems. Springer, Dordrecht.
- Landsberg, J. J. and R. H. Waring. 1997. A generalised model of forest productivity using concepts of radiation use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*. 95: 209-228.
- Ledesma, M.; C. A. Carranza y M. Balzarini. 2010. Estimación de la biomasa foliar de *Prosopis flexuosa* mediante relaciones alométricas. *AgriScientia*. 27(2):87-96.
- Ludwig, J. A.; J. F. Reynolds y P. D. Whitson. 1975. Size-biomass Relationships of Several Chihuahuan Desert Shrubs. *The American Midland Naturalist*. 94(2):451-461. University of Notre Dame.
- Meier, A. R.; M. R. Saunders y C. H. Michler. 2012. Epicormic buds in trees: a review of bud establishment, development and dormancy release. *Tree physiology review*. *Tree Physiology Advance*
- Parresol, B. R. 2011. Additivity of nonlinear biomass equations. *Canadian Journal of Forest Research*. 31:865-878. NRC Research Press Ottawa, Canada.
- Padrón E., Y R., Navarro-Cerrillo 2004. Estimation of above-ground biomass in naturally occurring populations of *Prosopis pallida* (H. & B. ex. Willd.) H.B.K. in the north of Peru. *Journal of Arid Environments* 56: 283-292.
- Picard, N., Saint-André, L., Henry, M., 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations from field measurement to prediction. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome. 215p.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., Real, P., 1997. *Mensura forestal*. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA, BMZ/gtz. San José, Costa Rica
- Rodríguez, R.; Marticorena, C.; Alarcón, D.; Baeza, C.; Cavieres, L.; Finot, V.; Fuentes, N.; Kiessling, A.; Mihoc, M.; Pauchard, A.; Ruiz, R.; Sánchez, P. y Marticorena, A. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Bot.* 75(1): 1-430.
- Rodríguez, R.; Matthei, O. y Quezada, M. 1983, *Flora arbórea de Chile*. Ed. Universidad de Concepción 408p.
- Satoo, T. y Magdwick, H.A.I. 1982. *Forest biomass*. *Forestry Sciences*. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers. Netherlands. 135 p.
- Sciammaro, Leonardo; Cristina Ferrero; Cecilia Puppo. 2015. Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables. 1Rev. *Fac. Agron.* Vol 114 (1): 115-123.
- Sione, S., S. G. Ledesma, L. J. Rosenberger, J. D. Oszust; H. Andrade-Castañeda; G. O. Maciel, M. G. Wilson y M. C. Sasal. 2020. Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. en bosques de Entre Ríos (Argentina). *Agronomía & Ambiente*. 40(1):63-76.

Sharifi, M. R.; E. T. Nilsen y P. W. Rundel. 1982. Biomass and Net Primary Production of *Prosopis glandulosa* (Fabaceae) in the Sonoran Desert of California. *American Journal of Botany*. 69(5):760-767.

Villagra, P. Cony, M. y J. Álvarez. sf. Tercer informe de avance sobre estudios e investigaciones que intentan explicar el estado actual de ejemplares de algarrobo, en una población ubicada en las proximidades del pozo CAMAR 2 de SQM, en el Salar de Atacama, Chile. Estudio dendrocronológico. Centro Científico Tecnológico - CONICET-Mendoza - Argentina. 71p.

Zuloaga, F.O.; Morrone, O. & Belgrano, M.J. (eds.) 2008. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: i-xcvi + 1-3348.

8.5 Fauna

Araya, B. y Millie, G. (1998). Guía de campo de las aves de Chile. Octava edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 406 p.

Blanco, D. y Carbonell, M. (2001). El censo neotropical de aves acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires & Ducks Unlimited, Memphis, 96pp.

Bibby, C.J., Burgess, N.D. y Hill, D.A. (1992). *Bird census techniques*. Academic Press, London.

Brown, J.H. y Zeng, Z. (1989). Comparative Population Ecology of Eleven Species of Rodents in the Chihuahuan Desert. *Ecology*, 70: 1507-1525.

Caziani, S.M. y Derlindati, E.J. (1996). *Fulica cornuta* en la Laguna de Pululos y otras cercanas, Puna árida del noroeste de Argentina. *Threatened Waterfowl Specialist Group Newsletter* 9:34-39.

Cei, J.M. (1962). Los Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile 240 pp.

CONAF (2005). Flamencos altoandinos *Phoenicopterus andinus* (Philippi, 1854), *Phoenicopterus jamesi* (Sclater, 1886) y *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Rodríguez, E. (Ed.). Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.

CONAMA (2009). Memorandum DJ N° 387/2008. Minuta prelación para efectos del SEIA de las clasificaciones y/o categorizaciones de las especies de flora y fauna silvestre. Comisión Nacional del Medio Ambiente. División Jurídica.

CONAMA (2009). Convenio sobre diversidad biológica. Cuarto informe nacional de biodiversidad. Chile. 137 pp.

Couve, E., Vidal, C.F. y Ruiz, J. (2016). Aves de Chile. Sus islas oceánicas y Península Antártica. Una guía de campo ilustrada. FS Editorial, Punta Arenas. 550pp.

Decreto Supremo N° 5/1998 Reglamento de Ley de Caza, Servicio Agrícola Ganadero.

Decreto Supremo N° 75/2005 Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres.

Decreto Supremo N° 151/2007. Chile. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 24 de marzo de 2007.

Decreto Supremo N° 50/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de junio de 2008.

Decreto Supremo N° 51/2008. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de junio de 2008.

Decreto Supremo N° 23/2009. Chile. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario oficial, 7 de mayo de 2009.

Decreto Supremo N° 33/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 27 de febrero de 2012.

Decreto Supremo N° 41/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo N° 42/2011. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de abril de 2012.

Decreto Supremo N° 19/2012. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, octavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 11 de febrero de 2013.

Decreto Supremo N° 13/2013. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, noveno proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 25 de julio de 2013.

Decreto Supremo N° 52/2014. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 29 de agosto de 2014.

Decreto Supremo N° 38/2015. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, undécimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 04 de septiembre de 2015.

Decreto Supremo N° 16/2016. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, doceavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 30 de septiembre de 2016.

Decreto Supremo N° 6/2017. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, treceavo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 2 de junio de 2017.

Decreto Supremo N° 79/2018. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo cuarto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 19 de diciembre de 2018.

Decreto Supremo N° 23/2019. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo quinto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 10 de julio de 2020.

Decreto Supremo N° 16/2020. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo sexto proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 27 de octubre de 2020.

Decreto Supremo N° 44/2021. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo séptimo proceso. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Diario oficial, 20 de diciembre de 2021.

Decreto Supremo N° 10/2023. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, Décimo octavo Proceso. Ministerio del Medio Ambiente.

Decreto Supremo N° 2/2024. Chile. Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, Décimo noveno Proceso. Ministerio del Medio Ambiente.

Delany, S. (2005). Guidelines for participants in the International Waterbird Census (IWC). Wetlands International, Wageningen, 15pp.

Demangel, D. (2016). Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones, 619 pp.

Donoso-Barros, R. (1966). Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile, 458 pp.

Espinosa, L. (1998). Censo Neotropical de aves acuáticas 1997. Boletín Chileno de Ornitología 5: 34-40.

Estades, C.F., Vukasovic, M.A. y Aguirre, J. (2017). Birds in Coastal Wetlands of Chile. In: Fariña J., Camaño A. (eds) The Ecology and Natural History of Chilean Saltmarshes. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63877-5_3

Gallardo O.P. y Rodríguez, E (1992). Hábitos alimentarios y etología de flamencos en el Salar de Surire. Tesis de grado. Universidad Arturo Prat, 89 pp

Hurlbert, S.H., López, M. y Keith, J.O. (1984). Wilson's Phalarope in the Central Andes and its Interaction with the Chilean Flamingo. Revista Chilena de Historia Natural, 57: 47-57.

Iriarte, J.A. (2008). Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.

Jaramillo, A. (2005). Aves de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 240 pp.

- Johnson, A.W. (1965). The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Peru. Vol. I. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, 398 pp.
- Johnson, A.W. (1967). The birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia, and Peru. Vol. II. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, 447 pp.
- López-Lanús, B. y Blanco, D.E. (Eds.) (2005). El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004. Global Series No. 17. Wetlands International. Buenos Aires, 114pp.
- Mann, G. (1958) Clave de determinación para las especies de mamíferos silvestres de Chile. Trabajos del Centro de Investigaciones Zoológicas 4: 1-38.
- Mann, G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40:1-342.
- Martínez, D. y González, G. (2005). Aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista, Santiago, 620 pp.
- Martínez-Piña, D. (2023). Aves de Chile. Guía de Campo de las Aves de Chile. Museo Ediciones. Santiago, Chile. 620 pp.
- Mella, J. (2017). Guía de Campo de Reptiles de Chile. Tomo 1: Zona Central. Peñaloza APG (ed.) Santiago, Chile. 308 pp.
- Muñoz-Pedrerros, A. (2008). Huellas y signos de mamíferos de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros, A. y Yañez, J.L. (2000). Mamíferos de Chile. Ediciones CEA, Valdivia Chile. 464 pp.
- Muñoz-Pedrerros, A., Rau, J. y Yañez, J. (2004). Aves rapaces de Chile. Cea Ediciones.
- Muñoz-Pedrerros, A., Rau, J. R., Valdebenito, M., Quintana, V. y Martínez, D.R. (1995). Densidad relativa de pumas (*Felis concolor*) en un ecosistema forestal del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68: 501-507.
- Núñez, H. y Jaksic, F. (1992). Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 43: 63-91.
- Osgood, W. H. (1943). The Mammals of Chile. Field Museum of Natural History. Zoological Series 30: 1-268.
- Parada, M. (1990). Flamencos en el norte de Chile, distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. Pp. 52-66 en Actas I Taller Internacional de Especialistas en Flamencos Sudamericanos. Corporación Nacional Forestal, 217pp.
- Pérez-García, J. N., y Paz-Quevedo, O. W. (2021). Uso de los recursos espacio temporales por un ensamble de reptiles en un bosque nuboso de El Salvador. Revista Comunicaciones Científicas Y Tecnológicas, 5(1).
- Pincheira-Donoso, D. y Nuñez, H. (2005). Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann 1843 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 59: 1-486.
- Rau, J., Zuleta, C., Gantz, A., Sáiz, F., Cortés, A., Yates, L., Spotorno, A. y Couve, E. (1998). Biodiversidad de artrópodos y vertebrados del Norte Grande de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71:527-554.

Reise D. (1973). Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. Gayana Zoología. Universidad de Concepción.

Rodríguez, E. (ed.). (2005). Flamencos altoandinos *Phoenicopterus andinus* (Philippi, 1854), *Phoenicoparrus jamesi* (Sclater, 1886) y *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.

Rodríguez, E., y Contreras, J.P. (1998). Conservación de Flamencos en el Norte de Chile. En: La Conservación de la Fauna Nativa de Chile. Logros y Perspectivas. Víctor Valverde (Ed.), Corporación Nacional Forestal. Chile.

SAG (2004). Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Servicio Agrícola y Ganadero. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Subdepartamento de Gestión Ambiental. Santiago de Chile. 180 pp.

Skewes, O. (2009). Manual de huellas de mamíferos silvestres de Chile. Chillán, Chile. Imprenta La Discusión. 100 pp.

Stotz, D., Fitzpatrick, J., Parker III, T. y Moskovits, D. (1997). Neotropical birds, ecology, and conservation. The University of Chicago Press, Chicago, 478pp.

Sutherland, W. J. (Ed.). (2006). Ecological census techniques: a handbook. Cambridge university press.

Tala, C. (2006). Qué hacen aquí esas gaviotas... qué hacen aquí, tan lejos de su lugar natal. Boletín Veterinario Oficial N° 5, I semestre 2006.

Vidal M. y Labra, A. (2008). Herpetología de Chile. Science Verlag, Santiago.

8.6 Biota acuática

Albarracín V., Dib J.R., Ordoñez OF. & Farías M.E. (2010). A harsh life to indigenous proteobacteria at the Andean mountains: microbial diversity and resistance mechanisms towards extreme conditions. In: Sezenna M (ed). Phylogeny, metabolic diversity and ecological effects. Nova Science Publishers, Inc., New York, pp1-24.

Anderson M. (2001). A new method for non-parametric multivariate análisis of variance. Austral Ecology. 26: 32-46.

APHA, AWWA, WPCF. (2012). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Díaz de Santos S.A. España.

Barocio-León O.A., Millán-Núñez R., Santamaría del Ángel E & González-Silvera A. (2007). Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del Sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. Ciencias marinas 33(1): 5972.

CEA, (2018). Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile. Proyecto FIPA N°2016-46.

CEA (2020). Estudio de la historia de vida de Heleobia atacamensis. Compromiso Ambiental Voluntario, Al-bemarle, 27 pp.

- Collado, G.A. (2013). *Heleobia atacamensis* (Philippi, 1860). In: 10° Proceso de Clasificación de Especies. Ministerio del Medio Ambiente, Chile. www.mma.gob.cl (accessed 07.07. 2014)
- Collado G.A., Méndez M.A. Letelie, S. Veliz D. & Sabando, M.C. (2011). Morfología peniana y taxonomía del género *Heleobia* Stimpson, 1865 en Chile junto a una revisión de los ejemplares tipo del Museo Nacional de Historia Natural de Chile. *Amici Molluscarum* (Número especial): 49-58.
- Cornellá O., Salas J., Aravena R., Guzmán E., Guimerá J., Tore C., Von Igel W., Henríquez A & Fock A. (2009). Hidrogeología de los sistemas lagunares del margen este del Salar de Atacama. XII Congreso Geológico Chileno. 1-4.
- De Los Ríos-Escalante P. (2011). A null model to study community structure of microcrustaceans assemblages in northern Chilean shallow lakes *Crustaceana* 84(11/12): 513-321.
- De Los Ríos-Escalante P., Baaloudj A., Encina-Montoya F., Vega R. & Mardones A. (2023). Null models for understand crustaceans communities in inland Waters in San Pedro de Atacama and Salar de Atacama basin, Antofagasta región, Chile. *Idesia* 41(1): 105-109.
- Fernández-Turiel J.L., García M., Gimeno D., Saavedra J & Martínez S. (2005). The host spring and geyser of El Tatio, northern Chile. *Sedimentary Geology*, 180: 125-147.
- Gajardo G. & Redón S. (2019). Andean hypersaline lakes in the Atacama Desert, northern Chile: Between lithium exploitation and unique biodiversity conservation. *Conservation Science and Practice*. Vol1 (9): e94.
- Green, E. J., & Carritt, D. E. (1967). Oxygen solubility in sea water: thermodynamic influence of sea salt. *Science*, 157(3785), 191-193.
- Jara F., Soto D. & Palma R. (1995). Reproduction in captivity of the endangered Killifish *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae). *Copeia* 1:226-228.
- Lambret, P., Janssens, L., & Stoks, R. (2021). The impact of salinity on a saline water insect: Contrasting survival and energy budget. *Journal of insect physiology*, 131, 104224.
- Muñoz J.F & Ortiz C.A. (2004). Funcionamiento hidrogeológico del acuífero del núcleo del Salar de Atacama, Chile. *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. XIX, numero 2: 69-81.
- Oksanen, F.J., et al. (2017) *Vegan: Community Ecology Package*. R package Version 2.4-3.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Souissi, A., Hwang, J. S., & Souissi, S. (2021). Reproductive trade-offs of the estuarine copepod *Eurytemora affinis* under different thermal and haline regimes. *Scientific Reports*, 11(1), 20139.